

R É P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

BUDGET GÉNÉRAL
PROGRAMME 191
RAPPORTS ANNUELS DE PERFORMANCES
ANNEXE AU PROJET DE LOI DE RÉGLEMENT
DU BUDGET ET D'APPROBATION DES COMPTES POUR

2021

RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)



PROGRAMME 191
Recherche duale (civile et militaire)

Bilan stratégique du rapport annuel de performances

Joël BARRE

Délégué général pour l'armement

Responsable du programme n° 191 : Recherche duale (civile et militaire)

Le programme finance des actions d'intérêt pour la défense menée par les opérateurs que sont :

- le centre national d'études spatiales (CNES) pour l'action « recherche duale dans le domaine aérospatial » qui prend en compte les priorités défense que sont l'observation optique haute résolution, les télécommunications duales, l'écoute électromagnétique et l'action dans l'espace ;
- le commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), pour les actions « recherche duale en sciences du vivant », « recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication » et « autres recherches et développement technologiques duaux ».

Le programme 191 a poursuivi son recentrage sur des projets duaux intéressant directement la défense :

- concernant le CNES, la priorité a été maintenue sur les activités labellisées d'intérêt sécurité et défense ;
- pour le CEA, le financement du programme interministériel NRBC-E (nucléaire, radiologique, biologique et chimique - explosif) est maintenu au même niveau que les années précédentes ; en revanche, pour les autres domaines d'études, des ajustements ont été réalisés.

Dans le domaine sécurité et défense du CNES, les principaux projets financés en 2021 sont :

- le développement d'une constellation de mini-satellites optiques (CO3D) dont le projet se poursuit avec le franchissement avec succès de quatre revues (instrument, sol, satellite et système) ;
- dans le cadre du programme CASTOR qui contribue au pilotage de la R&D duale de nouvelle génération des télécommunications spatiales (Syracuse IV C et post Syracuse IV), les premiers véhicules technologiques sont en cours d'évaluation pour une validation avant fonderie des circuits intégrés de type ASIC (Application-specific integrated circuit) finaux en 2022 ;
- des travaux relatifs à la CapacitE de Renseignement Electromagnétique Spatiale (CERES), dont les satellites ont été lancés le 16 novembre 2021 ;
- les travaux sur les démonstrateurs technologiques OTOS pour l'observation, avec des développements technologiques visant notamment la préparation du futur programme d'observation IRIS.

Concernant le CEA en 2021, les recherches ont porté sur la cybersécurité, les sciences du vivant, la photonique, les capteurs/composants de puissance, les technologies de l'information/communication (antennes, etc.) et les systèmes énergétiques embarqués. Une partie des crédits attribués au CEA contribue au programme de recherche interministériel de lutte contre le terrorisme pour les menaces NRBC-E.

RÉCAPITULATION DES OBJECTIFS ET DES INDICATEURS DE PERFORMANCE

OBJECTIF 1 : Améliorer la qualité et l'orientation des programmes de recherche civile répondant à des besoins de la défense

INDICATEUR 1.1 : Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées

Objectifs et indicateurs de performance

OBJECTIF

1 – Améliorer la qualité et l'orientation des programmes de recherche civile répondant à des besoins de la défense

INDICATEUR

1.1 – Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées

(du point de vue du citoyen)

	Unité	2019 Réalisation	2020 Réalisation	2021 Prévision PAP 2021	2021 Prévision actualisée	2021 Réalisation	2023 Cible PAP 2021
Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées.	%	83	86	91	Sans objet	Sans objet	91

Commentaires techniques**Précisions méthodologiques**

L'indicateur est fondé sur les recensements annuels des projets conduits en commun et de leurs montants.

Source des données : les organismes bénéficiaires (CNES, CEA).

Mode de calcul : l'ensemble des projets soutenus par le CEA (hors NRBC) sont considérés d'intérêt pour la défense, dans la mesure où les financements sont un apport partiel à un ensemble de projets d'intérêt dual. Les prévisions du CEA restent inchangées sur la période.

Pour le CNES, les montants des projets labellisés « défense » sont évalués en conformité avec le protocole DGA-CNES relatif au suivi de l'exécution du programme 191 et sur la base des documents de suivi budgétaire présentés en conseil d'administration.

ANALYSE DES RÉSULTATS

L'indicateur mesurant la qualité et l'orientation des programmes de recherche civile répondant à des besoins de la défense est défini comme étant, pour l'année considérée, la proportion du montant des projets financés au titre du programme 191 pour lesquels des retombées potentielles pour la Défense ont été précisément identifiées. Pour 2020, cet indicateur s'établit à 86 %, en hausse par rapport aux années précédentes. Cette évolution, qui doit être poursuivie, traduit le recentrage des études menées par le CNES sur les projets d'intérêt Sécurité et Défense.

Pour l'année 2021, les crédits de recherche duale du programme 191 ont été pris en charge par le plan France Relance (P363) qui porte un projet ambitieux pour le domaine spatial et la recherche duale.

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

Présentation des crédits

2021 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS OUVERTS ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

2021 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Total	Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI
01 – Recherche duale en sciences du vivant	0	0
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	0	0
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	0	0
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	0	0
Total des AE prévues en LFI	0	0
Ouvertures / annulations par FdC et AdP		
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		
Total des AE ouvertes	0	
Total des AE consommées	0	

2021 / CRÉDITS DE PAIEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Total	Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI
01 – Recherche duale en sciences du vivant	0	0
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	0	0
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	0	0
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	0	0
Total des CP prévus en LFI	0	0
Ouvertures / annulations par FdC et AdP		
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		
Total des CP ouverts	0	
Total des CP consommés	0	

2020 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS VOTÉS (LFI) ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

2020 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Titre 3 Dépenses de fonctionnement	Titre 7 Dépenses d'opérations financières	Total hors FdC et AdP prévus en LFI	Total y.c. FdC et AdP
01 – Recherche duale en sciences du vivant	6 350 566 6 248 494		6 350 566	6 350 566 6 248 494
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 891 343 4 659 187		4 891 343	4 891 343 4 659 187
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	39 060 341 28 715 771	91 140 795 66 539 043	130 201 136	130 201 136 95 254 814
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 349 435		12 576 122	12 576 122 12 349 435
Total des AE prévues en LFI	62 878 372	91 140 795	154 019 167	154 019 167
Total des AE consommées	51 972 887	66 539 043		118 511 930

2020 / CRÉDITS DE PAIEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Titre 3 Dépenses de fonctionnement	Titre 7 Dépenses d'opérations financières	Total hors FdC et AdP prévus en LFI	Total y.c. FdC et AdP
01 – Recherche duale en sciences du vivant	6 350 566 6 248 494		6 350 566	6 350 566 6 248 494
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 891 343 4 659 187		4 891 343	4 891 343 4 659 187
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	39 060 341 28 715 771	91 140 795 66 539 043	130 201 136	130 201 136 95 254 814
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 349 435		12 576 122	12 576 122 12 349 435
Total des CP prévus en LFI	62 878 372	91 140 795	154 019 167	154 019 167
Total des CP consommés	51 972 887	66 539 043		118 511 930

PRÉSENTATION PAR TITRE ET CATÉGORIE DES CRÉDITS CONSOMMÉS

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommées* en 2020	Ouvertes en 2021	Consommées* en 2021	Consommés* en 2020	Ouverts en 2021	Consommés* en 2021
Titre 3 – Dépenses de fonctionnement	51 972 887	0	0	51 972 887	0	0
Subventions pour charges de service public	51 972 887	0	0	51 972 887	0	0
Titre 7 – Dépenses d'opérations financières	66 539 043	0	0	66 539 043	0	0
Dotations en fonds propres	66 539 043	0	0	66 539 043	0	0
Total hors FdC et AdP		0			0	

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommées* en 2020	Ouvertes en 2021	Consommées* en 2021	Consommés* en 2020	Ouverts en 2021	Consommés* en 2021
Total*	118 511 930	0	0	118 511 930	0	0

* y.c. FdC et AdP

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

			2020	plan de relance de l'économie	de relance de l'économie				
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	150	150	0	0	0	150
		PLR	0	150	150	0	0	0	150
Ecart (PLR-PLF)			0	0	0	0	0	0	0

PASSAGE DU PLF À LA LFI

	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
PLF	0	0	0	0	0	0
Amendements	0	0	0	0	0	0
LFI	0	0	0	0	0	0

	Autorisations d'engagement au titre du plan de relance de l'économie (P363)			Crédits de paiement au titre du plan de relance de l'économie (P363)		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
PLF	0	150 019 167	150 019 167	0	150 019 167	150 019 167
Amendements	0	150 019 167	150 019 167	0	150 019 167	150 019 167
LFI	0	150 019 167	150 019 167	0	150 019 167	150 019 167

RÉSERVE DE PRÉCAUTION ET FONGIBILITÉ

Ces crédits de la recherche duale, pris en charge par le plan de relance de l'économie, n'ont pas donné lieu à une mise en réserve.

Dépenses pluriannuelles

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

SUIVI DES CRÉDITS DE PAIEMENT ASSOCIÉS À LA CONSOMMATION
DES AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT (HORS TITRE 2)

AE 2021	CP 2021
AE ouvertes en 2021 * (E1) 0	CP ouverts en 2021 * (P1) 0
AE engagées en 2021 (E2) 0	CP consommés en 2021 (P2) 0
AE affectées non engagées au 31/12/2021 (E3) 0	dont CP consommés en 2021 sur engagements antérieurs à 2021 (P3 = P2 - P4) 0
AE non affectées non engagées au 31/12/2021 (E4 = E1 - E2 - E3) 0	dont CP consommés en 2021 sur engagements 2021 (P4) 0

RESTES À PAYER

Engagements ≤ 2020 non couverts par des paiements au 31/12/2020 brut (R1) 0					
Travaux de fin de gestion postérieurs au RAP 2020 (R2) 0					
	Engagements ≤ 2020 non couverts par des paiements au 31/12/2020 net (R3 = R1 + R2) 0	-	CP consommés en 2021 sur engagements antérieurs à 2021 (P3 = P2 - P4) 0	=	Engagements ≤ 2020 non couverts par des paiements au 31/12/2021 (R4 = R3 - P3) 0
	AE engagées en 2021 (E2) 0	-	CP consommés en 2021 sur engagements 2021 (P4) 0	=	Engagements 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2021 (R5 = E2 - P4) 0
					Engagements non couverts par des paiements au 31/12/2021 (R6 = R4 + R5) 0
					Estimation des CP 2022 sur engagements non couverts au 31/12/2021 (P5) 0
					Estimation du montant maximal des CP nécessaires après 2022 pour couvrir les engagements non couverts au 31/12/2021 (P6 = R6 - P5) 0

NB : les montants ci-dessus correspondent uniquement aux crédits hors titre 2

* LFI 2021 + reports 2020 + mouvements réglementaires + FdC + AdP + fongibilité asymétrique + LFR

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

Justification par action**ACTION****01 – Recherche duale en sciences du vivant**

Action / Sous-action	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
<i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i>						
<i>Réalisation</i>						
01 – Recherche duale en sciences du vivant			0			0

OPERATION STRATEGIQUE : RECHERCHE DUALE**1. DESCRIPTION**

Cette action en recherche duale concerne les programmes réalisés par le commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) :

- pour la partie « hors programme NRBC-E (nucléaire, radiologique, biologique et chimique - explosif) », l'action 1 est une action thématique définie essentiellement en 2021 dans les domaines de l'antibiorésistance et du sens olfactif ;
- pour la partie du programme de R&D NRBC-E, les thématiques principales sont les suivantes : détection, identification, diagnostic médical d'agents biologiques (toxines, bactéries et virus), contre-mesures et traitements.

Pour le volet « hors programme NRBC-E » les principaux projets soutenus en 2021 concernent :

- dans le domaine de l'antibiorésistance :
 - l'étude des bactéries et des bactériophages ;
 - une approche nouvelle pour l'identification et la validation de biomarqueurs de résistance et virulence bactérienne.
- le développement d'un nez optoélectronique pour l'analyse des odeurs et des composés organiques volatiles.

Pour le volet NRBC-E :

- le développement des tickets détecteurs se poursuit : à noter dans ce domaine l'arrivée commerciale d'un test CEA multiplexe pour certains agents ;
- un kit de diagnostic toxine de laboratoire a été évalué avec succès en milieu hospitalier ;
- les travaux d'évaluation de contre-mesures aérosols se poursuivent.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale en sciences du vivant	5 700 000	5 700 000	0	5 700 000	5 700 000	0
	Total	5 700 000	5 700 000	0	5 700 000	5 700 000	0

SYNTHESE ACTION 01

AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CREDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2021 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF	Consommation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Consommation / Prévision LFI
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) + (4) - (1) - (2)	(1)	(2)	(3)	(4) = (3) - (1) - (2)
ACT	Recherche duale en sciences du vivant	5 700 000	0	0	5 700 000	0	5 700 000	0	5 700 000	0
Total		5 700 000	0	0	5 700 000	0	5 700 000	0	5 700 000	0

ENGAGEMENTS ET ECHEANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			
			Eng restant à payer à fin 2020	Eng 2021 TF au titre du plan de relance de l'économie	2021 TF au titre du plan de relance de l'économie	2022	2023	2024 et postérieurs	Total
OS	Recherche duale	PLF	0	5,7	5,7	0	0	0	5,7
		PLR	0	5,7	5,7	0	0	0	5,7
Ecarts (PLR-PLF)			0	0	0	0	0	0	0

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation

L'ensemble des actions relevant du P191 ont été financées au titre du Plan de relance de l'économie.

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

ACTION**02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication**

Action / Sous-action <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> Réalisation	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication			0 0			0 0

OPERATION STRATEGIQUE : RECHERCHE DUALE**1. DESCRIPTION**

Cette action en recherche duale concerne des recherches réalisées par le CEA sur les thématiques suivantes :

- cybersécurité ;
- composants et technologies quantiques ;
- photonique.

Dans le domaine de la cybersécurité, les axes d'effort s'articulent autour du développement :

- des architectures sécurisées destinées à assurer la cybersécurité des systèmes industriels ;
- des technologies de cybersécurité hardware pour les composants de sécurité ;
- des technologies pour la sécurité logicielle, dont les résultats acquis en 2021 vont permettre le lancement au titre du programme 144 d'un projet technologique de défense en vue de développer des méthodes innovantes d'évaluation logicielle.

En ce qui concerne la thématique des composants et technologies quantiques :

- des avancées ont été obtenues pour les composants de puissance, où le CEA est un acteur majeur pour le développement des nouvelles filières ;
- le transfert de nouvelles technologies de transistors et de diodes à base de GaN/Si (nitride de gallium sur silicium) développées au CEA LETI vers un partenaire industriel a démarré ;
- les premières plaques SiC (carbure de silicium) obtenues par Smart-Cut (technologie permettant de transférer des couches monocristallines ultrafines d'un substrat à un autre) ont été mises au point ;
- les travaux relatifs à l'architecture matérielle et aux briques technologiques pour le calcul quantique (Qubits en technologie Silicium) se sont poursuivis ;
- un jalon important a été franchi en 2021 dans le domaine de la réduction de la consommation énergétique des mémoires à changement de phase (PCM).

Les principaux thèmes du domaine de la photonique sont :

- les *displays/microleds* et systèmes pour les besoins de la Réalité Virtuelle/Réalité Augmentée : en 2021, le CEA a réalisé une maquette au profit d'utilisateurs des forces armées. En outre, plusieurs avancées technologiques sur les *micro-displays* multi-couleur de pas pixel inférieur à 10 µm ont été réalisées ;
- la photonique sur silicium : le CEA a réalisé un micro-miroir actionné par effet piézoélectrique ;
- les recherches en photonique fondamentale ont porté sur les sources de photons uniques, les détecteurs supraconducteurs de photons uniques et les sources à semi-conducteurs pour l'émission UV.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI au titre du	Utilisation au	Ecart Utilisation /	LFI au titre du	Utilisation au	Ecart Utilisation /

		plan de relance de l'économie	titre du plan de relance de l'économie	LFI	plan de relance de l'économie	titre du plan de relance de l'économie	LFI
ACT	Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	5 041 909	5 041 909	0	5 041 909	5 041 909	0
Total		5 041 909	5 041 909	0	5 041 909	5 041 909	0

SYNTHESE ACTION 02

AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CREDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2021 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF	Consommation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Consommation / Prévision LFI
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) + (4) - (1) - (2)	(1)	(2)	(3)	(4) = (3) - (1) - (2)
ACT	Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	5 041 909	0	0	5 041 909	0	5 041 909	0	5 041 909	0
Total		5 041 909	0	0	5 041 909	0	5 041 909	0	5 041 909	0

ENGAGEMENTS ET ECHEANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			
			Eng restant à payer à fin 2020	Eng 2021 au titre du plan de relance de l'économie	2021 au titre du plan de relance de l'économie	2022	2023	2024 et postérieurs	Total
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	5	5	0	0	0	5
		PLR	0	5	5	0	0	0	5
Ecart (PLR-PLF)			0	0	0	0	0	0	0

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation

L'ensemble des actions relevant du P191 ont été financées au titre du Plan de relance de l'économie.

ACTION**03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial**

Action / Sous-action	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
<i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> <i>Réalisation</i>						
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial			0			0

OPERATION STRATEGIQUE : RECHERCHE DUALE**1. DESCRIPTION**

Cette action en recherche duale concerne les études menées par le Centre national d'études spatiales (CNES) dans le domaine spatial.

En 2021, la participation de l'État dans le cadre de cette action a permis notamment de lancer ou de poursuivre les actions de recherche duale des projets suivants :

- CASTOR (Capacité strAtégique Spatiale Télécom mOBile Résiliente) : l'étude en cours doit aboutir à des démonstrations de la maîtrise des technologies duales critiques pour la réalisation des sous-systèmes bord et sol. Les sous-systèmes qui sont aujourd'hui visés sont les suivants : système de traitement numérique, charge utile, système antennaire du satellite et démonstrateur de segment de mission. Les premiers véhicules technologiques sont en cours d'évaluation pour une validation avant fonderie des ASIC finaux en 2022 ;
- MUSIS/CSO : le programme MULTinational Space-based Imaging System (MUSIS) est le programme de la défense française destiné à fournir une capacité multi-capteur d'observation de la Terre (optique, radar), dont la composante spatiale optique (CSO) est à la charge de la France. Les travaux se sont poursuivis en 2021, avec notamment une revue de recette en vol qualité image ;
- CERES : le programme CapacitE de Renseignement Électromagnétique (ROEM) Spatiale (CERES), est destiné au renseignement sur les communications et sur les radars. Les travaux menés par le CNES dans le cadre de ce programme auront des retombées pour les futurs programmes civils, ce qui illustre parfaitement l'aspect dual des travaux menés. Les satellites ont été lancés le 16 novembre 2021 ;
- TELEMAK : démonstrateur technologique à usage dual pour les satellites de télécommunications de nouvelle génération. Ce projet entre dans le cadre du programme défense de télécommunications spatiales SYRACUSE IV. TELEMAK consiste notamment à améliorer les performances des couvertures en bande Ka tout en développant une protection contre les interférences et les agressions, et à sécuriser les développements technologiques en cours sur les charges utiles avec un processeur numérique transparent. Ces pré-développements sont duaux et doivent répondre en particulier au marché croissant des satellites de télécommunications gouvernementaux, mais aussi aux programmes commerciaux ;

- ISIS : l'objet du projet ISIS (*Initiative for Space Innovative Standards*) est la production d'un référentiel d'interopérabilité reposant sur une ligne de produits segment sol de contrôle générique des satellites de nouvelle génération. Fin 2021, Le fonctionnement de la ligne de produits ISIS dans le cadre de la recette en vol et des opérations de CERES a montré un bon niveau de stabilité ;
- OTOS (Observation de la Terre en Optique Super-résolue) est un démonstrateur de technologies innovantes, dans le domaine du renseignement d'origine image (ROIM). OTOS utilise notamment des miroirs semi rigides avec correction active des déformations résiduelles. Les activités se sont poursuivies en 2021 avec des développements technologiques visant notamment la préparation du futur programme IRIS. En parallèle, la fabrication du FPGA (*field programmable gate array*) NG ultra a été lancée en 2021 conformément à la prévision ;
- CO3D (Constellation Optique en 3D) : il s'agit d'une constellation de mini-satellites optiques répondant aux besoins d'une mission de modèle numérique de terrain et modèle de 3D mondial (pour des besoins civils et militaires). Ces deux objectifs reposent sur un même concept de petit satellite à coût récurrent compétitif et sur une architecture système conçue pour un déploiement incrémental permettant d'enrichir progressivement la capacité vis-à-vis des deux besoins de mission exprimés. L'année 2021 a été marquée par le franchissement avec succès de quatre revues (instrument, sol, satellite et système) ;
- YODA (des Yeux en Orbite pour un Démonstrateur Agile) : les objectifs du projet sont de réaliser une démonstration technique d'une capacité de surveillance de type guetteur en orbite géostationnaire et de démontrer le concept d'emploi associé au futur Centre opérationnel des opérations spatiales. Les travaux de la phase A, analyse du besoin et faisabilité du projet, se sont clôturés en 2021 ;
- SATAIS : ce projet vise à démontrer la faisabilité d'une capacité de collecte et analyse des signaux AIS (*Automatic Identification System*) en orbite offrant une forte revisite et une haute performance de détection. Il porte sur le développement des segments spatial et sol d'un système complet d'AIS haute performance intégré à la constellation KINEIS. Un point clé intermédiaire a permis de confirmer le bon niveau de maturité de la définition du sous-système AIS et de son intégration dans le système global ;
- NESS : la mission NeSS, qui présente un intérêt dual, vise à démontrer en orbite les performances atteignables dans le domaine de la détermination de la « propreté fréquentielle » (absence de pollution par certains utilisateurs du spectre électromagnétique) avec un nano satellite bas coût. La phase d'assemblage, intégration et test du satellite a démarré à l'automne 2021.

Par ailleurs, un grand nombre d'études de R&T dans le domaine des systèmes orbitaux visant la recherche prospective et notamment les technologies de rupture, la préparation des projets futurs et le développement de la capacité d'expertise nationale ont été poursuivis en 2021. Ces études sont menées avec divers organismes de recherche institutionnels et l'industrie. En outre, 2021 a vu le lancement de travaux préparatoires dans le domaine de l'exploitation des données spatiales.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale dans le domaine aérospatial	127 701 136	127 673 641	- 27 495	127 701 136	127 673 641	- 27 495
Total		127 701 136	127 673 641	- 27 495	127 701 136	127 673 641	- 27 495

SYNTHESE ACTION 03

AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CREDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision	Prévision	Affectation	Engagemen	Ecart	Prévision	Prévision	Consummatio	Ecart

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

		LFI au titre du plan de relance de l'économie	FdC/ADP du PLF	sur TF	t hors TF au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation / Prévision LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	FdC/ADP du PLF	n au titre du plan de relance de l'économie	Consommation / Prévision LFI
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) + (4) - (1) - (2)	(1)	(2)	(3)	(4) = (3) - (1) - (2)
ACT	Recherche duale dans le domaine aérospatial	127 701 136	0	0	127 673 641	- 27 495	127 701 136	0	127 673 641	- 27 495
	Total	127 701 136	0	0	127 673 641	- 27 495	127 701 136	0	127 673 641	- 27 495

ENGAGEMENTS ET ECHEANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			Total
			Eng restant à payer à fin 2020	Eng 2021 au titre du plan de relance de l'économie	2021 au titre du plan de relance de l'économie	2022	2023	2024 et postérieurs	
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	128	128	0	0	0	128
		PLR	0	128	128	0	0	0	128
	Ecarts (PLR-PLF)		0	-0	-0	0	0	0	-0

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation

L'ensemble des actions relevant du P191 ont été financées au titre du Plan de relance de l'économie.

ACTION**04 – Autres recherches et développements technologiques duaux**

Action / Sous-action	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
<i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i>						
<i>Réalisation</i>						
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux			0			0
			0			0

OPERATION STRATEGIQUE : RECHERCHE DUALE

1. DESCRIPTION

Cette action en recherche duale concerne des recherches réalisées par le CEA. Elle comporte un volet du programme interministériel de R&D NRBC-E, et cible par ailleurs des recherches pour la réalisation de systèmes énergétiques embarqués.

Concernant la thématique « Systèmes énergétiques pour l'embarqué » : le CEA est en particulier mobilisé en soutien des industriels du domaine des batteries, pour participer à la recherche et au développement sur les matériaux, les cellules, les systèmes, les procédés de fabrication et de recyclage. Ces développements sont menés en prenant en compte la réduction de l'utilisation des matériaux critiques, en cherchant à faciliter la réutilisation des batteries et/ou leur démantèlement dans des filières de recyclage durables via l'écoconception.

Dans le domaine de l'hydrogène, un premier dispositif unitaire d'électrolyse à oxyde solide réversible a été fabriqué, testé et validé. L'objectif recherché est d'empiler les dispositifs unitaires pour former un dispositif pleine échelle exploitable industriellement.

Dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque, le CEA est actif sur trois segments clés de la chaîne de valeur : les cellules photovoltaïques à haut rendement de conversion, les modules photovoltaïques pour centrales solaires ou intégration spécifique et les systèmes photovoltaïques.

Pour le volet NRBC-E, les faits marquants dans le domaine chimique sont les suivants : en juin 2021 a eu lieu le transfert industriel de la technologie de mousse de décontamination CONFOAM. Cette mousse présente de bonnes performances et un impact logistique amélioré.

Dans les domaines de la décontamination et de la protection, un photocatalyseur pour améliorer la destruction d'ypérite a été mis au point et des matériaux pouvant compléter les charbons actifs dans les systèmes de filtration ont été développés.

En ce qui concerne le développement de matériaux pour l'absorption de chimiques à des fins d'analyse, les travaux ont été arrêtés faute de résultats suffisants.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / LFI
ACT	Autres recherches et développements duaux	11 576 122	11 571 317	-4 805	11 576 122	11 571 317	-4 805
Total		11 576 122	11 571 317	-4 805	11 576 122	11 571 317	-4 805

SYNTHESE ACTION 03

AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CREDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP		Consommation au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Consommation / Prévision LFI
		Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF au titre du plan de relance de l'économie	Ecart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie	Prévision FdC/ADP du PLF		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) + (4) - (1) - (2)	(1)	(2)	(3)	(4) = (3) - (1) - (2)
ACT	Autres recherches et	11 576	0	0	11 571 317	- 4 805	11 576	0	11 571 317	- 4 805

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | Justification au premier euro

développements technologiques duaux	122					122			
Total	11 576 122	0	0	11 571 317	- 4 805	11 576 122	0	11 571 317	- 4 805

ENGAGEMENTS ET ECHEANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			Total
			Eng restant à payer à fin 2020	Eng 2021 au titre du plan de relance de l'économie	2021 au titre du plan de relance de l'économie	2022	2023	2024 et postérieurs	
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	12	12	0	0	0	12
		PLR	0	12	12	0	0	0	12
Ecart (PLR-PLF)			0	0	-0	0	0	0	-0

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation	Prévision LFI y.c. FdC et AdP	Réalisation

L'ensemble des actions relevant du P191 ont été financées au titre du Plan de relance de l'économie.