

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

2019

## RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)



### PROGRAMME 191

---

#### RECHERCHE DUALE (CIVILE ET MILITAIRE)

<a href="#">Bilan stratégique du rapport annuel de performances</a>	5
<a href="#">Objectifs et indicateurs de performance</a>	8
<a href="#">Présentation des crédits</a>	10
<a href="#">Justification au premier euro</a>	15

---

**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 191 « Recherche duale (civile et militaire) » s'inscrit dans le champ de la politique de recherche menée par l'État et concerne des domaines de recherche dont les applications sont tout à la fois civiles et militaires. L'objet du programme est de maximiser les retombées civiles de la recherche de défense et, inversement, de faire bénéficier la défense des avancées de la recherche civile. Le programme contribue ainsi à optimiser l'efficacité globale du système national de recherche et à soutenir la base industrielle et technologique de défense et de sécurité. S'agissant de recherche duale, il est rattaché à la mission interministérielle « recherche et enseignement supérieur ».

Le programme 191 finance des actions d'intérêt pour la défense menées par le centre national d'études spatiales (CNES) pour ses activités de recherche duale dans le domaine aérospatial (hors activité contractuelle) et 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 ». Une part des financements alloués bénéficie au programme de recherche interministériel de lutte contre la menace nucléaire, radiologique, biologique et chimique et les explosifs (NRBC-E).

#### **La poursuite des projets du CNES et le déploiement de nouveaux prototypes :**

L'année 2019 a vu les projets TELEMAK et FAST (télécommunications) poursuivre leur progression. Ceux-ci sont conçus pour amener à maturation certaines technologies de communication duales nécessaires au programme de défense SYRACUSE IV. Le projet CASTOR (Capacité strAtégique Spatiale Télécom mOBile Résiliente) poursuit lui aussi sa progression et permettra d'aboutir à des démonstrations de la maîtrise des technologies duales critiques pour la réalisation des sous-systèmes bord et sol.

Outre ces progressions, d'autres projets ont vu des déploiements de démonstrateurs et prototypes. L'avancement des travaux sur OTOS (imagerie optique), démonstrateur de technologies innovantes dans le domaine de l'observation spatiale optique de la Terre, a abouti à des essais de briques du démonstrateur d'optique active. Toujours dans le domaine spatial, le lancement du démonstrateur de constellation de mini-satellites optiques a été effectué dans l'année (CO3D - constellation optique en 3D). Celle-ci a culminé en décembre avec l'envoi du satellite ANGELS (Argos Neo on a Generic Economical and Light Satellite), démonstrateur d'une offre française de nanosatellites. Ce dernier projet du CNES préfigure la future génération du système ARGOS.

#### **Des avancées dans les technologies de détection et de protection NRBC-E**

L'activité du CEA a été marquée, dans le cadre du programme interministériel NRBC-E, par les premiers résultats d'efficacité d'anticorps pour une thérapie anti-ricine, ce qui a conduit au lancement du développement de la thérapie.

De plus, des transferts industriels de technologies dont la maturation a été assurée au titre du P191 (test diagnostic, détecteur radiologique, production de mousses de décontamination) ont pu être réalisés.

En coordination avec l'évaluation de la DGA maîtrise NRBC, de nouveaux chromophores de détection d'agents chimiques couvrant un spectre étendu ont été mis au point.

Concernant les activités hors programme interministériel NRBC-E, on peut mentionner entre autres :

- dans le domaine des sciences du vivant, la poursuite des études sur les mécanismes bactériens d'acquisition de résistance aux antibiotiques et la mise au point de nouvelles synthèses chimiques de molécules bioactives ;

- dans le domaine sciences et techniques de l'information et de la communication, les avancées de la filière technologique M&NEMS (micro et nano electromechanical systems) qui permet dorénavant de réaliser des composants à haute performance directement sur une même galette de silicium (wafer) ;
- dans les autres domaines d'études :
  - la mise au point de prototypes dans le domaine des mémoires embarquées et la planification des étapes pour élaborer les générations suivantes ;
  - la poursuite des travaux sur la filière hydrogène (stockage et conversion) et l'implication dans la construction de la filière européenne des batteries.

## 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	2017 Réalisation	2018 Réalisation	2019 Prévision PAP 2019	2019 Prévision actualisée	2019 Réalisation	2020 Cible PAP 2019
Proportion du montant de projets dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées.	%	77	83	87	84	83	87

## 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 dont des retombées potentielles pour la défense ont été précisément identifiées. Pour 2019, cet indicateur s'établit à 83 %.

L'écart entre la prévision et la réalisation (83 % pour une prévision initiale fixée à 87 %, actualisée à 84 % au titre du PAP 2020) s'explique principalement par des dépenses moindres que prévues sur les projets d'intérêt défense. La baisse des dépenses sur les projets d'intérêt défense n'est pas liée aux annulations de crédits de 55 M€ et avait déjà été prévue lors du PAP 2020 (indicateur actualisé à 84%).



## PRÉSENTATION DES CRÉDITS

## 2019 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS OUVERTS ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

## 2019 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action  <i>Prévision LFI 2019 Consommation 2019</i>	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	7 850 566 7 649 049		<b>7 850 566</b> <b>7 649 049</b>	7 850 566 7 850 566
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	8 891 343 5 566 131		<b>8 891 343</b> <b>5 566 131</b>	8 891 343 8 891 343
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	43 827 014 28 000 000	106 374 122 68 000 000	<b>150 201 136</b> <b>96 000 000</b>	150 201 136 150 201 136
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 312 471		<b>12 576 122</b> <b>12 312 471</b>	12 576 122 12 576 122
<b>Total des AE prévues en LFI</b>	<b>73 145 045</b>	<b>106 374 122</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>
Ouvertures / annulations par FdC et AdP				
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		-57 991 516	-57 991 516	
Total des AE ouvertes		121 527 651	121 527 651	
<b>Total des AE consommées</b>	<b>53 527 651</b>	<b>68 000 000</b>	<b>121 527 651</b>	

## 2019 / CRÉDITS DE PAIEMENT

Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action  <i>Prévision LFI 2019 Consommation 2019</i>	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	7 850 566 7 649 049		<b>7 850 566</b> <b>7 649 049</b>	7 850 566 7 850 566
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	8 891 343 5 566 131		<b>8 891 343</b> <b>5 566 131</b>	8 891 343 8 891 343
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	43 827 014 28 000 000	106 374 122 68 000 000	<b>150 201 136</b> <b>96 000 000</b>	150 201 136 150 201 136
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 576 122 12 312 471		<b>12 576 122</b> <b>12 312 471</b>	12 576 122 12 576 122
<b>Total des CP prévus en LFI</b>	<b>73 145 045</b>	<b>106 374 122</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>
Ouvertures / annulations par FdC et AdP				
Ouvertures / annulations hors FdC et AdP		-57 991 516	-57 991 516	
Total des CP ouverts		121 527 651	121 527 651	
<b>Total des CP consommés</b>	<b>53 527 651</b>	<b>68 000 000</b>	<b>121 527 651</b>	

## 2018 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS VOTÉS (LFI) ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

## 2018 / 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
<i>Prévision LFI 2018</i> Consommation 2018				
01 – Recherche duale en sciences du vivant	7 940 000 7 826 424		7 940 000	7 940 000 7 826 424
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	6 698 031 8 494 626		6 698 031	6 698 031 8 494 626
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	45 827 014 42 644 904	106 374 122 103 182 898	152 201 136	152 201 136 145 827 802
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 680 000 12 531 804		12 680 000	12 680 000 12 531 804
<b>Total des AE prévues en LFI</b>	<b>73 145 045</b>	<b>106 374 122</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>
<b>Total des AE consommées</b>	<b>71 497 758</b>	<b>103 182 898</b>		<b>174 680 656</b>

## 2018 / 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
<i>Prévision LFI 2018</i> Consommation 2018				
01 – Recherche duale en sciences du vivant	7 940 000 7 826 424		7 940 000	7 940 000 7 826 424
02 – Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication	6 698 031 8 494 626		6 698 031	6 698 031 8 494 626
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial	45 827 014 42 644 904	106 374 122 103 182 898	152 201 136	152 201 136 145 827 802
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux	12 680 000 12 531 804		12 680 000	12 680 000 12 531 804
<b>Total des CP prévus en LFI</b>	<b>73 145 045</b>	<b>106 374 122</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>
<b>Total des CP consommés</b>	<b>71 497 758</b>	<b>103 182 898</b>		<b>174 680 656</b>

## PRÉSENTATION PAR TITRE ET CATÉGORIE DES CRÉDITS CONSOMMÉS

Titre et catégorie	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Consommés* en 2018	Ouvertes en LFI pour 2019	Consommés* en 2019	Consommés* en 2018	Ouvertes en LFI pour 2019	Consommés* en 2019
<b>Titre 3 – Dépenses de fonctionnement</b>	<b>71 497 758</b>	<b>73 145 045</b>	<b>53 527 651</b>	<b>71 497 758</b>	<b>73 145 045</b>	<b>53 527 651</b>
Subventions pour charges de service public	71 497 758	73 145 045	53 527 651	71 497 758	73 145 045	53 527 651
<b>Titre 7 – Dépenses d'opérations</b>	<b>103 182 898</b>	<b>106 374 122</b>	<b>68 000 000</b>	<b>103 182 898</b>	<b>106 374 122</b>	<b>68 000 000</b>

## 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 2018	Ouvertes en LFI pour 2019	Consommées* en 2019	Consommés* en 2018	Ouverts en LFI pour 2019	Consommés* en 2019
<b>financières</b>						
Dotations en fonds propres	103 182 898	106 374 122	68 000 000	103 182 898	106 374 122	68 000 000
<b>Total hors FdC et AdP</b>		<b>179 519 167</b>			<b>179 519 167</b>	
Ouvertures et annulations* hors titre 2		-57 991 516			-57 991 516	
<b>Total*</b>	<b>174 680 656</b>	<b>121 527 651</b>	<b>121 527 651</b>	<b>174 680 656</b>	<b>121 527 651</b>	<b>121 527 651</b>

\* y.c. FdC et AdP

## RÉCAPITULATION DES MOUVEMENTS DE CRÉDITS

## DÉCRETS DE TRANSFERT

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
27/05/2019						3 000 000		3 000 000
<b>Total</b>						<b>3 000 000</b>		<b>3 000 000</b>

## 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
02/12/2019						54 991 516		54 991 516
<b>Total</b>						<b>54 991 516</b>		<b>54 991 516</b>

## 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
<b>Total général</b>						<b>57 991 516</b>		<b>57 991 516</b>



---

**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

## 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		7 850 566 7 649 049	7 850 566 7 649 049		7 850 566 7 649 049	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 5 566 131		8 891 343 5 566 131	8 891 343 5 566 131
03 – Recherche duale dans le domaine aérospatial		150 201 136 96 000 000	150 201 136 96 000 000		150 201 136 96 000 000	150 201 136 96 000 000
04 – Autres recherches et développements technologiques duaux		12 576 122 12 312 471	12 576 122 12 312 471		12 576 122 12 312 471	12 576 122 12 312 471
<b>Total des crédits prévus en LFI *</b>		<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>		<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>
Ouvertures / annulations y.c. FdC et AdP		-57 991 516	-57 991 516		-57 991 516	-57 991 516
Total des crédits ouverts		121 527 651	121 527 651		121 527 651	121 527 651
<b>Total des crédits consommés</b>		<b>121 527 651</b>	<b>121 527 651</b>		<b>121 527 651</b>	<b>121 527 651</b>
Crédits ouverts - crédits consommés						

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

## PASSAGE DU PLF À LA LFI

	Autorisations d'engagement			Crédits de paiement		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
PLF	0	179 519 167	179 519 167	0	179 519 167	179 519 167
Amendements	0	0	0	0	0	0
<b>LFI</b>	<b>0</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>	<b>0</b>	<b>179 519 167</b>	<b>179 519 167</b>

Aucun écart n'existe entre le PLF et la LFI.

## JUSTIFICATION DES MOUVEMENTS RÉGLEMENTAIRES ET DES LOIS DE FINANCES RECTIFICATIVES

Les mesures intervenues en gestion 2019 sont :

- le transfert (décret n° 2019-533 du 27 mai 2019) sortant vers le programme 192 de 3 M€ en AE et CP dans le cadre du plan interministériel Nano 2022 ;

**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

- l'annulation par la loi de finances rectificative n°2019-1277 du 3 décembre 2019 de 55 M€ en AE et CP. Cette annulation se répartit de la manière suivante :

- la réserve de précaution (5 M€ en AE et CP) ;
- 49,9 M€ en AE et CP sur l'action 03 portée par le CNES ;
- 0,1 M€ en AE et CP pour les actions 01, 02 et 04 portées par le CEA hors plan NRBC-E.

**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	4 991 516	4 991 516	0	4 991 516	4 991 516
Surgels	0	0	0	0	0	0
Dégels	0	0	0	0	0	0
<b>Réserve disponible avant mise en place du schéma de fin de gestion (LFR de fin d'année)</b>	<b>0</b>	<b>4 991 516</b>	<b>4 991 516</b>	<b>0</b>	<b>4 991 516</b>	<b>4 991 516</b>

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 2019	CP 2019
AE ouvertes en 2019 * (E1) <b>121 527 651</b>	CP ouverts en 2019 * (P1) <b>121 527 651</b>
AE engagées en 2019 (E2) <b>121 527 651</b>	CP consommés en 2019 (P2) <b>121 527 651</b>
AE affectées non engagées au 31/12/2019 (E3) <b>0</b>	dont CP consommés en 2019 sur engagements antérieurs à 2019 (P3 = P2 - P4) <b>0</b>
AE non affectées non engagées au 31/12/2019 (E4 = E1 - E2 - E3) <b>0</b>	dont CP consommés en 2019 sur engagements 2019 (P4) <b>121 527 651</b>

**RESTES À PAYER**

Engagements ≤ 2018 non couverts par des paiements au 31/12/2018 brut (R1) <b>0</b>				
Travaux de fin de gestion postérieurs au RAP 2018 (R2) <b>0</b>				
<b>Engagements ≤ 2018 non couverts par des paiements au 31/12/2018 net</b> (R3 = R1 + R2) <b>0</b>	-	CP consommés en 2019 sur engagements antérieurs à 2019 (P3 = P2 - P4) <b>0</b>	=	Engagements ≤ 2018 non couverts par des paiements au 31/12/2019 (R4 = R3 - P3) <b>0</b>
AE engagées en 2019 (E2) <b>121 527 651</b>	-	CP consommés en 2019 sur engagements 2019 (P4) <b>121 527 651</b>	=	Engagements 2019 non couverts par des paiements au 31/12/2019 (R5 = E2 - P4) <b>0</b>
				<b>Engagements non couverts par des paiements au 31/12/2019</b> (R6 = R4 + R5) <b>0</b>
				Estimation des CP 2020 sur engagements non couverts au 31/12/2019 (P5) <b>0</b>
				Estimation du montant maximal des CP nécessaires après 2020 pour couvrir les engagements non couverts au 31/12/2019 (P6 = R6 - P5) <b>0</b>

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

\* LFI 2019 + reports 2018 + mouvements réglementaires + FDC + ADP + fongibilité asymétrique + LFR

JUSTIFICATION PAR ACTION

---

**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

**Action 01****Recherche duale en sciences du vivant**

	Prévision LFI			Réalisation		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
(y.c. FdC et AdP)						
Autorisations d'engagement		7 850 566	<b>7 850 566</b>		7 649 049	<b>7 649 049</b>
Crédits de paiement		7 850 566	<b>7 850 566</b>		7 649 049	<b>7 649 049</b>

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 le domaine de l'innovation diagnostique (maladies neurologiques et psychiatriques, maladies infectieuses). Cette action thématique mobilise en tant que de besoin des avancées en compréhension des mécanismes moléculaires et cellulaires du vivant ;
- 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 toxicologiques (d'origine chimique ou nucléaire).

**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	7 850 566	7 649 049	7 850 566	7 649 049
Subventions pour charges de service public	7 850 566	7 649 049	7 850 566	7 649 049
<b>Total</b>	<b>7 850 566</b>	<b>7 649 049</b>	<b>7 850 566</b>	<b>7 649 049</b>

L'écart de 201 517 € en AE = CP entre la LFI et l'utilisation est dû aux annulations de crédits consécutives à la loi de finances rectificative pour 2019.

Concernant la thématique « Facteurs humains-Cognition », l'accent a été mis en 2019, dans le cadre du *Human Brain Project*, sur la réalisation d'une carte de connectivité du cerveau humain (IRM fonctionnelle) en vue de la construction de modèles originaux de la structure et du fonctionnement du cerveau. Dans ce cadre, le champ magnétique de l'aimant Iseult à NeuroSpin a pu être monté à sa valeur cible de 11,7 T.

Concernant la thématique « Prise en charge médicale et dispositifs et produits de santé », peuvent être signalé :

- pour la sous-thématique relative au développement de dispositifs de diagnostic pour la médecine de terrain, la poursuite des études sur les mécanismes bactériens d'acquisition de résistance aux antibiotiques et la mise au point de nouvelles synthèses chimiques de molécules bioactives ;
- pour la sous-thématique relative à la réparation tissulaire, la caractérisation des gènes clés des cellules souches de l'épiderme humain qui pourraient constituer des cibles d'intérêt pour la thérapie cellulaire cutanée et la poursuite de l'amélioration de la génération d'organites de façon reproductible et efficace ;
- pour la sous-thématique relative aux contre-mesures anti-infectieuses, les études interdisciplinaires visant à accroître la compréhension des mécanismes de l'infection au niveau moléculaire, au niveau de processus intracellulaires détournés au profit des virus, et les études sur la réplication virale et sur l'identification et le développement de nouvelles molécules anti-virales et anti-bactériennes.

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. Ainsi, les premiers

résultats d'efficacité d'anticorps pour une thérapie anti-ricine ont été obtenus, ce qui a conduit au lancement du développement.

## Action 02

### Recherche duale en sciences et techniques de l'information et de la communication

	Prévision LFI			Réalisation		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
(y.c. FdC et AdP)						
Autorisations d'engagement		8 891 343	<b>8 891 343</b>		5 566 131	<b>5 566 131</b>
Crédits de paiement		8 891 343	<b>8 891 343</b>		5 566 131	<b>5 566 131</b>

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

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

### 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	8 891 343	5 566 131	8 891 343	5 566 131
Subventions pour charges de service public	8 891 343	5 566 131	8 891 343	5 566 131
<b>Total</b>	<b>8 891 343</b>	<b>5 566 131</b>	<b>8 891 343</b>	<b>5 566 131</b>

L'écart de 3,3 € en AE = CP entre la LFI et l'utilisation est dû aux mesures en gestion :

- transfert de 3 M€ en AE et CP vers le P192 dans le cadre du plan Nano 2022 ;
- annulation de 0,3 M€ en AE et CP par la loi de finances rectificative pour 2019.

#### Composants-capteurs-communication

Dans le domaine des capteurs, on peut citer les avancées de la filière technologique M&NEMS (micro et nano electro-mechanical systems) qui permet dorénavant de réaliser des composants à haute performance directement sur une même galette de silicium (*wafer*). En termes de technologies de radiofréquences/communications, on notera par exemple des développements structurants sur les antennes reconfigurables pour la 5G à 26GHz (meilleures directivité et efficacité énergétique) ainsi que le développement d'algorithmes coopératifs multimodaux pour la localisation précise de véhicules.

Dans le domaine de la puissance, l'année 2019 a vu la mise en place d'une filière GaN (nitride de gallium) 200 mm chez ST-Tours (le transfert sera opérationnel en 2021) et la montée dans l'intégration applicative avec des partenaires industriels (automobile : convertisseurs intégrés dans les moteurs, data center : alimentation, onduleurs PV...).

#### Photonique

**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

A la suite de la démonstration de la faisabilité de la co-intégration de la photonique silicium classique avec des circuits non linéaires en matériaux compatibles CMOS, les travaux ont progressé avec le passage sur la filière 300 mm du CEA/LETI et le soutien au développement industriel.

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, micro-afficheurs).

Les recherches en photonique quantique ont porté en particulier sur les thématiques suivantes : sources de photons uniques, utilisation de fils photoniques pour l'émission de photons intriqués ou indiscernables.

Cybersécurité

2019 a vu le renforcement de la recherche en cybersécurité, en réponse aux besoins duaux.

Dans le domaine de la sécurité logicielle, les travaux ont porté sur : l'analyse formelle de code, la protection de codes et de données par polymorphisme, la gestion de sources d'intrusion, les solutions performantes de cryptographie homomorphe.

En sécurité matérielle, les recherches se sont concentrées sur l'évolution des plateformes d'évaluation, le design de circuits intégrés, l'étude de nouvelles attaques de composants à base d'intelligence artificielle et des approches induites sur la sécurité des composants, les communications sécurisées par transmissions sans fil.

**Action 03****Recherche duale dans le domaine aérospatial**

	Prévision LFI			Réalisation		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
(y.c. FdC et AdP)						
Autorisations d'engagement		150 201 136	<b>150 201 136</b>		96 000 000	<b>96 000 000</b>
Crédits de paiement		150 201 136	<b>150 201 136</b>		96 000 000	<b>96 000 000</b>

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

**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	43 827 014	28 000 000	43 827 014	28 000 000
Subventions pour charges de service public	43 827 014	28 000 000	43 827 014	28 000 000
Titre 7 : Dépenses d'opérations financières	106 374 122	68 000 000	106 374 122	68 000 000
Dotations en fonds propres	106 374 122	68 000 000	106 374 122	68 000 000
<b>Total</b>	<b>150 201 136</b>	<b>96 000 000</b>	<b>150 201 136</b>	<b>96 000 000</b>

L'écart de 54,2 M€ en AE et CP entre la LFI et exécution est la conséquence de l'annulation de crédits par la loi de finances rectificative pour 2019.

En 2019, 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 :

- le démarrage des travaux sur le projet CASTOR (*Capacité strAtégique Spatiale Télécom mObile Résiliente*). L'étude lancée 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 antenne 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 2019, avec en particulier la recette en vol du premier satellite CSO et la poursuite de la recette usine du deuxième satellite CSO ;
- CERES : le programme de système de renseignement d'origine électromagnétique (ROEM) spatial (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. Les travaux de développement se sont poursuivis en 2019 avec les essais de qualification technique et opérationnelle ;
- TELEMAK : démonstrateur technologique à usage dual pour les satellites de télécommunication 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 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. En 2019, les essais de la charge utile et du satellite se sont poursuivis, le lancement est prévu en 2020 ;
- 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 2019, 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), notamment OTOS utilise 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 ;
- FAST (*Future Advanced Satellite Telecommunications*) est un projet à caractère dual destiné à lever certains risques technologiques et techniques de la prochaine génération de satellites de télécommunication commerciaux civils et par la même de SYRACUSE IV, incluant en particulier le développement de puces nouvelles générations communes aux programmes spatiaux civils et défense et le développement du processeur numérique transparent PNT 3G. En 2019, les essais de qualification se sont poursuivis ;
- 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. La phase de réalisation a démarré à l'été 2019 ;
- 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. Le lancement a eu lieu avec succès en décembre 2019.

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 2019 dans les domaines des transmissions spatiales, des architectures spatiales et de la propulsion.

**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

**Action 04****Autres recherches et développements technologiques duaux**

	Prévision LFI			Réalisation		
	Titre 2	Autres titres	Total	Titre 2	Autres titres	Total
(y.c. FdC et AdP)						
Autorisations d'engagement		12 576 122	<b>12 576 122</b>		12 312 471	<b>12 312 471</b>
Crédits de paiement		12 576 122	<b>12 576 122</b>		12 312 471	<b>12 312 471</b>

Cette action en recherche duale hors NRBC-E cible des recherches en intelligence artificielle et pour la réalisation de systèmes énergétiques embarqués, conduites par le CEA.

Cette action comporte également un volet du programme interministériel de R&D NRBC-E.

**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	12 312 471	12 576 122	12 312 471
Subventions pour charges de service public	12 576 122	12 312 471	12 576 122	12 312 471
<b>Total</b>	<b>12 576 122</b>	<b>12 312 471</b>	<b>12 576 122</b>	<b>12 312 471</b>

L'écart de 264 k€ en AE et CP entre la LFI et exécution est la conséquence des annulations de crédits consécutives en loi de finances rectificative pour 2019.

Dans le domaine des mémoires embarquées, à la suite des travaux menés en 2018 qui ont permis d'assurer une montée en maturité technologique, l'année 2019 a vu la mise au point de prototypes et la planification des étapes pour élaborer les générations suivantes.

Dans le domaine du stockage d'énergie, les 10 premières batteries Li-ion « vol » livrées en 2018 ont été intégrées en 2019 dans un satellite mis sur orbite ; dans le domaine des technologies pour la conversion et le stockage hydrogène, les travaux se poursuivent pour le développement de la filière technologique, un accent particulier est mis sur l'électrolyse réversible haute température ; enfin le CEA participe pleinement à la construction de la filière européenne des batteries.

En intelligence artificielle, les actions 2019 ont porté sur les résumés par extraction de phrases (analyse sémantique et traitement naturel des langues), le calcul neuronal embarqué, ainsi qu'un volet important sur l'IA de confiance (confiance dans les bases d'apprentissage, validation de configurations et de l'implantation des fonctions apprises, validation des IA symboliques, etc.).

Des applications plus fondamentales sont également en cours, essentiellement à base de Machine Learning et de fouille profonde (*Deep Learning*). Il s'agit de manipuler intelligemment des bases de données hybrides, voire de les utiliser en méta modélisation pour compléter voire remplacer des simulations numériques très coûteuses.

Pour le volet NRBC-E, les priorités de recherche ont notamment porté sur :

- des transferts industriels de technologies dont la maturation a été assurée au titre du P191 (test diagnostic, détecteur radiologique, production de mousses de décontamination) ;
- la mise au point et l'évaluation (par DGA Maîtrise NRBC) de nouveaux chromophores de détection d'agents chimiques couvrant un spectre étendu.



**Recherche duale (civile et militaire)**

Programme n° 191 | JUSTIFICATION AU PREMIER EURO

## SYNTHÈSE DES OPÉRATEURS DU PROGRAMME

## RÉCAPITULATION DES CRÉDITS ALLOUÉS AUX OPÉRATEURS DE L'ÉTAT

Opérateur financé (Programme chef de file)	Prévision LFI		Réalisation	
	Autorisations d'engagement	Crédits de paiement	Autorisations d'engagement	Crédits de paiement
<b>CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (P172)</b>	<b>29 318 000</b>	<b>29 318 000</b>	<b>25 527 651</b>	<b>25 527 651</b>
Subventions pour charges de service public	29 318 000	29 318 000	25 527 651	25 527 651
<b>CNES - Centre national d'études spatiales (P193)</b>	<b>150 201 000</b>	<b>150 201 000</b>	<b>96 000 000</b>	<b>96 000 000</b>
Subventions pour charges de service public	43 827 000	43 827 000	28 000 000	28 000 000
Dotations en fonds propres	106 374 000	106 374 000	68 000 000	68 000 000
<b>Total</b>	<b>179 519 000</b>	<b>179 519 000</b>	<b>121 527 651</b>	<b>121 527 651</b>
Total des subventions pour charges de service public	73 145 000	73 145 000	53 527 651	53 527 651
Total des dotations en fonds propres	106 374 000	106 374 000	68 000 000	68 000 000