

R É P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

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

2020

RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)



PROGRAMME 191

RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | BILAN STRATÉGIQUE

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 menées 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 et l'écoute électromagnétique ;
- 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 opéré un recentrage de ses crédits sur des projets duaux intéressant directement la défense :

- concernant le CNES, un recentrage est opéré 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, une re-priorisation des domaines d'études a été effectuée.

Dans le domaine sécurité et défense du CNES, les principaux projets financés en 2020 sont :

- le projet Telemak qui couvre les pré-développements technologiques à usage dual qui serviront le programme de télécommunication SYRACUSE IV de la défense ;
- les travaux sur les démonstrateurs technologiques OTOS pour l'observation qui intègrent désormais des activités visant un accroissement des capacités de traitement numérique dans la charge utile ;
- le développement d'une constellation de mini-satellites optiques (CO3D) dont le projet se poursuit avec le démarrage de la tranche 2 qui a débuté dès la revue de définition préliminaire du segment sol qui a eu lieu le 8 juillet 2020 ;
- fin 2020, les revues détaillées d'architecture système, charge utile et PNT6G ont été menées sur le programme Castor qui contribue au pilotage de la R&D duale de nouvelle génération des télécommunications spatiales pour la future génération des milsatcoms (Syracuse IV C et post Syracuse IV).

Concernant le CEA en 2020, les recherches ont porté sur la photonique, les capteurs/composants de puissance, les techniques de l'information/communication (antennes, etc.) les systèmes énergétiques embarqués et l'intelligence artificielle. 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

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | OBJECTIFS ET INDICATEURS DE PERFORMANCE

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	2018 Réalisation	2019 Réalisation	2020 Prévision PAP 2020	2020 Prévision actualisée	2020 Réalisation	2020 Cible PAP 2020
Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées.	%	83	83	90	90	86	90

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.

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | PRÉSENTATION DES CRÉDITS ET DES DÉPENSES FISCALES

PRÉSENTATION DES CRÉDITS

2020 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS OUVERTS 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	Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI
01 – Recherche duale en sciences du vivant	6 350 566 6 248 494		6 350 566 6 248 494	6 350 566
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 891 343 4 659 187		4 891 343 4 659 187	4 891 343
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	39 060 341 28 715 771	91 140 795 66 539 043	130 201 136 95 254 814	130 201 136
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 349 435		12 576 122 12 349 435	12 576 122
Total des AE prévues en LFI	62 878 372	91 140 795	154 019 167	154 019 167
Ouvertures / annulations par FdC et AdP				
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP	-35 507 237 (hors titre 2)		-35 507 237	
Total des AE ouvertes	118 511 930 (hors titre 2)		118 511 930	
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	Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI
01 – Recherche duale en sciences du vivant	6 350 566 6 248 494		6 350 566 6 248 494	6 350 566
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 891 343 4 659 187		4 891 343 4 659 187	4 891 343
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	39 060 341 28 715 771	91 140 795 66 539 043	130 201 136 95 254 814	130 201 136
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 349 435		12 576 122 12 349 435	12 576 122
Total des CP prévus en LFI	62 878 372	91 140 795	154 019 167	154 019 167
Ouvertures / annulations par FdC et AdP				
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP	-35 507 237 (hors titre 2)		-35 507 237	
Total des CP ouverts	118 511 930 (hors titre 2)		118 511 930	
Total des CP consommés	51 972 887	66 539 043	118 511 930	

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 PRÉSENTATION DES CRÉDITS ET DES DÉPENSES FISCALES

2019 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS VOTÉS (LFI) ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

2019 / 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	7 850 566 7 649 049		7 850 566	7 850 566 7 649 049
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	8 891 343 5 566 131		8 891 343	8 891 343 5 566 131
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	43 827 014 28 000 000	106 374 122 68 000 000	150 201 136	150 201 136 96 000 000
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 312 471		12 576 122	12 576 122 12 312 471
Total des AE prévues en LFI	73 145 045	106 374 122	179 519 167	179 519 167
Total des AE consommées	53 527 651	68 000 000		121 527 651

2019 / 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	7 850 566 7 649 049		7 850 566	7 850 566 7 649 049
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	8 891 343 5 566 131		8 891 343	8 891 343 5 566 131
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	43 827 014 28 000 000	106 374 122 68 000 000	150 201 136	150 201 136 96 000 000
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 312 471		12 576 122	12 576 122 12 312 471
Total des CP prévus en LFI	73 145 045	106 374 122	179 519 167	179 519 167
Total des CP consommés	53 527 651	68 000 000		121 527 651

PRÉSENTATION PAR TITRE ET CATÉGORIE DES CRÉDITS CONSOMMÉS

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommées* en 2019	Ouvertes en LFI pour 2020	Consommées* en 2020	Consommées* en 2019	Ouvertes en LFI pour 2020	Consommées* en 2020
Titre 3 – Dépenses de fonctionnement	53 527 651	62 878 372	51 972 887	53 527 651	62 878 372	51 972 887
Subventions pour charges de service public	53 527 651	62 878 372	51 972 887	53 527 651	62 878 372	51 972 887
Titre 7 – Dépenses d'opérations financières	68 000 000	91 140 795	66 539 043	68 000 000	91 140 795	66 539 043
Dotations en fonds propres	68 000 000	91 140 795	66 539 043	68 000 000	91 140 795	66 539 043
Total hors FdC et AdP		154 019 167			154 019 167	

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommées* en 2019	Ouvertes en LFI pour 2020	Consommées* en 2020	Consommés* en 2019	Ouverts en LFI pour 2020	Consommés* en 2020
Ouvertures et annulations* hors titre 2		-35 507 237			-35 507 237	
Total*	121 527 651	118 511 930	118 511 930	121 527 651	118 511 930	118 511 930

* y.c. FdC et AdP

RÉCAPITULATION DES MOUVEMENTS DE CRÉDITS

LOIS DE FINANCES RECTIFICATIVES

Date de signature	Ouvertures				Annulations			
	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement		Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres
30/11/2020						35 507 237		35 507 237
Total						35 507 237		35 507 237

TOTAL DES OUVERTURES ET ANNULATIONS (Y.C. FDC ET ADP)

	Ouvertures				Annulations			
	Autorisations d'engagement		Crédits de paiement		Autorisations d'engagement		Crédits de paiement	
	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres	Titre 2	Autres titres
Total général						35 507 237		35 507 237

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

		2019							
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	154 019 167	154 019 167	0	0	0	154 019 167
		PLR	0	118 511 930	118 511 930	0	0	0	118 511 930
Ecart (PLR-PLF)			0	- 35 507 237	- 35 507 237	0	0	0	- 35 507 237

PASSAGE DU PLF À LA LFI

	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
PLF	0	154 019 167	154 019 167	0	154 019 167	154 019 167
Amendements	0	0	0	0	0	0
LFI	0	154 019 167	154 019 167	0	154 019 167	154 019 167

Le programme P191 n'a pas fait l'objet d'amendement.

JUSTIFICATION DES MOUVEMENTS RÉGLEMENTAIRES ET DES LOIS DE FINANCES RECTIFICATIVES

Le décret n°2020-1480 du 30 novembre 2020 portant répartition des crédits ouverts et annulés par la loi n°2020-1273 du 30 novembre 2020 de finances rectificatives pour 2020 a annulé 35 507 237 € en AE et CP. Cette annulation porte sur :

- la réserve de précaution (5 507 237€ en AE et CP) ;
- 30 000 000€ en AE et CP sur l'action n°3 « Recherche duale dans le domaine aérospatial ».

RÉSERVE DE PRÉCAUTION ET FONGIBILITÉ

	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
Mise en réserve initiale	0	5 507 237	5 507 237	0	5 507 237	5 507 237
Surgels	0	0	0	0	0	0
Dégels	0	0	0	0	0	0
Réserve disponible avant mise en place du schéma de fin de gestion (LFR de fin d'année)	0	5 507 237	5 507 237	0	5 507 237	5 507 237

Les mesures intervenues en gestion ont annulé la totalité de la 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 2020	CP 2020
AE ouvertes en 2020 * (E1) 118 511 930	CP ouverts en 2020 * (P1) 118 511 930
AE engagées en 2020 (E2) 118 511 930	CP consommés en 2020 (P2) 118 511 930
AE affectées non engagées au 31/12/2020 (E3) 0	dont CP consommés en 2020 sur engagements antérieurs à 2020 (P3 = P2 - P4) 0
AE non affectées non engagées au 31/12/2020 (E4 = E1 - E2 - E3) 0	dont CP consommés en 2020 sur engagements 2020 (P4) 118 511 930

RESTES À PAYER

Engagements ≤ 2019 non couverts par des paiements au 31/12/2019 brut (R1) 0				
Travaux de fin de gestion postérieurs au RAP 2019 (R2) 0				
Engagements ≤ 2019 non couverts par des paiements au 31/12/2019 net (R3 = R1 + R2) 0	-	CP consommés en 2020 sur engagements antérieurs à 2020 (P3 = P2 - P4) 0	=	Engagements ≤ 2019 non couverts par des paiements au 31/12/2020 (R4 = R3 - P3) 0
AE engagées en 2020 (E2) 118 511 930	-	CP consommés en 2020 sur engagements 2020 (P4) 118 511 930	=	Engagements 2020 non couverts par des paiements au 31/12/2020 (R5 = E2 - P4) 0
				Engagements non couverts par des paiements au 31/12/2020 (R6 = R4 + R5) 0
				Estimation des CP 2021 sur engagements non couverts au 31/12/2020 (P5) 0
				Estimation du montant maximal des CP nécessaires après 2021 pour couvrir les engagements non couverts au 31/12/2020 (P6 = R6 - P5) 0

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

* LFI 2020 + reports 2019 + mouvements réglementaires + FdC + AdP + fongibilité asymétrique + LFR

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		6 350 566 6 248 494	6 350 566 6 248 494		6 350 566 6 248 494	6 350 566 6 248 494

OPÉRATION STRATÉGIQUE : RECHERCHE DUALE

1. DESCRIPTION

Cette action concerne des projets conduits 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 dans les domaines de la cognition, des maladies infectieuses et des dispositifs de diagnostic pour la médecine de terrain ;
- 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) et thérapie.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI	Utilisation	Ecart Utilisation / LFI	LFI	Utilisation	Ecart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale en sciences du vivant	6 350 566	6 248 494	- 102 072	6 350 566	6 248 494	- 102 072
	Total	6 350 566	6 248 494	- 102 072	6 350 566	6 248 494	- 102 072

L'écart de 102 072 € en AE et CP entre la loi de finance initiale (LFI) et l'utilisation est dû à l'annulation de la réserve consécutive à la loi de finances rectificative (LFR) pour 2020.

Pour la partie hors NRBC-E, peuvent être signalés les travaux suivants :

- dans le domaine de cognition, une avancée majeure sur la compréhension de la latéralisation cérébrale, avec une approche innovante combinant imagerie cérébrale et séquençage complet du génome ;
- dans le domaine des maladies infectieuses, la caractérisation d'une protéine, cible potentielle pour le développement d'antiviraux, qui a conduit au dépôt d'un brevet, et, en collaboration avec l'*European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) et l'Université de Bristol (Royaume-Uni), la conception d'une nouvelle technologie vaccinale simple d'emploi qui pourrait à terme permettre de combattre de nombreuses autres maladies infectieuses ;
- dans le domaine des dispositifs de diagnostic pour la médecine de terrain, la reproduction d'une molécule antimicrobienne produite par une bactérie de l'intestin, aux caractéristiques très intéressantes dans le combat contre la résistance aux antibiotiques, ou encore l'identification d'un mécanisme important dans la

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

transmission de résistances aux antibiotiques d'une bactérie causant des gastrites et des cancers de l'estomac.

Pour le volet NRBC-E, l'effort de recherche a continué à porter sur les développements de solutions technologiques pour la détection, l'identification, le diagnostic et le traitement des agents de la menace biologique. Il a été démontré que le rendement de sortie (vers l'industrie puis des équipements) du P191 CEA est intéressant.

SYNTHÈSE ACTION 01**AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)**

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF	Ecart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Consommation	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	6 350 566	0	0	6 248 494	- 102 072	6 350 566	0	6 248 494	- 102 072
Total		6 350 566	0	0	6 248 494	- 102 072	6 350 566	0	6 248 494	- 102 072

ENGAGEMENTS ET ÉCHÉANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements		Paiements				Total
			Eng restant à payer à fin 2019	Eng 2020	2020	2021	2022	2023 et postérieurs	
OS	Recherche duale	PLF	0	6 350 566	6 350 566	0	0	0	6 350 566
		PLR	0	6 248 494	6 248 494	0	0	0	6 248 494
Ecart (PLR-PLF)			0	- 102 072	- 102 072	0	0	0	- 102 072

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
Titre 3 : Dépenses de fonctionnement	6 350 566	6 248 494	6 350 566	6 248 494
Subventions pour charges de service public	6 350 566	6 248 494	6 350 566	6 248 494
Total	6 350 566	6 248 494	6 350 566	6 248 494

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

Action / Sous-action Prévision LFI y.c. FdC et AdP 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		4 891 343 4 659 187	4 891 343 4 659 187		4 891 343 4 659 187	4 891 343 4 659 187

OPÉRATION STRATÉGIQUE : RECHERCHE DUALE**1. DESCRIPTION**

L'action 2 concerne les recherches réalisées par le CEA sur les thématiques suivantes :

- composants-capteurs-communication ;
- photonique ;
- cybersécurité.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI	Utilisation	Ecart Utilisation / LFI	LFI	Utilisation	Ecart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 891 343	4 659 187	- 232 156	4 891 343	4 659 187	- 232 156
Total		4 891 343	4 659 187	- 232 156	4 891 343	4 659 187	- 232 156

L'écart de 232 156 € en AE et CP entre la LFI et l'utilisation est dû à l'annulation de la réserve consécutive à la LFR pour 2020.

Concernant la thématique « composants-capteurs-communication » :

- dans le domaine des composants, capteurs, le laboratoire d'électronique et de technologie de l'information du CEA (CEA-LETI) est aujourd'hui le partenaire de R&D de référence de l'ensemble des industriels nationaux des semi-conducteurs et a fortement contribué aux succès actuels de ces industriels : imageurs, composants de puissance, mémoires non volatiles pour microcontrôleurs, bolomètres, imageurs infra-rouges ;
- dans le domaine des communications, les activités se sont poursuivies, en particulier sur la 5G, les antennes, les objets connectés et les protocoles de communication comme le LiFi (ou *Light Fidelity*) par exemple ;
- dans le domaine des composants de puissance, les travaux de développement de transistors et de diodes GaN/Si (Nitrure de gallium sur silicium) se sont poursuivis en 2020 pour augmenter leur maturité.

Concernant la thématique « photonique » :

- les travaux de photonique sur silicium ont progressé avec la première validation de l'utilisation de la lithographie à immersion pour réaliser des composants en photonique silicium ainsi que l'intégration des lasers à matériaux semi-conducteurs sur un circuit silicium ;

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

- la maturation de la filière technologique se poursuit dans le domaine des composants optiques courbes et en l'appliquant à d'autres composants (bolomètres, imageurs IR (infrarouge), micro-afficheurs) ;
- les recherches en photonique quantique ont porté en particulier sur les thématiques suivantes : sources de photon uniques (avec des résultats très prometteurs : publication, dépôt de brevet), composants pour les puces photoniques quantiques.

Concernant la thématique « cybersécurité », deux faits marquants scientifiques illustrent les travaux conduits :

- l'amélioration des attaques physiques par canaux auxiliaires de circuits intégrés grâce à l'intelligence artificielle / *machine learning* ;
- le pilotage du programme SPARTA, le CEA étant un des quatre pilotes pour un « Réseau de compétences en cybersécurité » soutenu par un programme européen.

SYNTHÈSE ACTION 02**AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)**

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF	Ecart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Consommation	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	4 891 343	0	0	4 659 187	- 232 156	4 891 343	0	4 659 187	- 232 156
Total		4 891 343	0	0	4 659 187	- 232 156	4 891 343	0	4 659 187	- 232 156

ENGAGEMENTS ET ÉCHÉANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			
			Eng restant à payer à fin 2019	Eng 2020	2020	2021	2022	2023 et postérieurs	Total
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	4 891 343	4 891 343	0	0	0	4 891 343
		PLR	0	4 659 187	4 659 187	0	0	0	4 659 187
Ecart (PLR-PLF)			0	- 232 156	- 232 156	0	0	0	- 232 156

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
Titre 3 : Dépenses de fonctionnement	4 891 343	4 659 187	4 891 343	4 659 187
Subventions pour charges de service public	4 891 343	4 659 187	4 891 343	4 659 187
Total	4 891 343	4 659 187	4 891 343	4 659 187

ACTION

03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial

Action / Sous-action Prévision LFI y.c. FdC et AdP Réalisation	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial		130 201 136 95 254 814	130 201 136 95 254 814		130 201 136 95 254 814	130 201 136 95 254 814

OPÉRATION STRATÉGIQUE : RECHERCHE DUALE

1. DESCRIPTION

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

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI	Utilisation	Écart Utilisation / LFI	LFI	Utilisation	Écart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale dans le domaine aérospatial	130 201 136	95 254 814	- 34 946 322	130 201 136	95 254 814	- 34 946 322
Total		130 201 136	95 254 814	- 34 946 322	130 201 136	95 254 814	- 34 946 322

L'écart de 34 946 322 € en AE et CP entre la LFI et l'utilisation est dû aux annulations de crédits consécutives à la LFR pour 2020.

En 2020, 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 :

- **Projet 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 ;
- **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 2020, avec le succès du lancement de CSO2 le 29 décembre 2020 ;
- **CERES** : le programme CapacitE de Renseignement Electromagnétique (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 justifie le financement sur la subvention au titre du programme 191. Les travaux de développement se sont poursuivis en 2020 avec les essais mécaniques, vide thermiques et de compatibilité électromagnétique des deux premiers satellites ;
- **TELEMAK** : démonstrateur technologique à usage dual pour les satellites de télécommunication 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.

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

Ces pré-développements sont duaux et doivent répondre en particulier au marché croissant des satellites de télécommunication gouvernementaux mais aussi aux programmes commerciaux ;

- TARANIS : ce projet concerne l'étude du couplage atmosphère-ionosphère lors des épisodes orageux et utilise la plateforme de microsatellite Myriade. L'échec du lancement dans la nuit du 16 novembre 2020 a entraîné la perte du satellite. Une étude a été lancée pour proposer des solutions menant à la réalisation d'une mission TARANIS 2 ;
- 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. En 2020, la livraison des fournitures au profit de CERES s'est poursuivie.

Au titre des activités de recherche et technologie :

- 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 travaux se sont poursuivis en 2019, avec en particulier les essais des briques du démonstrateur d'optique active ;
- 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. En 2020, l'import d'équipements complémentaires a été contractualisé ;
- ANGELS (*Argos Neo on a Generic Economical and Light Satellite*) : projet visant au soutien du développement d'une offre française de nanosatellite et à la préparation de la future génération du système ARGOS. Suite au lancement réussi en décembre 2019, la recette en vol a été prononcée en octobre 2020.

Par ailleurs, le programme 191 finance 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. Ces études sont menées avec divers organismes de recherche institutionnels et l'industrie. En particulier des études ont été réalisées en 2020 dans les domaines des transmissions spatiales, des architectures spatiales et de la propulsion.

SYNTHÈSE ACTION 03**AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)**

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF	Écart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Consommation	Écart 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	130 201 136	0	0	95 254 814	- 34 946 322	130 201 136	0	95 254 814	- 34 946 322
	Total	130 201 136	0	0	95 254 814	- 34 946 322	130 201 136	0	95 254 814	- 34 946 322

ENGAGEMENTS ET ÉCHÉANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			
			Eng restant à payer à fin 2019	Eng 2020	2020	2021	2022	2023 et postérieurs	Total
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	130 201 136	130 201 136	0	0	0	130 201 136
		PLR	0	95 254 814	95 254 814	0	0	0	95 254 814
	Ecart (PLR-PLF)		0	- 34 946 322	- 34 946 322	0	0	0	- 34 946 322

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
Titre 3 : Dépenses de fonctionnement	39 060 341	28 715 771	39 060 341	28 715 771
Subventions pour charges de service public	39 060 341	28 715 771	39 060 341	28 715 771
Titre 7 : Dépenses d'opérations financières	91 140 795	66 539 043	91 140 795	66 539 043
Dotations en fonds propres	91 140 795	66 539 043	91 140 795	66 539 043
Total	130 201 136	95 254 814	130 201 136	95 254 814

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		12 576 122	12 576 122		12 576 122	12 576 122
		12 349 435	12 349 435		12 349 435	12 349 435

OPÉRATION STRATÉGIQUE : RECHERCHE DUALE

1. DESCRIPTION

Cette action comporte un volet du programme interministériel de R&D NRBC-E, et cible par ailleurs des recherches pour la réalisation de systèmes énergétiques embarqués.

2. ASPECTS FINANCIERS

Niveau	Description	AE			CP		
		LFI	Utilisation	Écart Utilisation / LFI	LFI	Utilisation	Écart Utilisation / LFI
ACT	Autres recherches et développements duaux	12 576 122	12 349 435	- 226 687	12 576 122	12 349 435	- 226 687
Total		12 576 122	12 349 435	- 226 687	12 576 122	12 349 435	- 226 687

L'écart de 226 687 € en AE et CP entre la LFI et l'utilisation est dû à l'annulation de la réserve consécutive à la LFR pour 2020.

Concernant la thématique « Systèmes énergétiques pour l'embarqué » :

- dans le domaine des batteries, le CEA a amorcé le virage vers les batteries à électrolyte solide pour accompagner la feuille de route européenne dans le cadre du projet Batterie 2030. Le CEA a renforcé ses

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

moyens pour tester la sécurité des batteries pour servir des projets de développement de batteries pour l'aéronautique et le spatial qui nécessitent un haut niveau de sécurité. Toujours dans un contexte d'augmentation forte de la densité d'énergie des cellules Li-Ion et d'amélioration de la sécurité des batteries, le CEA mène également des travaux visant à accroître sa capacité à détecter et quantifier les précurseurs de l'emballement thermique ;

- dans le domaine de l'hydrogène, dans le cadre du plan national de déploiement de l'hydrogène, le CEA a développé une technologie basée sur l'Electrolyse Vapeur Haute Température (EVHT) dont la réversibilité permet d'une part de produire de l'hydrogène décarboné et d'autre part de l'électricité et poursuit ses travaux sur les premiers prototypes de 50 à 300 kW. Le CEA développe également une technologie de pile à combustible de type PEM pour la mobilité hydrogène.

Pour le volet NRBC-E, les recherches ont été poursuivies sur la détection biologique, la protection et la décontamination. Pour le volet thérapeutique, les recherches sont centrées sur la ricine. Les travaux en 2020 ont porté sur la mise au point de mousse, de papier et ticket détecteurs et des produits arrivant à maturité (ambiance gamma).

SYNTHÈSE ACTION 04**AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2020 (EN €)**

Niveau	Description	AE					CP		Consommation	Écart Consommation / Prévision LFI
		Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF	Affectation sur TF	Engagement hors TF	Écart Utilisation / Prévision LFI	Prévision LFI	Prévision FdC/ADP du PLF		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) + (4) - (1) - (2)	(1)	(2)		
ACT	Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122	0	0	12 349 435	- 226 687	12 576 122	0	12 349 435	- 226 687
Total		12 576 122	0	0	12 349 435	- 226 687	12 576 122	0	12 349 435	- 226 687

ENGAGEMENTS ET ÉCHÉANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			
			Eng restant à payer à fin 2019	Eng 2020	2020	2021	2022	2023 et postérieurs	Total
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	12 576 122	12 576 122	0	0	0	12 576 122
		PLR	0	12 349 435	12 349 435	0	0	0	12 349 435
Ecart (PLR-PLF)			0	- 226 687	- 226 687	0	0	0	- 226 687

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
Titre 3 : Dépenses de fonctionnement	12 576 122	12 349 435	12 576 122	12 349 435
Subventions pour charges de service public	12 576 122	12 349 435	12 576 122	12 349 435
Total	12 576 122	12 349 435	12 576 122	12 349 435

Recherche duale (civile et militaire)

Programme n° 191 JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

RÉCAPITULATION DES CRÉDITS ET EMPLOIS ALLOUÉS AUX OPÉRATEURS DE L'ÉTAT

RÉCAPITULATION DES CRÉDITS ALLOUÉS PAR LE PROGRAMME AUX OPÉRATEURS

Opérateur financé (Programme chef de file) Nature de la dépense	Réalisation 2019		Prévision LFI 2020		Réalisation 2020	
	Autorisations d'engagement	Crédits de paiement	Autorisations d'engagement	Crédits de paiement	Autorisations d'engagement	Crédits de paiement
CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (P172)	25 527 651	25 527 651	23 818 031	23 818 031	23 257 116	23 257 116
Subventions pour charges de service public	25 527 651	25 527 651	23 818 031	23 818 031	23 257 116	23 257 116
CNES - Centre national d'études spatiales (P193)	96 000 000	96 000 000	130 201 136	130 201 136	95 254 814	95 254 814
Subventions pour charges de service public	28 000 000	28 000 000	39 060 341	39 060 341	28 715 771	28 715 771
Dotations en fonds propres	68 000 000	68 000 000	91 140 795	91 140 795	66 539 043	66 539 043
Total	121 527 651	121 527 651	154 019 167	154 019 167	118 511 930	118 511 930
Total des subventions pour charges de service public	53 527 651	53 527 651	62 878 372	62 878 372	51 972 887	51 972 887
Total des dotations en fonds propres	68 000 000	68 000 000	91 140 795	91 140 795	66 539 043	66 539 043