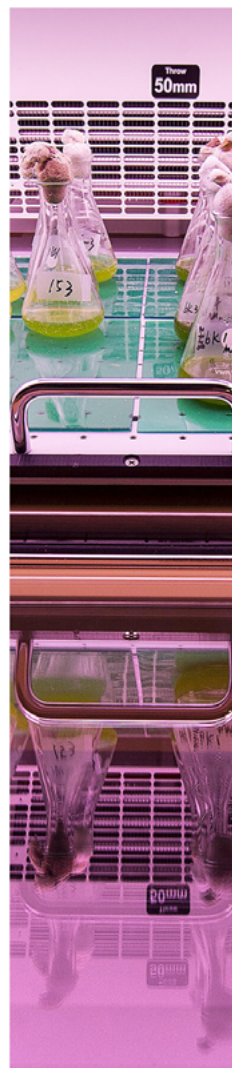
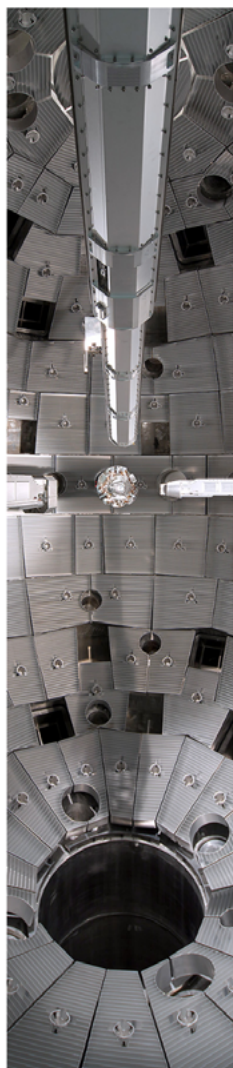




RAPPORT ANNUEL 2019



Construire aujourd'hui la société de demain

Retrouvez également le rapport annuel du CEA
sur www.cea.fr





Construire aujourd'hui la société
de demain

→ www.cea.fr

sommaire

RAPPORT ANNUEL 2019

Avant-propos

Le CEA en bref

Chiffres clés 2019

Organisation

Les missions du CEA

Défense et sécurité

Énergies

Transition numérique

Médecine du futur

Recherche fondamentale

Assainissement-démantèlement

Le CEA et son écosystème

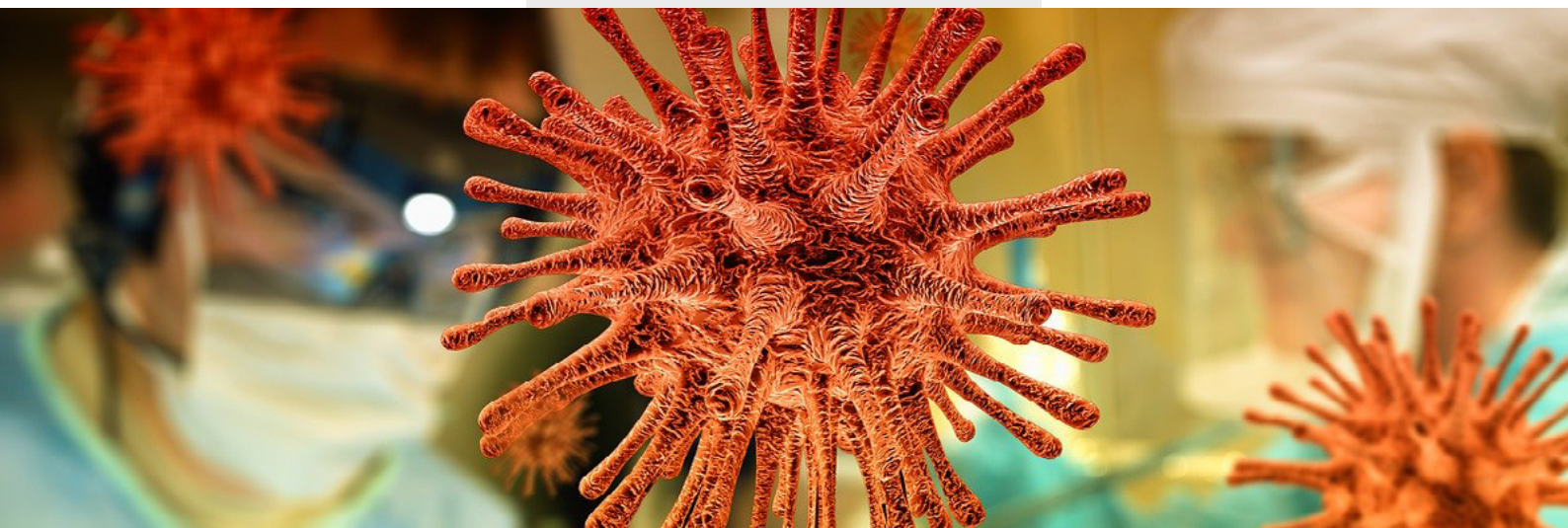
Ressources humaines

Développement durable

Valorisation

Science en société





Avant-propos

Lorsque nous avons entamé la préparation de ce rapport annuel, il n'était pas encore question de la crise sanitaire qui a durement éprouvé notre pays ces derniers mois.

Mais à l'heure de sa publication, il nous a semblé important de rappeler brièvement que le CEA a participé, à son niveau, à la lutte contre le virus.



— Le CEA a très vite mobilisé ses équipes pour des recherches sur les tests de dépistage, les essais sur le virus et les médicaments antiviraux mais également pour des apports technologiques (dispositifs dédiés à l'assistance respiratoire d'urgence, instrument de mesure du taux d'exposition au virus, ou encore masques réutilisables...).

Au-delà de cette contribution qui témoigne de sa réactivité et de son agilité, le CEA a poursuivi ses recherches et travaux dans ses cinq grands domaines d'activités : énergies nucléaire et renouvelables (moyens de production, efficacité et performance énergétique), défense et sécurité, transformation numérique, technologies pour la médecine du futur et recherche fondamentale, sans oublier l'assainissement-démantèlement de ses installations, qui constitue un enjeur majeur pour les années à venir.

C'est ce qu'illustrent les résultats remarquables obtenus en 2019, présentés dans ce document, et ce qu'illustreront les travaux menés en 2020, dans le cadre de l'effort national de reconstruction d'après-crise.



LE CEA EN BREF

Chiffres clés 2019

Retrouvez l'ensemble des chiffres clés du CEA au 31 décembre 2019



EFFECTIFS

20 181
salariés

1 233 doctorants
et 176 post-doctorants
1 334 alternants



BUDGET

5
milliards d'euros
(civil et défense)



PUBLICATIONS

5 045
publications
dans des revues
à comité de lecture



VALORISATION

1^{er} organisme de recherche
déposant de brevets en France

1^{er} déposant français
de brevets en Europe

Plus de 6 980 familles
de brevets actives

216 start-up
technologiques créées depuis 1971
dont **89 start-up** depuis 2010



PARTENARIATS

39 unités mixtes de recherche
sous cotutelle du CEA et de partenaires
académiques

Plus de 700 partenaires
industriels

56 pôles de compétitivité
auxquels participe le CEA dont **16 pôles** où il
est administrateur

444 projets européens
11 projets FP7 - **433** projets H2020



LE CEA EN BREF

Organisation

Pour mener à bien les missions qui lui ont été confiées par les pouvoirs publics, le CEA s'appuie sur quatre directions dites opérationnelles, dont les activités sont implantées sur 10 sites en France, et accompagnées par des directions dites fonctionnelles. Ces dernières couvrent l'ensemble des fonctions support de l'organisme : finances et programmes ; ressources humaines et relations sociales ; communication ; juridique et contentieux ; achats et partenariats ; relations internationales ; audit, risques et contrôle interne.

4 DIRECTIONS OPÉRATIONNELLES



6 MISSIONS



IMPLANTATION DES SITES DU CEA





LE CEA EN BREF

Direction des applications militaires (DAM)

La **Direction des applications militaires (DAM)** du CEA est chargée de missions au service de la défense et de la sécurité de la France. Elle conçoit, fabrique et garantit la sûreté et la fiabilité des têtes nucléaires de la dissuasion. Elle conçoit et réalise les chaufferies nucléaires qui propulsent les bâtiments de la Marine nationale. Elle apporte aussi un appui technique aux Autorités dans la lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme. Elle met également son expertise au service de la Défense pour évaluer et maîtriser les effets et la vulnérabilité des armements conventionnels.

EN CHIFFRES...

**5 030**collaborateurs
(dont 136 thésards, 30 post-doctorants et 214 alternants)**450**publications
scientifiques

Direction de l'énergie nucléaire (DEN)

La **Direction de l'énergie nucléaire (DEN)** apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour développer un nucléaire durable, sûr et économiquement compétitif.

Dans cette optique, la DEN conduit ses travaux selon trois axes majeurs :

- 1/ le soutien à l'industrie nucléaire française pour les réacteurs du parc actuel, le démarrage de l'EPR et les usines du cycle
- 2/ l'assainissement et le démantèlement de ses installations nucléaires en fin de vie
- 3/ le développement des systèmes nucléaires du futur avec les réacteurs de 4^e génération pour fermer le cycle du combustible et avec les SMR (Small Modular Reactor) pour plus de flexibilité et un développement à l'international.

Ses recherches s'appuient sur le développement d'outils de simulation, prédictifs et validés, et sur un parc d'installations expérimentales ciblées.

Courant 2019, pour mieux répondre aux objectifs énergétiques et climatiques, le CEA a mené une réflexion sur une approche globale d'un système énergétique bas carbone et a décidé de renforcer l'articulation de l'ensemble de ses recherches sur l'énergie. Objectif : s'intéresser à tous les modes de production d'énergie bas carbone (énergie nucléaire, énergies renouvelables), à leurs interactions au sein du réseau (stockage, pilotage, conversion), à la problématique des ressources dans une logique de cycle fermé des matières, tout en prenant en compte les dimensions technico-économiques et sociétales. Cette réflexion a notamment abouti à la création, en février 2020, de la Direction des énergies.

EN CHIFFRES...

**4 899**collaborateurs
(dont 320 thésards, 44 post-docs et 211 alternants)**502**publications
scientifiques



LE CEA EN BREF

Direction de la recherche technologique (DRT)

La **Direction de la recherche technologique (DRT)** du CEA s'appuie sur les avancées scientifiques de l'ensemble de l'organisme afin de créer des innovations technologiques favorisant la compétitivité des entreprises françaises par la performance et la différenciation des produits. La DRT développe, protège et transfère des technologies : son champ d'application s'étend des industries traditionnelles aux filières high-tech les plus avancées et s'adresse aux entreprises de toutes tailles. Cette dynamique est déployée dans l'ensemble des régions françaises, et accompagne les entreprises locales dans leur démarche d'innovation. Le CEA contribue ainsi à la création de valeur et d'emplois pérennes sur le territoire, au plus près des besoins industriels.

EN CHIFFRES...

**4 500**

collaborateurs

**600**

partenaires industriels

**600**

dépôts de brevets par an

Direction de la recherche fondamentale (DRF)

La **Direction de la recherche fondamentale (DRF)** du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial. Ses travaux constituent également des sources indispensables pour les autres missions du CEA.

EN CHIFFRES...

**6500**collaborateurs
(CEA, partenaires, doctorants...)**3800**publications scientifiques
(≈ 73 % avec des contributions internationales)



LES MISSIONS DU CEA

Construire aujourd'hui la société de demain

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le CEA intervient dans 6 secteurs majeurs : la défense et la sécurité nationale, les énergies nucléaire et renouvelables, la recherche biotechnologique et médicale, la recherche technologique pour l'industrie, la recherche fondamentale (sciences de la matière et sciences du vivant) et l'assainissement et le démantèlement des installations nucléaires.

DÉCOUVREZ LES 6 MISSIONS DU CEA

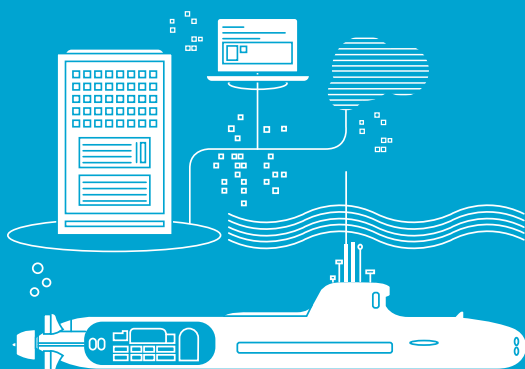




Défense et sécurité

Le CEA met ses compétences au service de la défense et de la sécurité nationales en poursuivant deux grandes missions :

- répondre aux enjeux de la dissuasion nucléaire (armes nucléaires, réacteurs nucléaires de propulsion navale, lutte contre la prolifération nucléaire),
- apporter un appui technique (surveillance, analyse) aux pouvoirs publics dans la lutte contre le terrorisme, l'alerte aux tsunamis et le soutien à la défense conventionnelle.



Missions assurées par les équipes de la Direction des applications militaires (DAM)

La **Direction des applications militaires (DAM)** est chargée de missions au service de la défense et de la sécurité de la France. Elle conçoit, fabrique et garantit la sûreté et la fiabilité des têtes nucléaires de la dissuasion. Elle conçoit et réalise les chaufferies nucléaires qui propulsent les bâtiments de la Marine nationale. Elle apporte aussi un appui technique aux Autorités dans la lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme. Elle met également son expertise au service de la Défense pour évaluer et maîtriser les effets et la vulnérabilité des armements conventionnels.



Faits marquants 2019

Programme Simulation

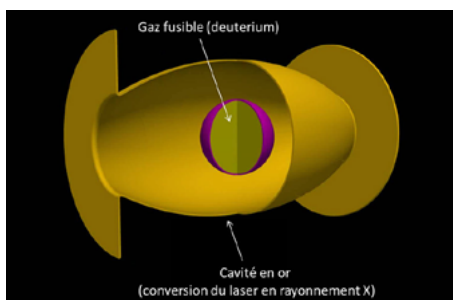


Schéma de la cible utilisée pour la première expérience de fusion sur le Laser Mégajoule. © CEA-DAM

Première expérience de fusion réussie

— La première expérience de fusion nucléaire sur le Laser Mégajoule s'est déroulée avec succès le 11 octobre 2019. Cette réussite marque le franchissement d'un jalon majeur du programme Simulation pour la garantie des armes nucléaires françaises. L'expérience consistait à faire imploser une bille de taille millimétrique, remplie de deutérium, au sein d'une cavité en or chauffée par 48 faisceaux laser, produisant une irradiation tridimensionnelle de la microbille. La fusion se matérialisant par la production de neutrons, quelques centaines de milliards d'entre eux ont été mesurés, en conformité avec les calculs de prévision, dont les simulations en 3 dimensions.

[En savoir plus](#)



Machine de radiographie X au sein de l'installation Epure au CEA-Valduc. © CEA-DAM

Célébration de la 10^e expérience française à Epure

— Le 4 juillet 2019, sur le centre CEA de Valduc, le Directeur des applications militaires du CEA a marqué, par une cérémonie, la réussite opérationnelle d'Epure après la réalisation d'une 10^e expérience française. Toutes les expériences menées sur Epure depuis sa mise en service en 2014 ont été réalisées avec succès. Cette cérémonie s'est déroulée en présence du Directeur des armes nucléaires, du Directeur du centre CEA de Valduc, du chef de projet et de l'ensemble des équipes techniques comme de soutien, qui ont œuvré à la réalisation remarquable d'Epure et des expériences qui y sont menées pour la garantie des armes nucléaires. Epure s'inscrit dans le cadre du traité franco-britannique Teutates signé en 2010.

Propulsion nucléaire



Cérémonie d'inauguration du Suffren le 12 juillet 2019 à Cherbourg.
© CEA-DAM

Divergence de la chaufferie nucléaire
du premier « Barracuda »

— Après l'inauguration du Suffren, premier sous-marin nucléaire d'attaque de type Barracuda, le 12 juillet 2019 à Cherbourg en présence du Président de la République, une étape majeure a été franchie le 17 décembre 2019 avec la divergence du réacteur, prélude à ses premiers essais en mer avant sa livraison en 2020. La divergence consiste à enclencher pour la première fois une réaction nucléaire maîtrisée dans le cœur. La chaufferie nucléaire du Suffren a été conçue sous la responsabilité du CEA-DAM dans le cadre du programme d'ensemble Barracuda mené par la Direction générale de l'armement. Cette réussite illustre la capacité de la France (État et industriels) à mener à bien des projets complexes.

Lutte contre la prolifération nucléaire

Mise en service de la dernière station française
contribuant au TICE

— Dernière des 24 stations géophysiques françaises contribuant au Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE), la station de mesure des infrasons « IS25 » a été mise en service en décembre 2019. Quand sa certification par l'Organisation du TICE aura été obtenue, la France sera alors le premier État doté à achever sa contribution au réseau de stations du système de détection de l'OTICE. Installée en Guadeloupe, IS25 est composée de 9 sites de mesure raccordés par fibre optique et équipés de matériels d'acquisition développés par le CEA-DAM. Les travaux d'infrastructure requis ont été réalisés avec la préoccupation constante de minimiser leur impact sur l'environnement.



Illustration d'une station infrason et d'un microbaromètre utilisés pour la mesure des variations de pression atmosphérique. © CEA-DAM

Moyens Défense pour les besoins civils



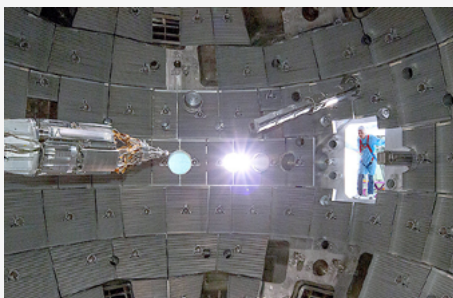
La « Minerve », sous-marin d'attaque de la classe des « Daphné », sur la Loire en 1962.
© Maison des Hommes et des Techniques

Contribution décisive à la découverte
de l'épave du sous-marin Minerve

— Le 27 janvier 1968, le sous-marin Minerve et ses 52 membres d'équipage disparaissent à 45 km au large de Toulon. À l'époque, le CEA-DAM avait enregistré des signaux sismiques attribués à l'accident, mais les moyens techniques alors à disposition n'avaient pas permis de localiser précisément l'épave. En mars 2019, à la demande du ministère des Armées, le CEA-DAM a mené une nouvelle analyse de ses enregistrements. L'expertise et les moyens de calcul actuels ont permis de circonscrire une nouvelle zone de recherche. Ces données, couplées avec celles de la Marine nationale et du Service hydrographique et océanographique de la Marine nationale, ont permis de lancer de nouvelles prospections et le 21 juillet, l'épave du sous-marin Minerve était enfin retrouvée, gisant par 2 370 m de fond.


Nouvelles campagnes d'expériences pour la recherche
académique sur LMJ-PETAL

— Dans le cadre de la politique d'ouverture des moyens de simulation du CEA-DAM, deux campagnes d'expériences ont été réalisées sur l'installation LMJ-PETAL, entre avril et mai 2019, par des équipes académiques, en collaboration avec le CEA-DAM. La première a permis de créer une source X ponctuelle grâce au laser petawatts PETAL pour préparer la radiographie X des expériences prévues en 2020 et la seconde d'observer la reconnexion de lignes de champ magnétique dans les conditions de la fusion par confinement inertiel. Les radiographies protoniques obtenues grâce à PETAL sont d'une qualité exceptionnelle. Seule l'installation LMJ-PETAL permet ce type d'expériences avec la précision requise.



Le Laser Mégajoule est une installation majeure du programme Simulation, qui s'appuie également sur l'installation Epure et le supercalculateur Tera.
© CEA/MS-BEVIEU

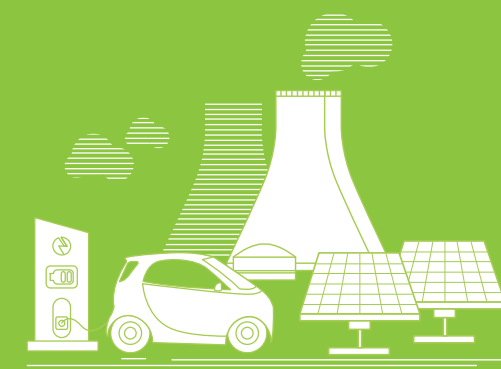




Énergies

Par son positionnement unique en France en tant qu'organisme de recherche expert à la fois dans les domaines des énergies nucléaire et renouvelables et dans celui du numérique, le CEA est au premier rang de la mise en œuvre de la transition énergétique, nécessaire pour lutter contre le réchauffement climatique.

Dans cette perspective, il mène des recherches sur les moyens de production de l'énergie (nucléaire, renouvelables) ainsi que sur l'efficacité et la performance énergétiques.



Missions assurées par l'ensemble des directions opérationnelles du CEA, au premier rang desquelles la Direction de l'énergie nucléaire devenue récemment Direction des énergies.

DIRECTION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE (DEN)

La **Direction de l'énergie nucléaire (DEN)** apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour développer un nucléaire durable, sûr et économiquement compétitif. Dans cette optique, la DEN conduit ses travaux selon trois axes majeurs :

- le soutien à l'industrie nucléaire française pour les réacteurs du parc actuel, le démarrage de l'EPR et les usines du cycle
 - l'assainissement et le démantèlement de ses installations nucléaires en fin de vie
- le développement des systèmes nucléaires du futur avec les réacteurs de 4^e génération pour fermer le cycle du combustible et avec les SMR (Small Modular Reactor) pour plus de flexibilité et un développement à l'international.

DIRECTION DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE (DRF)

La **Direction de la recherche fondamentale (DRF)** du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial. Ses travaux constituent également des sources indispensables pour les autres missions du CEA.

DIRECTION DES APPLICATIONS MILITAIRES (DAM)

La **Direction des applications militaires (DAM)** du CEA est chargée de missions au service de la défense et de la sécurité de la France. Elle conçoit, fabrique et garantit la sûreté et la fiabilité des têtes nucléaires de la dissuasion. Elle conçoit et réalise les chaufferies nucléaires qui propulsent les bâtiments de la Marine nationale. Elle apporte aussi un appui technique aux Autorités dans la lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme. Elle met également son expertise au service de la Défense pour évaluer et maîtriser les effets et la vulnérabilité des armements conventionnels.

DIRECTION DE LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE (DRT)

La **Direction de la recherche technologique (DRT)** du CEA s'appuie sur les avancées scientifiques de l'ensemble de l'organisme afin de créer des innovations technologiques favorisant la compétitivité des entreprises françaises par la performance et la différenciation des produits. La DRT développe, protège et transfère des technologies : son champ d'application s'étend des industries traditionnelles aux filières high-tech les plus avancées et s'adresse à toutes les tailles d'entreprises. Cette dynamique est déployée dans l'ensemble des régions françaises, et accompagne les entreprises locales dans leur démarche d'innovation. Le CEA contribue ainsi à la création de valeur et d'emplois pérennes sur le territoire, au plus près des besoins industriels.

Transition énergétique



Monocrystal de pérovskite obtenu par croissance en solution © Dominique GUILLAUDIN/CEA

Des technologies prometteuses pour les futures générations de cellules photovoltaïques

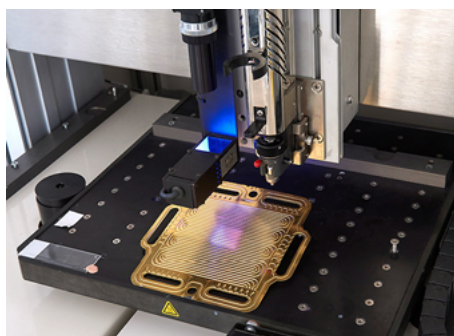
— En 10 ans, les performances des cellules photovoltaïques (PV) à base de matériaux **pérovskites*** halogénés ont été fortement améliorées, jusqu'à atteindre plus de 25% en **simple jonction*** sur des dispositifs et procédés réalisés à l'échelle du laboratoire. Pour que ces technologies deviennent une réalité industrielle, il s'agit à présent de les produire sur grande surface et d'améliorer leur stabilité sur le long terme.

Une première étape a été franchie en 2019 par le CEA avec la fabrication de modules pérovskites de plus de 20% sur 11 cm², meilleure performance mondiale sur cette surface. En parallèle, les tandems silicium **hétérojonction***/pérovskite ont démontré des rendements de surface active de plus de 22% sur substrats de 5x5 cm², préfigurant de futures générations PV à plus de 30% d'efficacité.

Pérovskite*
espèce minérale décrite en 1839 et sensible à la lumière

Simple jonction*
cellule photovoltaïque obtenue à partir de silicium appliqué en une tranche simple (une seule couche active)

Hétérojonction*
association de deux matériaux semi-conducteurs différents



Équipement de dispensing pour le dépôt des joints de plaques bipolaires (PEMFC) © Dominique GUILLAUDIN/CEA

Les PEMFC imprimées font grande impression !

— L'utilisation de l'impression présente de nombreux avantages pour la réalisation de plaques destinées aux piles à combustible de type PEMFC (piles à combustible à membrane d'échange de protons) sur laquelle les équipes du CEA travaillent depuis plus de dix ans : réduction des coûts, finesse et compacité des composants, augmentation de la densité de puissance et nouvelles architectures. Le CEA-Liten a ainsi validé une géométrie de 100 cm², ultra compacte, intégrant des circuits fluidiques ayant une largeur de motifs de 400 microns. Sa réalisation a été rendue possible grâce à l'emploi d'un procédé d'impression par sérigraphie. En 2019, une soixantaine de circuits a ainsi été imprimée de manière robuste et reproductible, permettant différents tests de validation et l'assemblage d'un premier stack fonctionnel de 19 cellules, qui a délivré une puissance d'1 kW.

Outre sa versatilité, ce procédé d'impression permet d'envisager des conceptions ultra compactes ayant des densités volumique ou massique d'énergie très supérieures aux PEMFC développées avec les procédés classiques, ouvrant ainsi des perspectives nouvelles pour les applications de mobilité hydrogène (drones, véhicules légers...).



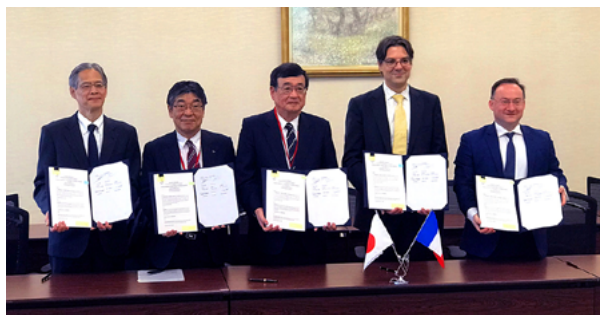
Modélisation d'un SMR par TechnicAtome. © TechnicAtome

Le CEA renforce ses partenariats dans les SMR

— Le CEA, EDF, Naval Group et TechnicAtome ont dévoilé Nuward™, le projet français commun de petit réacteur modulaire (Small Modular Reactor - SMR). Basée sur la technologie des réacteurs à eau pressurisée, cette solution intègre plusieurs innovations majeures : simplicité et compacité d'un design intégré, flexibilité en phase de construction et d'exploitation, conformité aux meilleurs standards mondiaux en matière de sûreté. Par ailleurs, au niveau international, le CEA, EDF et Westinghouse Electric Company ont signé un accord-cadre afin d'étudier une coopération dans le développement de SMR. Aux termes de l'accord, les signataires travailleront sur la possibilité d'allier l'expertise portée par le projet Nuward™ à celle portée par le design du SMR de Westinghouse. Une feuille de route détaillée est prévue en 2020.

Restructuration des programmes du CEA

— Pour faire suite à la décision de différer la réalisation du démonstrateur Astrid, le CEA a restructuré son programme de recherche sur les réacteurs de 4^e génération à neutrons rapides refroidis au sodium (RNR-Na). Capitalisant sur l'ensemble des acquis du projet, le programme s'organise désormais autour de trois axes prioritaires de R&D : modélisation et simulation numériques ; définition et qualification de technologies innovantes ; études d'esquisses sur d'autres architectures et technologies de réacteurs de 4^e génération. Dans le même temps, un dossier de fin de convention du programme Astrid a été réalisé pour préserver l'acquis des 10 années de recherche. Le CEA a également signé un accord de collaboration avec le Japon sur le développement des RNR-Na.



Signature d'un accord de collaboration entre le CEA et le Japon sur le développement des RNR-Na. © CEA





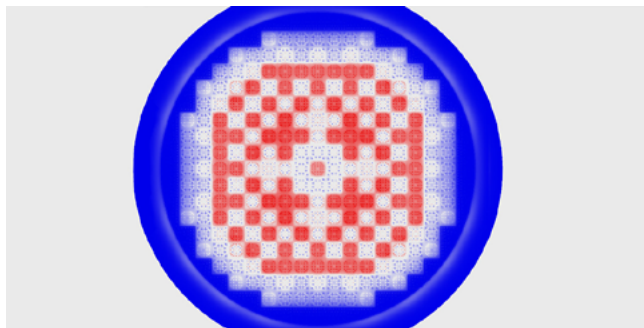
Opération de montage du bloc réacteur sur le RJH à Cadarache.
© TechnicAtome

Nouvelle phase du chantier du réacteur Jules Horowitz

— En 2019, le réacteur Jules Horowitz (RJH) a franchi des étapes décisives dans le génie civil, avec notamment la finalisation de la piscine du réacteur par TechnicAtome et Cegelec. L'opération très exigeante de cuvelage inox de la piscine a nécessité de nombreuses innovations, comme de nouvelles techniques de soudage ou encore des systèmes d'ancrage avec des exigences mécaniques très fortes. Cette étape a amorcé une nouvelle phase dans le chantier : l'assemblage des grands composants. Le montage du bloc réacteur a ainsi démarré en septembre avec des pièces préalablement fabriquées en usine et prêtes pour leur assemblage final sur site, dans un environnement de propreté respectant une stricte réglementation. Enfin, le montage des trois échangeurs primaires, conçus et fabriqués dans le cadre d'une contribution in-kind (en nature) des partenaires espagnols (portée par l'institut de recherche espagnol, CIEMAT), a clôturé l'année.



Projet de voiture solaire équipée de panneaux solaires sur sa carrosserie. © CEA



Simulation du cœur de l'EPR de Flamanville permettant d'accéder avec précision aux paramètres neutroniques d'intérêt. © CEA

Soutien à l'EPR de Taishan et préparation au démarrage de l'EPR de Flamanville

— À la suite des essais de démarrage de l'EPR* de Taishan en 2018, EDF et Framatome ont fait appel au CEA pour réaliser de nouvelles évaluations des données nucléaires et des analyses d'impact sur quelques configurations d'intérêt du cœur. Ce travail a notamment porté sur les sections efficaces de réactions de l'uranium-238. Les fonctionnalités récemment intégrées par le CEA dans ses codes de calculs de **neutronique*** ont été mises à profit pour ces évaluations. Elles permettent d'accéder aux paramètres neutroniques d'intérêt avec un niveau de précision supérieur aux schémas de calcul industriels d'EDF et Framatome. Ce travail s'inscrit également dans la préparation du démarrage de l'EPR de Flamanville auquel le CEA sera associé notamment lors de la réalisation des essais physiques du cœur.

EPR (European Pressurized Reactor)*
réacteur à eau pressurisée de 3^e génération. Fruit d'une collaboration franco-allemande qui a duré pendant plus de 10 ans, il a été développé pour être encore plus sûr, plus compétitif et plus respectueux de l'environnement. L'EPR de Taishan est une centrale nucléaire chinoise située à 120 km au sud-ouest de Hong Kong dont les deux premiers réacteurs ont démarré respectivement en 2018 et 2019.

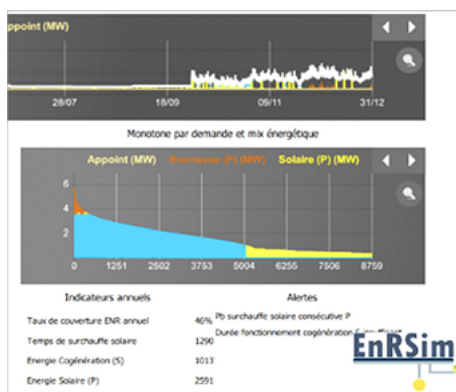
Neutronique*
étude du cheminement des neutrons dans la matière et des réactions qu'ils y induisent, en particulier la génération de puissance par la fission de noyaux d'atomes lourds. Cette discipline est particulièrement liée à la conception et au suivi des réacteurs nucléaires pour étudier la multiplication des neutrons, l'établissement et le contrôle de la réaction en chaîne.

[En savoir plus](#)

Coup d'accélérateur pour la voiture solaire

— Tous en voiture... solaire ! En intégrant des panneaux photovoltaïques directement à la carrosserie, le CEA accélère le projet de voiture solaire conduit avec Technopolys et EM-Project. Fabrication, performances, esthétique, capacité à capter l'énergie solaire, durabilité et cycle de vie : les équipes du CEA-Liten ont considérablement progressé sur l'ensemble de ces points après avoir conçu, élaboré et intégré les premiers modules solaires (rigides, courbés et sans verre) à une C-Zen Electric. Fabriqué par la société Courb et équipé de panneaux utilisant des cellules de silicium intégrés directement à sa carrosserie, ce véhicule surpasse déjà les solutions actuelles en termes de performance et d'esthétique. Le gain moyen du solaire sur le véhicule est estimé, mesures à l'appui, à plus de 4 km par jour en moyenne, avec un pic l'été à plus de 10 km/jour (2 km/jour l'hiver).



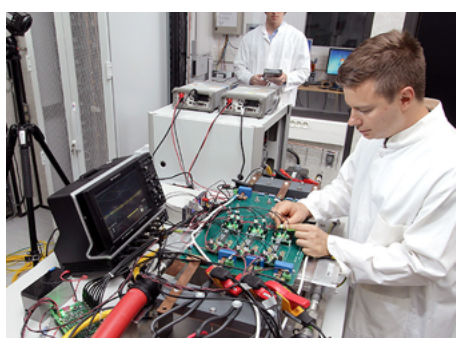


Interface du logiciel EnRSim. © CEA

EnRSim pilote la production d'énergies renouvelables pour les réseaux de chaleur

— Afin d'accroître la part des énergies renouvelables (EnR) dans les réseaux de chaleur, l'Ademe a mandaté le CEA-Liten et ses partenaires pour développer un logiciel en accès libre, à destination des bureaux d'études et des collectivités. Baptisé EnRSim, cet outil de calcul sert à dimensionner des installations de production multi-EnR pour des réseaux de chaleur : biomasse, solaire thermique, pompe à chaleur et stockage thermique. Développé en langage **Modelica***, le cœur de calcul d'EnRSim est basé sur la bibliothèque District Heating développée par le CEA. À travers une interface conviviale, l'outil permet de calculer des mix énergétiques de centrales de production multi-EnR, en intégrant des modules de prétraitement de la charge énergétique du réseau de chaleur et d'analyse des résultats environnementaux et économiques.

Modelica*
langage de
programmation orienté
objet destiné à la
modélisation pratique
de systèmes complexes

Onduleur de tension en full SiC pour application
PV 1500V. © Patrick AVAVIAN/CEA

L'onduleur de courant ou le renouveau du convertisseur de puissance

— Produire plus d'énergies renouvelables (EnR), c'est bien, mais le combiner à un système de conversion d'énergie performant, c'est mieux ! À cette fin, le CEA développe des convertisseurs de puissance spécifiques, avec des architectures et des technologies adaptées aux contraintes de coût, de fiabilité et de rendement du photovoltaïque (PV). La solution retenue, originale et innovante, associe une architecture ancienne, l'onduleur de courant (un seul étage de conversion contre deux pour les onduleurs de tension classiques, et une inductance pour le stockage d'entrée), et une technologie récente de semi-conducteur en carbure de silicium (SiC). La montée en fréquence de fonctionnement et un rendement élevé, combinés à une disposition optimisée des interrupteurs et la maîtrise des inductances parasites, ont abouti à un convertisseur à haut rendement et forte compacité, atteignant une densité de puissance de 10kW/L quand les meilleurs acteurs du marché se situent autour de 1kW/L.

Gestion des déchets



Prototype du procédé Pivic sur le site CEA de Marcoule. © S.Le Couster/CEA

Démonstration technologique d'un procédé d'incinération-vitrification in-can

— Le procédé Pivic d'incinération-vitrification in-can, développé par le CEA en partenariat avec Orano et l'Andra dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir, est destiné à traiter et conditionner les déchets technologiques mixtes (c'est-à-dire à la fois organiques et métalliques). Ces déchets contaminés alpha proviennent des activités des usines de Melox (recyclage) et de La Hague (stockage). En octobre 2019, un premier essai d'ensemble a été mené avec succès sur le prototype construit et démarré sur le site de Marcoule. L'ensemble des objectifs industriels fixés par Orano, en termes notamment de cadence de traitement des déchets, a été atteint.

Les déchets radioactifs se caractérisent par :

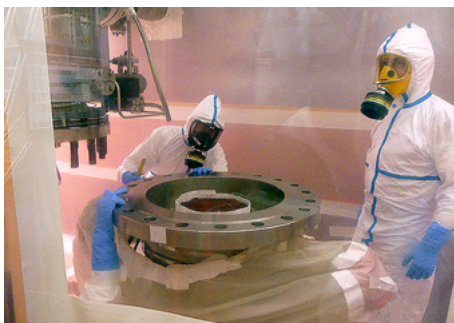
- le type de radionucléides qu'ils contiennent et les rayonnements émis (alpha, bêta, gamma), l'activité (nombre de noyaux d'atomes qui se désintègrent spontanément par unité de temps - s'exprime en Becquerel),
- la période radioactive (temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide dans un échantillon diminue de moitié).

Recyclage des batteries lithium-ion optimisé

— En décortiquant le processus de dissolution des métaux — cobalt, nickel, manganèse et lithium — composant les batteries Li-ion, le CEA a conçu une méthode optimisée de recyclage dont le bilan affiche 40 % d'effluents, 35 % d'étapes et 40 % de réactifs chimiques en moins ! Ce procédé minimise ainsi l'impact environnemental des batteries Li-ion et répond aux exigences réglementaires, tout en améliorant le rendement du processus de recyclage. Autres atouts ? Il réduit le risque de dépendance en éléments dits critiques comme le cobalt, ainsi que l'épineux problème des difficultés d'approvisionnement. Un procédé qui, non seulement intéresse des industriels comme Orano, mais ouvre aussi la voie à l'élaboration de nouveaux précurseurs de batteries.

Accumulateurs Li-ion au format 18650.
© Dominique GUILLAUDIN/CEA

Sûreté & sécurité

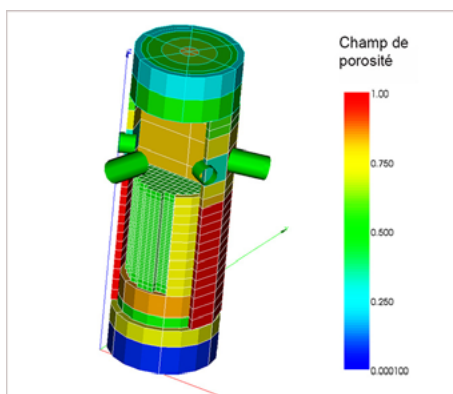


Mise en place du dispositif dans l'installation Plinius à Cadarache. © CEA

Succès de la première expérience de renouage du corium

— Le CEA a réalisé avec succès le premier renouage de **corium*** dans le cadre d'un projet du Programme d'investissements d'avenir, mené en partenariat avec EDF et Framatome. Effectuée dans l'installation Plinius à Cadarache, cette opération a consisté en la fusion de 74 kg de corium « prototypique » en uranium appauvri, recouvert ensuite de 90 litres d'eau. Objectif : étudier le refroidissement et la solidification du corium dans des conditions représentatives d'un accident grave dans un réacteur à eau pressurisée. Les résultats obtenus permettront de modéliser les échanges thermiques entre le corium et l'eau, pour valider ensuite les codes de calcul d'interaction corium-béton.

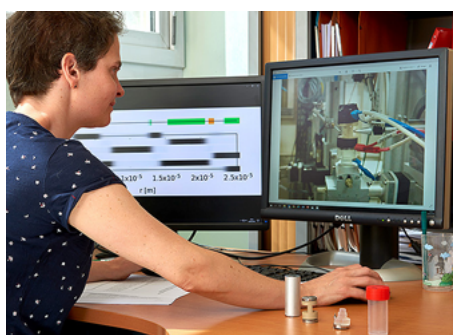
Corium*
mélange liquide
formé notamment
de combustible et
d'éléments fondus du
cœur d'un réacteur
dans le cas d'un
accident grave.



Maillage 3D d'une cuve de REP en vue d'un calcul avec Cathare 3. © CEA

Livraison de la première version industrielle du code de thermohydraulique CATHARE 3

— La première version industrielle du code de sûreté en thermohydraulique CATHARE 3 a été livrée fin 2019 et saluée par l'ensemble des partenaires. Cette version a été vérifiée et validée pour les applications du domaine des réacteurs à eau pressurisée (REP). Elle est enrichie de nouvelles fonctionnalités comme une architecture logiciel renouvelée, la possibilité de modéliser les différents composants d'une cuve de REP à l'aide de modules 3D, et une meilleure description des écoulements dispersés pour modéliser un champ de gouttelettes. La prochaine version, déjà en cours de réflexion, s'appliquera, en plus des REP, aux réacteurs expérimentaux et à la propulsion nucléaire.



Modélisation pour batteries. Simulation de l'intercalation du Li dans le graphite.
© Dominique GUILLAUDIN/CEA

Une plateforme pour comprendre et dimensionner des batteries plus sûres

— Mise en service en 2019, la plateforme de tests batteries vient renforcer la démarche d'innovation batteries du CEA-Liten pour laquelle la sécurité tient une place prépondérante. Opérée en collaboration avec la société SERMA technologies, cette plateforme associe équipements et moyens en simulation/modélisation pour la compréhension des phénomènes physiques autour d'équipes dédiées. Les premiers sont dimensionnés pour la réalisation de tests sur cellules unitaires ou sur modules pouvant atteindre une énergie de 1 000 Wh. Les secondes couvrent les champs de préparation et d'instrumentation des batteries, de la réalisation en conditions extrêmes des tests (cyclage, court-circuit, poinçonnement, sur-température) et de la caractérisation et l'analyse des batteries post-mortem. Le couplage des résultats expérimentaux et de la simulation procure une valeur ajoutée importante aux données qui alimentent en entrée les outils de modélisation et en sortie les outils prédictifs, augmentant ainsi la compréhension fine du fonctionnement des batteries.



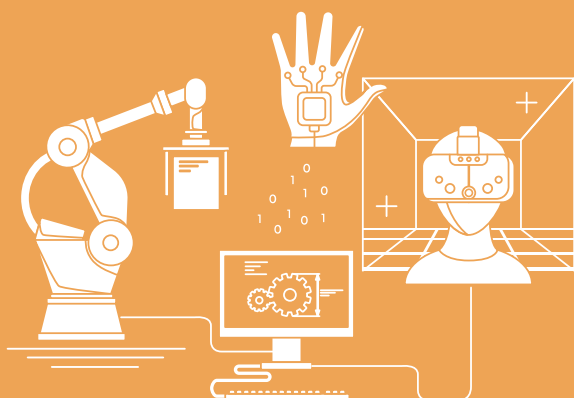
Transition numérique

Fort de ses recherches sur l'atome et, plus généralement, les énergies bas carbone, le CEA a acquis au fil du temps, des compétences de pointe en électronique et dans le numérique. Il dispose également d'une capacité unique à concevoir, construire et gérer des plateformes technologiques innovantes, au bénéfice de la communauté scientifique et industrielle.

Missions assurées par les directions de la recherche technologique (DRT) et de la recherche fondamentale (DRF)

La **Direction de la recherche technologique (DRT)** du CEA s'appuie sur les avancées scientifiques de l'ensemble de l'organisme afin de créer des innovations technologiques favorisant la compétitivité des entreprises françaises par la performance et la différenciation des produits. La DRT développe, protège et transfère des technologies : son champ d'application s'étend des industries traditionnelles aux filières high-tech les plus avancées et s'adresse à toutes les tailles d'entreprises. Cette dynamique est déployée dans l'ensemble des régions françaises, et accompagne les entreprises locales dans leur démarche d'innovation. Le CEA contribue ainsi à la création de valeur et d'emplois pérennes sur le territoire, au plus près des besoins industriels.

La **Direction de la recherche fondamentale (DRF)** du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial. Ses travaux constituent également des sources indispensables pour les autres missions du CEA.



Faits marquants 2019

Technologies de l'information



Illustration du concept de blockchain. © denisismagilov

Une blockchain moins énergivore

— Stocker des données numériques et les transmettre de manière décentralisée, transparente, sécurisée et infalsifiable : la technologie de blockchain, dont un des cas d'usage les plus connus est le bitcoin, répond en tout point à cet enjeu stratégique. Le protocole de consensus de bitcoin a toutefois des temps de validation trop longs et est trop énergivore pour être utilisé dans le secteur industriel, mais également bancaire. Afin de répondre aux besoins de ces secteurs, les chercheurs du CEA-List se sont appuyés sur un autre protocole existant, Tendermint, dont ils ont corrigé les dernières failles. Ils ont aussi levé les blocages dans la construction de la blockchain et amélioré le processus afin qu'il tolère les pannes, comme les virus.



Démonstrateur Spirit - Réseaux de neurones à pointes (spikes) permettant d'importants calculs en parallèle et à basse puissance et latence. © folienfeuer

Spirit, premier réseau de neurones intégré sur puce

— Baptisé Spirit, ce réseau de neurones intégré sur puce s'inspire largement du fonctionnement du cerveau. Tout comme les « vrais » neurones, Spirit utilise un codage unaire (contrairement au codage binaire habituellement utilisé en électronique numérique). Chaque événement ajoute au poids de la relation entre deux neurones jusqu'à un seuil d'impulsion. Autre similitude avec la biologie : des mémoires résistives ou ReRAM (ultrarapides) sont placées sur la puce, ce qui évite des déplacements de données, coûteux en énergie. Résultat : la consommation est divisée (au moins) par cinq. Premier pas vers des puces dédiées aux solutions « deep learning » embarquées, Spirit combine ainsi performance et basse consommation, une des voies majeures du calcul du futur. Prochaine étape : une nouvelle version de Spirit en technologie 28 nm.

Interface homme-machine



Tracteur pulvérisant un champ de soja au printemps © Dusan Kostic

Simplifier le pilotage des tracteurs

— Plus puissantes et intégrant toujours plus de fonctionnalités, les machines agricoles ne cessent de se complexifier. Afin de simplifier leurs interfaces de commandes, AGCO, l'un des leaders mondiaux du secteur, a sollicité le CEA-List. Ses équipes ont développé une « molette 2.0 » qui conjugue affichage à l'écran et sensation de toucher pour les conducteurs. Cet ingénieux bouton rotatif réagit aux butées rencontrées par le tracteur, paramètre les résistances selon les efforts subis et émet, au cas par cas, des alertes vibratoires. Après avoir obtenu la preuve de concept en conditions réelles, le CEA a présenté, en janvier 2020, une variante de cette technologie sous la forme d'un joystick au salon CES à Las Vegas.





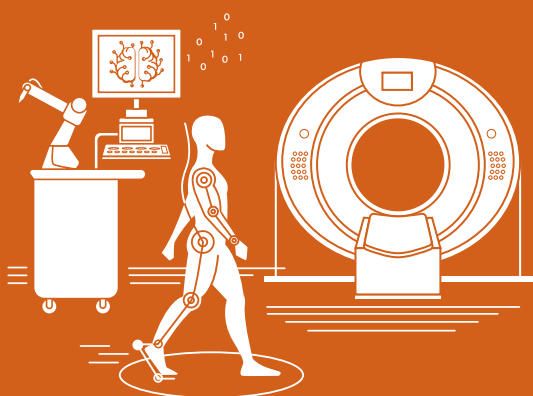
Technologie pour la médecine du futur

Le CEA est impliqué depuis sa création dans la recherche en biologie et en santé. Au fil des ans, il est également devenu un acteur central en France pour la conception et l'intégration de technologies innovantes dans le domaine de la médecine du futur.

Missions assurées par les directions de la recherche fondamentale (DRF) et technologique (DRT)

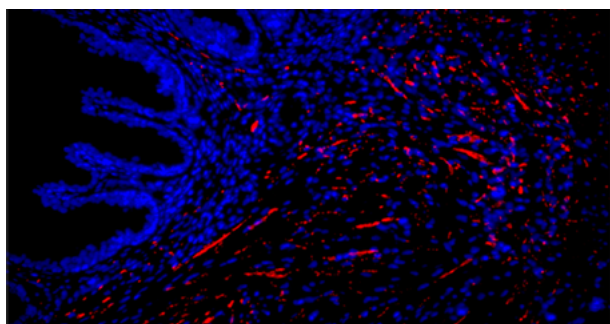
La Direction de la recherche fondamentale (DRF) du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial. Ses travaux constituent également des sources indispensables pour les autres missions du CEA.

La Direction de la recherche technologique (DRT) du CEA s'appuie sur les avancées scientifiques de l'ensemble de l'organisme afin de créer des innovations technologiques favorisant la compétitivité des entreprises françaises par la performance et la différenciation des produits. La DRT développe, protège et transfère des technologies : son champ d'application s'étend des industries traditionnelles aux filières high-tech les plus avancées et s'adresse à toutes les tailles d'entreprises. Cette dynamique est déployée dans l'ensemble des régions françaises, et accompagne les entreprises locales dans leur démarche d'innovation. Le CEA contribue ainsi à la création de valeur et d'emplois pérennes sur le territoire, au plus près des besoins industriels.



Faits marquants 2019

Neurosciences

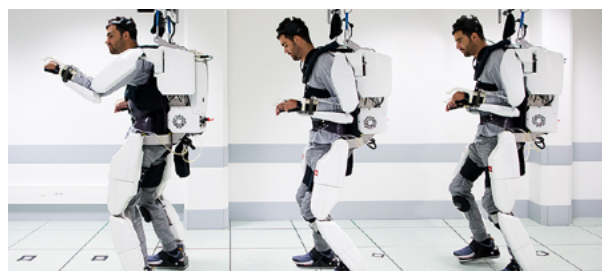


Réseau de nerfs adrénérquiques (en rouge) dans des tumeurs à haut risque du cancer de la prostate. © Science

Comment le cerveau participe au cancer

— La production de nouveaux neurones est un événement plutôt rare chez l'adulte, cantonné, croyait-on, à deux régions particulières du cerveau : le gyrus denté dans l'hippocampe et la zone sous-ventriculaire. Une équipe CEA/Inserm a contredit cette hypothèse en montrant que ce phénomène se produit également en dehors du système nerveux central : dans les tumeurs. Ils contribuent ainsi au développement du cancer. Ces cellules nerveuses dérivent de progéniteurs provenant du cerveau et sont acheminés *via* la circulation sanguine. Cette découverte étonnante ouvre la voie à tout un nouveau champ de recherche, relatif au rôle du système nerveux dans le développement des cancers et aux interactions entre les systèmes vasculaires, immunitaires et nerveux dans la formation des tumeurs.

[En savoir plus](#)



Démonstration de l'exosquelette Clinathec. © Juliette Treillet

L'exosquelette Clinathec : 14 brevets et un concentré d'innovations

— Pour la première fois, un patient tétraplégique a pu se déplacer et contrôler ses deux membres supérieurs grâce à une neuroprothèse contrôlant un exosquelette. Publiés le 4 octobre 2019 dans la revue *The Lancet Neurology*, les résultats de l'étude clinique du projet Brain Computer Interface (BCI), réalisée à Clinathec (CEA, CHU Grenoble Alpes), ont validé la preuve de concept du pilotage d'un exosquelette équipé de quatre membres spécifiques par une neuroprothèse implantée et développée au CEA. Celle-ci mesure et numérise les signaux neuronaux et les transmet, en temps réel, par une liaison sans fil. Ses algorithmes décodent les signaux numérisés pour les traduire en intentions de mouvement et en commandes de pilotage. L'exosquelette Clinathec, qui a donné lieu à quatorze brevets déposés, repose sur les briques technologiques du projet Brain Computer Interface (BCI) et sur les briques génériques des instituts CEA-Leti et CEA-List. Cette technologie est destinée, à terme, à donner une plus grande mobilité aux personnes en situation de handicap moteur.

[En savoir plus](#)

Imagerie médicale



Arrivée à Saclay de l'aimant supraconducteur
du projet Iseult, le 18 mai 2017.

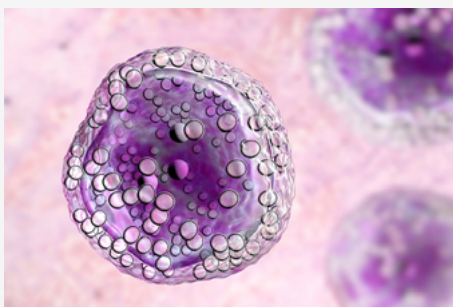
© P.Dumas/CEA

Record mondial pour Iseult !

— Le projet Iseult a franchi une étape décisive en juillet 2019 quand l'aimant de son **IRM*** humain corps entier a atteint son champ nominal de 11,7 Teslas. Ce record mondial couronne des années de R&D, à la pointe de l'innovation dans le domaine des aimants supraconducteurs. Au cours des prochains mois, des équipements seront installés auprès de l'aimant pour disposer d'un IRM capable de sonder le cerveau humain à des précisions jamais atteintes, au bénéfice de la recherche fondamentale, des sciences cognitives et du diagnostic des maladies neurodégénératives.

[En savoir plus](#)

IRM*
imagerie par
résonance
magnétique.
Technique d'imagerie
médicale permettant
d'obtenir des vues
en deux ou en trois
dimensions de
l'intérieur du corps de
façon non invasive.



Cellules de lymphome de Burkitt. © Dr_Microbe

Bientôt un radio-traceur innovant

— Sur la base d'un accord de licence, le CEA a confié à la société Zionexa l'exploitation et la commercialisation d'un radio-pharmaceutique innovant, la Fludarabine marquée au fluor 18. Les radio-pharmaceutiques sont notamment utilisés en imagerie **TEP*** pour cibler les cellules tumorales et visualiser la réponse au traitement, tout au long de la prise en charge du patient. La [18] Fludarabine devrait permettre de mieux visualiser les cellules tumorales impliquées dans les maladies lympho-prolifératives, là où d'autres techniques de diagnostic présentent des limites en termes de spécificité et de sensibilité. Les études cliniques sont en cours.

[En savoir plus](#)

TEP*
tomographie par
émission de positons.
Technique d'imagerie
médicale utilisée
pour mesurer en
trois dimensions
l'activité métabolique
ou moléculaire d'une
cellule ou d'un organe
grâce aux émissions
produites par les
positons, issus d'un
produit radioactif
injecté au préalable.





Recherche fondamentale

Parallèlement aux missions qu'il poursuit dans les domaines de la défense et la sécurité, la transition énergétique, la transformation numérique et la médecine du futur, le CEA investit dans une recherche fondamentale d'excellence, à l'origine d'un spectre très étendu de connaissances et de savoir-faire.



Missions assurées par la Direction de la recherche fondamentale

La **Direction de la recherche fondamentale (DRF)** du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial. Ses travaux constituent également des sources indispensables pour les autres missions du CEA.



Faits marquants 2019

Système Terre



La base française de Dumont d'Urville © Matthieu Weber

Zoom sur l'Antarctique

— Les évolutions de la calotte glaciaire antarctique ont un impact majeur sur le climat global. Or, cette zone du globe est peu instrumentée. Des climatologues du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) ont donc mené plusieurs campagnes sur le continent blanc pendant l'été austral. Ils ont recueilli des échantillons de neige et de glace, portant les traces de la variabilité climatique de l'Antarctique au cours des siècles, et ont installé des instruments d'analyse atmosphérique. En affinant leur connaissance des variations passées et actuelles de la calotte glaciaire, ils pourront en prévoir plus finement les évolutions futures.

[En savoir plus](#)

Dans les secrets de la photosymbiose

— En 2012, en étudiant la symbiose entre un organisme unicellulaire et une micro-algue de plancton marin, des chercheurs du CEA ont constaté qu'une fois intégrées dans leur hôte, ces micro-algues changeaient d'aspect par rapport à leur vie à l'état libre. Mais cette association profite-t-elle réellement aux deux organismes ? Grâce à des technologies d'imagerie subcellulaire complétées par des analyses physiologiques, les chercheurs sont désormais en mesure d'apporter un élément de réponse : cette **symbiose*** d'un genre nouveau, qui ne ressemble en rien à ce que l'on observe chez les coraux ou les lichens, maximise l'activité de photosynthèse de la micro-algue et son rendement.

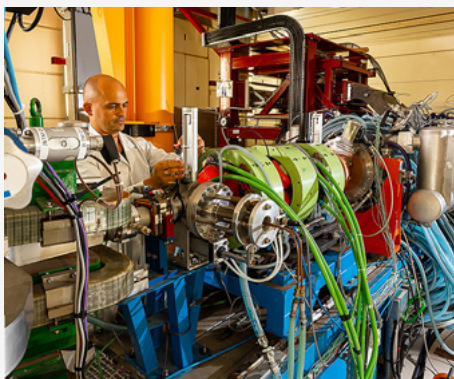
[En savoir plus](#)

Symbiose*
association quasi-indissociable de deux organismes très différents pour constituer une forme symbiotique qui peut être considérée comme un nouvel organisme à part entière. Lorsqu'un des organismes d'une symbiose utilise la photosynthèse (comme une micro-algue), on parle de photosymbiose. Ce type d'association, retrouvé par exemple dans les récifs coralliens, est essentiel aux écosystèmes marins.



Un acanthaire (hôte) de 100-200 µm de longueur avec ses micro-algues symbiotiques intracellulaires (cellules jaunes). © Johan Decelle

Matériaux



Installation d'équipement sur la ligne diagnostic.
© P.Dumas/CEA

Premières expériences réussies avec Iphi-Neutrons

— La diffusion des neutrons thermiques est utilisée par une très large communauté de chercheurs (8000 scientifiques en Europe) pour l'étude de la matière condensée et la science des matériaux. Jusqu'à présent, la demande était satisfaite par des réacteurs nucléaires de recherche, dont le nombre diminue. La production de neutrons thermiques par des sources compactes pourrait toutefois constituer une alternative intéressante. Le CEA développe ainsi depuis 2018 le démonstrateur Iphi-Neutrons – le prototype le plus avancé en Europe – qui utilise un accélérateur de protons de basse énergie. Les premières expériences effectuées confortent les choix technologiques opérés en vue du développement de la future source compacte de neutrons « Sonate », dont les performances pourraient se rapprocher de celles des réacteurs nucléaires expérimentaux.

[En savoir plus](#)

Fusion



Intérieur du tokamak : sur la partie gauche se trouvent deux antennes de chauffage FCI sur les murs extérieurs. Les deux systèmes de chauffage permettent un chauffage du plasma par induction. © C.Roux/CEA

Beau bilan d'étape pour le tokamak West !

— La campagne expérimentale dite C4 du **Tokamak*** WEST s'est achevée mi-novembre 2019. À son actif : des plasmas maintenus sur des temps longs, de l'ordre d'une minute, et les premiers tests de prototypes d'un composant clé (un divertor en tungstène) du démonstrateur ITER en construction à Cadarache. West se prépare désormais à accueillir un divertor complet, qui permettra d'allonger la durée des plasmas jusqu'à 1000 secondes et de déterminer la durée de vie de ce composant dans les conditions extrêmes que connaîtra Iter.

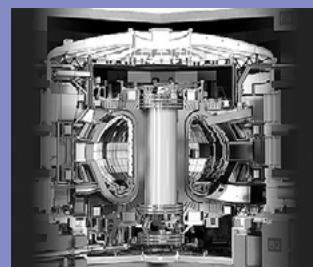
Tokamak*
machine expérimentale
conçue pour démontrer
la faisabilité scientifique
et technique de
l'énergie de fusion
dont le nom est un
acronyme du russe
signifiant « chambre
toroïdale avec bobines
magnétiques ».

ZOOM SUR...

ITER

35 pays sont engagés dans la construction d'Iter (en latin, le « chemin »), le plus grand tokamak jamais conçu, qui doit démontrer que la fusion – l'énergie du Soleil et des étoiles – peut être utilisée comme source d'énergie à grande échelle, non émettrice de CO₂, pour produire de l'électricité. Les résultats du programme scientifique d'ITER seront décisifs pour ouvrir la voie aux centrales de fusion électrogènes de demain.

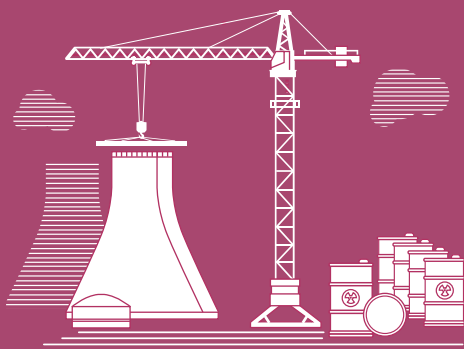
[En savoir plus](#)





Assainissement-démantèlement

Enjeu majeur, l'assainissement-démantèlement (A&D) au CEA représente 36 installations en démantèlement, plus de 1 000 salariés mobilisés et une véritable expertise dans le domaine. Le site de Marcoule regroupe à lui seul le plus grand chantier d'A&D en Europe. Avec une stratégie générale validée par les autorités de sûreté en 2019, le CEA mène chantiers et R&D de front pour des opérations toujours plus sûres, techniquement et économiquement optimisées.



Missions assurées par les équipes de la Direction de l'énergie nucléaire (DEN)

La **Direction de l'énergie nucléaire (DEN)** apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour développer un nucléaire durable, sûr et économiquement compétitif. Dans cette optique, la DEN conduit ses travaux selon trois axes majeurs :

- le soutien à l'industrie nucléaire française pour les réacteurs du parc actuel, le démarrage de l'EPR et les usines du cycle
- l'assainissement et le démantèlement de ses installations nucléaires en fin de vie
- le développement des systèmes nucléaires du futur avec les réacteurs de 4^e génération pour fermer le cycle du combustible et avec les SMR (Small Modular Reactor) pour plus de flexibilité et un développement à l'international.



Faits marquants 2019

EN CHIFFRES...

36 installations

à démanteler par le CEA sur 5 centres civils (Fontenay-aux-Roses, Saclay, Marcoule, Cadarache et Grenoble)

740 millions d'euros

alloués annuellement au démantèlement des installations et à la reprise des déchets anciens du CEA

1 100 salariés

travaillant directement ou indirectement au démantèlement.



© S.Le Couster/CEA

L'assainissement-démantèlement (A&D) couvre l'ensemble des opérations menées après l'arrêt définitif d'une installation nucléaire jusqu'à son déclassement. Celles-ci comprennent des opérations de démontage d'équipement, d'assainissement des locaux et des sols, de démolition de structures de génie civil, de traitement, de conditionnement et d'évacuation des déchets produits. Chacune de ces opérations est effectuée en lien avec les autorités de sûreté nucléaire, civile (ASN) et de défense (ASND). Le CEA assure également la reprise et le conditionnement de déchets anciens.

Des installations variées à démanteler

Réacteurs de différentes technologies, laboratoires de haute activité, usines du cycle du combustible, installations de traitement ou d'entreposage de déchets... Chaque installation est un cas particulier et chaque démantèlement un défi technique. Le CEA détient une véritable expertise, aussi bien dans la maîtrise d'ouvrage des opérations que dans les méthodologies et les savoir-faire nécessaires à leur réalisation.

Une R&D innovante pour le démantèlement

Certaines opérations exigent le développement de technologies particulières, en rupture avec les approches traditionnelles. Le CEA mène dans ce but des programmes de R&D visant à optimiser les coûts, la durée et les conditions d'intervention sur les chantiers. Nouveaux outils de formation en réalité virtuelle, robots télé-opérés pour réaliser les opérations en toute sécurité ou encore dispositifs de mesures ultrasensibles sont quelques-unes des innovations développées au CEA.

Une stratégie générale validée par les autorités de sûreté

En 2019, les autorités de sûreté nucléaire ont validé les grands principes de la stratégie du CEA en matière d'assainissement-démantèlement. Cette stratégie fixe notamment la priorisation des opérations en fonction de la radioactivité, de la radiotoxicité et de la robustesse de l'installation. Elle tient également compte de contraintes techniques, économiques et humaines. Cette stratégie permet au CEA de faire face à l'augmentation du nombre d'installations en démantèlement.

LE DÉMANTÈLEMENT À MARCOULE : TOUTES LES COMPLEXITÉS SUR UN SEUL SITE

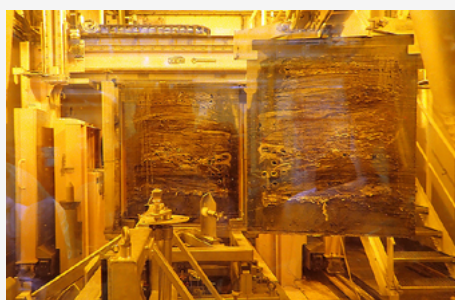
Chantiers prioritaires, diversité des installations, reprise de déchets anciens, le site du CEA-Marcoule regroupe à lui seul toutes les caractéristiques de l'A&D au CEA.

Le démantèlement de l'ancienne usine de retraitement du combustible nucléaire usé, UP1, est le plus grand chantier de démantèlement en France et l'un des plus importants au monde. Son achèvement est prévu à l'horizon 2060 avec l'évacuation des derniers déchets. Autre chantier majeur, l'Atelier pilote de Marcoule ne compte pas moins de 30 cellules de haute activité, cinq chaînes blindées et 230 boîtes à gants. La reprise des déchets irradiants ou à vie longue constitue aussi une véritable priorité de sûreté. Souvent mal connus, d'une très grande diversité chimique et radiologique, ils font l'objet d'une intense R&D, tant pour les caractériser entièrement que pour trouver des moyens de les conditionner ou reconditionner. S'ajoutent enfin six réacteurs de technologies variées (graphite gaz, neutrons rapides refroidi au sodium, hauts flux neutroniques) à des stades de démantèlement différents.



© S.Le Couster/CEA

Gestion des déchets anciens



Découpe du premier colis actif dans l'installation Chicade à Cadarache en vue d'une caractérisation. © CEA

Caractérisation de colis de déchets historiques

— En août 2019, un premier colis actif, datant de 1995, a été découpé dans une cellule dédiée de l'installation nucléaire de base Chicade située à Cadarache. Cette opération marque le démarrage du projet Recar dont l'objet est de vérifier l'ensemble des caractéristiques des colis du CEA afin d'en améliorer la connaissance et de définir les exutoires adaptés au juste besoin. Une fois caractérisés, les colis seront en effet triés et conditionnés pour permettre leur évacuation vers les exutoires adéquats et diminuer ainsi les coûts de leur gestion. 4 000 colis au total sont concernés, dont une grande partie pourrait être ensuite envoyée vers le centre de stockage de l'Aube de l'Andra, dédié aux déchets de faible et moyenne activité à vie courte.



Début du tri et du reconditionnement des « fûts riches » provenant du parc d'entreposage de Cadarache. © CEA

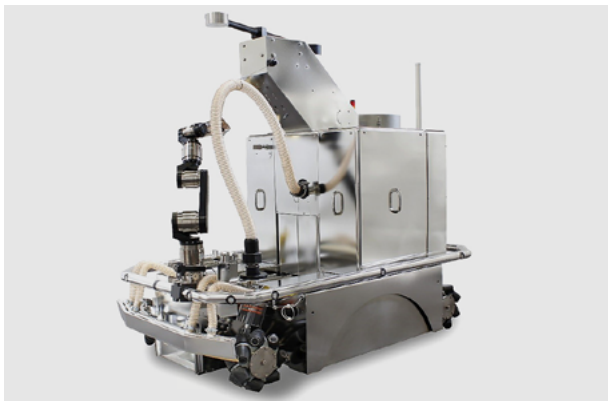
Tri et conditionnement de 37 fûts dits « riches » du parc d'entreposage de Cadarache

— Déchets historiques jusqu'ici entreposés dans une installation de Cadarache, 37 fûts dits « riches », car contenant plusieurs grammes de matières fissiles, ont été transférés en 2019 à l'Atelier de traitement du plutonium, techniquement équipé pour le tri et le reconditionnement de ce type de déchets.

Avec le feu vert de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), les opérations de tri et de reconditionnement ont démarré le 26 septembre 2019. Elles déboucheront sur le conditionnement de ces déchets dans des fûts de 100 litres ou dans des colis de 870 litres, conformément aux exigences des exutoires. Ces colis seront ensuite évacués vers les installations de traitement de déchets puis d'entreposage de Cadarache.



Téléopération



Gobie, dispositif téléopéré pour l'assainissement des zones de travail.
© CEA

Gobie et Murène, des équipements télé-opérés innovants pour les chantiers d'A&D

— Les opérations de reprise des fûts anciens étaient jusqu'ici réalisées à l'aide de chariots nucléarisés, équipements lourds nécessitant la présence d'un conducteur, ce qui limitait le temps de production.

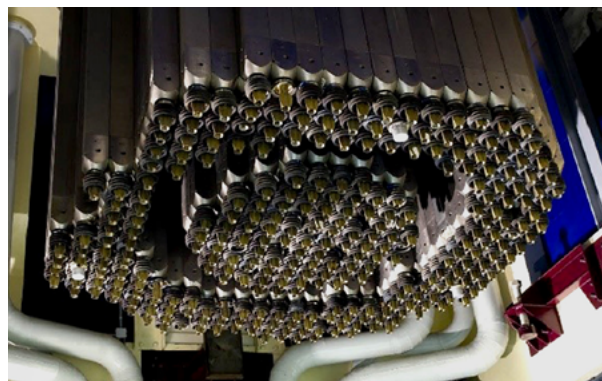
Pour les optimiser, des équipements télé-opérés ont été conçus par le CEA, en partenariat avec des industriels. Manœuvrables à distance, ils évitent d'exposer les techniciens à un environnement radioactif et permettent d'augmenter la cadence de reprise de fûts. En 2019, la mise en œuvre de deux dispositifs s'est poursuivie : le « super-aspirateur » Gobie qui permet d'assainir les zones de travail et Murène, réceptionné fin 2019, qui assurera la reprise des fûts en casemates sur les chantiers de Marcoule. Gobie et Murène illustrent parfaitement le développement d'équipements innovants pour les chantiers d'A&D : techniquement exceptionnels, ils participent efficacement à la réduction du terme source, une des priorités du CEA dans l'A&D.

Calcul

Des calculs pour démontrer la très faible activité des déchets de l'installation Masurca

— Mis à l'arrêt définitif fin 2018, le réacteur Masurca situé à Cadarache fait partie des installations du CEA à démanteler. Pour préparer les opérations de démantèlement, des calculs ont été réalisés visant à préciser la catégorie des déchets produits. Basés sur l'historique de fonctionnement du réacteur et sur des analyses notamment de bétons prélevés dans le réacteur, ces calculs sont fondamentaux car ils démontrent que les déchets issus de cette installation seront de très faible activité. Cela représente une simplification majeure en termes de flux logistiques et de réduction des coûts dans la gestion des déchets induits. En outre, c'est une information essentielle pour l'ANDRA qui pourra ainsi gérer ces déchets de la manière la plus efficace. Enfin, ces calculs permettent de définir au juste besoin les travaux d'assainissement dans le réacteur.

Vue de dessous du cœur du réacteur Masurca. © P.Dumas/CEA



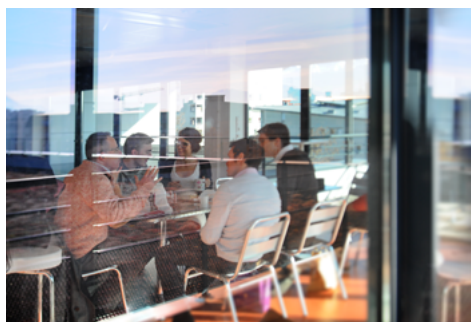


LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Ressources humaines

Attirer les talents, développer les compétences.

Pour que le CEA mène à bien, dans la durée, l'ensemble des missions qui lui ont été confiées, la fonction RH met en œuvre les moyens nécessaires pour attirer les talents, développer les compétences et créer les conditions de la motivation de l'ensemble des salarié(e)s. Elle a la responsabilité de construire, avec les partenaires sociaux, le « contrat social » qui définit le cadre et les conditions du lien entre le CEA et ses collaborateurs, en l'adaptant en permanence aux enjeux et contexte de l'organisme.



© Andréa Aubert/CEA

Favoriser les parcours professionnels

— Durant la période 2016-2019, le CEA s'est notamment investi dans le développement d'une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC) avec un triple objectif : disposer d'une vision prospective permettant d'anticiper les évolutions des métiers en réponse aux besoins de ses programmes, accompagner les salariés dans ces évolutions et identifier des parcours professionnels stratégiques pour mieux les piloter. Cette démarche a été menée dans le respect du cadrage de l'État en matière d'effectifs (plafond d'emploi, PMLT), de suivi de la masse salariale et de mesure de l'efficacité de l'application des politiques RH.

Le CEA a travaillé à la réalisation d'un référentiel des métiers et des emplois, partagé par toutes les directions et en cours de déploiement dans l'ensemble des processus et outils RH (revues de personnel, plan emploi, formation, etc.). Ce référentiel, qui définit 60 métiers et près de 300 emplois, a été finalisé fin 2018. La démarche s'est poursuivie pour prendre en compte les spécificités de chaque direction et s'est concrétisée, fin 2019, par une **cartographie représentative d'environ 99,5 % des salariés permanents du CEA**. Elle est particulièrement utile pour identifier les compétences et emplois critiques et donc mitiger les risques associés.

Un **parcours professionnel pour la filière sûreté-sécurité** a également été construit en 2019 et un autre, relatif à la **filière projet**, est en cours de finalisation. S'agissant de la **filière managériale**, le CEA a déployé, en 2019, un **parcours de formation unique et transversal** pour l'ensemble de ses directions. Enfin, il a mis en place des actions d'**accompagnement au changement**, notamment dans le cadre des nouvelles organisations mises en place fin 2019 et début 2020.

Enfin, engagé de longue date en faveur de l'insertion professionnelle de ses salariés non permanents (doctorants, post-doctorants, CDD...), le CEA a intensifié ses efforts, en 2019, pour favoriser leur connaissance des possibilités d'emplois pérennes au CEA comme leur employabilité sur le marché de l'emploi. Des formations spécifiques visant à accompagner l'ensemble de ces salariés ont été proposées à plus de 200 d'entre eux en 2019.



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME



© Sebra - Fotolia.com

Priorité à la qualité des formations

— Pour faire bénéficier ses salariés des dernières innovations pédagogiques, notamment numériques, le CEA a investi, en 2019, bien davantage que les années précédentes, dans les formations à distance et les outils d'apprentissage en ligne (webinar, micro-learning, Mooc...). Ces nouveaux modes d'apprentissage ont, pour autre vertu, d'offrir une grande flexibilité de suivi pour les apprenants.

Renforcer la qualité de vie au travail

— Considérant la qualité de vie au travail (QVT) comme un enjeu majeur, le CEA s'est doté, le 14 mai 2019, et pour la première fois, d'un **accord relatif à la qualité de vie au travail**. Il y réaffirme d'abord que le dialogue et l'expression des salariés, notamment dans la conduite du changement et pour la prévention des risques psycho-sociaux, contribue à améliorer le bien-être et l'environnement de travail. Il introduit ensuite la possibilité d'exercer son activité en télétravail pour favoriser l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée. Enfin, il met en place, au titre de la solidarité entre salariés, le don de jours de repos. Parmi les avancées notables introduites par l'accord, la possibilité est offerte, sur demande des salariés acceptée par leur manager, d'ouvrir un compteur de télétravail, permettant d'utiliser jusqu'à 42 jours par année calendaire, dans la limite de 2 jours maximum par semaine. Environ 3 500 salariés disposaient fin 2019 d'un tel compteur. À noter qu'au 1^{er} semestre 2020, le télétravail a massivement été utilisé pour permettre la continuité de certaines activités du CEA dans un contexte d'exigence réglementaire de confinement généralisé pour faire face à l'épidémie COVID-19.



© EDHAR - Shutterstock

Un dialogue social dynamique

— Pour tenir compte des nouvelles modalités du dialogue social dans les entreprises, instaurées par les ordonnances dites « Macron » du 22 septembre 2017, le CEA a signé, le 25 octobre 2018, un accord unanime relatif aux institutions représentatives du personnel avec les organisations syndicales représentatives (CFDT, CFE-CGC, CFTC, CGT et UNSA SPAEN). Cet accord réaffirme que le dialogue social est une composante essentielle de la vie de l'entreprise, et met en place de **nouvelles institutions représentatives du personnel**. Des élections professionnelles ont, en conséquence, été organisées au cours du premier semestre 2019, afin d'élire les représentants du personnels titulaires et suppléants dans ces nouvelles institutions représentatives au niveau national ainsi que dans chaque centre. Le CEA a également organisé ou contribué à organiser les élections des membres représentants les personnels au Conseil d'administration du CEA, des représentants dans les instances des COMUE, du CNESER, ou de l'Université Paris Saclay. Outre les protocoles d'accords préélectoraux, 7 autres accords collectifs ont été signés en 2019, témoignant ainsi du dynamisme du dialogue social.



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Gestion administrative et paie

— L'année 2019 a été fructueuse en matière d'actions spécifiques menées sur le domaine de l'administration du personnel et de la paie avec, entre autres, la mise en place du **prélèvement à la source et de la dématérialisation du bulletin de paie**, la signature de conventions cadre de mise à disposition de personnels avec différents partenaires (ITER, RJH, FRAMATOME, garde nationale...) et le recrutement de personnel de STMicroelectronics impliqué dans les missions de la Direction de la recherche technologique (DRT). Différents travaux ont été conduits fin 2019 pour nourrir la réflexion du CEA sur la **politique de rémunération** de ses personnels, aux premiers rangs desquels la réalisation d'un benchmark des salaires sur un panel d'entreprises du secteur privé et d'organismes de recherche publics.

Rénovation du système informatique de gestion

— Le CEA a engagé la **rénovation de son système informatique de gestion** (RH, achats et finance) afin de le moderniser et le rendre plus agile, en s'appuyant notamment sur une **cartographie des processus RH et une vision à 3 ans** du système d'information RH définies début 2019. Parallèlement, des projets de digitalisation de processus de gestion ont été lancés en 2019.

UNE POLITIQUE ACTIVE EN FAVEUR DES PERSONNES EN SITUATION DE HANDICAP

Depuis plus de 30 ans, le CEA est engagé en faveur de l'emploi, du maintien dans l'emploi et de la formation de ses collaborateurs en situation de handicap. Pour favoriser le « vivre ensemble » et faire connaître les bénéfices potentiels de la déclaration de son handicap, une campagne d'information a été réalisée en 2019 avec l'affichage de posters dans tous les centres CEA, la mise en ligne sur le portail intranet de plusieurs portraits vidéo et la diffusion de deux brochures pédagogiques regroupant témoignages, définitions et contacts du réseau handicap du CEA, l'une pour les salariés et l'autre pour les futurs recrutés. Pour la deuxième année consécutive, trois forums virtuels de recrutement de personnes en situation de handicap ont également été organisés. Le CEA a, par ailleurs, participé à l'action nationale « duoday », au cours de laquelle un salarié accueille une personne en situation de handicap pour une journée : une opportunité de rencontre autour d'un métier pour, ensemble, dépasser les préjugés.





LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Développement durable

Engagé depuis plusieurs décennies dans une démarche d'entreprise responsable, le CEA place le développement durable au cœur de ses préoccupations, en cherchant à réduire l'empreinte environnementale de ses activités de R&D tout en favorisant leur bénéfice économique et le bien-être de ses salariés. Coordonnées au niveau national, ces actions sont soutenues, au niveau des territoires, par des initiatives conduites par chaque centre en fonction de ses spécificités et dont quelques exemples sont présentés ici.



© Pierre JAYET/CEA

— Deux actions phares ont été menées en 2019 par le CEA. La première concerne la réduction de 3 % de sa consommation énergétique. Sur la base de l'audit énergétique réglementaire de ses installations finalisé en 2019, le CEA a lancé le projet « performance énergétique » pour la période 2020-2023, avec trois objectifs principaux : établir la politique énergétique de l'organisme, adapter l'organisation et les processus des activités d'exploitation, de maintenance et de rénovation à la recherche de performance énergétique dans la durée et poser la méthodologie de réduction des consommations énergétiques de 3 % par an à périmètre constant.

Parallèlement, il a continué son effort de réduction, de verdissement et de rajeunissement de son parc automobile, composé de 494 véhicules (en réduction significative tous les ans). En termes de motorisation, la part du diesel qui s'élevait à 43 % du parc automobile en 2017 ne représente plus que 30 % en 2019 alors que la part de motorisation électrique et hybride atteint 40 % en 2019 (33 % en 2017).

La deuxième action engagée en 2019 porte sur la responsabilité dans les achats. Le CEA a ainsi réalisé une analyse fine de la consommation de ses déchets plastiques, plus particulièrement des gobelets utilisés quotidiennement par ses salariés (environ 25 tonnes par an, avec un impact environnemental non négligeable). Fort de ce constat et suite à la promulgation des lois sur la transition énergétique et l'économie circulaire, le CEA a fait le choix de produits lavables (verres, tasses) associés à des solutions de nettoyage par la restauration, le service nettoyage ou l'achat de machines de lavage portables, qui constituent le meilleur compromis économie/environnement.



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Cadarache améliore la gestion de ses déchets sanitaires

— Le centre de Cadarache a remplacé le procédé de déshydratation mécanique utilisé pour traiter les effluents sanitaires par une nouvelle installation dite de « séchage des boues sanitaires ». Elle combine une fonction de serre et un plancher chauffant alimenté par une pompe à chaleur eau-eau, dont les calories sont récupérées dans les effluents sanitaires traités. Économique en exploitation avec un apport énergétique minimal, ce procédé permet un séchage des boues toute l'année sans nuisance olfactive et un taux de siccité supérieur à 80 %. La masse de boues produite est par ailleurs fortement réduite. Une filière de valorisation énergétique de ces boues a été mise en place via un partenariat avec un incinérateur de déchets agréé.

Le Cesta facilite la vie de ses salariés

— Dans le cadre de l'amélioration de la qualité de vie au travail, le centre du Cesta a ouvert, en décembre 2018, une conciergerie d'entreprise dont le succès va grandissant, avec près de 600 utilisateurs. Elle propose des services du quotidien (pressing, cordonnerie, repassage, couture...) et pour l'entretien des véhicules (contrôle technique, réparation, lavage), la livraison de produits bio ou issus de l'agriculture raisonnée ainsi que des services à domicile (garde d'enfants, jardinage, ménage). L'ensemble contribue à améliorer l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée des salariés, tout en leur offrant des prestations de qualité basées sur du commerce local, équitable et solidaire.



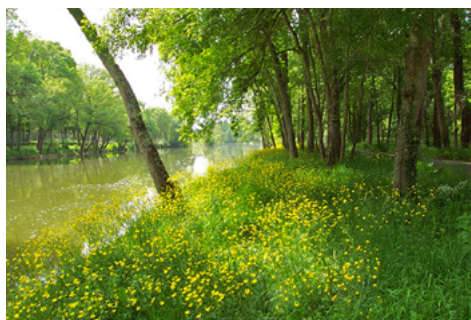
© CEA

Grenoble intègre ses activités de R&D et ses actions de RSE

— Le centre de Grenoble a lancé en 2019 une stratégie RSE triennale, offrant en particulier à ses salariés de pouvoir s'investir dans les actions RSE sur leur temps de travail, sous réserve d'accord de leur supérieur hiérarchique. Le CEA-Grenoble a également pris la co-présidence du club isérois des entreprises inclusives et lancé un groupe de travail pour favoriser l'intégration des personnes atteintes d'autisme dans l'emploi durable. Cette première en France a été saluée par Claire Compagnon, déléguée interministérielle en charge de la stratégie nationale pour l'autisme et les TND, lors de sa visite sur le centre.

Le Ripault préserve la biodiversité de son site

— Le centre du Ripault a mis en place une gestion différenciée de ses espaces verts. Cette démarche a permis de diminuer considérablement les surfaces à tondre et les fréquences de tonte, de développer des diversités floristiques et faunistiques, tout en améliorant l'esthétique environnementale et en réduisant les nuisances sonores. Gain de cette opération : une facture réduite d'environ 45 % par an. En assurant une gestion durable de ses espaces, le CEA diminue le volume de ses déchets verts et améliore l'écologie des espaces non bâtis.



© CEA



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Valorisation

Acteur majeur de l'innovation, le CEA a pour mission de valoriser les technologies qu'il développe en soutien à la compétitivité des entreprises, la création d'emplois et la souveraineté technologique nationale. Parmi les tout premiers organismes de recherche à avoir encouragé l'essaimage, il accompagne et soutient, depuis une vingtaine d'années, la création de start-ups dans des domaines technologiques de pointe.

EN CHIFFRES...

Depuis 10 ans
parmi les « 100 premiers
innovateurs mondiaux »,
selon Clarivate Analytics, et seul organisme de
recherche français à figurer dans le classement
Clarivate 2020.

1^{er} organisme
de recherche déposant de brevets en France

1^{er} déposant français
de brevets en Europe

670 nouveaux brevets
déposés en 2019

6 980 familles
de brevets actives

70 % des 216 start-ups
créées depuis 1971, toujours en activité (90 % à
5 ans), cumulant plus de **4 000 emplois**

5 start-ups
créées en 2019 dont 4 portées par des
salariés CEA

— Le CEA mène une politique active de valorisation de ses compétences et technologies, qu'il protège majoritairement par brevets et transfère vers l'industrie, dans les domaines clés de l'énergie, de la santé, de la mobilité du futur ou de l'usine du futur en réponse aux enjeux sociétaux et industriels.

Le CEA parmi les premiers déposants de brevets en France et en Europe

— Le CEA est l'un des premiers déposants de brevets tant en France qu'en Europe, principalement dans les domaines de la micro-électronique (semi-conducteurs), des nouvelles technologies de l'énergie (NTE), de l'instrumentation et de la santé, adressant les grandes transitions en cours : énergétique, numérique et médicale. Ces brevets viennent renforcer un socle d'excellence scientifique reconnu mondialement, et conforter le portefeuille de titres du CEA, déjà constitué de plus de 6 980 familles de brevets actives dans ces secteurs en pointe. Fort de ses compétences et de la protection de ses technologies, le CEA a noué en 2019 plus de 900 partenariats avec des industriels, start-up comme grands groupes en passant par des PME et des ETI.

Une démarche dynamique de valorisation

— Le dynamisme de valorisation du CEA s'exprime également par la cession de licences à ses partenaires industriels et par un accompagnement soutenu à la création et au développement de start-ups issues de ses technologies depuis plus de 20 ans. Dans ce cadre, le CEA s'appuie sur ses fonds d'investissement, portés par sa filiale CEA Investissement et Supernova Invest, cofondé avec Amundi en 2017.

En soutien de cette mission, la Direction de la valorisation dispose de l'ensemble des compétences nécessaires au transfert technologique : expertise en propriété intellectuelle, contrats, essaimage et connaissance des marchés et des acteurs industriels, complétées en 2019 par le volet intelligence économique et relayées par des équipes dédiées au sein des **4 directions opérationnelles du CEA**.



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

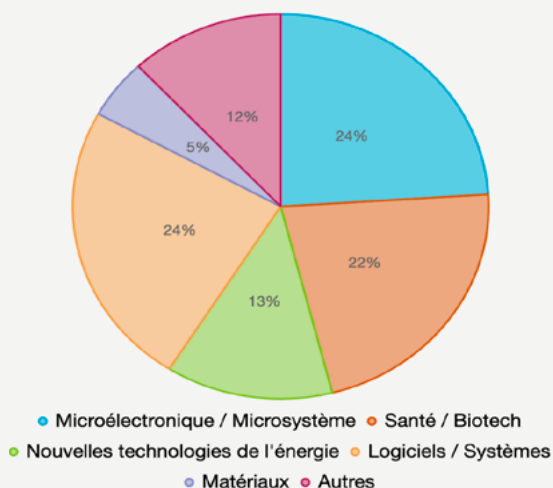
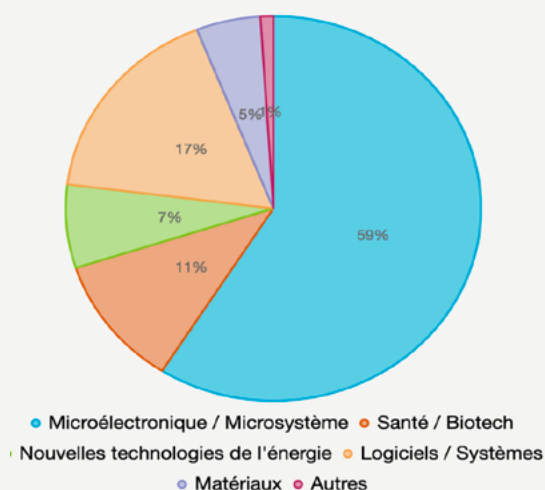
LE CEA SUR TOUS LES FRONTS

Pour faire bénéficier ses start-ups les plus prometteuses de la meilleure exposition nationale et internationale, et leur faire rencontrer de nouveaux partenaires, le CEA était présent, pour la quatrième année consécutive, au salon **CES 2019** à Las Vegas, avec huit démonstrateurs autour de cinq thématiques : la mobilité électrique, les énergies renouvelables, la santé connectée, la blockchain et la FoodTech. Pour la première fois en 2019, il a également participé avec six start-ups au salon **Viva Technology – VivaTech**, à Paris. L'objectif était double : présenter leurs savoir-faire dans trois grands domaines (big data et santé, transition énergétique et industrie du futur) et aller à la rencontre des étudiants, nombreux la dernière journée, dans l'optique d'attirer les talents.

Enfin, dans la même perspective, le CEA était à Lyon en septembre 2019 pour la première édition de **Sport Unlimitech** avec six démonstrateurs dont un système autonome de mesure d'efforts pour le vélo et une raquette de tennis connectée, proposée par une start-up spécialisée dans le « sport gaming ».



© CEA

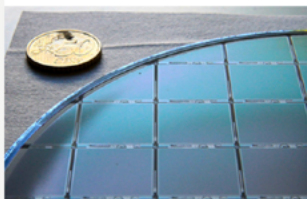
2019, une très belle année pour les start-ups
accompagnées par le CEARépartition des sociétés créées
par domaine technologiqueRépartition des effectifs
par domaine technologique



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME



Avec 90 millions d'euros levés au total, Aledia grandit et installe son site à Grenoble pour lancer le début de la production à grande échelle de ses LED 3D d'ici 2021.



Spécialisée dans la conception de tablettes graphiques, ISKN s'est alliée à Bandai Namco pour développer un jeu à destination des 6-12 ans utilisant la technologie de « l'interaction augmentée ».



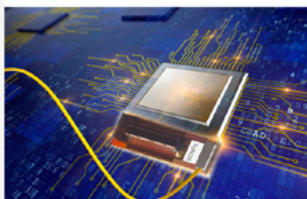
Spécialiste de l'intelligence artificielle appliquée au traitement d'image dans l'univers industriel, ARCURE a réussi la première entrée en bourse de 2019 sur Euronext Growth Paris.



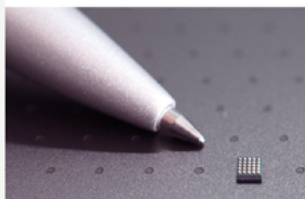
Start-up DeepTech parmi les 16 plus prometteuses selon Bpifrance, et start-up de l'année selon E&Y, Nawa Technologies a levé 13 millions d'euros pour accélérer la production industrielle de ses supercondensateurs à nanotubes de carbone.



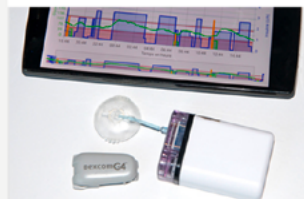
Lauréate 2018 du concours i-lab de Bpifrance, Scintil Photonics franchit un cap décisif en levant 4 millions d'euros pour développer des circuits photoniques innovants, entièrement intégrés sur silicium, qui permettent d'échanger jusqu'à 800 Gbits par seconde.



MedTech française à l'origine d'un stimulateur d'endorphine, Remedee Labs a levé 11 millions d'euros en série A auprès de Hardware Club, avec la participation de Habert-Dassault Finance, Partech, C4 Ventures, Supernova Invest, ainsi que des investisseurs privés.



MedTech française porteuse d'une solution pour le traitement automatisé du diabète de type I, Diabeloop a finalisé la plus importante levée de fonds en Europe en intelligence artificielle thérapeutique à hauteur de 31 millions d'euros.



Wattalps a levé 2,2 millions d'euros pour poursuivre le développement de batteries modulaires à haute performance pour l'électrification de véhicules, qui présentent les mêmes performances que les moteurs thermiques.





LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME

Science en société

Contribuer au partage des connaissances, participer à la promotion et la diffusion de la culture scientifique et technique, plus largement favoriser le dialogue entre la science et la société sont des enjeux majeurs pour le CEA. Pour toucher des publics de plus en plus consommateurs de supports numériques, le CEA a fait évoluer en 2019 ses outils de diffusion et d'appropriation de la culture scientifique, avec notamment l'ouverture de comptes Facebook et Instagram.

142 000 personnes touchées dont 42 000 élèves et enseignants (primaire, collège et lycée).



© CEA/ScienceLoop

Ressources numériques

ScienceLoop, une web-série de culture scientifique

— Cette web-série succède au magazine *Les Savanturiers*, qui, pendant huit ans, a mis en lumière celles et ceux qui, dans leur laboratoire et sur le terrain, travaillent, explorent, parcourent la planète pour une meilleure connaissance du monde qui nous entoure. Présentée par Roland Lehoucq, astrophysicien, et Pauline Maisonnasse, biologiste, ScienceLoop propose tous les mois aux 15-18 ans d'explorer un thème scientifique (le tableau de Mendeleïev, la cryptographie, le génome...). Chaque thème est présenté en 3 épisodes, de 3 à 5 minutes chacun, diffusés tous les 15 jours sur la chaîne Youtube du CEA (playlist ScienceLoop). Le sujet complet est ensuite visible sur www.cea.fr.

Parcours « Devenir scientifique »

— Le CEA a construit, en partenariat avec Artips, une plateforme d'orientation pour aider les lycéens et leurs parents à envisager un cursus scientifique face à la multiplicité des parcours possibles. Cette plateforme est conçue pour les accompagner dans leurs recherches et faciliter les choix d'orientation. Dans un parcours interactif, elle leur permet de découvrir les métiers de la recherche (technicien, ingénieur et chercheur) dans différents domaines (biologie, chimie, informatique et physique) ainsi que les études à accomplir pour y parvenir.



© CEA/Artips



LE CEA ET SON ÉCOSYSTÈME



© J. Lignier/CEA

Le Prisonnier quantique à la Paris Games Week

— Premier organisme de recherche à avoir conçu et réalisé un serious game de cette ampleur, le CEA a dévoilé, en octobre 2019, Le Prisonnier quantique, un jeu vidéo d'aventure gratuit (10 heures de jeu) pour donner le goût des sciences et des technologies à un large public, notamment aux jeunes. Dans la peau de Zoé, le joueur part aux quatre coins du monde sur les traces d'Artus Cropp, un physicien mystérieusement disparu dans les années 1960, et de son formidable héritage : une découverte qui changera le monde !

Pour promouvoir son jeu et parler de science là où on ne l'attend pas, le CEA a participé au plus grand événement français dédié au jeu vidéo : la Paris Games Week. Chaque jour, les visiteurs ont pu résoudre des énigmes et s'affronter par équipe lors de challenges : optimiser un mix énergétique, programmer un robot, fabriquer des atomes... Le CEA a également invité les youtubeurs Sora et Julien Chièze à affronter le public lors de battles !

Vous souhaitez découvrir le jeu ?

Jouez gratuitement en ligne sur <https://prisonnier-quantique.fr> et partagez votre expérience sur les réseaux sociaux avec le hashtag, #PrisonnierQuantique.

Scolaires

Stages de 3^e « Sciences pour tous »

— Ces stages ont été créés par le CEA en 2016 au lendemain des attentats de novembre 2015. L'objectif est de permettre aux collégiens d'établissements REP qui n'ont pas les réseaux nécessaires de découvrir le milieu scientifique. Fort du succès rencontré les années précédentes, le CEA s'est associé, pour l'édition 2019, à deux autres acteurs de la culture scientifique et technique (CST) : l'Association Sciences Essonne et la Faculté des sciences d'Orsay. Pour faire bénéficier de ce dispositif davantage de collégiens, le CEA et l'Association Sciences Essonne ont créé le « Réseau des stages de 3^e Sciences pour tous », avec le soutien du ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation et la participation de l'Association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle (AMCSTI) et de différents partenaires.



© CEA/Artips



© Cité des sciences et de l'industrie

Grand public

Exposition « Espions » à la Cité des Sciences et de l'Industrie

— Réalisée en partenariat avec les producteurs de la série *Le Bureau des légendes*, l'exposition « Espions » est l'occasion pour le CEA de présenter ses compétences en termes de lutte contre la prolifération nucléaire à un public très large, et peut-être susciter des vocations.

Des chercheurs de l'organisme ont participé à l'élaboration du scénario portant sur un essai nucléaire dans une république fictive. Parce qu'il a les compétences pour détecter l'essai nucléaire, le CEA est le premier à entrer en jeu dans le parcours de visite. Le visiteur découvre ainsi les défis de détection, de localisation et de caractérisation que les experts du CEA relèvent avant d'alerter les autorités. Sont également exposés de manière pédagogique les grands principes d'analyse des résultats sismologiques et de recherche des ultra-traces sur les prélèvements réalisés par l'agent clandestin de la DGSE.

Crédits

Une édition du CEA

Direction de la communication
Bâtiment Siège
91 190 Gif-sur-Yvette Cedex - FR

Directeur de la publication

Marie-Ange Folacci

Coordination

Laetitia Baudin

Iconographie

Photos de couverture (de gauche à droite) : Intérieur de la chambre d'expériences du laser Mégajoule | Transformateur électrique | Rendu 3D d'un circuit imprimé futuriste | Démonstration de l'exosquelette Clinatec | Culture de micro-algues | Hall de l'ancien réacteur G2 en cours de démantèlement. **Crédits** : CEA/MS-BEVIEW | Comzeal - GettyImages | monsitj - AdobeStock | Juliette Treillet | L. Godard/CEA | S. Le Couster/CEA

Réalisation

Efil - 90 boulevard Heurteloup - 37 000 Tours
Tél. : 02 47 47 03 20

www.efil.fr





Construire aujourd'hui la société **de demain**

RAPPORT ANNUEL 2019

Rejoignez-nous sur nos réseaux

