

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

1 Description courte du projet

Titre du projet : ECO-DFAM (Outil d'Aide à la Décision pour l'écoconception de pièces obtenues par fabrication additive)

Type de projet : — **PRC** émergent (1an, 7 < x < 20KE) — **PRC** lignée (3ans, 20 < x < 100KE)

Subvention demandée : 66 KE PRCL (PRCe ou PRCL : rayer la mention inutile)

Porteur universitaire (structure et Nom/Prénom) : D.Millet (UTLN-Cosmer) /O.Kerbrat (ENSRennes-GeM) /M.Museau (UGA/G-SCOP)

Téléphone : 06 67 90 07 09 Mél. : dominique.millet(at)gmail.com

Date : 22 septembre 2021 Signature :

Porteur industriel (structure et Nom/Prénom) : CETIM Jerome RIBEYRON, Severine CONTE / Lionel MELETON (ecoconception)

Téléphone : 33 6 88 23 88 65 Mél. : Jerome.Ribeyron(at)cetim.fr

Date : 22 septembre 2021 Signature :

En cas d'absence d'un binôme de porteurs industriel + universitaire, il vous est demandé, conformément aux décisions du CA EcoSD, de joindre deux lettres à cette déclaration d'intention:

- Lettre attestant de la sollicitation de tous les industriels du réseau Ecosd et de leur décision
- Lettre justifiant de l'intérêt pour Ecosd de financer un PRC sans ce binôme Industriel+Universitaire

2. Enjeux scientifiques et techniques du PRC émergent (1an) ou de la Lignée de PRC (3ans):

(Décrivez l'état de l'art sur le sujet, les verrous scientifiques et techniques)

La fabrication additive (FA) est un procédé de fabrication de pièces couche par couche qui a acquis ces dix dernières années un statut de technologie « industrielle », du fait de la diversité des matériaux utilisables (métaux, matières plastiques, composites, céramiques, verres...) et de la robustesse des machines mises actuellement sur le marché, intégrant notamment des moyens de contrôle, des moyens de post-traitement.

Cette technologie révolutionnaire permettant de construire des formes géométriquement très complexes par addition de grain de matière sur grain de matière présente différents usages particulièrement intéressants :

- Optimisation de masse (en couplage avec des logiciels d'optimisation topologique) ; c'est l'utilisation la plus connue. Elle est exploitée dans le domaine de l'aéronautique ou du spatial dans lesquels la masse embarquée est un critère prépondérant
- Intégration de composants : dans cet usage, il s'agit de réaliser en une seule pièce des éléments auparavant fabriqués isolément (du fait de contraintes des systèmes de production traditionnels) et associés ensemble par des fixations. Cette intégration permet ainsi une production plus rapide, une suppression des coûts d'assemblage et une meilleure performance due à cette intégration des fonctions
- Personnalisation de pièces ; cet usage de la FA repose sur la possibilité de personnaliser chaque pièce réalisée car l'absence d'outillage rend envisageable la production de pièce unique à faible coût (comparativement à une pièce unique obtenue avec un outillage onéreux) ; un secteur qui illustre bien cet usage est celui des prothèses au sens large, qui nécessite une adaptation spécifique à chaque être humain et des matériaux spécifiques
- Optimisation de la maintenabilité ; cet usage de la FA repose sur le fait que les pièces de rechanges peuvent être fabriquées en juste à temps, à tout endroit de la planète (par un

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

Ces principaux usages suggèrent le fort potentiel de ces machines de fabrication additive pour réduire l'impact environnemental des produits et au-delà de l'industrie.

Toutefois, plusieurs publications récentes montrent que les procédés de fabrication additive ne sont pas neutres sur le plan environnemental

- La production des matériaux de base (notamment pour les métaux qui se trouvent généralement sous forme de poudre micronisée) consomme énormément d'énergie et la manipulation de ces poudres peut être particulièrement nocive pour les opérateurs
- Les procédés de dépôts peuvent occasionner des problèmes pour les opérateurs ; ceci est aussi vrai pour les imprimantes polymères de type FFF très popularisées où les rejets lors de la construction de pièces ne sont pas neutres
- Les procédés de dépôts ainsi que ceux de post-traitement peuvent être aussi très gourmands en énergie et produire une grande quantité de déchets
- ...

En outre la réparabilité, l'obsolescence rapide et la durée de vie des machines de FA ainsi que des pièces ainsi produites peuvent encore plus altérer ce tableau.

L'incertitude actuelle sur l'effet positif ou négatif de la fabrication additive sur la soutenabilité de nos activités a fait émerger ce projet de recherche collaboratif. La question à laquelle nous cherchons à répondre n'est pas est ce que la FA est bonne ou pas pour notre Planète. Elle est « En quoi la FA peut nous amener à réduire notre impact environnemental ? » ; cela peut se décomposer en 3 sous questions : (1) quels sont les usages actuels de la FA qui présentent un potentiel de réduction d'impact environnemental véritable, (2) comment devons-nous concevoir les produits et systèmes pour que ceux-ci soient fabricables de façon performante (moindre coût, moindre énergie, moins de déchets et de rejets polluants...) sur les machines de FA actuelles et, au final, (3) Quel outil d'aide à la décision faut-il mettre à disposition des concepteurs et responsables de projet pour les assister dans l'utilisation optimale des technologies de fabrication additive.

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

3. Finalités et Objectifs du PRCemergent (1an) ou de la Lignée de PRC (3ans):

Ce projet de recherche vise à promouvoir une utilisation pertinente de la fabrication additive en fournissant aux concepteurs et responsables de projets un outil d'aide à la décision pour l'écoconception de pièces réalisées par fabrication additive ; dans un souci d'efficacité, ce projet est focalisé sur les procédés de fabrication additive utilisant des matériaux métalliques.

Cette lignée de projets de recherche collaboratifs comporterait 3 lots :

1 Comprendre les impacts environnementaux associés à chaque usage (12 mois)

Pour chaque usage de la FA (notamment parmi les 4 énoncés ci-dessus), il convient de faire le bilan environnemental sur l'ensemble du cycle de vie de différentes machines (en considérant un large panel de pièces fabriquées) afin de mesurer les impacts environnementaux les plus significatifs et d'établir des modélisations génériques environnementales de ces machines de FA ; ce travail nécessite de recueillir un grand nombre d'informations pour chaque usage couvrant la diversité des technologies de FA, la variété des constructeurs pour une même technologie, la diversité des matériaux utilisables sur ces machines et bien sur la variété des pièces réalisées. La force du réseau EcoSD pour ce projet est qu'il rassemble des acteurs disposant de larges panoplies d'équipements de FA et aussi de nombreux cas d'application (le Cetim, S'MART UGA, Ens Rennes/GeM, Cosmer). Il ressortira de ce Lot 1, une évaluation du potentiel de réduction d'impact des différents usages de la FA ainsi qu'une base de cas pièces réalisées en FA versus pièces réalisées conventionnellement.

2 Identifier des règles de conception et établir une première version de la BDD ACV FA (12 mois)

Le lot 2 utilisera les données du lot 1 pour identifier les « best » and « worst » cases de FA pour chaque usage. De l'analyse des best cases pourront être déduites des règles de conception pour la fabrication additive. De même l'analyse des worst cases devra permettre d'identifier des principes à éviter ; sur cette base, des séances de brainstorming permettront de suggérer des pistes pour la reconception pour la fabrication additive. Il ressortira de ce Lot 2 des simulations d'impacts environnementaux de pièces réalisées par fabrication additive pour des usages donnés, sur une première partie des technologies de FA métalliques (en lien avec des expérimentations sur machines afin de récolter des données d'inventaires représentatives)

3 Elaborer et diffuser un Outil d'Aide à la Décision EcoDFAM (12 mois)

Le lot 3 porte sur l'analyse des expérimentations menées en 2 pour formuler une modélisation

4. Descriptif détaillé des tâches du PRCemergent (1an) ou de la Lignée de PRC (3ans):

(Décrivez en détail les principaux livrables en précisant la valeur créée pour EcoSD ainsi que les responsables de tâches et les délais) Prévoir une revue de projet annuelle obligatoire présentée lors d'un séminaire EcoSD.

Comme indiqué précédemment, ce projet est organisé en 3 lots :

1 Comprendre les impacts environnementaux associés à chaque usage (12 mois)

2 Identifier des règles de conception, récolter les données d'inventaire sur machines métalliques et établir une première version de la BDD ACV FA (12 mois)

3 Elaborer et diffuser un Outil d'Aide à la Décision EcoDFAM (12 mois)

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

Année 1 (pour PRCE et PRCI)					
N°	Intitulé de la tâche	Responsable de tâche + Participants actifs	Autres membres du groupe de travail	Intitulé du livrable avec valeur créée pour le Réseau EcoSD	Délais de livraison
1.1	Analyse de la littérature et de l'existant	COSMER/G-SCOP /GeM/ CETIM		Etat de l'art sur les usages, les technologies et les impacts environnementaux des machines FA ; Identification des technologies de FA à cibler	T0, T0+2mois
1.2	Modéliser les cycles de vie des technologies de FA ciblées	GeM, G-Scop, Cosmer		Modélisation des différentes phases de cycle (production, utilisation, maintenance et fin de vie) de vie des différents process (impression, fabrication matière, post traitement, recyclage des déchets)	T0, T0+4mois
1.3	Sélectionner des cas « produits FA » pour chaque usage	Cetim (partenaire)		Cas « produits FA » pour les usages (1 opti masse, 2 Intégration, 3 Personnalisation, 4 Maintenabilité) et cas « produits conventionnels »	T0+4mois , T0+5mois
1.4	Evaluer environnementalement les cas FA et cas Conventionnels	G-Scop, Cosmer Cetim (partenaire)		Bilans environnementaux des cas (méthode d'évaluation)	T0+4mois , T0+11mois
1.5	Définir les usages présentant un fort potentiel de réduction d'impact	CETIM		Spécification des domaines d'utilisation des technologies de fabrication additive en fonction de leur potentiel de réduction d'impact	T0+11mois , T0+12mois=T1

Année 2 (pour les PRCI)					
N°	Intitulé de la tâche	Responsable de tâche + Participants actifs	Autres membres du groupe de travail	Intitulé du livrable avec valeur créée pour le Réseau EcoSD	Délais de livraison
2.1	Analyser les best cases du 1.4	COSMER/G-SCOP /GeM/ CETIM		Identification de règles de conception positive pour une FA pour chaque Usage	T1, T1+2mois
2.2	Analyser les worst cases du 1.4	G-Scop, Cosmer		Identification de règles de conception négative pour une FA pour chaque Usage	T1+2mois , T1+3mois
2.3	Etablir une modélisation simplifiée du cycle de vie des techno de FA (a partir du 1.2)	GeM, Cosmer		Modélisation simplifiée du cycle de vie des technologies de FA	T1+2mois , T1+3mois
2.4	Formalisation de BDD ACV simplifiés V1 et de l'outil d'aide à la décision V1	G-Scop	Tous	BDD ACV simplifiés sur une partie 1 des technologies de FA à cibler	T1+2mois , T1+9mois
2.5	Expérimentation de la modélisation et des bdd sur cas réels	COSMER/G-SCOP /GeM/ CETIM		Comparatif des résultats théoriques/ expérimentaux (sollicitations de groupements d'industriels pour identifier des cas)	T1+7mois , T1+12mois=T2

Année 3 (pour les PRCI)					
N°	Intitulé de la tâche	Responsable de tâche + Participants actifs	Autres membres du groupe de travail	Intitulé du livrable avec valeur créée pour le Réseau EcoSD	Délais de livraison
3.1	Analyse des résultats expérimentaux et modifications	COSMER/G-SCOP /GeM/ CETIM		Modifications de la modélisation simplifiée robuste et des bdd ACV simplifiées	T2 , T2+2mois
3.2	Formalisation de BDD ACV simplifiés V2 et outil d'aide à la décision V2	G-Scop	Tous	BDD ACV simplifiés sur une partie 2 des technologies de FA à cibler	T2+2mois , T2+9mois
3.3	Elaboration et diffusion (Journées Techniques) d'un outil d'aide à la décision pour la	CETIM		OAD EcoDFAM diffusé	T2+9mois , T2+12mois

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

	conception de pièces réalisées en FA				
--	--------------------------------------	--	--	--	--

5. Coût total du PRC, subvention demandée à EcoSD et justification des moyens envisagés:

*(Précisez les principales dépenses – stagiaires, cdd, mois*personne considérés avec le taux mensuel, consommables, petits équipements, déplacements... et l'utilité de ces dépenses dans la réalisation des taches)*

NB1 : les dépenses de colloque ne seront pas prises en compte

NB2 : les dépenses d'équipement ne seront pas prises en compte

Année 1 (pour PRCE et PRCL année 1) :

12KE (2 Masters recherche + dépenses de fonctionnement)

Année 2 (PRCL année 2) :

35KE (2 Masters Rech + Ing recherche (4mois) + dépenses de fonctionnement)

Année 3 (pour PRCL année 3) :

8KE (1Master recherche + dépenses de fonctionnement)

Plan de financement			
Partenaires	Coûts complets	Subvention EcoSD+Ademe	Auto-financement
Cosmer	0	0	0
Cetim	0	0	0
ENS Rennes GEM	0	0	0
Gscop UGA	0	0	0

Détail pour chaque partenaire : (voir fichier excel)

FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

Partenaire 1 (nom à préciser)					
		coût mensuel	homme.mois	coût total	dépense éligible
Personnel non-permanent	stagiaire			0	0
	CDD ingénieur			0	0
	Post-doctorant			0	0
Personnel permanent	IR			0	0
	CR			0	0
	MC			0	0
	prof			0	0
Sous-total coût personnel				0	0
Autres frais		coût unitaire	nombre	Coût total	dépense éligible
Réunions				0	0
colloque				0	0
correction anglais				0	0
Logiciel, données				0	0
Sous-total Autres frais				0	0
Totaux				0	0
Frais connexe (25% du Total coût)					0
Total coût complet du projet					0
Total demande d'aide					0
Taux d'aide sur demande d'aide					100%
Total aide					0

6. Mode de valorisation des résultats du PRCemergent (1an) ou de la Lignée de PRC (3ans) et perspectives

(Indiquez sous quelle forme les résultats seront publiés, notamment dans le cadre de la collection EcoSD / Presse des Mines ; ATA, Journée Technique, Site web, video...)

Précisez les perspectives en terme de réponse à des appels à projets futurs (ADEME, ANR, UE...) ou en terme de reconnaissance pour EcoSD ou ...)

Le résultat principal de ce PRCL sera constitué par un Outil d'Aide à la Décision EcoDFAM sous la forme d'un fichier excel associant BDD environnementale et base de cas industriel de FA métallique.

Cet outil sera téléchargeable via les sites web EcoSD et/ou le Cetim ; il pourra en outre faire l'objet d'une publication dans la Collection « Presses des Mines ».

Les résultats de ce projet seront diffusés via des Journées Techniques organisées par Ecosd et/ou Cetim en fin de 2^{ème} année et en 3^{ème} année.

7. Partenaires et organisme gestionnaire du PRCemergent (1an) ou de la Lignée de PRC (3ans)



FICHE DE SOUMISSION PROJET DE RECHERCHE COLLABORATIFS (PRC) 2022/25

Date limite de dépôt : 28/09/20XX ; Les porteurs de projet devront présenter leur projet lors de la réunion du CA en octobre 20XX (5mn + 5mn de questions via ZOOM)

Partenaires du réseau ECOSD pressentis hors partenaires-animateurs (préciser le nom de la structure et le nom du contact) :

Académiques :

D. Millet & M. Orquera (Cosmer)

O.Kerbrat (ENSRennes-GeM)

M.Museau et D. Evrard (UGA/G-SCOP)

Centrale Supélec ?

ENSAM ?

Industriels :

Jerome Ribeyron (CETIM)

S. LePochat (EVEA) ?

Partenaires hors réseau ECOSD impliqués (Optionnel) :

(Les partenaires hors réseau peuvent être financés sur le budget PRC, sous réserve d'engagement d'adhésion sur la période de réalisation du projet)

Organisme gestionnaire envisagé (Obligatoire) pour le PRCE ou PRCI:

Laboratoire COSMER

Coordonnées de l'interlocuteur du gestionnaire pour le PRCE ou PRCI (obligatoire):

D. Millet