



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

anr ©
agence nationale
de la recherche



Programme et Équipement Prioritaire de Recherche **ELECTRONIQUE**

« AAP ELECTRONIQUE »

L'appel à projets est ouvert jusqu'au 28/09/2023 à 11h00 (heure de Paris)

Adresse de consultation : <https://anr.fr/PEPR-Electronique-AAP>

APPEL À PROJETS
2 juin 2023



Résumé

La recherche et développement (R&D) a un rôle majeur à jouer pour soutenir le déploiement des nouvelles filières industrielles. Dans le cadre de la stratégie Electronique, le gouvernement a décidé de soutenir cette activité de R&D au sein de l'action Programme et Equipement Prioritaire de Recherche (PEPR) Electronique. Cette initiative a pour but de développer à moyen terme les prochaines générations de matériaux et composants qui conduiront à plus long terme à générer les ruptures susceptibles pour de nouvelles opportunités industrielles.

Le PEPR Electronique a vocation à encourager et soutenir des activités de recherche amont, dans la gamme TRL 1-4, répondant aux priorités définies dans le cadre de la stratégie Electronique.

Neuf projets ciblés et 3 actions transverses ont été lancés en septembre 2021 où les composants représentent des enjeux de souveraineté nationale dans l'aérospatial, l'industrie, l'environnement, l'imagerie pour la sécurité, les transports et l'énergie, les télécommunications dans le moyen infra-rouge et à haute fréquence, le calcul embarqué. Les domaines visés dans les projets ciblés sont les capteurs du futur en environnement sévère, la montée en fréquence des composants vers les très hautes fréquences (THz et au-delà), la conversion de fréquence en photonique intégrée, la convergence électronique photonique en RF, les mémoires émergentes pour le calcul embarqué, et de nouveaux paradigmes de calculs bio-inspirés. Les 3 actions transverses du PEPR concernent, enfin, les matériaux 2D grande surface intégrés dans les composants électroniques du futur, le packaging et le design des composants dès leur conception.

Cet appel à projets vise à renforcer l'offre scientifique déjà mise en place dans le PEPR Electronique et devra cibler en priorité le renforcement de la chaîne de valeur de l'électronique. L'appel à projets couvrira les quatre axes thématiques du PEPR Electronique sur des filières nationales amont à fort potentiel d'ici 10 à 15 ans.

On pourra proposer ou une démonstration « composant intégré » (TRL4) liée à une filière technologique nationale émergente ou privilégier la conception de circuits et de systèmes, la mise en boîtier ou leur empreinte environnementale, en s'appuyant sur les blocs technologiques proposés au sein des projets ciblés et des actions transverses du PEPR Electronique. Un démonstrateur sera considéré comme l'élément fédérateur du consortium.

Cet appel à projets est destiné à soutenir des consortiums d'équipes de recherche publique. Il se déroulera en une seule étape d'évaluation par un comité international francophone.

La durée des projets sera de 4 ans. Les bénéficiaires des aides sont les organismes de recherche et les établissements d'enseignement supérieur et de recherche. Le montant de l'aide allouée pour chaque projet est compris entre 800 k€ et 3 M€ pour un volume d'aide maximal de 11,4 M€ pour le présent appel.

Mots-clés

Electronique, Micro-nanofabrication, semi-conducteurs, Photonique intégrée, filières technologiques nationales, packaging, radio-fréquence, design, électronique durable ;

Perception numérique, Electronique pour la conversion, Composants pour les télécommunications, Electronique pour le calcul.

Dates importantes

Clôture de l'appel à projets

Les éléments du dossier de soumission doivent être déposés sous forme électronique, y compris les documents signés par le responsable légal de chacun des partenaires, impérativement avant le :

28 septembre 2023 à 11h (heure de Paris)

sur le site :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-Electronique-AAP>

Contacts ANR

PEPR-Electronique@anr.fr

Chargé de Projet Scientifique : Pierre ASPLANATO

Responsable de Programme : Bertrand FOURCADE

Il est nécessaire de lire attentivement l'ensemble du présent document et les instructions disponibles sur le site de soumission des dossiers :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-Electronique-AAP>

Pour toute question : PEPR-Electronique@anr.fr

Sommaire

Résumé	2	4. Dispositions générales pour le	financement	7
Mots-clés	2	4.1. Financement.....	7	
Dates importantes	3	4.2. Accords de consortium	7	
Contacts ANR	3	4.3. Science ouverte.....	8	
1. Contexte et objectifs de l'appel	à projets	4.4. Aide d'État.....	8	
	3	5. Modalités de soumission.....	8	
1.1. Contexte	3	5.1. Contenu du dossier de	soumission.....	8
1.2. Objectifs de l'appel à projets..	3	5.2. Procédure de soumission	9	
1.3. Rôle des directeurs du PEPR...	3	5.3. Conseils pour la soumission....	9	
2. Thématiques de l'appel et	projets attendus	6. ANNEXE – Résumés des projets	ciblés et actions transverses du	PEPR Electronique
	4			10
2.1. Thématiques.....	4	6.1. Projet ciblé RESISTE.....	10	
2.2. Principales caractéristiques des	projets.....	6.2. Projet ciblé COMPTERA	10	
	4	6.3. Projet ciblé VERTIGO.....	11	
2.3. Partenaires	5	6.4. Projet ciblé OFCOC.....	11	
3. Examen des projets proposés..	5	6.5. Projet ciblé FUNTERA.....	12	
3.1. Procédure de sélection	5	6.6. Projet ciblé T-REX-6G	12	
3.2. Critères de recevabilité.....	6	6.7. Projet ciblé OROR.....	13	
3.3. Critères d'évaluation.....	6	6.8. Projet ciblé EMCOM.....	13	
		6.9. Projet ciblé BEP	14	
		6.10. Action transverse ADICT	14	
		6.11. Action transverse PAC.....	15	
		6.12. Action transverse CHOOSE ...	15	

1. Contexte et objectifs de l'appel à projets

1.1. Contexte

La recherche et développement (R&D) a un rôle majeur à jouer pour soutenir le déploiement des nouvelles filières industrielles. Dans le cadre de la stratégie Electronique France 2030, le gouvernement a décidé de soutenir cette activité de R&D au sein de l'action Programme et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) Electronique. Cette initiative a pour but de développer à moyen terme les prochaines générations de matériaux, technologies et composants électroniques qui conduiront à plus long terme à générer les ruptures susceptibles d'ouvrir de nouvelles opportunités industrielles.

Le PEPR Electronique a vocation à encourager et soutenir des activités de recherche amont, dans la gamme TRL 1-4, répondant aux priorités définies dans le cadre de la stratégie Electronique France 2030. Son pilotage est assuré par le CNRS (représenté par Isabelle Sagnes, déléguée scientifique à l'INSIS-CNRS) et le CEA (représenté par Thomas Ernst, directeur scientifique au CEA-Leti).

Le PEPR Electronique aborde 4 axes thématiques : la perception numérique (capteur lumineux et imageurs, MEMS, capteurs pour l'environnement), l'électronique pour la conversion (conversion de puissance, de fréquence, d'énergie), les composants pour les télécommunications (composants actifs, passifs, antennes et interconnexion) et l'électronique pour le calcul (le design digital, l'intégration avancée, les mémoires).

Neuf projets ciblés et 3 actions concertées transverses (description en annexe) ont été lancés en septembre 2021 où les composants représentent des enjeux de souveraineté nationale dans l'aérospatial, l'industrie, l'environnement, l'imagerie pour la sécurité, les transports et l'énergie, les télécommunications dans le moyen infra-rouge et à haute fréquence, le calcul embarqué. Les domaines visés dans les projets ciblés sont les capteurs du futur en environnement sévère, la montée en fréquence des composants vers les très hautes fréquences (THz et au-delà) abordée par des projets sur l'imagerie, les convertisseurs et antennes associés et les composants électroniques actifs avec les semi-conducteurs III-V, la conversion de puissance, la conversion de fréquence en photonique intégrée, la convergence électronique photonique en RF, les mémoires émergentes pour le calcul embarqué, et de nouveaux paradigmes de calculs bio-inspirés. Les 3 actions concertées sont des actions transverses du PEPR et concernent les matériaux 2D grande surface intégrés dans les composants électroniques du futur, le packaging et le design des composants dès leur conception.

1.2. Objectifs de l'appel à projets

Cet appel à projets vise à renforcer l'offre scientifique déjà mise en place dans le PEPR Electronique et devra cibler en priorité le renforcement de la chaîne de valeur de l'électronique. L'appel à projets se positionne en complémentarité des projets ciblés et actions transverses déjà lancés en septembre 2021 (description en annexe), sur des sujets qui demandent des travaux de recherche plus exploratoires.

L'appel à projets couvre les quatre axes thématiques du PEPR Electronique sur des filières nationales amont à fort potentiel d'ici 10 à 15 ans.

On veillera à proposer, soit une démonstration « composant intégré » (TRL4) liée à une filière technologique nationale émergente, soit à privilégier la conception de circuits et de systèmes, la mise en boîtier, en évaluant et minimisant leur empreinte environnementale, en s'appuyant sur les blocs technologiques proposés au sein des projets ciblés et des actions coordonnées transverses du PEPR Electronique. Ces projets de recherche, dont l'ambition sera d'atteindre le niveau de TRL 4, devront apporter des éléments de connaissance indispensables aux développements des technologies pour favoriser l'émergence de ces dernières avant leur potentiel transfert vers le secteur industriel.

1.3. Rôle des directeurs du PEPR

Dans le cadre de cet appel à projets, les directeurs du PEPR ont été en charge de la préparation du texte décrivant les objectifs, le périmètre scientifique et les thèmes de l'appel. Il s'agissait en particulier d'assurer la cohérence et la complémentarité de cet appel avec les projets ciblés et les actions transverses, d'une part, et avec l'ensemble de la stratégie nationale Electronique, d'autre part.

Les directeurs du PEPR proposeront au Secrétariat Général Pour l'Investissement la désignation des projets qui pourraient être financés et le montant d'aide qui pourrait leur être définitivement attribué.

Enfin, les directeurs du PEPR suivront les projets lauréats lors de revues annuelles ou biennuelles en fonction de leur taille avec le porteur du projet, en concertation avec l'ANR et le coordinateur de la stratégie nationale. Il s'agira de discuter des avancées scientifiques et de leur dissémination, mais également d'évoquer les points relatifs aux ressources humaines et aux équipements, ainsi que des difficultés éventuellement rencontrées.

2. Thématiques de l'appel et projets attendus

2.1. Thématiques

Les axes thématiques de recherche du PEPR Electronique, rappelés dans la lettre de mission du PEPR, sont structurés en 4 axes thématiques.

Axe 1 : La perception numérique (capteur lumineux et imageurs, MEMS, capteurs pour l'environnement)

Axe 2 : L'électronique pour la conversion (conversion de puissance, de fréquence, d'énergie)

Axe 3 : Les composants pour les télécommunications (composants actifs, passifs, antennes et interconnexion)

Axe 4 : L'électronique pour le calcul (le design digital, l'intégration avancée, les mémoires)

Cet appel à projets (AAP) porte sur ces quatre axes thématiques du PEPR-Electronique afin de faire émerger des filières technologiques nationales à fort potentiel d'ici 10 à 15 ans, complémentaires des projets ciblés et actions transverses (annexe) lancés en septembre 2022, avec un fort potentiel de transfert vers l'industrie. Un projet peut se positionner sur plusieurs axes thématiques et être complémentaire d'un projet ciblé ou d'une action transverse du PEPR.

Les thèmes retenus pour l'AAP du PEPR Electronique doivent répondre aux critères suivants :

(i) être dans les axes thématiques du PEPR (Perception numérique, Electronique pour la conversion, Composants pour les télécommunications et Electronique pour le calcul) ;

(ii) être de potentielles filières technologiques nationales (Consortiums de 8 équipes de recherche au maximum) ;

(iii) être complémentaires aux projets de l'AAP générique de l'ANR. En particulier, on visera une démonstration de composant(s) et filière (TRL4) sans redondance avec des projets déjà financés par l'IPCEI/ME-CT (Projet important d'intérêt européen commun microélectronique et communication).

Une manière d'être complémentaire aux projets de l'AAP générique de l'ANR sera de positionner les projets émergents par rapport à la stratégie globale du PEPR et aux projets ciblés/actions transverses déjà lancés. Les projets émergents pourront éventuellement s'appuyer sur les jalons obtenus dans les projets ciblés et les actions transverses déjà lancés, et bénéficier des avancées et/ou d'une collaboration avec les acteurs des projets ciblés. Une autre complémentarité pourra être obtenue en proposant des projets ayant une dominante Electronique très forte et se situant à l'interface avec d'autres PEPRs comme le PEPR 5G ou Quantique par exemple.

2.2. Principales caractéristiques des projets

Les projets seront nécessairement collaboratifs (minimum de 2 Etablissements partenaires) en veillant à l'équilibre entre les organismes de recherche et les universités. Il est également demandé qu'un minimum de deux équipes de recherche différentes jusqu'à 8 équipes de recherche au maximum soient impliquées dans le projet. La complémentarité des équipes devra être explicitée ainsi que leur masse critique en nombre de permanents et de positionnement national ; les projets devront favoriser des thèses en co-direction entre laboratoires du consortium. Un démonstrateur de niveau TRL4, à fort potentiel de transfert vers l'industrie, sera l'élément fédérateur du consortium.

Le potentiel et la différenciation (gain significatif) des projets par rapport aux technologies plus matures ou industrielles (facteur de mérite) devront être explicités.

Le caractère innovant des travaux proposés devra être mis en avant pour permettre de dégager une propriété intellectuelle indépendante (savoir-faire, brevets, publications, ...).

On demandera au projet d'estimer l'empreinte environnementale de la technologie et de la minimiser ou de la positionner par rapport à des options concurrentes.

La fourchette de la demande d'aide pourra être comprise entre 800 k€ et 3 M€ et comprendre entre 2 et 8 équipes de recherche.

L'appel à projets se déroulera en une seule étape d'évaluation par un comité international francophone. Les projets de recherche seront rédigés en français.

Ces projets devront durer 4 ans pour assurer un travail complet (TRL4) et offrir la possibilité de former des jeunes chercheurs (thèse 3 ans) et ingénieurs.

Pour exemple, mentionnons quelques filières sans être exhaustif :

Filière de composants de puissance à base de matériaux grad gap (diamant Ga2O3, ...) compatible avec les contraintes et les roadmaps industrielles ;

Filière de composants émergents à base de chalcogénures intégrés sur silicium ;

Filière de composants photoniques à base de Niobate de lithium intégré sur silicium ;

Filière de composants photoniques sur verre pour les télécommunications ;

« Packaging avancé et éco-conçu » permettant des gains en efficacité énergétique et performances d'un ou plusieurs composants issus des thématiques des projets ciblés du PEPR. De la vision système aux composants ;

Design avancé et EDA (Automatisation Design Electronique) s'appuyant sur des technologies émergentes très basse consommation et/ou l'intelligence artificielle pour la conception de circuits intégrés en soutien avec les thématiques des projets ciblés du PEPR ;

« Electronique durable » : sur les thématiques des projets ciblés, proposer une approche technologique qui permet de réduire fortement l'empreinte environnementale de la technologie considérée. On pourra proposer une méthodologie généralisable à des projets en électronique ;

Filière sur les composants à base des matériaux ferroélectriques.

2.3. Partenaires

Cet appel à projets est destiné à soutenir des consortiums d'équipes de recherche publique. Les projets attendus devront être portés par un organisme de recherche ou un établissement de recherche et d'enseignement supérieur public français.

Les bénéficiaires des aides sont les organismes de recherche et les établissements d'enseignement supérieur et de recherche. Le montant de l'aide allouée pour chaque projet est compris entre 800k€ et 3M€ pour un volume d'aide maximal de 11,4 M€ pour le présent appel.

3. Examen des projets proposés

3.1. Procédure de sélection

Les projets recevables (cf. § 3.2) seront évalués par un comité de sélection indépendant à dimension internationale et francophone. Ce comité pourra recourir, le cas échéant, à des expertises externes et pourra procéder à une audition des porteurs des projets.

Aux termes de ses travaux, le comité de sélection remettra aux directeurs du PEPR Electronique un rapport comprenant :

- 1) les notes attribuées aux projets évalués selon les critères indiqués au § 3.3,
- 2) la liste des projets que le comité recommande pour financement en raison de leur qualité, évaluée sur la base des critères indiqués au § 3.3, et, enfin,
- 3) la liste des projets que le comité propose de ne pas financer en raison d'une qualité qu'il juge insuffisante sur au moins l'un des critères indiqués au § 3.3.

Chaque projet évalué fera l'objet d'un argumentaire justifiant de sa position sur l'une des deux listes. Le comité pourra formuler un avis sur le montant des financements demandés.

Les directeurs du PEPR proposent au Secrétariat Général Pour l'Investissement la désignation des projets qui pourraient être financés et le montant qui pourrait leur être définitivement attribué. Le Premier ministre, après avis du SGPI, arrête la décision concernant les bénéficiaires et les montants accordés. Chaque projet fait l'objet d'un contrat entre l'ANR et l'établissement coordinateur du projet, détaillant les obligations réciproques des parties.

Les membres du comité de sélection ainsi que les experts externes sollicités s'engagent à respecter les règles de déontologie et d'intégrité scientifique établies par l'ANR. La charte de déontologie de l'ANR est disponible sur son site internet. L'ANR s'assure du strict respect des règles de confidentialité, de l'absence de liens d'intérêt entre les membres du comité ou experts externes et les porteurs et partenaires des projets, ainsi que de l'absence de conflits d'intérêts pour les membres du comité et experts externes. En cas de manquement dûment constaté, l'ANR se réserve le droit de prendre toute mesure qu'elle juge nécessaire pour y remédier. La composition du comité de sélection sera affichée sur le site de publication de l'appel à projets à l'issue de la procédure de sélection.

3.2. Critères de recevabilité

IMPORTANT

Les dossiers ne satisfaisant pas aux critères de recevabilité ne seront pas soumis au comité de sélection et ne pourront en aucun cas faire l'objet d'un financement.

- 1) Le dossier de soumission doit être déposé complet sur le site de soumission de l'ANR avant la date et l'heure de clôture de l'appel à projets. De plus, le document administratif et financier signé par chaque établissement partenaire et scanné doit être déposé sur le site de soumission de l'ANR à la date et l'heure indiquées en page 3.
- 2) Le document scientifique du projet doit impérativement suivre le modèle disponible sur le site internet de l'appel à projets et être déposé au format PDF non protégé.
- 3) Le projet aura une durée de 4 ans.
- 4) Le montant de l'aide demandée devra être d'un montant minimum de 800 k€ et d'un montant maximum de 3 M€.
- 5) Un même responsable de projet ne pourra être porteur que d'un seul projet du PEPR Electronique.
- 6) L'établissement coordinateur doit être un établissement français d'enseignement supérieur et/ou de recherche.
- 7) Le consortium devra être constitué d'au moins deux Etablissements partenaires.
- 8) 2 à 8 équipes de recherche doivent être impliquées dans le projets.
- 9) Sont exclus également les projets qui causeraient un préjudice important du point de vue de l'environnement (application du principe DNSH – Do No Significant Harm ou « absence de préjudice important ») au sens de l'article 17 du règlement européen sur la taxonomie.

3.3. Critères d'évaluation

Les experts externes et les membres du comité de sélection sont appelés à examiner les propositions de projet selon les critères d'évaluation ci-dessous regroupés en trois grandes catégories.

1) Excellence et ambition scientifique :

- Clarté des objectifs et des hypothèses de recherche ;
- Caractère novateur, ambition, originalité, rupture méthodologique ou conceptuelle du projet par rapport à l'état de l'art ;
- Pertinence de la méthodologie.

2) Qualité du consortium, moyens mobilisés et gouvernance :

- Compétence, expertise et implication du responsable du projet : capacité à coordonner des consortiums pluridisciplinaires et ambitieux, parcours académique, reconnaissance internationale ;
- Qualité et complémentarité du consortium scientifique au regard des objectifs du projet ;
- Adéquation entre les moyens humains et financiers mobilisés (y compris ceux demandés dans le cadre du projet) par rapport aux objectifs envisagés ;
- Pertinence du calendrier (notamment dans le cadre de projets longs), gestion des risques scientifiques et solutions alternatives, crédibilité des jalons proposés ;
- Pertinence et efficacité de la gouvernance du projet (pilotage, organisation, animation, mise en place de comités consultatifs, etc.).

3) Impact et retombées du projet :

- Capacité du projet à répondre aux enjeux de recherche de l'axe scientifique choisi ;
- Impacts économiques et sociétaux, contribution au développement de solutions en réponse aux enjeux des domaines prioritaires de la Stratégie Nationale ;
- Stratégie de diffusion (*in itinere* et *ex post*) et de valorisation des résultats, adhésion aux principes FAIR, Open Science et promotion de la culture scientifique ;
- L'empreinte environnementale de la technologie considérée.

4. Dispositions générales pour le financement

4.1. Financement

Les appels financés au titre du PEPR présentent un caractère exceptionnel et se distinguent du financement récurrent des établissements universitaires ou de recherche.

Les financements alloués représentent des moyens supplémentaires destinés à des actions nouvelles. Ils pourront permettre le lancement de projets de recherche innovants, et financer, par exemple, l'achat d'équipements ainsi que des dépenses de personnel affecté spécifiquement à ces projets et de fonctionnement associé.

Les dépenses éligibles sont précisées dans le règlement financier relatif aux modalités d'attribution des aides de l'action PEPR. Le soutien financier sera apporté sous la forme d'une dotation, dont le décaissement est effectué par l'ANR pour l'établissement coordinateur du projet, selon l'échéancier prévu dans le contrat sur la durée du projet.

4.2. Accords de consortium

Un accord de consortium, qui peut être constitué d'un ensemble d'accords entre l'établissement coordinateur et chacun des établissements partenaires individuellement, précisant les droits et obligations de chaque Établissement partenaire, au regard de la réalisation du projet, devra être fourni par l'Établissement coordinateur dans un délai maximum de 12 mois à compter de la date de signature du contrat attributif d'aide. En cas d'accords multiples, l'Établissement coordinateur se porte garant dans ce cas de la cohérence (absence de clauses contradictoires) de cet ensemble d'accords.

L'ensemble des Établissements partenaires qui affectent des moyens au Projet sont signataires de cet/ces accords même s'ils ne bénéficient pas d'une quote-part de l'aide.

Cet accord précise notamment selon la typologie des projets financés :

- les modalités de valorisation des résultats obtenus au terme des recherches, et de partage de leur propriété intellectuelle ;
- la répartition des tâches, des moyens humains et financiers et des livrables ;
- le régime de publication / diffusion des résultats ;
- la gouvernance, en précisant notamment le nom du responsable du projet pour l'établissement coordinateur ;
- la valorisation des outils et/ou produits pédagogiques numériques réalisés.

L'Établissement coordinateur envoie directement une copie de cet accord, ainsi que celles de ses éventuels avenants, à l'ANR. Cet accord permettra d'évaluer l'absence d'une aide indirecte octroyée aux Entreprises par l'intermédiaire des établissements d'enseignement supérieur et/ou de recherche.

L'absence de ce document pourra conduire à la cessation du financement du projet et à l'application des dispositions prévues à l'article 7.6 (suspension et reversement de l'aide).

L'élaboration d'un accord de consortium n'est pas nécessaire s'il existe déjà un contrat-cadre contenant les dispositions ci-dessus liant les Établissements partenaires. Une copie de ce contrat-cadre ou une attestation devra être transmise avant la signature du contrat attributif d'aide. À l'expiration dudit contrat, si celui-ci n'est pas reconduit, l'accord de consortium sera alors requis.

4.3. Science ouverte

Dans le cadre de la contribution de l'ANR à la promotion et à la mise en œuvre de la science ouverte, et en lien avec le Plan national pour la science ouverte au niveau français (PNSO) et le Plan S au niveau international, les bénéficiaires de la subvention France 2030 s'engagent à garantir le libre accès immédiat aux publications scientifiques évaluées par les pairs et à adopter, pour les données de recherche, une démarche dite FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable) conforme au principe « aussi ouvert que possible, aussi fermé que nécessaire ». Ainsi, toutes les publications scientifiques issues de projets financés dans le cadre des PEPR, seront rendues disponibles en libre accès sous la licence Creative Commons CC-BY ou équivalente, en utilisant l'une des trois voies suivantes :

- publication dans une revue nativement en libre accès ;
- publication dans une revue par abonnement faisant partie d'un accord dit transformant ou journal transformatif¹ ;
- publication dans une revue à abonnement. La version éditeur ou le manuscrit accepté pour publication sera déposé dans l'archive ouverte HAL par les auteur.e.s sous une licence CC- BY en mettant en œuvre la Stratégie de non-cession des droits (SNCD), selon les modalités indiquées dans les conditions particulières de la décision ou contrat de financement.

De plus, l'Établissement coordinateur s'engage à ce que le texte intégral de ces publications scientifiques (version acceptée pour publication ou version éditeur) soit déposé dans l'archive ouverte nationale HAL, au plus tard au moment de la publication, et à mentionner la référence ANR du projet de recherche dont elles sont issues.

L'ANR encourage à déposer les pré-prints dans des plateformes ouvertes ou archives ouvertes et à privilégier des identifiants pérennes ou uniques (DOI ou HAL Id, par exemple). Par ailleurs, l'ANR recommande de privilégier la publication dans des revues ou ouvrages nativement en accès ouvert².

Enfin, l'Établissement coordinateur s'engage à fournir dans les 6 mois qui suivent le démarrage du projet, une première version du Plan de Gestion des Données (PGD) selon les modalités indiquées dans le contrat attributif d'aide.

4.4. Aide d'État

Les aides versées dans le cadre du présent appel à projets sont soumises à la réglementation européenne relative aux aides d'État (articles 107, 108 et 109 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne et textes dérivés), dès lors qu'elle est qualifiable d'aide d'État. Ainsi, ce financement doit respecter les règles européennes relatives aux aides d'État et s'inscrire dans le cadre du Règlement (UE) n°651/2014 de la Commission du 17 juin 2014 déclarant certaines catégories d'aides compatibles avec le marché intérieur en application des articles 107 et 108 du traité.

5. Modalités de soumission

5.1. Contenu du dossier de soumission

Le dossier de soumission devra comporter l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation scientifique et technique du projet. Il devra être déposé avant la clôture de l'appel à projets, dont la date et l'heure sont indiquées page 3.

¹ Définition d'accord dit [transformant](https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/) ou [journal transformatif](https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/) : <https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/>

² Le site DOAJ (<https://doaj.org/>) répertorie les revues scientifiques dont les articles sont évalués par les pairs et en libre accès. Le site DOAB (<https://www.doabooks.org/>) fait de même pour les monographies.

Important

Aucun élément complémentaire ne pourra être accepté après la clôture de l'appel à projets dont la date et l'heure sont indiquées page 3.

Les documents devront être déposés sur le site de soumission dont l'adresse est mentionnée page 3. Afin d'accéder à ce service, il est indispensable d'obtenir au préalable l'ouverture d'un compte (identifiant et mot de passe). Pour obtenir ces éléments, il est recommandé de s'inscrire le plus tôt possible.

Le dossier de soumission complet est constitué de deux documents intégralement renseignés :

- 1) le « document scientifique », d'une longueur maximum de 20 pages, rédigé en français, comprenant une description du projet envisagé, selon le format fourni, avec en annexe la liste des publications scientifiques des trois dernières années des chercheurs/équipes proposant le projet ;
- 2) le « document administratif et financier », qui comprend la description administrative et budgétaire du projet et intègre les lettres d'engagement ;

Les éléments du dossier de soumission (document administratif et financier au format Excel / modèle de document scientifique au format Word) seront accessibles à partir de la page web de publication du présent appel à projets (voir adresse page 1).

5.2. Procédure de soumission

Les documents du dossier de soumission devront être transmis par le responsable du projet :

SOUS FORME ÉLECTRONIQUE impérativement :

- avant la date de clôture indiquée page 3 du présent appel à projets,
- sur le site web de soumission selon les recommandations en 5.3.

L'inscription préalable sur le site de soumission est nécessaire pour pouvoir soumettre un projet.

Seule la version électronique des documents de soumission présente sur le site de soumission à la clôture de l'appel à projets est prise en compte pour l'évaluation.

UN ACCUSÉ DE RÉCEPTION, sous forme électronique, sera envoyé au responsable du projet lors du dépôt des documents.

NB : La signature des lettres d'engagement, intégrées dans le document administratif et financier permet de certifier que les partenaires du projet sont d'accord pour soumettre le projet conformément aux conditions décrites dans le document administratif et financier ainsi que dans le document scientifique et ses éventuelles annexes.

5.3. Conseils pour la soumission

Il est fortement conseillé :

- d'ouvrir un compte sur le site de soumission au plus tôt ;
- de ne pas attendre la date limite d'envoi des projets pour la saisie des données en ligne et le téléchargement des fichiers (attention : le respect de l'heure limite de soumission est impératif) ;
- de vérifier que les documents déposés dans les espaces dédiés des rubriques « documents de soumission » et « documents signés » sont complets et correspondent aux éléments attendus. Le dossier de soumission et le dépôt des documents signés ne pourront être validés par le responsable du projet que si l'ensemble des documents a été téléchargé ;
- de consulter régulièrement le site internet dédié au programme, à l'adresse indiquée page 1, qui comporte des informations actualisées concernant son déroulement ;
- de contacter, si besoin, les correspondants par courrier électronique, à l'adresse mentionnée page 3 du présent document.

6. ANNEXE – Résumés des projets ciblés et actions transverses du PEPR Electronique

6.1. Projet ciblé RESISTE

L'objectif du projet ciblé RESISTE est de contribuer au développement en France d'une filière spécifique de capteurs micro-électro-mécaniques (Micro-ElectroMechanical Systems ou « MEMS ») basés sur des matériaux leur permettant d'opérer dans des environnements sévères où règnent par exemple des températures élevées de plusieurs centaines de °C, des atmosphères corrosives, des radiations ou des forces et accélérations très élevées, par exemple supérieures à plusieurs milliers de g. Pour ces applications extrêmes, les solutions classiques « grand public » en technologies Silicium ne sont pas adaptées. Il s'agit d'un marché de niche, mais la fourniture de ce type de capteurs relève d'un enjeu de souveraineté nationale car ils sont nécessaires au bon fonctionnement d'installations et d'équipements dans des filières hautement stratégiques comme le secteur nucléaire, l'aéronautique, le spatial, ou des applications militaires. Aujourd'hui, il n'existe pas encore de filières technologiques stables au niveau national, mais les moyens technologiques, les compétences et les idées sont réunis pour cela.

La stratégie adoptée est de se focaliser sur l'utilisation de semi-conducteurs à large bande interdite comme le diamant, les III-N et le carbure de silicium (SiC) qui disposent de propriétés physiques surpassant celles des empilements technologiques les plus souvent à base de Si (Si, SiN, SiO₂, Pt) sur de nombreux points critiques pour la fabrication des MEMS. Grâce à un consortium ayant déjà montré ses capacités dans le domaine des microsystèmes et des matériaux considérés, ce projet ciblé adressera les verrous initiaux à surmonter. Les défis technologiques associés au développement de nouvelles filières MEMS seront adressés : il s'agira de définir les besoins en matériaux en fonction des applications visées, puis de développer les procédés technologiques de dépôt et de traitement en s'appuyant sur les savoir-faire existants. Trois applications de capteurs seront développées : (i) Pour l'anémométrie d'écoulements extrêmes, (ii) la mesure d'accélération ultimes et (iii) la détection de composés chimiques en milieu hostile comme les environnements radiatifs. Un point (iv) sera dédié à l'interfaçage des capteurs. Enfin, les problématiques de l'encapsulation de ces capteurs seront traitées avec le soutien de l'action transverse PAC.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Pour la réalisation de capteurs MEMS, le développement de l'IOT repose essentiellement sur les technologies qui ne sont plus forcément adaptées en environnement sévère. Une technologie de rupture basée sur l'introduction de capteurs à base de matériaux semi-conducteurs carbonés (SiC et diamant) offrira des solutions résistantes aux environnements sévères, et permettra de positionner la France comme leader dans ce domaine.

6.2. Projet ciblé COMPTERA

La gamme THz s'étend sur une gamme spectrale très large (0,3-30 THz), entre le domaine radiofréquence millimétrique et l'infrarouge thermique, et fait appel à des technologies très variées à la frontière de l'électronique et de l'optoélectronique en fonction de la longueur d'onde considérée.

Le projet a pour enjeu le développement de composants avancés qui figureront parmi les technologies clés des futurs systèmes d'imagerie THz multispectrale à haute sensibilité. La majeure partie de l'activité portera sur le développement de détecteurs à haute sensibilité adaptés aux différentes gammes de longueurs d'onde du domaine THz (micro-bolomètres, détecteurs à effet de champ, photodétecteurs unipolaires).

Deux approches différentes pour la détection seront développées entre la gamme basses fréquences (0,3 THz à 3 THz) et la gamme hautes fréquences (10 THz à 30 THz).

Aux basses fréquences COMPTERA se concentrera sur les trois objectifs suivants : i) l'optimisation des bolomètres pour la détection incohérente en imagerie active ou passive, de radiation thermique provenant des objets ; ii) le développement et l'optimisation de capteurs CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) et HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) sur une technologie silicium, fonctionnant dans la gamme 300-600 GHz, en vue d'applications dans le domaine du vivant, particulièrement en biophysique et en agronomie où l'eau est omniprésente; iii) le développement de détecteurs THz à bande étroite dans la gamme 0.5-5 THz à base de nanocristaux de semiconducteurs pour l'imagerie active multi-spectrale et la détection sélective de gaz. Une partie de ces capteurs ultra-sensibles seront ensuite intégrés à un système d'imagerie adapté. Une comparaison de performances sera effectuée entre les différentes technologies de détecteurs.

Dans la gamme à plus hautes fréquences, des composants pour des systèmes d'imagerie lidar seront développés pour la détection cohérente hétérodyne. Ces composants s'appuieront principalement sur la filière technologique des détecteurs

unipolaires à multi-puits quantiques sur semi-conducteur III-V. La bande spectrale visée est celle entre 20 et 30THz, qui correspond à une fenêtre de transparence de l'atmosphère. L'objectif principal est celui d'améliorer les performances des détecteurs actuels, à la fois en termes de bande passante, de responsivité et de capacité d'intégration sur circuit de lecture pour des applications dans les domaines de l'environnement, du contrôle de processus industriels et pour les applications en sécurité/défense (explosifs volatiles, etc).

Adéquation par rapport au plan national Electronique

L'imagerie THz connaît un essor très important en lien avec le développement des technologies intégrées de composants semi-conducteurs (silicium, III-V) et photoniques. Les applications sont nombreuses (contrôle non destructif, détection d'objets cachés (sécurité), détection/identification de gaz ou de molécules en milieu aqueux, contrôle environnemental...) et touchent à des domaines stratégiques pour l'industrie nationale (industrie, sécurité, défense, agronomie...).

6.3. Projet ciblé VERTIGO

Le projet VERTIGO proposé vise à développer des transistors de puissance en nitrure AlGaIn en géométrie verticale. La filière actuelle pour les transistors de puissance en GaN repose sur des HEMT latéraux où la montée en tension est obtenue en espaçant grille et drain, au détriment de la densité de courant et de puissance. En outre, ces composants latéraux sont forcément sensibles aux phénomènes de surface.

La géométrie verticale permet de gagner en densité de courant, et la montée en tension (le projet vise 1200 V, avec des puces d'un calibre de 50 A) est obtenue avec des couches plus épaisses. Enfin, la montée en fréquence est permise par les mobilités importantes que le projet visera en travaillant sur le canal de conduction et en exploitant toute la richesse des hétérostructures. Le projet vise une forte augmentation (x10) de la mobilité électronique par rapport aux résultats actuels publiés dans le domaine.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

VERTIGO vise à fournir des composants de puissance verticaux en GaN sur silicium qui offrent les performances réclamées par l'industrie, notamment automobile. Il fait appel à des acteurs Français du matériau au système. En particulier, le GaN haute tension est identifié par les industriels de l'automobile, comme nécessaire pour accompagner la montée en tension des réseaux de bord au-delà de 400 V (800 V visés par plusieurs fabricants), car il devrait permettre de produire des composants à meilleur coût que la technologie SiC.

6.4. Projet ciblé OFCOC

Récompensé par le prix Nobel de Physique en 2005, les travaux sur les peignes de fréquences optiques ont bouleversé le champ applicatif de l'optique avec l'essor de la spectroscopie à haute résolution pour les domaines de la santé, de l'environnement, de la sécurité ou des technologies de l'information. Cependant les peignes de fréquence restent encore aujourd'hui limités à des applications de niches du fait de leur mise en œuvre difficile. Très récemment, les premières démonstrations de peignes de fréquences sur puce (microcombs) ont ouvert la voie à l'utilisation future des peignes de fréquence dans notre vie quotidienne : la détection de virus par nos téléphones portables, des capteurs autonomes scrutant la qualité de l'air, sans parler des applications industrielles, spatiales et de défense.

Dans OFCOC, nous proposons de réaliser la première source microcomb intégrée, large bande, robuste, fiable et miniaturisée sur une plateforme entièrement semi-conductrice. Pour ce faire, nous travaillerons à la co-intégration de deux filières d'excellence françaises : les ICLs (interband cascaded lasers) à base d'antimoine et la plateforme non-linéaire GaP, afin de garantir à la France une position stratégique dans ce secteur concurrentiel. Ces deux filières sont les mieux placées au niveau mondial pour assurer les fonctionnalités de pompage optique intégré des peignes de fréquence et de conversion de fréquence très large bande. La montée en puissance de ces deux filières sera soutenue par des technologies de pointe (SiGe et SiNOI), à l'état de l'art pour la génération de supercontinuum et de peignes de fréquence dans l'infrarouge (NIR).

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Le choix de co-intégrer ces filières de matériaux spécifiques pour la réalisation de la brique élémentaire « peigne de fréquence intégré » est motivé en premier lieu par la maîtrise des laboratoires français sur les filières GaP, antimoniures et SiGe, au premier plan mondial de la recherche en photonique nonlinéaire et lasers IR. La compatibilité au silicium des filières antimoniures et GaP conforte la souveraineté nationale sur ces futures technologies III-V par un recours moindre à des matériaux stratégiques (substrats III-V) et une alternative durable à l'essor de la photonique III-V (diminution des ressources

minières, polluants et gaz nocifs par l'emploi de substrat Si).

6.5. Projet ciblé FUNTERA

Depuis quelques années, on assiste à une accélération de la montée en fréquence des systèmes électroniques. La gamme 'térahertz', qui se situe au-delà de 200 GHz offre de nouvelles opportunités applicatives (communications très haut-débit, radio-astronomie, contrôle non-destructif).

Par exemple, les systèmes de communication THz nécessitent des émetteurs très puissants, des détecteurs sensibles et large bande, intégrés de façon efficace. Pour ces systèmes, il n'existe pas encore de filière française réellement structurée.

Nous disposons, en France, d'un tissu d'acteurs académiques qui sont reconnus pour i) la fabrication de sources et détecteurs THz à semi-conducteurs, ii) l'intégration (approches additives 3D, intégration antennaires et iii) l'utilisation de ces composants THz (communications haut-débit, radio-astronomie par exemple). Ces différents acteurs gagneraient fortement à pouvoir travailler ensemble dans un but commun autour des composants unitaires THz et leur fonctionnalisation en vue d'applications.

En renforçant les processus unitaires de fabrication tout en envisageant la démonstration de fonctions critiques, nous pourrions lever des verrous et alors faire émerger une filière française sur le sujet. Dans ce projet, nous souhaitons démontrer les potentialités de ces composants au travers de quelques applications basées sur ces technologies, toutes basées sur la levée des verrous sus-cités (sources THz de puissance, contrôle de faisceau, ...). Le projet est dans une thématique proche des activités du GDR Nanoteramir.

FUN-TERA vise à **créer une filière** de composants convertisseurs THz → électronique (photodiodes ou photoconducteurs) ou électronique → électronique (diodes Schottky).
La **levée de verrous** est visée par la fonctionnalisation/intégration des dispositifs de cette filière.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Le plan national électronique vise une stratégie d'accélération. Ce projet dans le contexte du PEPR électronique vise à structurer la communauté française sur des applicatifs à l'horizon de 10 ans (par exemple la prochaine '6G', ceux-ci étant associés à des marchés importants (cœurs de réseaux sans fils, test et mesure et acteurs industriels associés). Ce projet vise également, par sa thématique, à faire le lien avec le PEPR 5G, par un soutien 'hardware' orienté sur les composants. Une partie des applicatifs/démonstrations visées viennent donc en support du PEPR5G.

6.6. Projet ciblé T-REX-6G

Offrir aux utilisateurs mobiles un débit de données sécurisé, longue distance et haut débit est l'un des plus grands défis du XXIe siècle. Plus de 1400 To de données sont échangées dans le monde chaque minute ! Les smartphones dépasseront 90 % du trafic de données mobiles d'ici 2022 et le trafic 5G représentera plus de 10 % du trafic mobile total d'ici 2022. Cependant, alors que les communications par fibre optique ont atteint des débits de transmission ultra-rapides, le débit des connexions sans fil, dont les flux sont multipliés par 2 tous les 18 mois, reste le goulot d'étranglement des échanges de données, et il devient urgent d'augmenter les vitesses de transmission sans fil et ce jusqu'à une distance de l'ordre du km.

Pour cela, le projet T-REX 6G constitue une proposition en rupture et innovante pour adresser ce défi à fort volume, en créant une chaîne de fabrication intégrée de transistors III-V sur des plaques de silicium 200 mm ou 300 mm de diamètre. L'ensemble du procédé technologique sera réalisé dans l'environnement silicium, en totale rupture avec les connaissances existantes en technologie III-V. Plus précisément, l'objectif principal est la fourniture de transistors InP intégré sur silicium, présentant une tension de claquage élevée, un fonctionnement à haute fréquence jusqu'à, et permettant la réalisation des futurs systèmes de télécom sans fil.

Le projet T-REX 6G se positionne en amont et en complémentarité des technologies en cours d'industrialisation comme l'intégration hétérogène de TBHs III-V InP par micro-bump sur silicium qui seront opérationnels à plus basse fréquence, entre 200-300GHz.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Le projet adressera la génération de puissance d'émission en bande sub-THz pour les futurs systèmes de télécommunication sans fil entre 200 et 300 GHz. L'objectif à atteindre pour répondre au marché de masse de la 6G est la réalisation de transistors III-V sur substrat Si 200 mm dans l'environnement industriel silicium. A terme, un transfert de technologie vers des fonderies silicium françaises, voire européennes, est envisagé

6.7. Projet ciblé OROR

Le domaine de l'opto-RF, répondant initialement à des besoins de défense, couvre aujourd'hui des applications civiles, voire grand public, tels que le développement de la 6G et au-delà, les télécommunications cohérentes, les horloges atomiques, le géo-positionnement et plus généralement l'électronique haute fréquence. Il fournit aussi des technologies génériques pour les révolutions numériques et quantiques. Ce projet se propose d'adresser un certain nombre de verrous technologiques dans le domaine Opto-RF.

Le développement des sources photoniques à composant VCSEL et l'intégration des modulateurs haute-fréquence de dimension millimétriques deviennent incontournable dès lors qu'il s'agit de les mettre en œuvre dans des systèmes intégrés. Le développement d'une filière nanotechnologie III-V sur Silicium est à même de répondre à ce défi. Finalement, les oscillateurs électroniques sont aujourd'hui au cœur de quasiment tout système électronique (ordinateurs, téléphones, GPS, radars, lidars...). Pour garantir une bonne pureté spectrale à haute fréquence, les oscillateurs optoélectroniques sont appelés à remplacer les oscillateurs purement électriques.

Parmi ces oscillateurs, les oscillateurs optomécaniques qui ont vu le jour récemment recevront une attention particulière dans ce projet. Ils offrent, en effet, une possibilité de miniaturisation ultime, la ligne à retard optique étant remplacée par une ligne à retard phononique.

Le consortium constitué pour ce projet rassemble les acteurs académiques principaux à même de relever les défis susmentionnés de par leur expertise et positionnement à l'état de l'art dans le domaine des composants à nanotechnologies III-V à l'échelle internationale.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Longtemps confinée à la défense, l'optique hyperfréquence connaît aujourd'hui un essor important dans les pays les plus développés du globe. Ces pays, dont les Etats Unis, le Japon, l'Australie, la Chine et les pays bas, investissent massivement dans l'intégration sur puce des fonctionnalités optique-hyperfréquence. Cet essor est dopé par les besoins croissants de montée en fréquence des systèmes électroniques grand public. Ainsi, les applications couvrent tous les secteurs de l'économie faisant appel à l'électronique haute fréquence, qu'ils soient militaires ou civils. Le projet OROR œuvre pour doter la France de capacité d'intégration de quelques briques élémentaires que nous avons identifiées comme centrales pour les futurs systèmes électroniques haute fréquence.

6.8. Projet ciblé EMCOM

Le développement de mémoires non volatiles (NVM) combinant vitesse du processeur (GHz), endurance quasi-infinie et densité supérieure à celle de la mémoire SRAM est une étape cruciale vers des plateformes de calcul plus performantes et plus économes en énergie. Les MRAM présentent les caractéristiques et atouts nécessaires pour combler le fossé qui sépare actuellement les NVMs de la mémoire proche des unités de calcul. En effet, la voie la plus prometteuse actuelle est d'aller vers un traitement de plus en plus local des données pour des raisons : (i) de performances, (ii) d'économie d'énergie, (iii) de sécurité et fiabilité, qui donnent une pertinence accrue aux architectures de type Near/In-Memory Computing. Ces nouveaux paradigmes sont particulièrement exigeants en termes de vitesse et d'endurance. La dernière génération de mémoires magnétiques, appelée STT-MRAM, actuellement en production pour les applications embarquées (remplacement des e-Flash) et en évaluation pour les mémoires cache de dernier niveau dans la hiérarchie des mémoires, ne pourra pas répondre à ces critères. L'émergence de nouvelles architectures de MRAM, découplant écriture et lecture (SOT, optique, VCMA, température), qui sont au centre de ce projet ciblé, permettra d'adresser les verrous existants pour répondre à ces nouveaux besoins du numérique.

En s'appuyant sur les propositions originales des équipes du consortium EMCOM dans les domaines des composants matériels et logiciels pour de nouveaux paradigmes de calcul et de nouvelles architectures, le projet aura pour ambition de faire émerger et progresser des solutions innovantes pour le calcul embarqué à faible consommation énergétique.

Nous proposons plusieurs solutions technologiques MRAM en rupture dans le cadre de notre projet. Ces solutions vont permettre de dépasser les limitations identifiées et constitueront des tâches séparées au sein du projet.

Le consortium a été construit de sorte que les partenaires possèdent un large éventail de compétences permettant de mener à bien le projet. Ainsi, un des objectifs majeurs visés par EMCOM étant la création d'une filière nationale de nanofabrication pour les mémoires pour le calcul, le consortium combine des compétences allant des matériaux (SPINTEC, UMPHY, C2N, IJL, LETI), à la nanofabrication (SPINTEC, LETI, LTM), et la caractérisation avancée (SPINTEC, UMPHY, C2N, IJL) jusqu'au design

(SPINTEC, LIRMM, C2N, LETI).

Les solutions proposées permettront des gains énergétiques de plusieurs ordres de grandeur et chaque tâche devra intégrer des réflexions / stratégies pour le remplacement de matériaux critiques.

Ces développements donneront à la France un avantage concurrentiel au niveau industriel sur les solutions pour le calcul embarqué, qui peut être soit transféré aux champions industriels français du domaine, soit valorisé par l'essaimage de nouvelles start-ups (technologiques ou dédiées à l'architecture / design)

Adéquation par rapport au plan national Electronique

L'ambition du projet EMCOM consiste à anticiper les évolutions du marché des semiconducteurs en développant des technologies compatibles avec les applications de calcul embarqué, permettant d'effectuer des tâches complexes à moindre coût énergétique, et dont le besoin est croissant dans tous les secteurs de l'électronique. Dans ce but, EMCOM s'appuie sur une filière nationale d'excellence à la fois en recherche fondamentale et en recherche appliquée, ayant une connaissance approfondie de la physique des dispositifs ainsi que des besoins et contraintes de l'industrie microélectronique.

6.9. Projet ciblé BEP

Le projet BioElectronPhoton vise à réduire considérablement la consommation énergétique de l'électronique pour le calcul. Il s'inspire pour cela du cerveau qui connecte de façon dense, tridimensionnelle et reconfigurable les unités de calcul que sont les neurones. Notre stratégie consiste à combiner l'électricité, ultra-reconfigurable, et la lumière, qui permet des connexions 3D ultra-denses pour imiter l'architecture économe en énergie du cerveau. Les filières nationales de calcul bio-inspiré hybride électronique/photonique que nous allons développer pour atteindre notre objectif seront complétées par des technologies mémoires imitant les synapses, que nous allons optimiser afin que les circuits développés puissent apprendre comme le fait le cerveau, avec des taux de reconnaissance élevés. Enfin, nous réaliserons des nano-neurones interconnectés capables de calculs extrêmement complexes avec peu de composants. Toutes les différentes briques (photoniques, mémoires pour l'apprentissage, nano-neurones) seront intégrées dans des plateformes CMOS pour réaliser des calculs bio-inspirés avec une consommation énergétique ultra-basse. Elles donneront les fondations pour une plateforme cognitive capable d'intégrer l'ensemble des stratégies du cerveau permettant de calculer et économiser de l'énergie en combinant lumière, électronique, mémoires reconfigurables et dynamique neurale.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Implémenter les tâches cognitives avec une faible consommation énergétique est le plus grand défi actuel de l'électronique pour le calcul, que ce soit dans les centres de calcul (cloud) ou dans les objets connectés (edge). Les technologies actuelles (GPU et TPU dans le cloud, MCU au edge) n'ont que peu de marge de manœuvre pour améliorer leur efficacité énergétique. Notre projet développe donc des nouvelles filières nationales pour les technologies qui seront au cœur des développements industriels de ce domaine sous 5 à 10 ans.

6.10. Action transverse ADICT

L'objectif de cette action concertée transverse est d'adresser les verrous qui bloquent jusqu'à présent l'intégration des matériaux bidimensionnels (Matériaux 2D) dans la filière électronique.

Ces matériaux 2D, n'ont pas été adoptés jusqu'à présent par une filière industrielle malgré les performances remarquables au niveau des composants individuels. Nous proposons de montrer qu'il est possible d'obtenir des matériaux 2D monocristallins sur de grandes surfaces (taille du substrat), de pouvoir former des empilements d'hétérostructures complexes soit par croissance in-situ, soit par report par collage avec contrôle de l'angle d'empilement et d'intégrer ces matériaux sur la plateforme silicium de référence pour la microélectronique.

En s'appuyant sur le développement avancé des matériaux et des technologies de report, la démonstration de composants à base de matériaux 2D devra répondre aux enjeux de certains des projets ciblés du PEPR-Electronique. Le premier démonstrateur visé sera un transistor RF à base d'hétérostructures de van der Waals pour la 5G et au-delà. A moyen terme, l'intégration 3D sera exploitée pour le calcul neuromorphique ainsi que pour les nouvelles possibilités offertes par les empilements de matériaux 2D avec contrôle angulaire entre feuillets pour l'imagerie THz.

Cette action transverse rassemble cinq laboratoires (SPINTEC, CRHEA, IEMN, UMPy, CEA-LETI) qui apportent leur expertise

dans la croissance épitaxiale par différentes techniques (MBE, CVD, PLD), le report des matériaux 2D par collage et micromanipulation, la technologie des composants électroniques et les plateformes de caractérisation des composants. Des actions communes avec les consortiums des projets ciblés seront engagées afin de répondre avec les matériaux 2D aux besoins identifiés dans chaque filière.

L'objectif principal du projet ADICT sera d'amener à maturité une filière à base de matériaux 2D pour l'électronique et de permettre de consolider une feuille de route sur laquelle des partenaires industriels (grands groupes, PME ou start-ups) pourront s'appuyer.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Les matériaux 2D s'annoncent comme une révolution pour l'électronique. Ils répondent par de multiples aspects aux principes qui guident la stratégie Électronique. C'est un domaine émergent sur lequel la France peut espérer jouir d'un leadership en s'appuyant sur une recherche académique de haut niveau bien établie. Les matériaux 2D offrent dans plusieurs domaines des approches en rupture susceptibles de lever des verrous que rencontrent les solutions traditionnelles. Les matériaux 2D sont économes en matériaux favorisant l'autonomie d'approvisionnement. L'originalité des 2D est également de pouvoir offrir de nouvelles solutions qui peuvent créer un nouvel écosystème de start-ups et PME, en complément des actions de transfert vers les grands groupes français de l'électronique.

6.11. Action transverse PAC

La Recherche et le Développement sur les composants électroniques conduisent à la réalisation de preuves de concept et de puces très abouties en laboratoire, mais dans de trop rares cas à la réalisation de prototypes déployés dans leur milieu applicatif réel. La prise en compte du packaging est souvent le chaînon manquant entre ces deux étapes. Pourtant c'est le composant packagé, donc utilisable en milieu réel, qui permet de valider le potentiel de commercialisation d'un dispositif.

Les laboratoires développent des expertises scientifiques et techniques spécifiques au sein même des grands domaines applicatifs (micro/nano électronique, microsystemes, optique/photonique, bio systemes, etc.). Chaque laboratoire investit dans des équipements et développe des procédés et des techniques de packaging spécifiques à ses besoins, avec trop peu de partages et d'interactions sur ces sujets avec le reste de la communauté.

Enfin le Packaging est souvent perçu plus comme un problème d'ingénierie que comme une problématique scientifique à part entière.

Ces trois aspects de transversalité du besoin, de partage des compétences, et de la perception d'une problématique plus technique expliquent en partie le manque de visibilité et de coordination des compétences en Packaging au service des développements de R&D.

L'action concertée Packaging (AC-PAC) aura la volonté

- De mettre en place la coordination des moyens et compétences dans le double objectif d'optimiser l'usage des ressources humaines, techniques et financières ; et de formaliser l'expression collective des besoins en packaging. Afin d'alimenter une réflexion cohérente et volontaire d'amplification des compétences et des résultats, cette coordination devra perdurer au-delà du PEPR.
- De coordonner des tâches sur des développements
- De lever des verrous technologiques identifiés dans les projets ciblés du PEPR Electronique, ou d'en d'autres PEPRs faisant appel à de la micro-fabrication tels que les PEPR 5G et quantique par exemple
- D'anticiper des besoins émergents tels que le packaging pour l'électronique durable.

La coordination des efforts en packaging est essentielle pour accélérer le passage du composant du monde de la recherche aux applications innovantes. Cette coordination doit pleinement associer les moyens des laboratoires académiques (CNRS, Universités) et ceux des instituts pré-industriels, tel que le CEA-LETI.

6.12. Action transverse CHOOSE

Les orientations technologiques nécessitent des investissements importants et un temps de développement conséquent. Ainsi, il est de plus en plus nécessaire de faire le lien le plus tôt possible entre ces développements et les applicatifs, afin de se concentrer sur les bons verrous technologiques d'une part, et d'anticiper l'impact sur les applications d'autre part.

Pour remédier à ce problème, nous proposons de développer une solution de benchmarking prédictif, permettant d'évaluer l'impact des choix technologiques en rapport avec les architectures et circuits des applications modernes. Il est en effet souhaitable de mettre en place une approche originale intégrant toute la chaîne de valeur de conception (modèles, outils de conception/synthèse et de simulation de circuits et d'architectures, PDK, aspects logiciels, compilateurs, benchmarking et pathfinding) portant sur les architectures d'accélérateurs de calcul dédiées aux paradigmes de calcul avancés (approximé, vectoriel, stochastiques ...). Cela permettra le passage à l'échelle du nano-composant unitaire au circuit complexe.

Cette solution de benchmarking permettra de réunir les travaux des équipes de conception d'architectures et de circuits intégrés de calcul dans un environnement commun permettant de fédérer la communauté et d'augmenter l'impact global des équipes impliquées, tout en aidant les technologies à augmenter leur valeur ajoutée.

Adéquation par rapport au plan national Electronique

Cette action coordonnée est totalement en phase avec la volonté du plan national d'évaluer très en amont les potentiels des technologies développées, et ainsi orienter au mieux les développements technologiques. Cette action concertée est en support des développements technologiques des projets ciblés et des projets de l'AàP, et sera l'outil du PEPR Electronique permettant de benchmarker, au mieux par rapport à l'état de l'art, et d'aider à l'établissement de filières d'excellence à fort potentiel industriel.



GOUVERNEMENT



Contacts

Les renseignements concernant le processus administratif (constitution du dossier, démarches en ligne, taux d'aide) pourront être obtenus auprès de l'ANR par courriel :

PEPR-Electronique@anr.fr

