

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

2022

## RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)



PROGRAMME 191  
**Recherche duale (civile et militaire)**

---

## Bilan stratégique du rapport annuel de performances

Emmanuel CHIVA

*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, 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 ».

En 2022, l'orientation et le suivi d'exécution de la part du programme 191 confiés au CNES se sont déroulés, pour la première année complète, dans le cadre de l'accord de gouvernance des relations CNES-MINARM mis en place en 2021. Les principaux projets financés sont :

- le développement d'une constellation de mini-satellites optiques (CO3D) dont le planning a été décalé de plusieurs mois suite à un incendie chez un fournisseur de cartes électroniques ;
- le lancement des travaux de fabrication du modèle de qualification du processeur numérique transparent de 6<sup>e</sup> génération, dans le cadre du programme CASTOR (capacité stratégique spatiale télécom mobile résilient) 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) ;
- les travaux sur les démonstrateurs technologiques OTOS (observation de la Terre en optique super-résolue) pour l'observation, avec des développements technologiques visant notamment la préparation du futur programme d'observation IRIS ;
- les travaux relatifs à la capacité de collecte et d'analyse des signaux AIS (Automatic Identification System) en orbite offrant une forte revisite et une haute performance de détection ;
- la mission NeSS, qui vise à démontrer en orbite les performances atteignables dans le domaine de la détermination de la « propreté fréquentielle ».

En ce qui concerne le CEA, les orientations ont été maintenues et les recherches ont porté sur la cybersécurité, les sciences du vivant, la photonique, les capteurs/composants, 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	2020 Réalisation	2021 Réalisation	2022 Cible	2022 Réalisation	2023 Cible
Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées.	%	86	Sans objet	91	Sans objet	83

**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 financier 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 « Sécurité et Défense » sont évalués en conformité avec l'accord de gouvernance de la relation CNES-MINARM et sur la base des documents de suivi budgétaire présentés en conseil d'administration.

**ANALYSE DES RÉSULTATS**

Pour l'année 2022, les crédits de recherche duale du programme 191 ont été pris en charge par le plan de relance de l'économie (programme 363) qui porte un projet ambitieux pour le domaine spatial et la recherche duale. L'indicateur n'est donc pas calculé en 2022.

**Recherche duale (civile et militaire)**

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

## Présentation des crédits

### 2022 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS OUVERTS ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

#### 2022 / 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
<b>Total des AE prévues en LFI</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ouvertures / annulations par FdC et AdP		
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		
Total des AE ouvertes	0	
<b>Total des AE consommées</b>	<b>0</b>	

#### 2022 / 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
<b>Total des CP prévus en LFI</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ouvertures / annulations par FdC et AdP		
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		
Total des CP ouverts	0	
<b>Total des CP consommés</b>	<b>0</b>	

## 2021 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS VOTÉS (LFI) ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

## 2021 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Prévision LFI 2021 Consommation 2021	
	Total hors FdC et AdP prévus en LFI	Total y.c. FdC et AdP
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
<b>Total des AE prévues en LFI</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total des AE consommées</b>		<b>0</b>

## 2021 / CRÉDITS DE PAIEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action	Prévision LFI 2021 Consommation 2021	
	Total hors FdC et AdP prévus en LFI	Total y.c. FdC et AdP
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
<b>Total des CP prévus en LFI</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total des CP consommés</b>		<b>0</b>

## PRÉSENTATION PAR TITRE ET CATÉGORIE DES CRÉDITS CONSOMMÉS

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommées* en 2021	Ouvertes en 2022	Consommées* en 2022	Consommés* en 2021	Ouverts en 2022	Consommés* en 2022
<b>Total hors FdC et AdP</b>		0			0	
<b>Total*</b>	0	0	0	0	0	0

\* y.c. FdC et AdP



**Recherche duale (civile et militaire)**

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

## Justification au premier euro

### Éléments transversaux au programme

#### ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE DU PROGRAMME

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action  <i>Prévision LFI Consommation</i>	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2 * Dépenses de personnel	Autres titres *	Total y.c. FdC et AdP	Titre 2 * Dépenses de personnel	Autres titres *	Total y.c. FdC et AdP
01 – Recherche duale en sciences du vivant			0 0			0 0
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication			0 0			0 0
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial			0 0			0 0
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux			0 0			0 0
<b>Total des crédits prévus en LFI *</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ouvertures / annulations y.c. FdC et AdP						
Total des crédits ouverts	0	0	0	0	0	0
<b>Total des crédits consommés</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Crédits ouverts - crédits consommés						

\* hors FdC et AdP pour les montants de la LFI

Pour l'année 2022, les crédits finançant la recherche duale du programme 191 ont été pris en charge par le plan de relance de l'économie qui porte un projet ambitieux pour le domaine spatial et la recherche duale.

L'ensemble des tableaux ci-dessous présentent les montants prévus et consommés au titre du plan de relance, plus particulièrement le programme 363 « Compétitivité », pour la recherche duale.

#### AUTORISATIONS D'ENGAGEMENTS ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNEE 2022 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI au titre du Plan de relance de l'économie (1)	Prévision FdC/ADP du PLF (2)	Affectation sur TF (3)	Engagement hors TF au titre du Plan de relance de l'économie (4)	Écart Utilisation / Prévision LFI (5) = (3) + (4) - (1) - (2)	Prévision LFI au titre du Plan de relance de l'économie (1)	Prévision FdC/ADP du PLF (2)	Consommation au titre du Plan de relance de l'économie (3)	Écart Consommation / Prévision LFI (4) = (3) - (1) - (2)
OS	Recherche duale (RD)	140 019 167	-	-	140 019 167	0	140 019 167	-	140 019 167	-
Total		140 019 167	-	-	140 019 167	0	140 019 167	-	140 019 167	-



*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 2022	CP 2022
AE ouvertes en 2022 * (E1) <b>0</b>	CP ouverts en 2022 * (P1) <b>0</b>
AE engagées en 2022 (E2) <b>0</b>	CP consommés en 2022 (P2) <b>0</b>
AE affectées non engagées au 31/12/2022 (E3) <b>0</b>	dont CP consommés en 2022 sur engagements antérieurs à 2022 (P3 = P2 - P4) <b>0</b>
AE non affectées non engagées au 31/12/2022 (E4 = E1 - E2 - E3) <b>0</b>	dont CP consommés en 2022 sur engagements 2022 (P4) <b>0</b>

## RESTES À PAYER

Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2021 brut (R1) <b>0</b>					
Travaux de fin de gestion postérieurs au RAP 2021 (R2) <b>0</b>					
<b>Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2021 net</b> (R3 = R1 + R2) <b>0</b>	–	CP consommés en 2022 sur engagements antérieurs à 2022 (P3 = P2 - P4) <b>0</b>	=	Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2022 (R4 = R3 - P3) <b>0</b>	
AE engagées en 2022 (E2) <b>0</b>	–	CP consommés en 2022 sur engagements 2022 (P4) <b>0</b>	=	Engagements 2022 non couverts par des paiements au 31/12/2022 (R5 = E2 - P4) <b>0</b>	
				<b>Engagements non couverts par des paiements au 31/12/2022</b> (R6 = R4 + R5) <b>0</b>	
					Estimation des CP 2023 sur engagements non couverts au 31/12/2022 (P5) <b>0</b>
					Estimation du montant maximal des CP nécessaires après 2023 pour couvrir les engagements non couverts au 31/12/2022 (P6 = R6 - P5) <b>0</b>

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

\* LFI 2022 + reports 2021 + 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  <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
01 – Recherche duale en sciences du vivant			0 0			0 0

**OPÉRATION 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 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), contremesures et traitements.

Pour le volet « hors programme NRBC-E » le programme soutient des recherches pluriannuelles concernant :

- l'étude des bactéries et des bactériophages ;
- des travaux sur le développement de biopuces pour la détection de bactéries pathogènes ;
- des travaux pour mise au point de tests de diagnostic rapide de la résistance aux antibiotiques chez les entérobactéries ; des résultats concernant la détection de certaines enzymes ont été présentés en 2022 et les tests correspondants sont en cours de transfert industriel ;
- 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 :

- dans le domaine de la détection biologique, la commercialisation du premier test rapide multiplexe (5 toxines), et le démarrage de l'industrialisation de tests sur 5 nouvelles cibles biologiques ;
- dans le domaine des contre-mesures médicales, un kit de diagnostic toxine (ricine) a obtenu le marquage CE en mai 2022 ; et l'industrialisation d'un kit de diagnostic sur une autre cible a été lancé.

**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	Écart Utilisation / LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Écart 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
-------	-----------	-----------	---	-----------	-----------	---

## COÛTS SYNTHÉTIQUES

## SYNTHESE ACTION 01

## AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2022 (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	Écart 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	Écart 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 2021	Eng 2022 TF au titre du plan de relance de l'économie	2022 TF au titre du plan de relance de l'économie	2023	2024	2025 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
Écarts (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

**OPÉRATION 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 principaux résultats et faits marquants obtenus en 2022 sont :

- la poursuite des travaux sur les trois axes d'effort que sont : les architectures sécurisées pour les systèmes industriels, les technologies de cybersécurité hardware pour les composants de sécurité, et les technologies pour la sécurité logicielle ; avec notamment identification de deux nouveaux sujets : nouvelles techniques de caractérisation de la sécurité des « systems on chip », et framework pour la construction de logiciels systèmes sécurisés ;
- le franchissement d'un jalon emblématique avec la première fonderie d'un véhicule de test sécuritaire en technologie FDSOI (Fully Depleted Silicon On Insulator).

Les principaux résultats dans le domaine des composants, des technologies quantiques et de la photonique sont :

- les recherches sur le développement de sources de photons uniques se sont poursuivies selon deux approches : sources de photons uniques non-intégrées et sources déterministes sous forme de centres colorés implantés dans du silicium ;
- les travaux sur les détecteurs de photons uniques ont porté sur l'amélioration des performances de deux types de détecteurs (à avalanche et à nanofils supraconducteurs), tout en menant une veille active sur d'autres matériaux supraconducteurs ;
- la démonstration d'un écran holographique dynamique, formant des images directement sur la rétine ;
- la poursuite des travaux sur le stacking 3D des détecteurs, avec la réalisation de trois véhicules de test, notamment sur les technologies d'intégration 3D pour les nouvelles filières d'imageurs développées en collaboration avec les acteurs industriels nationaux, qui tendent progressivement vers des imageurs « intelligents ».

**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	Écart Utilisation / LFI	LFI au titre du plan de relance de l'économie	Utilisation au titre du plan de relance de l'économie	Écart Utilisation / LFI
ACT	Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la	4 850 000	4 850 000	0	4 850 000	4 850 000	0

	communication						
Total		4 850 000	4 850 000	0	4 850 000	4 850 000	0

## COÛTS SYNTHÉTIQUES

## SYNTHESE ACTION 02

## AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT ET CRÉDITS DE PAIEMENT ANNÉE 2022 (EN €)

Niveau	Description	AE					CP			
		Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie (1)	Prévision FdC/ADP du PLF (2)	Affectation sur TF (3)	Engagement hors TF au titre du plan de relance de l'économie (4)	Écart Utilisation / Prévision LFI (5) = (3) + (4) - (1) - (2)	Prévision LFI au titre du plan de relance de l'économie (1)	Prévision FdC/ADP du PLF (2)	Consommation au titre du plan de relance de l'économie (3)	Écart Consommation / Prévision LFI (4) = (3) - (1) - (2)
ACT	Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	4 850 000	0	0	4 850 000	0	4 850 000	0	4 850 000	0
Total		4 850 000	0	0	4 850 000	0	4 850 000	0	4 850 000	0

## ENGAGEMENTS ET ECHEANCIERS DE PAIEMENT (EN M€)

Niveau	Description	PLF/PLR	Engagements			Paiements			Total
			Eng restant à payer à fin 2021	Eng 2022 au titre du plan de relance de l'économie	2022 au titre du plan de relance de l'économie	2023	2024	2025 et postérieurs	
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	4,85	4,85	0	0	0	4,85
		PLR	0	4,85	4,85	0	0	0	4,85
Écarts (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****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			0 0

**OPÉRATION 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 2022, 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. La revue critique de définition du PNT 6G (processeur numérique transparent de 6<sup>e</sup> génération) a eu lieu en début d'année et la fabrication des cartes électroniques a été lancée. La fabrication et l'assemblage du modèle de qualifications du PNT 6G ont été lancés en fin d'année ;
- **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 2022, avec notamment la revue d'aptitude en vol de CSO3 ;
- **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. Le projet s'est achevé en 2022 avec la revue de recette en vol ;
- **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. La ligne de produits ISIS est dorénavant en maintenance, phase durant laquelle le retour d'expériences des opérateurs étatiques pourra faire l'objet d'évolutions ;
- **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 conformément aux prévisions, les prochains jalons majeurs sont attendus en 2023 ;
- **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 2022 a été marquée par un incendie important chez un fournisseur de cartes électroniques qui a conduit à un décalage planning de plusieurs mois et à un lancement désormais prévu début 2024. L'entrée en qualification technique du système a eu lieu en fin d'année ;
- **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



**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | Justification au premier euro

			payer à fin 2021					postérieurs	
OS	Recherche duale (RD)	PLF	0	118,7	118,7	0	0	0	118,7
		PLR	0	118,7	118,7	0	0	0	118,7
Écarts (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

**OPÉRATION 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 » :

- dans le domaine des batteries, les travaux ont concerné le développement de nouvelles générations de batteries et de matériaux d'électrodes ;
- dans le domaine du stockage de l'hydrogène, les actions ont notamment concerné le stockage de l'hydrogène par voie chimique, cryogénique, en cavité saline et sur les réservoirs conformables pour la mobilité lourde ;
- sur les piles à combustible la réalisation d'une preuve de concept pour véhicule de rallye raid constitue une base pour le développement de nouvelles générations de piles de forte puissance pour la mobilité lourde ;
- les efforts ont également porté sur le domaine des carburants durables avec le développement de la production de carburants gazeux et liquides durables à partir de CO<sub>2</sub>.

Pour le volet NRBC-E, les faits marquants sont les suivants :



**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.