



## Appel à projets

Programme d'Investissements d'Avenir

-

Action « Innovation numérique pour l'excellence éducative »

-



## Dossier de candidature

2<sup>ème</sup> vague de sélection

Conception participative et évaluation d'Interfaces Tangibles et Augmentées pour  
l'apprentissage Collaboratif

# e-TAC

## Table des matières

<b>1. FICHE DU PORTEUR DE PROJET .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SYNTHÈSE DU PROJET .....</b>	<b>4</b>
2.1. FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET .....	4
2.2. RÉSUMÉ EXÉCUTIF .....	5
2.3. PARTENAIRES .....	6
2.4. MISE EN ŒUVRE .....	8
<b>3. DESCRIPTIF DU PROJET .....</b>	<b>9</b>
3.1. LE DIAGNOSTIC SUR LEQUEL EST BASÉ LE PROJET .....	9
3.2. OBJECTIFS DU PROJET .....	12
3.3. DESCRIPTIF DU PROJET E-TAC .....	13
3.4. DISPOSITIFS PÉDAGOGIQUES ASSOCIÉS À LA CONCEPTION ET À L'ÉVALUATION .....	19
3.5. RÉSULTATS ATTENDUS ET PERSPECTIVES .....	20
<b>4. ORGANISATION DU PROJET .....</b>	<b>20</b>
4.1. PILOTAGE DU PROJET .....	20
4.2. RÔLE ET RESPONSABILITÉS DES ACTEURS IMPLIQUÉS .....	21
4.3. PLANNING PRÉVISIONNEL GÉNÉRAL .....	26
4.4. DÉMARCHES ET INDICATEURS D'ÉVALUATION .....	28
4.5. COMMUNICATION ET DIFFUSION DES RÉSULTATS .....	29
<b>5. FINANCEMENT DU PROJET .....</b>	<b>30</b>
5.1. LOGIQUE DU FINANCEMENT PUBLIC .....	30
5.2. BUDGET PRÉVISIONNEL SUR 4 ANS MAXIMUM .....	30
<b>6. ANNEXES .....</b>	<b>38</b>
ANNEXES 1 : ACTES DE CANDIDATURE	
ANNEXES 2 : ÉQUIPES DE RECHERCHE IMPLIQUÉES DANS LE PROJET ET ENCADREMENT DES DOCTORANTS	
ANNEXES 3 : LETTRES DE MANDAT ET D'ENGAGEMENT DES ACTEURS ASSOCIÉS.	
3-1-	Lettre De Mandat Inria
3-2-	Lettre De Mandat CANOPE
3-3-	Lettre De Mandat OPEN EDGE
3-5-	Lettre De Mandat Collège Jean De La Fontaine De St Avold
3-6-	Lettre De Mandat Collège Pierre Mendès France De Woippy
3-7-	Engagement Communauté De Commune Du Pays Naborien
3-8-	Engagement Conseil départemental
3-9-	Lettre de l'ESPE
3-10-	Engagement Lycée Charles Julliy De St Avold
3-11-	Engagement Lycée Cormontaigne De Metz
3-12-	Engagement Pierre Dillenbourg Pour EPFL
3-13-	Engagement Daniel Peraya -Expert Indépendant
3-14-	Lettre d'intérêt ESTIA
ANNEXE 4 : DÉCLARATION PME	
4-1-	Déclaration Open Edge
ANNEXE 5 : DÉCLARATION RELATIVE AUX SUBVENTIONS PUBLIQUES PERÇUES PAR LES BÉNÉFICIAIRES EXERÇANT UNE ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE PRÉCISANT LEURS DATE DE VERSEMENT, ASSIETTE, MONTANT ET BASE LÉGALE LE CAS ÉCHÉANT	
5-1 -	Open Edge
5-2 -	CANOPE
ANNEXE 6 : DESCRIPTION DES THÈSES ET POSTES AUX RECRUTEMENTS	
ANNEXE 7 : EXEMPLES D'INTERFACES, INTERACTIONS ET TECHNOLOGIES INSPIRANTES POUR LA CONCEPTION DE L'E-TAC : Application 1 : structurer des connaissances issues de la recherche documentaire	
ANNEXE 8 : EXEMPLES D'INTERFACES, INTERACTIONS ET TECHNOLOGIES INSPIRANTES POUR LA CONCEPTION DE L'E-TAC : Application 2 : compréhension de concepts scientifiques systémiques en sciences et mathématiques : l'origine des paysages	
ANNEXE 9 : WP1 - ÉVALUATION DES FACTEURS FAVORABLES À L'APPRENTISSAGE COLLABORATIF SOUTIENU PAR LES ITA	
ANNEXE 10 : WP2 - DÉFINITION DES PROCESSUS FAVORABLES À LA CO-CONCEPTION EN CLASSE ET EN LIVING LAB	
ANNEXE 11 : WP3 - DÉFINITION DE MODÈLES D'INTERACTIONS FAVORABLES À L'APPRENTISSAGE ET À L'UTILISATION D'ITA PAR LES ENSEIGNANTS	
ANNEXE 12 : WP 4 - CONCEPTION DES SYSTÈMES INTERACTIFS ET DES TECHNIQUES D'INTERACTION ASSOCIÉES	
ANNEXE 13 : WP 5 - ÉVALUATION PÉDAGOGIQUE, ÉRAGONOMIQUE ET CULTURELLE DES IMPACTS D'ITA SUR LES APPRENTISSAGES, LES INTERACTIONS PÉDAGOGIQUES ET SOCIALES, LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES	
ANNEXE 14 : LISTE DES MEMBRES DES WP TRANSVERSAUX	
ANNEXE 15 : DÉTAIL DES DÉMARCHES PÉDAGOGIQUES ASSOCIÉES	

## 1. Fiche du porteur de projet

Raison sociale

Nom du porteur de projet

Nom : Université de Lorraine

Sigle : UL

Date de création : 24 septembre 2011

Objet social : EPCSCP Etablissement Public à Caractère Scientifique, Culturel et Professionnel

Adresse du siège social : 34 cours Léopold – CS 25233 – 54052 Nancy Cedex

Adresse de correspondance, si différente :

Téléphone : +33 (0)3 54 50 54 00

Adresse électronique : [cabinet-president@univ-lorraine.fr](mailto:cabinet-president@univ-lorraine.fr)

Adresse site internet : [www.univ-lorraine.fr](http://www.univ-lorraine.fr)

Statut juridique du porteur du projet

Organisme de droit privé (préciser) :

Code NAF :

N° d'enregistrement à la Préfecture (pour les Associations) :

Numéro de SIRET :

Organisme de droit public (préciser) :

Numéro de SIRET : 130015506 00012

Représentant légal

Civilité (nom/prénom) : M le président MUTZENHARD Pierre

Fonction au sein de l'organisme bénéficiaire : Président de l'Université de Lorraine

Tel : +33 (0)3 54 50 54 00

Adresse électronique : [cabinet-president@univ-lorraine.fr](mailto:cabinet-president@univ-lorraine.fr)

Responsable opérationnel à contacter (s'il diffère du représentant légal)

Civilité, nom /prénom : Mme FLECK Stéphanie

Fonction au sein de l'organisme bénéficiaire : Maître de conférences – Formatrice ESPE

Tél. : +33 (0)6 38 60 39 39

Fax : +33 (0) 3 87 31 59 26

Adresse électronique : [stephanie.fleck@univ-lorraine.fr](mailto:stephanie.fleck@univ-lorraine.fr)

## 2. Synthèse du projet

### 2.1. Fiche d'identité du projet

e-TAC		
<b>Visée du projet (3 lignes maximum)</b>	Co-concevoir, évaluer en contexte scolaire des interfaces tangibles et augmentées favorables aux apprentissages collaboratifs et faciliter les pratiques professionnelles d'enseignement associées	
<b>Académie(s) impliquée(s)</b>	Académie Nancy-Metz	
<b>Niveau(x) d'enseignement concerné(s)</b> (maternelle, primaire, collège, lycée, post-bac)	Enseignement général	
<b>Domaine(s) d'enseignement concerné(s)</b> (apprentissages fondamentaux, disciplines, EPI, enseignement professionnel, accompagnement personnalisé, etc.)	Apprentissage collaboratif	
	Projet pédagogique et EPI	
	Application ici sur les domaines de l'Interculturalité, l'éducation au territoire et sciences et technologies	
<b>Porteur de projet</b>	Université de Lorraine	
<b>Partenaires engagés</b>	Laboratoires de recherche	1
	Universités	1
	Ecoles ou EPLE	10
	Entreprises	1
	Associations	
	Opérateurs	1
	GIP	
	Services rectoraux	1
	Collectivités territoriales	
	Autres	
<b>Budget total du projet (€)</b>	2 406 600	
<b>Montant des cofinancements (€)</b>	1 275 624	
<b>Montant de la subvention sollicitée au titre du PIA (€)</b>	1 130 976	
<b>Nombre d'ETP financés par le PIA</b>	Enseignement et éducation	1,63
	Recherche	15,75
	Prestations d'ingénierie et prestations techniques	
	Gestion du projet	2
	Autres	

## 2.2. Résumé exécutif

e-TAC : Conception participative et évaluation d'Interfaces Tangibles et Augmentées pour l'apprentissage Collaboratif en contexte scolaire



Dans un but de favoriser les apprentissages collaboratifs en contexte scolaire, le projet e-TAC propose d'investiguer les potentialités portées par des technologies alternatives aux écrans/claviers/souris : les Interfaces Tangibles et Augmentées (ITA). Ces technologies numériques s'appuyant sur la réalité augmentée et les interfaces tangibles, permettent de placer les interactions nécessaires aux apprentissages directement dans l'environnement physique et social de la classe. En augmentant les possibilités de transposer les savoirs, en rendant possibles leurs manipulations dans l'environnement physique de la classe, favorables aux interactions collaboratives, ces ITA portent un potentiel important de transformation des apprentissages et des pratiques professionnelles enseignantes.

Dans l'objectif de cerner ces potentialités en termes d'apprentissages et d'appropriation par les enseignants, le projet e-TAC propose i) de co-concevoir et évaluer des interfaces tangibles et augmentées spécifiquement pensées pour améliorer l'apprentissage collaboratif et ce notamment au cours de projets de classe et d'Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI) en cycle 3 et 4 du nouveau programme, mais également ii) d'agir sur les cultures professionnelles associées en participant à la formation initiale et continue des enseignants et jeunes chercheurs.

L'originalité du projet e-TAC est ici de rendre possible des actions en contexte, centrées sur les besoins réels des apprenants et des enseignants au sein d'un territoire fondé sur la co-conception d'interfaces numériques (e.g. ingénierie pédagogique, prototypage, tests utilisateurs), approche favorable à l'accélération des processus d'innovation et à l'augmentation des cultures et compétences professionnelles des acteurs. L'appel à projet e-FRAN permet ainsi d'envisager une action systémique et complète portée par une volonté de participer à la transformation de l'école au niveau national, mais aussi au cœur d'un espace transfrontalier marqué par la restructuration industrielle qu'est la Moselle. Pour ce faire, e-FRAN permet d'offrir les conditions idéales pour la mise en place d'une synergie entre les acteurs de l'enseignement (inspecteurs, chefs d'établissement, enseignants), de la formation (ESPE, CANOPE), de l'édition de ressources (CANOPE), du monde économique (la start-up Open Edge), des collectivités territoriales (Communauté de communes, conseils départemental et régional), de 4 équipes de recherche leaders du domaine issues de deux institutions reconnues pour leur qualité (Université de Lorraine et INRIA) et d'experts internationaux (P. Dillenbourg et D. Peraya). Tous mutualisent leurs compétences complémentaires et chacune nécessaire vers un même objectif : améliorer l'accès à la connaissance de tous les élèves en les rendant acteurs mais aussi co-concepteurs de leurs apprentissages.

Cette action de recherche vise trois axes : concevoir, évaluer et former. Ils sont pris en charge sur une durée de 4 ans en 5 groupes de travail interdisciplinaires (apprentissage collaboratif, processus de conception participative, modèles interactionnels, conception des dispositifs, évaluation en contexte scolaire). De plus, deux groupes transversaux (gestion du projet et actions de dissémination) offrent les outils nécessaires à une auto-évaluation à toutes les étapes du projet et à une diffusion rapide des résultats de ces travaux au niveau national comme international. D'un point de vue méthodologique, cette recherche participative demande la mise en œuvre de moyens complémentaires alliant i) un travail d'enquêtes préalable des pratiques d'apprentissage collaboratif existantes ; ii) la co-conception ergonomique, pédagogique et technologique d'interfaces en associant praticiens et chercheurs mais aussi élèves et start-up lors des prototypages rapides ; iii) l'étude des expériences utilisateurs, des techniques d'interactions, menée en *Living Lab* (atelier CANOPE) et en contexte réel de classe. Les recrutements de jeunes chercheurs en contrats doctoraux et d'ingénieurs de recherche permettront tous d'accélérer les processus d'innovation technologique dans le domaine des Interfaces/Interactions Homme-machine pour l'apprentissage. Enfin, l'évaluation des apports de ces interfaces sur les apprentissages et les pratiques professionnelles sera menée directement en contexte scolaire à court et moyen terme sur une période permettant de suivre les cohortes sur plusieurs années de scolarisation, ce qui est une possibilité rare dans le cadre de ce type d'étude.

Les résultats attendus alimenteront, au sein d'un territoire d'innovation structuré et pérennisable, la formation à et par la recherche d'un réseau de professionnels de l'enseignement aux technologies émergentes et à l'apprentissage collaboratif soutenu par le numérique, mais aussi de chercheurs au niveau national. A termes, e-TAC vise la conception d'interfaces tangibles, augmentées et collaboratives répondant aux besoins pédagogiques et ergonomiques des enseignants et élèves, chacun validé par l'évaluation, et ayant atteint un niveau de développement favorable au passage de prototypes numériques à une diffusion dans le cadre d'un réseau national voire la création d'une start-up. Ils visent également à la définition de pratiques pédagogiques et d'outils collaboratifs à forte valeur ajoutée numérique en s'appuyant sur des démarches de i) design participatif en production, ii) d'observation et analyses de pratiques et iii) d'information sur les usages.

### 2.3. Partenaires

Ce projet se caractérise donc par la convergence et la mise en synergie effectives d'acteurs tous fortement mobilisés et motivés pour contribuer à l'atteinte des objectifs d'e-FRAN en mutualisant leurs compétences:

- **Les compétences de recherche** de l'**Université de Lorraine** et **Inria**, (voir Annexes 2). Le projet e-TAC regroupe des équipes de recherche parmi les leaders dans les domaines des sciences du numérique (i.e. Interfaces Homme-Machine, réalité augmentée, interfaces tangibles/tactiles), des Interactions Humain-Machine (i.e. ergonomie pour l'expérience utilisateur et pour l'apprentissage, processus centrés utilisateur/apprenant, psychologie, approche sociale et culturelle) et de la didactique (chercheurs de l'ESPE de Lorraine). Le projet bénéficiera également de l'expérience des **collaborations préalables** (e.g. Projet SATT-Grand EST ; Projet IDEX-CPU-Université de Bordeaux) entre l'Université de Lorraine (équipe PERSEUS) et Inria (équipe POTIOC), ayant abouties à des publications scientifiques communes et à la conception de premiers environnements numériques (exemples en Figure 3). De plus, le projet bénéficie de l'**expertise internationale** de Pierre Dillenbourg (équipe CHILI, EPFL-Suisse) et de Daniel Peraya (TECFA, FPSE, Université de Genève-Suisse) associés à ce projet (voir Annexes 3).

- **Les compétences pédagogiques**, inscrites dans une réelle pratique, sont portées par des enseignant-e-s du premier et du second degré (écoles de la circonscription de St Avold, les collèges J. de La Fontaine et P. Mendès France), motivé-e-s et volontaires pour s'impliquer dans la recherche-action sur toute la durée du projet.

- **Les compétences didactiques et d'ingénierie pédagogique de formation** portées par les formateurs-trices de l'**ESPE de Lorraine** (certains étant chercheurs) et les professionnel-le-s du réseau **CANOPE**, dont l'atelier Mosellan, labellisé par CANOPE France comme plateforme-pilote pour son **laboratoire des usages** : un *Living Lab/Fab Lab* dédié aux environnements numériques d'apprentissage qui ouvrira en septembre 2016.

- **Les compétences en innovation et conception**, au cœur des actions des professionnel-le-s de la start-up **Open Edge**, spécialistes du prototypage rapide, mais aussi par la mobilisation des entreprises de la LORnTECH (labellisation lorraine pour le label national *French Tech*) dès que nécessaire.

Dans le cadre de la refondation de l'Ecole, le projet e-TAC a la volonté de participer à la transformation de l'école au niveau national mais aussi d'être un soutien à la construction d'**une identité territoriale** d'innovation pédagogique par l'innovation technologique au cœur d'un **territoire lorrain, la Moselle**, espace transfrontalier marqué par la restructuration industrielle. Aussi, le projet bénéficie également du soutien des collectivités territoriales (Communauté de communes du pays Naborien, Conseil Départemental 57).

#### **Partenaires n'exerçant pas d'activité économique<sup>1</sup>**

##### **Ecoles et établissements scolaires**

Nom	Adresse	Ville	Département
Inspection de l'Education Nationale de St. Avold EST	rue Général de Gaulle 57500 Saint-Avold	Saint Avold	Moselle
Collège « Jean de La Fontaine »	rue Lievin 57500 Saint-Avold	Saint Avold	Moselle
Collège « Pierre Mendès France »	1 Rue Jean Laurain, 57140 Woippy	Woippy	Moselle

Les écoles et collèges partenaires du projet e-TAC sont **d'ores et déjà impliqués**. Le choix initial des terrains scolaires s'est fait en collaboration avec la DANE et le rectorat, et retenus pour accompagner les élèves d'un secteur en besoin. Ils ont participé, par le biais de leurs représentants (inspecteurs, chefs d'établissement et représentant des enseignants) à la conception des actions du projet, notamment à la définition des dispositifs pédagogiques qui lui sont associés. De plus, écoles et collège de St Avold sont situés dans le même secteur scolaire. Cela permettra notamment de suivre une cohorte d'élèves au cours des cycles 3 et 4 durant les 4 ans du projet.

##### **Unités de recherche**

Le projet e-TAC regroupe deux grandes institutions de recherche : **l'Université de Lorraine** et **Inria**. Dans le but d'atteindre les objectifs fixés par le projet e-TAC, les équipes qui constituent le consortium de recherche se sont regroupées sur la base de leur complémentarité en termes de compétences issues des **Sciences du numérique**, de la **Psychologie des apprentissages et ergonomique**, des **Interactions Homme-Machine (IHM)**, des **Sciences de l'information et de la communication**, et des **Sciences de l'éducation**, notamment via les didactiques disciplinaires ou professionnelles.

<sup>1</sup> Activité économique : au sens du droit européen, c'est-à-dire l'offre de biens ou de services sur un marché déterminé.

Sigle	Nom	Adresse	Ville	Département	SIRET	Tutelles
<b>UNIVERSITE DE LORRAINE</b>						
PERSEUS	Psychologie ERgonomique et Sociale pour l'Expérience UtilisateurS	Université de Lorraine- PERSEUS EA 7312. île du Saulcy CS 60228 F-57045 METZ Cedex	Metz	Moselle	1300155 06 00012	Université de Lorraine
CREM	Centre de Recherche sur les Médiations	Université de Lorraine- CREM EA 3476. île du Saulcy UFR SHS-Metz B.P. 30309 F-57050 METZ Cedex	Metz	Moselle	1300155 06 00012	Université de Lorraine
LCOMS	Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes	Université de Lorraine-LCOMS UFR MIM. Ile du Saulcy 57000 METZ - France	Metz	Moselle	1300155 06 00012	Université de Lorraine
<b>Inria</b>						
POTIOC	Equipe-projet POTIOC : popular interaction	Inria Bordeaux – Sud-Ouest – Equipe POTIOC 200, avenue de la Vieille Tour 33405 Talence cedexFrance	Talence	Gironde	1800890 4700146	Inria

### **Autres partenaires (Espé, GIP académique, associations, établissements publics, etc.)**

L'action de formation initiale et continue des enseignant est un des axes développés par ce projet et est fortement portée par deux institutions dont c'est la mission première.

Nom	Adresse	Ville	Département	SIRET
<b>UNIVERSITE DE LORRAINE</b>				
ESPE de Lorraine	5 Rue Paul Richard, 54320 Maxéville	Maxéville	Meurthe et Moselle	130015506 00012
<b>CANOPE</b>				
CANOPE Alsace Champagne Ardenne Lorraine	95-99 rue de Metz, 54000 Nancy	Nancy	Meurthe et Moselle	180 043 010 01485
Atelier CANOPÉ Moselle	16 rue de la Victoire 57790 Montigny Les Metz	Montigny les Metz	Moselle	180 043 010 01485

### **Partenaires exerçant une activité économique**

#### **Sociétés commerciales**

Nom	Adresse	Ville	Département	SIRET
Société Open Edge	6 avenue Foch 57730 Folschviller	Folschviller	Moselle	79793591300013

### **Autres acteurs de ce projet**

En dehors des membres du partenariat, d'autres **acteurs sont fortement impliqués** dans le projet e-TAC

#### **Collectivités territoriales**

Nom	Adresse	Ville	Département
Communauté de communes du pays Naborien	B.P. 20046 - 57502 Saint-Avold Cedex	Saint-Avold	Moselle
Conseil départemental 57	1 Rue du Pont Moreau, 57000 Metz	Metz	Moselle
Conseil régional Grand Est	Hotel de Région Place Gabriel Hocquard – CS 81004 57036 METZ Cedex 01	Metz	-

Le projet e-TAC bénéficiera également de la collaboration d'un **laboratoire de recherche international**, expert dans les domaines des Interactions Homme-machine pour l'apprentissage.

EPFL - Laboratoire CHILI	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Lausanne	Suisse
--------------------------	---	----------	--------

(Voir les lettres de mandat et les lettres d'engagement en Annexes 3).

## 2.4. Mise en œuvre

**Durée du projet** (en mois) : 48 mois

Début prévisionnel : décembre 2016

NB : la date de démarrage officielle (T0) est la date définie dans la convention d'aide

Nombre d'ETP dédiés au projet : 32,67 hommes an

Ressources humaines mobilisées	En Homme-an	
Apport UL	8	
Apport CANOPE	3,75	
Apport Open Edge	0,14	
Apport INRIA	1,4	
<b>TOTAL Partenaires</b>	<b>13,29</b>	
Apports enseignants		
12 PLC collège St Avoird/Woippy+ 8 PE écoles st Avoird	1,5	
3 PLC des lycées (mise à dispo. ponctuelle)	0,13	
<b>Total enseignants</b>	<b>1,63</b>	
<b>Recrutements liés au PIA</b>	<b>17,75</b>	(PHD1 à 3, IE1 et 2; IR2 à 4)
<b>TOTAL</b>	<b>32,67</b>	Homme-an

Dont nombre d'ETP financés par la subvention PIA : 19,38 hommes an

➤ **Université de Lorraine :**

Nombre d'ETP dédiés au projet et financés par la subvention PIA : 9,5 hommes an =

1 thèse, 1IE (12mois) 2IR (2x21mois), 1IE (48mois à mi-temps), 1,63ETP pour les vacances enseignants

➤ **INRIA :**

Nombre d'ETP dédiés au projet et financés par la subvention PIA : 4,75 hommes an =

1 thèse et 1IR (21 mois)

➤ **Open Edge :**

Nombre d'ETP dédiés au projet et financés par la subvention PIA : 2 hommes an =

1IR (24 mois)

➤ **CANOPE**

Nombre d'ETP dédiés au projet et financés par la subvention PIA : 1,5 hommes an =

1 thèse CIFRE



### 3. Descriptif du projet

#### 3.1. Le diagnostic sur lequel est basé le projet

e-TAC : Conception participative et évaluation d'Interfaces Tangibles et Augmentées pour l'apprentissage Collaboratif en contexte scolaire



#### **Numérique et apprentissages collaboratifs : des enjeux d'actualité**

Dans la continuité des orientations européennes [1, 2], la loi du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la **refondation de l'Ecole de la République** place l'école dans un mouvement d'innovations pédagogiques, instituant le numérique dans les établissements scolaires comme un des leviers prioritaires. Or, les interactions avec le numérique sont à l'aube d'un changement profond porté par des avancées technologiques rapides, dont les interfaces mobiles, tactiles et connectées (e.g. tablettes, smartphones) ne sont que les toutes premières représentantes. Ces mutations hors l'école, observables notamment dans la nature des technologies (e.g. objets connectés, réalité augmentée) et dans les types d'usages (e.g. réseaux sociaux, accès rapide à la connaissance), creusent l'écart avec les pratiques en contexte scolaire [3]. **La manipulation de matériel numérique au sein de la classe** demeurant encore **largement minoritaire** [4, 5]. Tout ceci invite donc à la nécessité de travaux fondamentaux et appliqués sur l'usage des technologies en contexte scolaire tout autant que sur les perspectives nouvelles offertes d'un point de vue pédagogique par les **technologies émergentes**.

Parallèlement et « pour la première fois, l'organisation des apprentissages, les moyens d'accès à l'information et à la documentation, les langages numériques, la conduite de projets individuels et collectifs, sont identifiés comme devant faire l'objet d'un enseignement explicite » par le nouveau socle de connaissances, de compétences et de culture [6] qui entrera en vigueur à la rentrée 2016. La mise en œuvre des nouveaux programmes de l'école primaire et du collège [7] renforce la nécessité de mise en place de **conduites de projets** par les élèves, notamment au collège, par le biais de nouvelles modalités pédagogiques telles que les **Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI)** au cycle 4. Ainsi, le Domaine 2 du nouveau socle, demande à « l'élève de travailler en équipe, partager des tâches, s'engager dans un dialogue constructif [...] ». L'école, **sa classe étant alors des lieux de collaboration, d'entraide et de mutualisation des savoirs** ».

Dans ce contexte, les interfaces numériques peuvent être un élément important d'accompagnement, de renforcement, de facilitation, voire d'innovation, de **l'apprentissage collaboratif** en améliorant les relations sociales (e.g. échanges entre pairs, travail en groupes) et en facilitant le partage et la construction des connaissances [8-10] (on parle alors d'apprentissage collaboratif soutenu par l'ordinateur ou CSCL pour *Computer Supported Collaborative Learning*) ; ce d'autant qu'une très large majorité des enseignants perçoit le numérique comme bénéfique pour « diversifier ses pratiques pédagogiques » (94 à 95 % des répondants - enquêtes nationales PROFETIC 2014 et 2015 auprès de 5000 enseignants du 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> degrés) [4, 5].

Pour répondre à ces nouveaux enjeux, le projet **e-TAC** souhaite construire un **territoire d'innovation pédagogique et technologique** exploitant directement avec et dans la classe les atouts d'une action de recherche pluridisciplinaire portant sur la conception et l'évaluation d'interfaces numériques de nouvelle génération spécifiquement dédiées à l'apprentissage collaboratif.

#### **Les Interfaces Tangibles et Augmentées : émergence de nouveaux possibles pour favoriser l'apprentissage**

Portées par la maturité technologique, de nouvelles interfaces se développent actuellement notamment en laboratoire de recherche, telles que les interfaces tangibles, modifiant fondamentalement les **Interactions Homme-Machine (IHM)**.

[1]- European Commission, 2009, Europeans, Science and Technology.

[2]- European Commission - Eurydice report, 2013, Education and Training in Europe 2020: respons from the EU member states.

[3]- OECD, 15 sept. 2015, Students, Computers and Learning.

[4]- [5] Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2014 & 2015 , enquêtes PROFETIC

[6]- Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 23 avril 2015, Bulletin officiel n° 17. Socle commun de connaissances, de compétences et de culture.

[7]- Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 19 novembre 2015, Bulletin officiel spécial n°10. Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4).

[8]- Panitz, T., 1999, Collaborative versus cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning, ERIC Clearinghouse.

[9] - Dillenbourg, P., 1999, What do you mean by collaborative learning?, *Collaborative-learning: Cognitive and computational approaches.*, 1-19.

[10] - Dillenbourg, P., Baker, M.J., Blaye, A., and O'Malley, C., 1995, The evolution of research on collaborative learning, *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science.*, 189-211.

**Les interfaces tangibles** (ou *Tangible User Interfaces : TUIs* [11, 12]) appartiennent de ce fait à un domaine encore peu connu du grand public.

Le plus généralement, ce sont des objets physiques qui permettent d'interagir avec une donnée numérique (e.g. image, son) directement dans l'environnement réel. Un exemple simple serait l'utilisation d'une gomme ou d'un pinceau, intégrant des fonctions numériques, pour supprimer ou colorer des données d'une application numériques (voir Figure 1). L'objet physique ici présente à l'utilisateur de façon plus signifiante, plus tangible, la tâche qui lui est associée.

Figure 1 : I/O Brush [13] ; pinceau intégrant capteurs, caméra, fibres optiques et permettant de peindre sur un écran d'ordinateur



Les interfaces tangibles peuvent également être des supports de manipulation (e.g. pions, plots, engrenages) dont le design permet des interactions plus concrètes (tangibles) avec des données abstraites (e.g. codage numérique avec des briques physiques et non via des lignes d'écriture [14], visualisation et perception de créations musicales avec des cubes symboliques – Figure 2 - ou à retour vibratoire [15, 16]).

Figure 2 : ReacTable [16] Instrument de musique, dont chaque boucle musicale est incarnée par un cube et reconnu par la table.



Comparée aux approches classiques d'IHM basées sur l'utilisation d'un outil universel dont l'usage n'est pas directement lié à une tâche donnée (e.g. souris, joystick, écran tactile), une interface tangible donne du sens, incarne, plus spécifiquement les interactions avec le monde numérique qui lui sont associées [17]. Les TUIs sont également souvent des supports physiques pour la **Réalité Augmentée (RA)**. On parle alors d'**Interfaces Tangibles et Augmentées (ITA)**. La RA, issue des recherches en réalité virtuelle (RV), consiste le plus souvent à créer informatiquement un environnement visuel 3D virtuel dans lequel, ou avec lequel, un utilisateur peut interagir en temps direct et ce dans l'environnement physique où il se trouve. Les ITA permettent alors la manipulation de l'image virtuelle directement dans le monde réel. Contrairement aux interfaces graphiques (e.g. ordinateur classique) qui présentent les informations et les interactions à travers eux, marquant alors une frontière entre monde réel et monde virtuel, les ITA présentent aux utilisateurs un environnement hybridé dans un continuum réel-virtuel.

Cette famille de technologies clés dans le secteur du numérique est inscrite dans les grands enjeux stratégiques industriels soutenus par la DGCIS<sup>2</sup> et a été identifiée comme l'une des 34 priorités de politique industrielle de la France. Aujourd'hui, soutenues par leur développement technologique rapide, ces interfaces sont à l'aube de leur possible intégration en contextes éducatifs. Des travaux récents, notamment des équipes UL-PERSEUS, INRIA-POTIOC (e.g. [18-20]), membres du consortium de recherche d'e-TAC, indiquent que les **ITA** peuvent soutenir les capacités d'abstraction et de conceptualisation à partir d'interactions gestuelles, d'illustrations nouvelles des concepts médiés, mais aussi *via* la résolution de problèmes par l'investigation (voir Figure 3). Ces environnements offrent un support idéal à la construction de connaissances notamment grâce à la possibilité de manipulations directes d'objets numériques rendant perceptibles, grâce à la RA, des concepts qui sont, dans le monde physique, complexes voire impossibles à percevoir (e.g. trajet de la lumière, activité électrique cérébrale...).

Au regard des différents modèles d'intégration des technologies (e.g. SAMR, TAM, TIM, ASPID), ces environnements hybrides apparaissent également comme des **facilitateurs d'innovation pédagogique**.

[11] - Ishii, H., 2008, Tangible bits: beyond pixels. In *Proceedings of the. Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, 2008), xv-xxv.

[12] - Fishkin, K., 2004, A taxonomy for and analysis of tangible interfaces, *Personal and Ubiquitous Computing*, 8, 5, 347-358.

[13] - Ryokai, K., Marti, S., and Ishii, H., 2007, I/O brush: beyond static collages. In *Proceedings of CHI'07*, 1995-2000.

[14] - Horn, M.S., and Jacob, R.J., 2007, Tangible programming in the classroom with tern. In *Proceedings of CHI'07*, 1965-1970.

[15] - Bennett, P., 2006, PETECUBE: a multimodal feedback interface. In *Proceedings of conference on New interfaces for musical expression*, 81-84.

[16] - Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., and Kaltenbrunner, M., 2007, The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, 139-146.

[17] - Shaer, O., and Hornecker, E., 2010, Tangible user interfaces: past, present, and future directions, *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 3, 1-2, 1-137.

[18] - Cuendet, S., Jermann, P., and Dillenbourg, P., 2012, Tangible interfaces: when physical-virtual coupling may be detrimental to learning. In *Proceedings of the. Proceedings of the 26th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers*, 49-58.

[19] - Fleck, S., Hachet, M., and Bastien, C., 2015, Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts. In *Proceedings of the ACM SIGCHI 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 21-28.

[20] - Fleck, S., Simon, G., Dinet, J., Bastien, C., and Barcenilla, J., 2014, Astronomy learning in elementary grades: Influences of an augmented reality learning environment on conceptual changes. In *Proceedings of the 28th International Congress of Applied Psychology*.

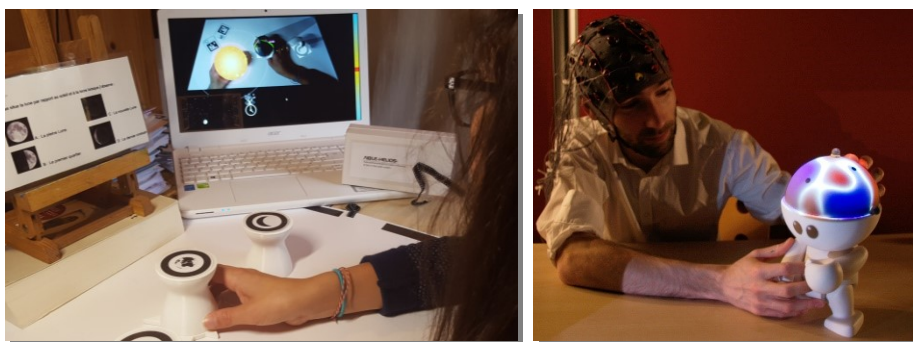


Figure 3 : Quelques exemples d'interfaces augmentées et tangibles dédiées à l'apprentissage conçues dans le cadre de partenariats entre PERSEUS et Inria, membres du consortium de recherche A) Comprendre l'astronomie : AIBLE-HELIOS® utilisant le tracking de marqueurs RA via une webcam [19]. B) Comprendre sa propre activité cérébrale : Teegi, interface tangible couplant EEG, réalité augmentée spatiale et capture de mouvements [21].

Ainsi, les ITA permettent-elles de réaliser très facilement des substitutions sur des aspects exploratoires et manipulatoires, puis de les augmenter, et enfin de réaliser des tâches jusqu'alors impossibles avec les dispositifs d'interaction standards. (voir exemple des projets AIBLE-HELIOS et Teegi ci-dessus). Elles portent donc un **potentiel important de transformation des pratiques**.

### **Les Interfaces Tangibles et Augmentées pour favoriser l'apprentissage collaboratif : territoire d'e-TAC**

Le projet e-TAC propose d'investiguer les potentialités portées par ces **technologies hybrides** pour favoriser les **apprentissages collaboratifs** tels qu'attendus par le nouveau socle et les pratiques d'enseignement associées.

L'apprentissage collaboratif est optimale lorsque la dynamique d'action collective « tire parti d'un contexte à la fois organisationnel et technologique où les groupes comme les artefacts agissent comme des supports externes à l'augmentation de la connaissance » [22]. Une expérience collective synchrone et située dans l'espace physique, faite de regards différents sur des objets communs, aboutit ainsi à une production conjointe de connaissances. On parle alors d'apprentissage distribué [23], de construction d'une micro-culture de groupe ou de mémoire de groupe [9], ceci tout en permettant le **passage du paradigme de l'instruction à celui de la construction** [24]. Celui/celle qui apprend est donc tout autant influencé par l'environnement physique (e.g. l'espace de la classe, le matériel à sa disposition) que par l'environnement social (e.g. rôle et place de l'enseignant, interactions entre les membres du collectif) dans et avec lequel il interagit. Malheureusement, **les interfaces classiques de type clavier/écran/souris trouvent sur ce dernier point fréquemment leurs limites, isolant chacun devant (ou derrière) son écran** [4, 5]. Cependant, ceci pourrait être rendu plus performant par **les ITA** qui elles, **placent les interactions avec le numérique directement dans le monde physique et social de la classe**.

Elles ouvrent ainsi aujourd'hui de nouvelles opportunités pour favoriser ces apprentissages, ce que le projet e-TAC propose d'investiguer. Or, les exemples de travaux abordant leurs spécifications pour l'apprentissage collaboratif et les pratiques professionnelles associées restent très rares (e.g. [25]). De plus, les quelques ITA recensées restent le plus souvent au stade du prototype évalué en condition de laboratoire et non en contexte réel d'usage. Envisager leur intégration en contexte scolaire demande la prise en compte des besoins réels des élèves et des enseignants. Ceci soulève de ce fait des questions telles que : quels types d'interfaces/d'interactions tangibles et augmentées seraient les mieux adaptés à l'apprentissage collaboratif et répondraient aux besoins des apprenants et des enseignants en ce sens? D'un point de vue didactique, comment transposer au mieux les savoirs et les tâches d'apprentissage dans une réalité augmentée et avec des données/tâches numériques plus tangibles? Comment les élèves et enseignants acceptent, utilisent, collaborent, apprennent/enseignent avec ces interfaces en conditions réelle de classe, à court et moyen termes? Quel est l'impact de tels environnements sur les apprentissages?

Le projet **e-TAC** souhaite faciliter la mise en place d'approches pédagogiques mobilisatrices d'**apprentissages collaboratifs supportés par le numérique** au sein même de la classe et non à distance. L'originalité du projet e-TAC réside dans son approche interdisciplinaire des **Interactions Homme-Machine (IHM) (Sciences du numérique, Psychologie des apprentissages et ergonomie, Sciences de l'information et de la communication, et Sciences de l'éducation)** et dans **l'implication directe des futurs utilisateurs, élèves et enseignants**, selon une approche écologique et participative de la recherche. Ces aspects sont généralement ignorés dans les recherches antérieures dans ce domaine. Il a ainsi pour finalité de **susciter des pratiques renouvelées** en mettant à disposition des interfaces de nouvelle génération, pensées non seulement pour mais aussi PAR les utilisateurs finaux.

[21] - Frey, J., Gervais, R., **Fleck, S.**, Lotte, F., and **Hachet, M.**, 2014, Teegi: Tangible EEG Interface. In *Proceedings of the 27TH ACM, UIST'14*, (Honolulu, Hawaiï.), 301-308.

[22] - Conein, B., 2004, Communautés épistémiques et réseaux cognitifs: coopération et cognition distribuée, *Revue d'économie politique*, 113, 141-159.

[23] - Hutchins, E., 2000, Distributed cognition, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. Elsevier Science*

[24] - Petit, L., 2014, De l'intérêt d'une enquête quantitative sur les TIC (E) dans les collèges de Seine-Saint-Denis, *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 2, 5

[25] - Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., and **Dillenbourg, P.**, 2011, Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction, *Learning Technologies, IEEE*, 4, 3, 222-232.

### 3.2.Objectifs du projet

Le projet e-TAC vise deux objectifs dont l'interconnexion des actions associées permettra une mutualisation des moyens et des résultats, tout en permettant une accélération des processus d'innovation mais aussi d'acculturation des acteurs de l'enseignement et de la recherche.

#### Objectif 1 - Concevoir des ITA favorisant les apprentissages collaboratifs de connaissances et de compétences disciplinaires, mais aussi psychosociales.

##### Objectifs pédagogiques

**O1.1 :** En cycles 3 et 4, permettre à chacun une augmentation tout à la fois des connaissances et des compétences disciplinaires mais aussi psychosociales (i.e. transdisciplinaires) telles que :

- résoudre des problèmes
- prendre des décisions
- avoir une pensée critique/créatrice
- communiquer efficacement
- être habile dans les relations interpersonnelles

et ce lors d'enseignements en projet en lien avec les nouveaux programmes (e.g. EPI, projets pédagogiques) et le nouveau socle. Ils sont ici dédiés à<sup>3</sup> :

- L'interculturalité : France/Allemagne d'un pays à l'autre (Langues et Interculturalité)
- L'éducation au territoire : comprendre les paysages qui m'entourent (Sciences et technologie)

**O1.2 :** Permettre à l'élève et ses enseignants d'être concepteurs et évaluateurs de leurs propres outils numériques pour l'apprentissage, ce, lors d'enseignements en projet en lien avec les nouveaux programmes (e.g. EPI, projets pédagogiques)

Ces projets sont dédiés ici au :

- Design et prototypage d'objets technologiques (Sciences et technologie)

##### Objectifs scientifiques

**O1.3 :** Identifier les déterminants ergonomiques, numériques et didactiques des ITA pouvant avoir un impact sur la qualité des apprentissages susvisés, et notamment du point de vue des interactions des élèves avec i) les interfaces ; ii) les savoirs ; iii) les autres ; en tenant compte de l'hétérogénéité des apprenants d'un point de vue culturel, psychologique et ergonomique.

**O1.4 :** Caractériser les connaissances et les compétences construites par les élèves lors de la conception et l'utilisation d'ITA en conditions réelles de classe, comparativement à une utilisation en *Living lab*<sup>4</sup> ou à des supports classiquement utilisés par les enseignants.

##### Objectifs technologiques

**O1.5 :** Approfondir les technologies mobilisées dans la conception d'interfaces tangibles et augmentées pour qu'elles soient favorables à l'apprentissage collaboratif

**O1.6 :** Développer des interfaces qui une fois déployées dans des classes, au-delà du territoire d'action du projet, répondront effectivement aux attentes et besoins des apprenants et des enseignants.

#### Objectif 2 - Faciliter les pratiques enseignantes associées : collaborations entre enseignants, projets interdisciplinaires, intégration des technologies dans les pratiques pédagogiques.

##### Objectifs pédagogiques

**O2.1 :** Agir sur les cultures et pratiques professionnelles d'enseignement et leurs influences

- pour la détermination de leviers d'innovations
- pour faciliter le passage d'un usage professionnel à un usage pédagogique du numérique ;

**O2.2 :** Participer à la formation initiale et continue des enseignants sur les thèmes du projet :

- Le numérique pour soutenir les apprentissages et ses pratiques.
- Apports du numérique pour l'apprentissage collaboratif.
- Co-concevoir ses outils numériques pour/avec sa classe.

##### Objectifs scientifiques

**O2.3 :** Identifier les facteurs ergonomiques, pédagogiques et culturels favorables (ou non) à l'usage des ITA par les enseignants pour développer la collaboration entre élèves et/ou enseignants.

**O2.4 :** Fournir des concepts, méthodes et outils pour favoriser le développement et l'intégration d'ITA dans les pratiques de classe, et transférables au-delà du territoire d'expérimentation.

Les objectifs du projet e-TAC s'inscrivent ainsi pleinement dans les grands enjeux d'innovation décrits dans la partie précédente 3.1, et répondent à **plusieurs axes d'action de l'appel à projet e-FRAN** (article 2.1 de l'AAP) en envisageant tout à la fois les ITA comme **objet de recherche** et comme **outil pédagogique** mais également par le développement et la structuration de ce territoire d'innovation pédagogique par l'innovation technologique comme **outil d'ouverture à de nouveaux acteurs et à de nouveaux savoir-faire**.

<sup>3</sup> Les actions pédagogiques sont ici définies en lien direct avec les équipes enseignantes des collèges et circonscriptions associées au projet. Les applications de l'e-TAC qui sera conçue sont cependant possibles sur d'autres domaines disciplinaires.

<sup>4</sup> Un living lab, soit « laboratoire vivant », est un espace d'échanges et de collaborations. Il regroupe généralement en un même espace des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations, des acteurs individuels, dans l'objectif de tester dans des conditions plus réalistes que celles des laboratoires, des services, des outils ou des usages nouveaux. La philosophie des living labs est de considérer l'utilisateur au cœur de la création de valeurs, des dispositifs de conception et d'innovation. [26] Liu, P.-L., 2012, SPECIAL ISSUE: Living Lab, *International Journal of Automation and Smart Technology*, 2, 3, 171-172.



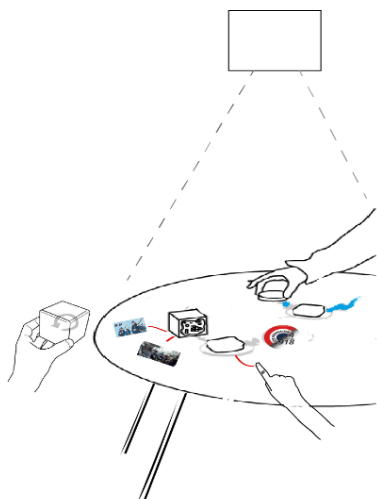
Pour atteindre ces objectifs, la **conception d'un environnement Tangible, Augmenté et Collaboratif (e-TAC)** de nouvelle génération est donc ici envisagée pour une utilisation en **cycles 3 et 4**. Cette conception se veut **centrée élèves et enseignants** et selon deux déclinaisons possibles en classe (voir §3.4):

Application 1- comme outil transversal aux disciplines ; intégré ici à des projets interculturels (voir §3.4).

Application 2- comme outil pouvant être spécialisé vers un champ disciplinaire spécifique, ici les Sciences.

#### Application 1 : Structurer des connaissances issues de la recherche documentaire.

Compétence du socle visée « Traiter des informations collectées, les organiser, les mémoriser sous des formats appropriés et les mettre en forme » (*Domaine 2 : les méthodes et outils pour apprendre*).



*Ex : Louna et deux de ses camarades de collège, ont un exposé à faire sur la Moselle pour une présentation lors de la visite de leurs correspondants allemands. Ils cherchent sur internet, chacun de leur côté, différents documents (textes, images, vidéos), vocabulaire en allemand et les stockent dans un fichier numérique. Il s'agit maintenant de trier les informations, les confronter, les organiser pour pouvoir les présenter aux autres élèves de façon originale et structurée. Pour cela, Louna et ses camarades utilisent #e-TAC. En classe, Louna prend sa « valise à fichiers », une petite boîte physique, et la pose sur la table de travail. Un appuyant dessus, les différents contenus apparaissent autour de la boîte. Le petit groupe s'aperçoit qu'ils ont tous trouvé des informations sur les bâtiments fortifiés (Festen en Allemand). Ils décident alors de créer une « bulle » dédiée. Ils prennent un nouvel objet, le pose sur la table, et y font glisser les contenus associés. Ils font la même chose avec l'ensemble de leurs recherches (le fleuve, les paysages de la Moselle, les langues locales, le folklore...). En regardant les différentes boîtes sur la table, ils décident de mettre en avant les liens franco-allemands. Pour cela, Louna dessine ces liens entre les différents éléments, superpose les boîtes, sélectionne des extraits de documents.... positionnant ainsi les concepts matérialisés dans un ordre particulier pour leur exposé.*

L'e-TAC cherchera à stimuler des modalités collaboratives telles la modélisation informationnelle, la catégorisation et l'analyse critique collective. L'e-TAC conçu permettra de faire du tri et du *Mind Mapping* (cartes heuristiques) directement dans l'espace physique de la classe, *via* la projection sur une table ordinaire des documents collectés par les élèves (textes, images, vidéos, sons). Des interfaces tangibles connectées (e.g. boîtes de rangement) leur permettront d'interagir avec ces derniers. Cet e-TAC devra être connecté à une plateforme de travail (e.g. l'ENT lorrain PLACE) pour s'interfacer avec les différents espaces de travail des élèves.

*Ex : Quentin et Leila (cycle 3), après une sortie scolaire, se demandent ce qui est à l'origine du Lac de Madine? Il leur faut déjà comprendre pourquoi l'eau est « stockée » dans cette zone du paysage et qu'elle est l'influence de la grande digue? Pour résoudre ces problèmes, ils formulent plusieurs hypothèses, et voudraient pouvoir les vérifier. De retour en classe, ils utilisent #e-TAC. A l'aide d'une feuille interactive fournie par leur enseignante, ils dessinent le relief. Avec de petits objets physiques, Leila et ses camarades font tomber virtuellement la pluie, puis rajoutent un barrage. Ils observent le résultat, repasse l'animation créée pour mieux comprendre et débattent sur l'impact des différentes actions sur le paysage.*

Pour offrir des fonctionnalités supplémentaires, l'e-TAC sera également pensé pour mobiliser les principes de l'enseignement fondé sur l'investigation et la résolution de problèmes systémiques invoqués en Sciences, Technologie et Mathématiques mais aussi en Géographie. L'adaptabilité de l'environnement à différents domaines d'enseignement est donc anticipée.

#### Application 2 : Comprendre des concepts scientifiques systémiques en Sciences.

Compétence visée « Mobiliser des raisonnements qui permettent de résoudre des problèmes et mener une

démarche d'investigation » (*Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques*).

L'e-TAC sera donc également conçu pour permettre des manipulations, directement dans l'espace physique, de paramètres généralement non-manipulables dans le monde réel (e.g. l'évolution du paysage dans le temps, l'influences des constructions humaines sur le milieu...) par le biais d'interfaces tangibles (e.g. bouton de contrôle, petits bâtiments connectés) ou dessinables (e.g. feuilles, cartes géographiques réelles sur lesquelles les annotations elles-mêmes sont rendues interactives) et/ou par reconnaissance de gestes (e.g. pour simuler vent, forces de compression tectoniques). La conséquence de ces manipulations sera directement observable dans le monde physique *via* la projection de modélisations interactives sur une table ordinaire (voir Annexes 6/7 pour illustrations).

### 3.3.Descriptif du projet e-TAC

Pour atteindre les objectifs fixés, le projet e-TAC est structuré en trois axes d'action :

**Axe 1 : Concevoir**

**Axe 2 : Evaluer**

**Axe 3 : Former**

ces axes seront développés au sein de 7 groupes de travail (WP) complémentaires pour garantir l'atteinte des objectifs visés (Figure 5):

- **5 groupes interdisciplinaires et interconnectés de travaux de recherche participative** (WP1 à 5),

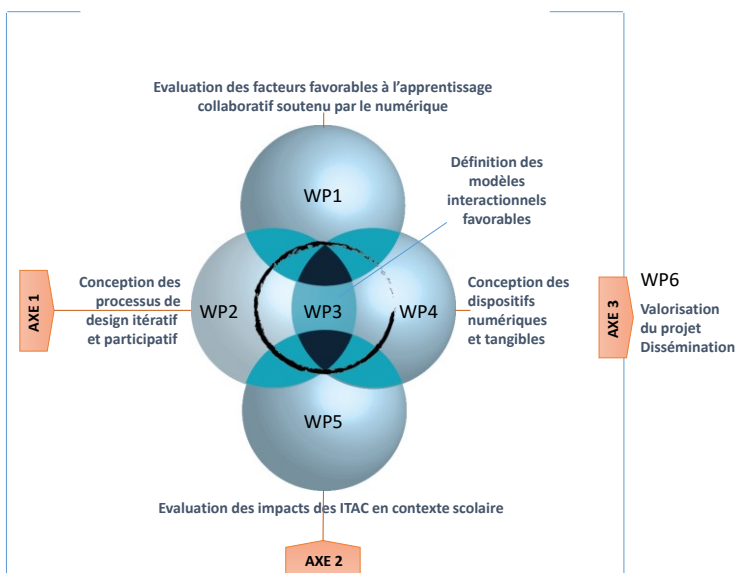
- **2 groupes de travail transversaux:**

. Coordination du projet (WP0) et

. Dissémination (formation, communication et valorisation) des résultats de la recherche et transfert vers un territoire numérique éducatif élargi (WP6).

WP0  
Gestion  
du  
projet

Figure 5 : Interconnexion des 3 axes d'actions, développés par les 7 groupes de travail définis pour optimiser l'atteinte des objectifs d'une conception innovante d'ITA au sein d'un territoire de conception participative.



## Axe 1 : CONCEVOIR

Concevoir un e-TAC qui i) réponde **au plus près aux besoins d'utilisateurs-apprenants/enseignants** (c.a.d. didactique, motivante, efficace, efficiente du point de vue des apprentissages et des pratiques enseignantes) et qui ii) **favorise les apprentissages par mobilisation d'interactions** à plusieurs, dans la classe *via* des artefacts tangibles et augmentés, soulève des questions non encore totalement traitées jusqu'à présent.

Pour **augmenter les corpus de connaissances dans ces domaines, accélérer les processus d'innovation et de conception de l'e-TAC (O1.6, O2.3)**, cet axe 1 d'action mobilisera un processus de conception **participatif centré utilisateurs** permettant, dès le début du projet, une implication de tous les acteurs du territoire dont **les élèves et leurs enseignants (O1.2, O2.1 - voir dispositifs pédagogiques § 3.4)**.

### WP 1. Evaluation des facteurs favorables à l'apprentissage collaboratif supporté par les ITA (Annexe 8)

La **détermination de leviers d'innovations pédagogiques et technologiques** demande, en amont des processus de conception, d'identifier et comprendre les pratiques collaboratives actuellement existantes en contexte scolaire. En effet, comme le montre les résultats de précédents travaux d'analyse des usages du numérique en contexte professionnel<sup>5</sup>, tout nouvel usage vient s'inscrire dans une généalogie des pratiques liée à un environnement socioprofessionnel spécifique et à des représentations individuelles et collectives, qu'il faut prendre en compte pour engager un processus d'innovation.

En croisant **données quantitatives (questionnaire) et qualitatives (entretiens, analyses d'usage)**, ce diagnostic préalable sera exploité à la fois dans le cadre du WP4, sous forme de recommandations dans les choix de conception, mais également comme éléments de référence lors de l'évaluation des impacts et apports de ces interfaces sur les pratiques professionnelles (WP5) et pour déterminer les facteurs de facilitation de leur intégration dans les pratiques (WP6).

WP 1		Durée : T0 à T+30
Partenaire principal : CREM	Autres partenaires impliqués : PERSEUS, CANOPE, ESPE et Education nationale.	
Objectifs spécifiques du projet visés par ce WP		O1.6 ; O2.1 ; O2.3 ; O2.4
Moyens et Méthodes :	Conception, mise en œuvre et traitement : - de questionnaires à tous les enseignants concernés par le territoire d’e-TAC (i.e. PE de cycle 3 et PLC de cycle 4 prioritairement dans les disciplines mobilisées par le projet) à l’échelle de l’académie. - d’entretiens semi-directifs et observations d’usage en contexte de classe dans les établissements partenaires du projet. - études d’usage prenant appui sur les critères d’acceptabilité des technologies (utilité et facilité d’usage perçues, attitudes et intentions, variables externes...) issus de modèles éprouvés (TAM, ASPID) et sur l’approche sociotechnique des usages du numérique très utilisée en Sciences de l’information et de la communication (généalogie des usages liés à la culture professionnelle, contexte d’introduction des outils dans l’institution scolaire, modèle conceptuel des outils utilisés, valeur symbolique de l’usage...).	
Principaux livrables et jalons (Voir § 4.2): L1.1 ; L1.2 ; L1.3 ; J1.1		
Recrutement : IE1	CDD 12mois, de T+12 à T+24 – Bénéficiaire : UL-CREM – encadrant L. Massou	

<sup>5</sup> Jouët J., 2000, « Retour critique sur la sociologie des usages », *Réseaux*, vol. 18, 100, pp. 487-521.

Kellner C., Massou L., Morelli P., 2010, « Des usages limités des tic chez des professionnels de l'Éducation et du conseil dans le social », *Questions de communication*, 18, pp. 89-112.

Kellner C., Massou L., Morelli P., 2007, « Les TIC comme soutien d'expériences de travail collaboratif : analyse d'usages effectifs », pp. 399-410, in : Bouhai N., Badreddine B., Ghedira K., Rieder B., Saleh I., dirs, *Collaborer, échanger, inventer : expériences de réseaux H2PTM'07*, Paris, Lavoisier-Hermès Sciences.

## WP 2. Définition des processus favorables à la co-conception en classe et en *living lab* (Annexe 9)

Les démarches de conception participative (e.g. créativité collective, focus groups) sont ici privilégiées pour **faire émerger des solutions nouvelles**. Forts de l'expérience au sein du consortium (e.g. [27, 28]) des sessions de co-conception seront menées directement **en classe** ainsi qu'**au Living Lab de CANOPE**. Or, si ces processus d'innovation ont fait l'objet de recherches et d'applications avec des groupes d'adultes (e.g. [28-31]), il n'en est pas de même avec le **jeune public** visé dans le projet e-TAC (9-15 ans). De plus, dans le contexte des IHM influencé par les courants du «*designing for kids*» [32, 33] les travaux ne décrivent généralement pas les méthodologies de co-conception employées avec les enfants et/ou adolescents et l'implication des enseignants dans les processus restent rares [34]. Aussi, ces processus doivent être «*re-conçus*» selon une approche ergonomique, didactique et culturelle pour être en adéquation avec les cadres scolaires et les pratiques professionnelles d'enseignement ici de la technologie (voir §3.4) notamment dans le cadre d'une thèse (PhD1 encadrement C. BASTIEN & B. ROUSSEL descriptif Annexe 6). Les actions de ce WP impliqueront également des étudiants-fonctionnaires-stagiaires dans le cadre de projets post-MEEF (voir Annexes 3-9) pour animer et accompagner les classes en *living lab* et des étudiants des Masters MEEF ergonomie. L'objectif à termes est de modéliser des situations réelles de pratiques, des méthodes d'enseignement (ici de la technologie en cycle 3 et 4) invoquant la conception participative et qui soient transférables à un territoire élargi.

WP 2		Durée : T0 à T+48	
Partenaire principal : PERSEUS		Autres partenaires impliqués : PERSEUS, CANOPE, ESPE et Education nationale.	
Objectifs spécifiques du projet visés par ce WP		O1.2 ; O1.6 ; O2.4	
Moyens et Méthodes :	Selon une approche se fonde sur la recherche intervention basée sur des études de cas : <ul style="list-style-type: none"><li>- identification des méthodes de co-conception existantes et développées pour les « adultes » et de leur possible adaptation au domaine scolaire spécifique du projet (C3/C4) grâce à un groupe interdisciplinaire constitué d'enseignants, chercheurs et spécialistes de l'innovation du projet</li><li>- formalisation du système permettant d'évaluer la pratique pédagogique de conception participative en classe <i>versus living lab</i></li><li>- expérimentation et évaluation de l'acceptabilité en situations réelles des méthodes de co-conception adaptées</li><li>- stabilisation des méthodes et facteurs favorables à l'apprentissage collaboratif des processus de co-conception en milieux scolaires afin de les transférer vers un territoire d'innovation élargi (e.g. autres ateliers CANOPE)</li></ul>		
Principaux livrables et jalons (Voir § 4.2): L2.1, L2.2, L2.3, L2.4 ; J2.2			
Recrutement : PhD1 descriptif Annexe 6	Thèse CIFRE 36 mois, de T+6 à T+42, en ergonomie et innovation par l'usage - Bénéficiaire CANOPE ; Encadrement C. BASTIEN & B. ROUSSEL : PERSEUS		

## WP 3. Définition de modèles d'interactions favorables à l'apprentissage et à l'utilisation d'ITA par les enseignants (Annexe 10).

**La conception de l'e-TAC est ici centrée sur les besoins réels des utilisateurs.** Hors, les travaux portant sur les designs d'interactions centrées-utilisateurs ET favorables à l'apprentissage restent parcellaires pour ce nouveau type d'interface d'apprentissage (e.g. [19, 35, 36]). Cela requière de définir des modèles d'interaction certes avec i) les interfaces (IHM) mais aussi ii) avec les savoirs (didactique) et iii) avec les autres (interactions pédagogiques). Cela demande de prendre en compte les besoins réels des enfants (e.g. par rapport à leurs connaissances préalables, stade de développement, habileté manuelle et gestuelle) et de leurs enseignants (e.g. acceptabilité, utilisabilité des technologies). Il faut également envisager des utilisateurs ici multiples dans leur diversité, et interagissant collectivement de façon synchrone dans un environnement spécifique (la classe). Ces aspects d'ergonomie des apprentissages et d'ingénierie pédagogique n'ont, à notre connaissance, jamais été abordé pour ce type d'interface. La caractérisation des modèles interactionnels et leur évaluation seront donc conduites lors d'une thèse interdisciplinaire (PhD2 – Encadrement C.BASTIEN & S. FLECK-PERSEUS/ESPE descriptif Annexes 14). Ce WP impliquera également des stagiaires des Masters ergonomie et MEEF-Ingénierie Pédagogique. Ce WP 3 (en lien avec le WP5) produira un cahier des charges de conception permettant d'intégrer les modèles identifiés à la conception des systèmes interactifs.

[27] - Roussel, B., and Fleck, S., 2015, "Moi, voilà ce que je voudrais que tu me fabriques !" (Lucie, 9 ans) : Design participatif pour l'utilisabilité de marqueurs tangibles en contexte scolaire. In *Proceedings of the 27ème ACM Conférence Francophone IHM'15*, a2, pp.1-9.

[28] - Roussel, B., Bary, R., and Ferioli, M., 2012, method of creativity including an ideas evaluation tool: application in an international workshop. In *Proceedings of the International Design Conference - DESIGN 2012*, (2012),

[29] - Gillier, T., Piat, G., Roussel, B., and Truchot, P., 2010, Managing innovation fields in a cross-industry partnership with C-K design theory, *Journal of Product Innovation Management (JPIM)*, Wiley-Blackwell and Product Development Management Association (PDMA).

[30] - Jaoui, H., 1990, La creativite: mode d'emploi, EME Editions Sociales Françaises (ESF).

[31] - Stewart, S.C., 2011, Interpreting design thinking, *Design Studies*, 32, 6, 515-520.

[32] - Mazzone, E., Read, J., and Beale, R., 2011, Towards a Framework of Co-Design Sessions with Children, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011*, Campos, P., Graham, N., Jorge, J., Nunes, N., Palanque, P., and Winckler, M. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg.

[33] - Rice, V.J.B., 2012, *Designing for Children*, John Wiley & Sons, Inc.

[34] - Bonnard, Q., Verma, H., Kaplan, F., and Dillenbourg, P., 2012, Paper interfaces for learning geometry, *21st Century Learning for 21st Century Skills*, Springer.

[35] - Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., and Dillenbourg, P., 2013, Designing augmented reality for the classroom, *Computers & Education*, 68, 0, 557-569.

[36] - Dunleavy, M., 2014, Design Principles for Augmented Reality Learning, *Tech Trends*, 58, 1, 28-34.

WP 3		Durée : T0 à T+48
Partenaire principal : PERSEUS	Autres partenaires impliqués : Inria, CANOPE, ESPE et Education nationale.	
Objectifs spécifiques du projet visés par ce WP		O1.2 ; O1.3 ; O1.5 ; O2.3 ; O2.4
Moyens et Méthodes :	<p>Elaboration et évaluation des modèles interactionnels pédagogiques et ergonomiques via les méthodologies associées à l'ingénierie pédagogique et à l'expérience utilisateur.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Elaboration des interactions pédagogiques par caractérisation des contenus, des modalités pédagogiques et d'usage élèves/enseignants lors de <i>focus groups</i><sup>6</sup> engageant des enseignants (école, collège, lycée), inspecteurs, chefs d'établissement, formateurs ESPE et chercheurs (O2.2). Un travail spécifique sera mené pour la transposition didactique<sup>7</sup> des savoirs et tâches visées face à ce nouvel environnement pédagogique augmenté.</li><li>- Définition des interactions et des expériences utilisateurs avec l'e-TAC par l'analyse qualitative et quantitative de classes comportementales complémentaires comme i) l'implication dans la tâche (la durée de l'activité, taux de décrochage, niveau d'aide demandé...) ; ii) les comportements verbaux, iii) gestuels et iv) des typologies d'interactions visuelles (e.g. <i>via</i> oculométrie). Des mesures de données physiologiques (e.g. conductivité électrodermale, température cutanée) pourront être associées permettant notamment de prendre en considération la réponse émotionnelle et les facteurs de stress éventuels.</li></ul> <p>Les actions des WP 3 et WP 5 sont en partie superposées, le WP5 permettra la validation des modèles définis</p>	
Principaux livrables et jalons (Voir § 4.2) : L3.1 ; L3.2 ; L3.3 ; L3.4 ; J3.2		
Recrutements: PhD2 descriptif Annexe 6	Thèse en contrat doctoral 36 mois, de T+12 à T+48, partagée avec le WP5 – Bénéficiaire UL-PERSEUS en ergonomie des apprentissages encadrement C.BASTIEN & S. FLECK-PERSEUS/ESPE	

#### WP 4. Conception des systèmes interactifs et des techniques d'interaction associées. (Annexe 12)

Le WP4 se concentre sur la conception et la mise en place des systèmes basés sur les interactions tangibles et augmentées. Cela implique à la fois des défis au niveau recherche pour répondre à des questions comme : *comment afficher des données autour, et sur des objets physiques ? Ou comment permettre à un groupe d'utilisateurs de sélectionner facilement un point particulier sur un objet augmenté ?* Cela implique également des défis technologiques pour assurer la mise en place de dispositifs hybrides qui soient fiables, performants, et peu onéreux. Les chercheurs et ingénieurs d'Inria, PERSEUS, LCOMS et OpenEdge, seront épaulés par un doctorant et des ingénieurs spécialisés qui travailleront en lien direct avec les autres WPs du projet (voir tableau).

WP 4		Durée : T0 à T+48
Partenaire principal : Inria		Autres partenaires impliqués : PERSEUS, LCOMS, Open Edge.
Objectifs spécifiques du projet visés par ce WP		O1.1 ; O1.2 ; O1.5 ; O1.6 ; O2.3 ; O2.4
Moyens et Méthodes :	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mise en place des <b>briques technologiques</b> sur lesquelles reposeront les dispositifs hybrides, e.g. captation d'objets physiques sur et au-dessus de la table de travail, augmentation numérique d'objets physiques. Les développements s'appuieront dans un premier temps sur les dispositifs existants de type VPI, puis s'enrichiront progressivement des possibilités d'interaction issues des technologies Inria-POTIOC (e.g. PapARt). Les équipes LCOMS et PERSEUS se concentreront sur l'interconnexion des différents éléments, en particulier grâce à la technologie Arduino.</li><li>- Conception et mise en place de <b>techniques d'interaction</b> basées sur les briques technologiques citées ci-dessus. L'objectif sera ici de proposer de nouvelles approches permettant la réalisation de tâches d'interaction, par exemple pour permettre aux utilisateurs de regrouper facilement plusieurs documents au travers de gestes simples. Cela implique un travail au niveau des actions des utilisateurs, ainsi que sur la façon d'afficher les données.</li><li>- Développement d'<b>applications</b> hybrides qui s'appuient sur les technologies précédemment citées.</li></ul> <p>Des études utilisateur seront menées tout au long des cycles de développement, en lien direct avec le WP3, afin d'assurer la validité des approches proposées. Pour la bonne réalisation de ces travaux, des efforts importants en R&amp;D devront être mis en œuvre pour permettre l'émergence d'approches innovantes, mais aussi pour permettre une mise en application concrète en salles de classes.</p>	
Principaux livrables et jalons (Voir § 4.2) : L4.1 ; L4.2 ; L4.3 ; L4.4 : L4.5 ; L4.6 ; J4.3		
Recrutement :PhD3 descriptif Annexe 6 IR1 ; IR2, IR3 ; IR4 .	<p>Thèse 36 mois, de T+6 à T+42; – Bénéficiaire : Inria- POTIOC - encadrement M. HACHET. Le doctorant se concentrera sur la conception des systèmes interactifs et des techniques d'interaction. 1 ingénieur de recherche CDD 21 mois, de T+27/48 aura pour mission de stabiliser les technologies créées pour permettre une bonne intégration dans les salles de classes. Bénéficiaire : Inria- POTIOC</p> <p>2 Ingénieurs de recherche CDD 2x21mois, de T+6/T27 puisT+27/48 - Bénéficiaires : UL - PERSEUS &amp; LCOMS ; Ces ingénieurs travailleront en support des travaux de R&amp;D menés chez PERSEUS et LCOMS, notamment autour de l'interconnexion des objets.</p> <p>CDD 24mois, de T+6 à T+30 – Bénéficiaire : Open Edge. Adaptation des outils d'OpenEdge à des jeunes utilisateurs pour rendre possible la co-conception de dispositifs tangibles avec des enseignants, et élèves.</p>	

<sup>6</sup> Méthode qualitative de recherche qui favorise l'émergence de toutes les opinions. Conduite en groupe de 6 à 10 personnes, elle favorise l'implication des acteurs en lui accordant la parole et le reconnaissant expert de son vécu personnel ou professionnel.

<sup>7</sup> « Correspond au processus complexe de transformation, d'interprétation et de réélaboration didactique du savoir scientifique constitué dans différents domaines de connaissance et ayant comme point final l'ensemble des connaissances acquises par les élèves. ». [37]. Paun, E., 2006, Transposition didactique: un processus de construction du savoir scolaire, *Carrefours de l'éducation*, 2, 3-13.



## Axe 2 : EVALUER

Dans la poursuite des travaux d'évaluation des pratiques existantes (WP1) et des techniques d'interaction (WP 3), il est nécessaire d'évaluer l'impact de l'e-TAC sur les apprentissages et les pratiques professionnelles. Cette action centrale du projet est prise en charge par un groupe de travail spécifique : le WP5.

### WP 5. Evaluation pédagogique, ergonomique et culturelle des impacts d'ITA sur les apprentissages, les interactions pédagogiques et sociales, les pratiques professionnelles (Annexe 13)

Les évaluations, seront menées **en contexte réel d'utilisation** ce qui est rarement effectué dans ce type d'étude. Elles seront conduites durant les trois dernières années du projet pour avoir des données à court et moyen termes (i.e. les élèves initialement en cycle 3 étant alors au collège durant la fin du projet). Elles porteront sur :

- **la qualité et la nature des connaissances et compétences** construites, par l'analyse des productions/activités des élèves en fonction de l'âge des apprenants (C3/C4), des apprentissages médiés (App1/App2), du contexte pédagogique de classe *versus* en *living lab*, et **comparativement à des élèves et enseignants n'utilisant pas l'ITA** durant des enseignements similaires. (voir présentation du contexte pédagogique § 3.4 et calendrier partie 4)
- **la nature des interactions** gestuelles, verbales et visuelles avec l'ITA, avec les savoirs transposés et entre les personnes membres du groupe collaborant (i.e. enseignants/élèves, élèves/élèves, enseignant/enseignant – caractérisation des modes sociaux de co-construction de connaissances). Les activités d'apprentissage augmentées et plus tangibles seront spécifiquement observées dans le but de comprendre comment individuellement et collectivement les élèves mobilisent les savoirs et les reconstruisent au cours de leurs activités en manipulant des ITA. Ce travail correspond à la continuité des travaux de la thèse partagée avec le WP3 sur la caractérisation des modèles interactionnels (Annexe 10).
- **l'évolution des cultures et pratiques professionnelles** d'enseignement (ici comparativement au diagnostic du WP1) vis-à-vis des outils numériques émergents et de la conception/gestion des apprentissages collaboratifs.

L'action tient compte des spécificités d'une recherche menée en classe, et mobilisera donc les principes de la recherche mixte en éducation et des méthodologies de la recherche action et quasi-expérimentales [38] tels que déjà mobilisés dans des travaux antérieurs des membres de ce groupe de travail (e.g. [19, 20, 39-41]).

Elle mobilisera également les enseignants impliqués sur les modèles de la recherche-action, les chercheurs-formateurs ESPE, mais aussi des étudiants et étudiants/professeurs-stagiaires des Masters MEEF au cours de leur TER<sup>8</sup> ou projet post-MEEF. Les équipes utiliseront également tous les dispositifs mobiles d'évaluation de PERSEUS et de l'atelier CANOPE Moselle, complétés par les investissements matériels nécessaires (e.g. logiciels pour analyse comportementale Noldus, eye-trackers Tobii system, laboratoires mobiles de captures vidéo Noldus).

WP 5		Durée : T+12à T+48
Partenaire principal : LCOMS-ESPE	Autres partenaires impliqués : PERSEUS, CREM, Education Nationale.	
Objectifs spécifiques du projet visés par ce WP		<b>O1.1 ; O1.3 ; O1.4 ; O1.5 ; O1.6 ; O2.1 ; O2.3</b>
Moyens et Méthodes :	<p>Expérimentations par séries chronologiques comparatives et/ou comparaisons entre groupes contrôles similaires (mais non équivalents du fait du contexte réel de classe).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- évaluation de l'évolution des représentations<sup>9</sup> et identification des principaux concepts obstacles aux apprentissages/ à l'enseignement notamment via l'analyse i) des productions d'élèves écrites, dessinées et/ou verbales (en pré et post-tests, mais aussi tout au long de la période des enseignements) et ii) des tâches professionnelles associées (analyse des écrits professionnels et d'entretiens).</li><li>- analyse qualitative et quantitative des activités effectives et des interactions, assistées par les moyens méthodologiques identiques à ceux mobilisés par le WP3 (eye-tracking, analyse sémantique des échanges verbaux, analyse vidéo de l'activité et des comportements...).</li><li>- analyse des captures d'évènements utilisateurs lors d'apprentissages collaboratifs (e.g. trajets de déplacement des objets) obtenues par le traçage des artefacts tangibles. Ces données seront croisées avec les données recueillies lors des diverses évaluations et observations des élèves afin de déterminer plus finement l'impact des interactions gestuelles, visuelles et verbales sur les processus d'apprentissage <i>via</i> ITA.</li></ul>	
Principaux livrables et jalons (Voir § 4.2) : L5.1 ; L5.2 ; L5.3 ; J5.2		
Recrutement : PhD2 descriptif Annexe 6	Thèse en contrat doctoral 36 mois, de T+12 à T+48, partagée avec le WP3 – Bénéficiaire UL-PERSEUS en ergonomie des apprentissages encadrement C.BASTIEN & S. FLECK-PERSEUS/ESPE	

[38] -Pinard, R., Potvin, P., and Rousseau, R., 2004, Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation, *Recherches qualitatives*, 24, 58-80.

[39] - **Fleck, S.**, Simon, G., and **Bastien, C.**, 2014, AIBLE: An Inquiry-Based Augmented Reality Environment for teaching astronomical phenomena. In *Proceedings of the 13 th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - ISMAR*, (Munich, 2014), 65-66.

[40] - **Bertolo, D.**, Nigay, L., Pelurson, S., and **Vivian, R.**, 2015, Exploratory Experimentation of Three Techniques for Rotating a 3D Scene by Primary School Students. In *Proceedings of the 27ème conférence francophone IHM'15*, w22.

[41] - **Bertolo, D.**, **Vivian, R.**, and Dinet, J., 2013, Propositions and Evaluation for a Categorization of Interactions in 3D Geometry Learning Context, *International Journal of Advanced Computer Science*, 3, 12

<sup>8</sup> Travail d'étude et de Recherche finalisé par un mémoire de Master MEEF

<sup>9</sup> Les représentations sont des images mentales que construit l'individu pour appréhender des notions abstraites. Il se les approprie, les reconstruit et les intègre, influencé notamment par sa perception du monde/des concepts, le système de croyances qui l'entoure. [42] Seca, J.-M., 2010, Les représentations sociales, Armand Colin.

Le WP 5 a également pour objectif de réguler les processus de conception (WP 4) en fournissant des résultats à chaque étape du prototypage.

L'ensemble de ces études fera bien évidemment l'objet d'un **encadrement légal** stricte tant sur le droit à l'image que pour la protection des données personnelles (Déclarations CNIL, consentements éclairés, droit à l'image).

### **Axe 3 : FORMER**

L'action de formation (O2.1 et 2.2) associée à e-TAC est un axe à part entière du projet et se décline à différentes échelles. L'ensemble des actions de cet axe sera coordonné par le WP 6 en charge de la dissémination du projet (Formation – Communication – Valorisation ; voir également § 4.5).

Le projet e-TAC propose le développement de contenus autour de trois axes de formation : Le numérique pour soutenir les apprentissages et ses pratiques, les apports du numérique émergent pour l'apprentissage collaboratif et co-concevoir ses propres outils numériques pour/avec sa classe.

Ils seront mis en œuvre selon trois modalités complémentaires pour un impact auprès des professionnels, et ce dès le début de carrière pour certains :

1- Engager des individus et des équipes dans une **démarche individuelle et collective de développement professionnel à et par la recherche** :

Le projet e-TAC impliquera un territoire éducatif s'élargissant en fonction des actions du projet (voir Figure 6).

Les différents niveaux d'implication au sein des actions du projet lui-même des enseignants, des professeurs stagiaires, d'étudiants en Master, l'expertise gagnée ou l'expérience vécue, devraient enrichir les compétences professionnelles dans les domaines mobilisés (apprentissage collaboratif, usage pédagogique du numérique, co-conception d'objets technologiques....). De plus, les méthodes décrites précédemment (i.e. *focus groups*) apparaissent favorables au renforcement de la coopération d'équipes au sein/entre écoles, collèges et avec des partenaires de l'école tels que l'Université, l'ESPE ou CANOPE (compétences 11 et 12 du référentiel de compétences de l'enseignant).

2- Contribuer à la **formation initiale** : dès les premiers temps du projet, l'EPSE favorisera (Annexes 3-9) l'intégration au sein de modules des Masters MEEF (i.e. Projet post-MEEF, Atelier de polyvalence, mémoire de TER, projet d'ingénierie pédagogique - plusieurs membres du projet sont responsables de parcours ou d'unités d'enseignements) d'actions du projet (e.g. participation aux sessions en *living lab*, aux évaluations des apprentissages) et de contenus en lien avec les axes du projet (e.g. le numérique collaboratif, les technologies émergentes pour l'apprentissage).

3- Concevoir des actions de **formations continues** : elles seront proposées par l'entreprise Open Edge (i.e. prototypage rapide, utilisation d'imprimante 3D à l'école primaire) et par les partenaires dont c'est la mission directe : CANOPE Moselle (e.g. MAGISTERE, webTV), ESPE *via* le Master MEEF « Ingénierie et Développement Professionnel »<sup>10</sup>, inspections et DANE (e.g. animations pédagogiques de circonscription, formation des animateurs TICE).

Au-delà, e-TAC permettra un réel partage de cultures entre les mondes de l'enseignement et de la recherche. Aspects qui nous semblent particulièrement favorables à la **formation des 3 jeunes chercheur-e-s en contrats doctoraux** en collaboration avec les **écoles doctorales** des universités impliquées (formation également appuyée par leur participation aux séminaires organisés par le WP6 -voir partie 4- et aux doctoriales) ; et des **6 ingénieur-e-s** : deux ingénieurs d'étude (dont un ingénieur pour la gestion du projet) et 4 ingénieurs de recherche (dont un au sein de la société **Open Edge**) impliqués dans e-TAC.

Enfin, l'ensemble de ces actions, associé à la communication scientifique des résultats dans des revues de recherche et congrès nationaux et internationaux, l'organisation d'un colloque, permettra de **valoriser** auprès d'une communauté élargie les résultats du projet. L'ensemble des partenaires participera ainsi également à la **diffusion de ressources numériques éducatives vers un territoire étendu**. Ainsi, le WP6 accompagnera la **valorisation des prototypes** validés par la démarche de projet. CANOPE se positionne en ce sens comme partenaire privilégié. Ce positionnement de producteur de ressources numériques lui permettra d'en envisager la **diffusion** auprès des acteurs de l'éducation dans les meilleures conditions.

<sup>10</sup> Ce Master MEEF concerne prioritairement les enseignants titulaires qui souhaitent acquérir le grade de Master et faire évoluer leurs pratiques professionnelles. 4 enseignants chercheurs (PERSEUS/CREM/LCOMS) et 2 formateurs ESPE du projet interviennent directement dans ce parcours

### 3.4. Dispositifs pédagogiques associés à la conception et à l'évaluation

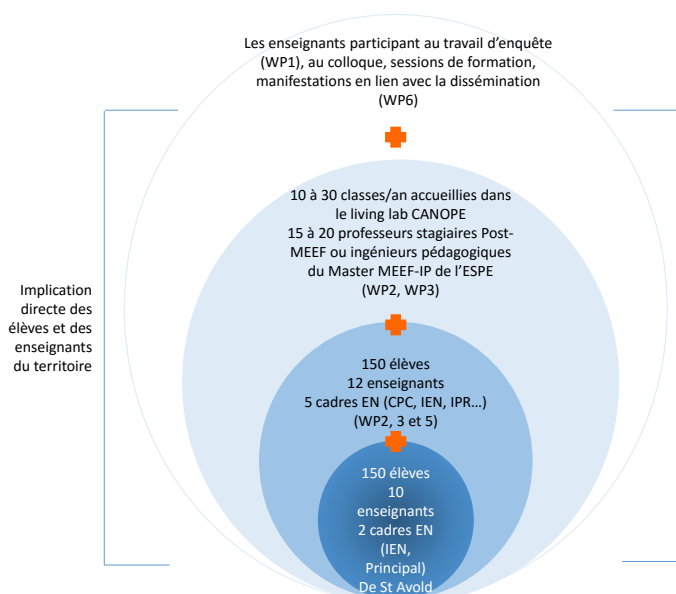
Figure 6 : Le territoire éducatif d'e-TAC au sein de l'académie. Chaque cercle, également inclus dans le suivant, définit les participants aux actions du projet.

#### AXE 1 - CONCEVOIR

- **En living lab** : 10 à 30 classes par an des cycles 3 et 4 de Moselle, viendront vivre des sessions de conception/tests utilisateurs dans le cadre de sorties scolaires au sein du *Living Lab* CANOPE (notamment prises en charge par la communauté de commune associée au projet pour les classes de St Avold) ou directement dans leurs établissements grâce au développement d'une plateforme mobile (en partie soutenue par les collectivités territoriales et CANOPE).

- **En projets et EPI « Design »** : Cette action se déroulera en classe de cycles 3 et 4 des écoles et collèges de St Avold (premier cercle Figure 6)

lors des deux premières années du projet au moins et ce, en collaboration avec ESPE, CANOPE Moselle, Open Edge et en mobilisant un laboratoire mobile d'analyse des usages (investissement demandé - PERSEUS). Les élèves mèneront une réflexion sur l'ergonomie, notamment sur les formes et utilisations des objets tangibles. Ils effectueront les maquettages et prototypages *via* impression 3D associés aux deux applications de l'e-TAC (voir § 3.2). Il sera ici nécessaire de perfectionner l'interface utilisateurs de machines de prototypage rapide **Open Edge** pour qu'elle soit adaptée à de jeunes utilisateurs (recrutement IR5). Ces enseignements en projet sont pensés pour participer à la construction de compétences du Domaine 4 « *Les systèmes naturels et les systèmes techniques* » du nouveau socle et permettent la mise en œuvre des nouveaux programmes de technologie (i.e. cycle 3 « *Concevoir et produire tout ou partie d'un objet technique en équipe pour traduire une solution technologique répondant à un besoin* » et cycle 4 « *Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet communicant* »). De plus, la restitution de ces projets se fera au cours d'un des séminaires annuels du projet e-TAC (voir § 4.1) par les élèves eux-mêmes, et ce pour leur permettre d'aboutir dans la conduite de leur projet de conception et viser l'ensemble des compétences du nouveau programme (Voir détails en Annexes 15).



#### AXE 2 – EVALUER

Les évaluations seront conduites au cours de **projets** de nature différente supportés par les deux applications décrites précédemment **au sein de 8 classes de primaire et 2 collèges en cycles 3 et 4** (deuxième cercle Figure 6 )

##### - EPI/projet 1 : L'interculturalité : France/Allemagne d'un pays à l'autre (Langues et interculturalité)

Co-animé par des professeurs des écoles, les professeurs d'Allemand, de Français et de Technologie, les élèves des cycles 3 et 4 auront en amont collectés des données (textes, images, vidéos, sons). Ils utiliseront l'e-TAC pour faire du tri informationnel collaboratif directement dans l'espace physique de la classe. Les objectifs pédagogiques visés sont en lien avec les nouveaux programmes (e.g. cycle 4 Technologie « *Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés* » ; cycle 3 Français « *Comprendre des textes, des documents et des images et les interpréter* »). Ils visent à enrichir le vocabulaire et la connaissance de la culture du pays voisin (cycle 3 Langue vivante « *Identifier quelques grands repères culturels de l'environnement quotidien des élèves du même âge dans les pays ou régions étudiés* ») par la mise en forme collective de comptes rendus et par l'élaboration de cartes mentales. Ce projet dans le secteur transfrontalier qu'est la Moselle pourra s'inscrire dans le cadre d'un échange avec un collège du Sarreland (Allemagne).

##### - EPI/projet 2 : Education au territoire : comprendre les paysages qui m'entourent (Sciences et Technologie)

Les professeurs des écoles, professeurs de SVT, de mathématiques et de géographie intégreront cet outil dans leurs programmations de projets interdisciplinaires dédiées à compréhension de la genèse d'un paysage, de la place de l'Homme dans son environnement et de son rôle dans la modification ou la préservation de cet espace. L'e-TAC mobilisera chez les élèves la cognition spatiale et la causalité autour, par exemple, de la déformation de la croûte terrestre, l'action de l'érosion mais aussi de l'action de l'Homme sur son milieu, dans l'espace et le temps, en accord avec les nouveaux programmes de sciences (e.g. cycle 3 « *La planète Terre. Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage* » ; cycle 4 « *programmes de SVT : La planète Terre, l'environnement et l'action humaine* ») et de mathématiques (e.g. cycle 3 « *(Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations* » ; cycle 4 « *représenter l'espace : Développer sa vision de l'espace* »)

### 3.5. Résultats attendus et perspectives

#### Scientifiques et Technologiques :

- **Précision des cadres théoriques, établissement de concepts, méthodes et outils** favorables i) à la co-conception d'outils numériques par les élèves et leurs enseignants en contexte scolaire, ii) aux apprentissages collaboratifs soutenus par des interfaces tangibles et augmentées; iii) à l'intégration dans les pratiques professionnelles des technologies invoquées,
- **Développement d'interfaces tangibles, augmentées et collaboratives** répondant aux besoins de leurs utilisateurs (élèves et enseignants) tant d'un point de vue ergonomique que pédagogique et ayant atteint un niveau de maturité favorable à leur valorisation (i.e. brevets, diffusion).
- **Augmentation du corpus de connaissances** sur les impacts d'ITA sur les apprentissages, les processus interactionnels mobilisés, les relations au sein de la classe mais aussi sur les pratiques professionnelles d'enseignement.

#### Pédagogiques :

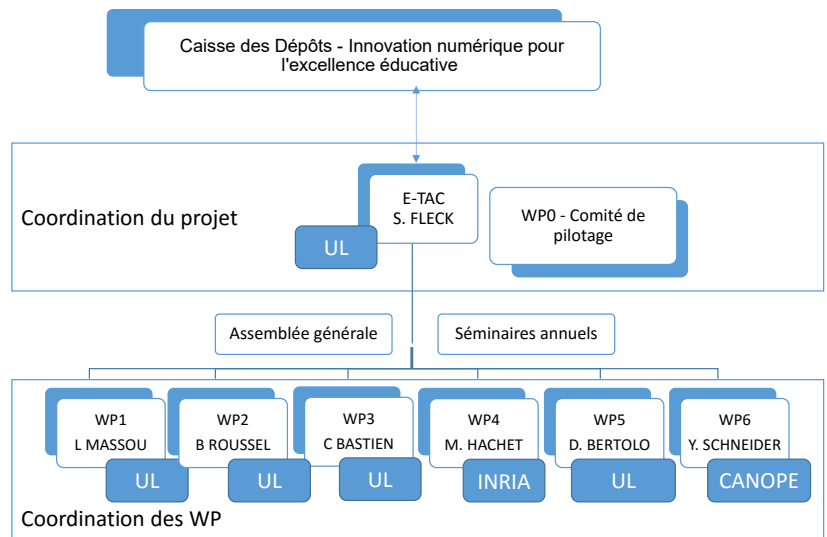
- **Définition de pratiques pédagogiques et d'outils collaboratifs à forte valeur ajoutée numérique** en s'appuyant sur des démarches i) de design participatif en production, ii) d'observation et analyses de pratiques et iii) d'information sur les usages.
- **Formation** d'un réseau de professionnels de l'enseignement et de la recherche aux technologies émergentes pour l'éducation, à l'apprentissage collaboratif soutenu par le numérique, à la conception participative et au prototypage rapide.
- **Edition de contenus numériques et pédagogiques** d'enseignement et de formation validés par la démarche scientifique proposée.

Le projet e-TAC a pour perspective la structuration et la pérennisation de ce territoire éducatif de conception participative dédié aux interfaces de nouvelles génération et ce au-delà de l'AAP e-FRAN. Au travers de ce territoire (e.g. au sein du collège et écoles équipés spécifiquement dans le cadre de ce projet, dans le *Living Lab* physique et mobile de CANOPE, des modules de formation conçus), il sera alors possible d'accueillir et initier d'autres projets d'innovation pédagogiques par le numérique, qu'ils soient portés par des enseignants, des élèves, des chercheurs ou des entreprises. e-TAC pourra également être étendu à d'autres contextes éducatifs nationaux et internationaux (i.e. projet COST ENGEGENERATE<sup>11</sup>) et de formation (e.g. enseignement supérieur voir Annexes 3).

## 4. Organisation du projet

### 4.1. Pilotage du projet

Avec 4 bénéficiaires incluant 4 équipes de recherches, 2 structures de formation, une entreprise, l'Education nationale, appuyés par des collectivités territoriales et le rectorat, le projet e-TAC est un projet relativement important pour lequel nous avons défini une structure de gouvernance peu complexe : Le WP0, structure de coordination et de prise de décisions coordonnée par la porteuse de projet.



Un **comité de pilotage** (CP) sera constitué des différents coordonnateurs des WP, des représentants des différents acteurs du projet (dont le rectorat et les collectivités territoriales), d'un représentant des enseignants et d'un représentant des doctorants, des ingénieurs élus lors des séminaires du projet (voir Annexe 14). Les décisions se prendront à la majorité des votes, sous réserve d'atteindre le quorum de 50% des membres du comité. Il est prévu pour se réunir environ tous les 6 mois, mobilisant la visio-conférence si nécessaire. Un **bureau exécutif**, constitué des responsables de WP et du chef de projet, prendra les décisions à court terme pour le compte du CP, après consultation du CP par mail. Comme décrit précédemment, chaque objectif du projet est pris en charge en sous-projets par des équipes interdisciplinaires réparties en WP : WP1 à 5 pour gérer la recherche collaborativement et WP6 pour la formation, la valorisation et la dissémination.

<sup>11</sup> La porteuse de projet est membre du projet COST " ENGEGENERATE : Empowering Children through Digital Fabrication and Designerly Thinking" (Prof Netta Iivari - Finlande; porteur de projet)

Le WP0 a en charge :

1. la gestion du projet et son auto-évaluation ;
2. l'organisation des séminaires annuels ;
3. l'organisation des recrutements ;
4. l'organisation et la régulation des actions pédagogiques et des actions de recherche ;
5. la gestion des questions juridiques, éthiques et déontologiques ;

Un-e assistant-e de projet (IE6) sera recruté-e à mi-temps pendant 4 ans pour prendre en charge les questions administratives liées à l'organisation, la comptabilité, la communication interne au projet.

#### 4.2. Rôle et responsabilités des acteurs impliqués

Les personnes membres de e-TAC se sont regroupées sur la base de leurs compétences pour permettre la réussite de ce projet. Les ressources des partenaires sont résumées dans les tableaux ci-après, voir Annexes 2 pour une présentation détaillée des membres des différents WP.

##### Partenaires de recherche :

L'Université de Lorraine, porteuse du projet, est pleinement investie dans e-FRAN (voir § 5). Elle met à disposition ses infrastructures de recherche et mutualise les compétences de 3 de ses laboratoires PERSEUS, CREM et LCOMS coordonnant les WP 0, 1, 2, 3 et 5. Elle implique **9 de ses chercheurs : Professeur des Universités et Maîtres de Conférences**, dont les activités de recherche répondent parfaitement aux objectifs du projet. Ces dernières présentent bien la complémentarité des acteurs-trices impliqués-e-s dans e-TAC. De plus, 8 des 11 personnels de l'université interviennent dans les différents parcours des Masters MEEF de l'ESPE de Lorraine (voir ci-après). Enfin, Université de Lorraine accompagne le projet e-TAC *via* les services de la direction du numérique et de la direction des projets et partenariats.

Inria met à disposition du projet tout l'environnement technologique de son centre de Talence permettant le développement de nouveaux systèmes interactifs. Il mobilise pour le projet e-TAC un **Chargé de Recherche 1**, responsable de l'équipe Potioc qui coordonnera le WP4 (voir Annexe 12). De plus, deux **ingénieur-e-s Inria** consacreront une partie de leur temps au projet e-TAC pendant la première année et effectueront un transfert de compétences vers le thésard et l'ingénieur de recherche spécifiquement recrutés.

Les descriptifs plus détaillés des thèses se trouvent en Annexe 6.

L'ensemble des WP mobilisera également la participation d'étudiants en **stage de Master**, dont certains indemnisés

Les ETP sont calculés ici sur la totalité du projet, en Homme-an

Nom du partenaire	Acteurs mobilisés	Rôle et responsabilité dans le projet	ETP consacré au projet	Dont : ETP financé par la subvention PIA
<b>Université de Lorraine</b>				
<b>PERSEUS</b>	Stéphanie FLECK MdC & Formatrice ESPE	Responsable du projet (WP0) Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherches sur les aspects didactiques et IHM pour l'apprentissage, conception didactique de l'ITA, modélisation et évaluation des modèles interactionnels, évaluation des apprentissages au sein des WP 2, 3, 4 et 5 Co-encadrement doctoral (PhD2) et de Masters MEEF (TER) Mise en place de modules de formation initiale au sein des Master MEEF-IP et MEEF premier degré	1,2	-
	Christian BASTIEN PU	Responsable du WP 3 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherches en ergonomie des IHM au sein du WP1, 2 et 3. Etude de l'acceptabilité de technologies émergentes comme les ITA, modélisation des interactions par oculomotrie, approche méthodologique des expériences utilisateur en contexte scolaire Co-encadrement doctoral (PhD 1 et 2) et de Masters en ergonomie	0,8	-
	Benoit ROUSSEL MdC	Responsable du WP 2 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherches au sein du WP2 sur les processus d'innovation par l'usage, de la transférabilité des processus d'innovation participative Coordination des actions de conception participative en établissement scolaire Co-encadrement doctoral (PhD1)	0,80	-

	Robin VIVIAN MdC (HDR en cours)	Recherches au sein des WP 3 et 4 sur les interactions gestuelles dans l'espace et transfert des interactions tactiles, travail autour de l'affordance des interfaces. Encadrement de l'ingénieur IR 1	0,6	-
	Doctorant-e (PhD2)	Caractérisation des techniques interactionnelles mobilisées par des Interfaces Tangibles et Augmentées favorables à l'amélioration de l'apprentissage collaboratif et mesure des impacts sur les apprentissages et les pratiques professionnelles en contexte scolaire	3	3
	Ingénieur-e de Recherche (IR1)	Conception d'interfaces tangibles permettant de manipuler avec efficacité et efficience l'ensemble des éléments virtuels dans une situation d'apprentissage en s'appuyant notamment sur la capture de mouvements	1,75	1,75
	Ingénieur-e d'étude (IE2)	Assistant-e de projet à mi-temps. Accompagnement administratif et financier de la gestion du projet (WP0)	2	2
CREM	Luc MASSOU MdC	Responsable du WP 1 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherche au sein du WP 1 et 5. Analyse des pratiques collaboratives entre élèves et enseignants, et de leur rapport aux usages du numérique déjà en place en milieu scolaire. Encadrement de l'ingénieur IE1 et de Masters MEEF (TER) Mise en place d'actions de formation au sein du Master MEEF -IDP	0,80	-
	Pierre HUMBERT MdC	Recherche au sein du WP 1 et 2 Analyse des pratiques collaboratives et des processus de conception participative. Etude de l'acceptabilité de technologies émergentes comme les ITA en classe.	0,60	-
	Pierre MORELLI MdC	Recherche au sein du WP1 et 5. Analyse des pratiques collaboratives existantes entre élèves et enseignants. Etude de l'impact des ITA sur les pratiques enseignantes. Evaluation des facteurs de transférabilité à d'autres contextes scolaires	0,60	-
	Catherine KELLNER MdC	Recherche au sein du WP1 et 5. Analyse des pratiques collaboratives existantes entre élèves et enseignants. Etude de l'impact des ITA sur les pratiques enseignantes. Evaluation des facteurs de transférabilité à d'autres contextes scolaires	0,60	-
	Ingénieur-e d'étude (IE1)	Mise en œuvre des enquêtes et analyse des pratiques collaboratives entre élèves et enseignants, et de leur rapport aux usages du numérique déjà en place en milieu scolaire. Etude de l'acceptabilité de technologies émergentes comme les ITA en classe.	1	1
LCOMS	David BERTOLO MdC & Formateur ESPE	Responsable du WP 5 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherches sur les aspects didactiques et IHM pour l'apprentissage, conception didactique et technologique des interfaces connectées, évaluation des modèles interactionnels, évaluation des apprentissages au sein des WP 2, 3, 4 et 5 Encadrement de Masters MEEF. Mise en place de modules de formation initiale au sein du Master MEEF-IP, second degré.	0,80	-
	Ingénieur –e de Recherche (IR 2)	A partir des prototypes construits par les élèves, développement d'objets connectés exploitant les interactions gestuelles telles que la vitesse du mouvement de l'utilisateur, orientation de l'objet dans l'espace.	1,75	1,75
Direction des partenariats UL	Nicolas DUPUY Ingénieur de recherche	Membre du comité de pilotage Ingénieur projet en charge d'accompagner le projet tout au long de sa mise en œuvre pour UL		
INRIA				
POTIOC	Martin HACHET CR1 (HDR) et responsable de l'équipe	Responsable du WP 3 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif Recherches au sein des WP 3 et 4 sur les interactions Homme-Machine mobilisant les ITA et plus particulièrement sur les interactions avec la réalité augmentée pour l'apprentissage Encadrement doctoral (PhD 3) et des ingénieurs Encadrement de Masters IHM	1,4	-



	Thibault LAINE Ingénieur	Aspects matériels nécessaires au projet (cartes électroniques, protocoles de communication)	0,25	0,25
	Benoit COULAIS Ingénieur	Aspects logiciels (architecture logicielle, rendu 3D temps-réel, optimisation)	0,27	0,27
	Doctorant-e (PhD3)	Conception, mise en œuvre, et évaluation d'environnements hybrides favorisant un apprentissage collaboratif basé sur l'investigation et la modélisation informationnelle.	3	2,4
	Ingénieur-e de recherche (IR3)	Développement et finalisation des prototypes développés au sein du WP3 pour atteindre un TRL <sup>12</sup> 6 à 8.	1,75	1,75

### Autres partenaires et acteurs institutionnels

CANOPE mobilise spécifiquement dans ce projet les **personnels** de son **atelier de Moselle** en lien avec le *Fab lab/Living Lab*. Il a obtenu la labélisation nationale en tant que centre pilote pour la conception participative, l'évaluation des usages pédagogiques de ressources numériques pour l'apprentissage, en partenariat avec le laboratoire PERSEUS. De plus CANOPE mobilise fortement ses services académiques tels que **les ressources numériques, la formation, l'innovation, la valorisation et la commercialisation**. Soit un équivalent de 3.5H-an représentés au sein des différents WP par M. NEYRAT, **directeur de l'atelier 57** et M. SCHNEIDER **directeur territorial adjoint** également en charge de coordonner le WP6 (Voir Annexe 14)

Nom du partenaire	Acteurs mobilisés	Rôle et responsabilité dans le projet	ETP consacré au projet	Dont : ETP financé par la subvention PIA
<b>CANOPE</b>				
	Yves SCHNEIDER Directeur territorial adjoint	Responsable du WP6 Membre du comité de pilotage et du bureau exécutif En charge de la dissémination des résultats du projet	0,7	-
	Jean-Christophe NEYRAT Directeur Atelier CANOPE Moselle	Membre du comité de pilotage Coordination des actions au sein du <i>living lab</i> de l'atelier Moselle (WP 2, 3 et 5)	1	-
	Jean-Albert FOFANO Ingénierie Pédagogique	WP 2 et 6 Expertise dans le domaine des usages pédagogiques du numérique ; Formation et accompagnement aux usages des nouvelles technologies ITA	0,20	-
	Sébastien LEHMAN Coordination Innovation	WP2 et 6 Co-développement et médiation des ressources, accompagnement des usages	0,10	-
	Grégory HARTMANN Assistance informatique	WP2 et 3 Expertise informatique réseaux et systèmes	0,10	-
	Géraldine BOISELET Médiation Numérique	WP2 Co-Animation du <i>living lab</i> . (notamment sessions de design participatif)	1,20	-
	Estelle CHANGY Service valorisation commerciale	WP6 Etude marketing et perspectives de communication et valorisation de l'offre produite	0,15	-
	Jean-Luc BRANDT Service Valorisation	WP6 Etude fabrication des prototypes et analyse process de diffusion accompagnement des produits	0,30	-
	Doctorant-e (PhD1)	Modélisation des processus de coopération lors de démarches amonts de co-conception centrées usage : caractérisation et mesure des impacts des méthodes et facteurs contextuels en situation d'apprentissage en contexte scolaire.	3	1,5

<sup>12</sup> Niveau de maturité technologique (en anglais *Technology Readiness Level*). Le TRL 8 correspond à un prototype ayant fait ses preuves en contexte réel d'utilisation. Plus de détails sur [http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions\\_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015-annexes.pdf](http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015-annexes.pdf)

L'ESPE de l'Université de Lorraine mobilise directement deux de ses formateurs spécialistes des apprentissages soutenus par le numérique (**Professeurs des Ecoles Maître Formateurs**) (Annexes 2 & 3-9) en complément des enseignants-chercheurs issus des équipes de recherche précédemment cités en poste à l'ESPE et/ou en chargés de formations, responsables de parcours, ou en charge d'unités d'enseignements au sein des premières et deuxième années des différentes mentions du Master MEEF (e.g. 1<sup>er</sup> degré, 2<sup>d</sup> degré Mathématique et Documentation, Ingénierie pédagogique).

Nom du partenaire	Acteurs mobilisés	Rôle et responsabilité dans le projet	ETP consacré au projet	Dont : ETP financé par la subvention PIA
<b>Université de Lorraine - ESPE</b>				
ESPE de Lorraine	Michel BEHR PEMF	Membre du comité de pilotage Mise en œuvre et accompagnement de la formation initiale au sein du MEEF second degré, des projets post-MEEF	0,6	-
	Sébastien PARMENTIER PEMF	Mise en œuvre et Accompagnement de la formation initiale au sein du MEEF premier degré, projets post MEEF	0,6	-

### ***Personnels de l'Education nationale impliqués dans le cadre de la recherche participative***

Le collège Jean de la Fontaine de St Avold, partenaire direct du projet (voir Annexe 0), met à disposition ses locaux et infrastructures, et mobilise **six PLC<sup>13</sup>** enseignant respectivement en Français, Allemand, Mathématiques, Physique-Chimie, SVT et Technologie, tous très motivé-e-s pour participer à la mise en place des 3 EPI décrites en partie 3.4. La coordination sera effectuée par M. Flavien CAMMI, **Principal du collège** également membre du WP0.

La circonscription de St Avold Est mobilisera, tout au long des 48 mois, **quatre enseignant-e-s de cycle 3** motivé-e-s pour participer à la mise en place des projets pédagogiques décrits en partie 3.4, et **quatre classes supplémentaires** à partir de la deuxième partie du projet, dans le cadre des travaux du WP5. La coordination sera assurée par M. Nicolas DURUPT, **Inspecteur de la circonscription de St Avold Est** et membre du WP0. La commune de Saint-Avold est marquée par la désindustrialisation. De nombreux quartiers, anciennes cités houillères, se situent dans une grande périphérie du centre-ville économique, parfois à une dizaine de kilomètres. Aussi, ce projet novateur répond-il à une réelle demande des enseignants de ces établissements intervenant sur des publics très hétérogènes, incluant le handicap, l'illettrisme et l'analphabétisme, toujours dans un seul objectif : permettre un meilleur apprentissage pour la réussite de tous les élèves.

De plus, M. Hervé GAGLIARDI, **Principal du collège Pierre Mendès France de Woippy**, partenaire du projet, engage **six PLC** enseignant-e-s de cycle 4 pour participer au *focus groups* et pour mettre en place des EPI dans un premier temps sans ITA puis qui utiliseront les deux interfaces conçues à partir de T+24 (second cercle Figure 6).

Enfin, **les lycées Charles Julliy de St Avold et Cormontaigne de Metz** s'associent au projet (Annexes 3), notamment par la mobilisation de **trois de leurs enseignants PLC expérimentés** dans l'apprentissage collaboratif en Physique, Documentation et en Sciences Economiques et Sociales, tous volontaires pour participer aux sessions de *focus groups*.

Nom du partenaire	Acteurs mobilisés	Rôle et responsabilité dans le projet	ETP consacré au projet	Dont : ETP financé par la subvention PIA
<b>Education Nationale</b>				
Collège J. de la Fontaine	Flavien CAMMI Chef d'établissement	Membre du comité de pilotage Coordination des actions menées au sein du second degré et de son établissement	0,15	0,15
Collège P.Mendes France	Hervé GAGLIARDI Chef d'établissement	Coordination des actions menées au sein de son établissement	0,1	0,1
	12 PLC des collèges partenaires	Co-conception des EPI et des contenus didactiques en focus groups Mise en œuvre et Co-évaluation des impacts en situation de classe dans le cadre de leurs services	0,6 en plus des obligations statutaires	0,6

<sup>13</sup> PLC : Professeur de Lycée et Collège



	Nicolas DURUPT Inspecteur de la circonscription de St Avold-Est	Membre du comité de pilotage Coordination des actions menées au sein du premier degré à St Avold	0,15	0,15
	8 Professeurs des écoles	Co-conception des projets de classe et des contenus didactiques en focus groups Mise en œuvre et Co-évaluation des impacts en situation de classe dans le cadre de leurs services	0,5 en plus des obligations statutaires	0,5
	3 PLC des lycées associés	Co-conception des contenus didactiques en focus groups	0,13	0,13
DANE Académie de Nancy-Metz	Pascal FAURE Délégué Académique au Numérique	Membre du comité de pilotage Représentant des services du rectorat		

L'organisation des dispositifs pédagogiques et leur régulation (en moyenne 4 à 8 jours par an), les sessions de *focus groups* (3 rencontres de 5h pour chaque session au nombre de 4 sur toute la durée du projet), la participation aux séminaires du projet, mobiliseront les enseignants partenaires en dehors de leurs obligations de service. L'ensemble de ces mobilisations requiert la prise en charge **d'heures de vacances et de frais de déplacements. Le versement sera assuré par le porteur de projet.**

### Entreprise Partenaire : Open Edge

La **directrice opérationnelle** au sein de la société **Open Edge** (voir Annexe 2) est directement mobilisée dans ce projet. Elle assurera notamment les temps de formation des enseignants et le suivi du développement de l'interface dédiée au jeune public pour l'utilisation des imprimantes 3D lors des prototypages rapides en classe. Créée en 2013, la société Open Edge développe des machines à commande numérique. L'entreprise s'inscrit dans les mouvements open-source et open-hardware de façon à bénéficier à la communauté. Les imprimantes 3D conçues par Open Edge sont en partie auto-répliquantes, c'est-à-dire qu'elles sont capables de produire des pièces servant à la fabrication d'autres imprimantes 3D du même type. <http://openedge.cc/>

Nom du partenaire	Acteurs mobilisés	Rôle et responsabilité dans le projet	ETP consacré au projet	Dont : ETP financé par la subvention PIA
<b>Open Edge</b>				
	Nathalie SKIBA Directrice Opérationnelle	Membre du comité de pilotage Formation des enseignants et suivi du développement de l'interface dédiée au jeune public pour l'utilisation des imprimantes 3D lors des prototypages rapides en classe. Encadrement Ingénieur de recherche 4	0,14	-
	Ingénieur de recherche (IR4)	Développement expérimental d'une interface d'utilisation d'imprimante 3D spécifique à de jeunes utilisateurs	2	2

### Collectivités territoriales impliquées

La **Communauté de Communes du Pays Naborien** (CCPN) fédère 10 communes membres, notamment pour relever le défi du développement économique et de l'emploi. Cet établissement public intercommunal situé au cœur d'un espace transfrontalier de plus de 1 000 000 d'habitants, offre son soutien au projet e-TAC (voir Annexes 3-7).

**M Eddie MULLER, vice-président de la CCPN en charge de la recherche et l'enseignement supérieur et l'innovation**, en sera le membre représentant au sein du comité de pilotage du projet (WPO, voir § 4.3). Le **conseil départemental de Moselle** apporte son soutien au projet. Compte tenu des obligations démocratiques, il ne peut s'engager financièrement pour le moment mais il appuiera le projet le moment venu (voir Annexes 3-8).

La définition du territoire scolaire d'e-TAC a été effectuée en relation avec la DANE de l'académie Nancy-Metz. Il est important de préciser que le DASEN, **la région** concernés ont été consultés et qu'ils sont d'accord sur ce choix et qu'ils appuieront, en fonction de leurs compétences, le projet et mettront en œuvre ce qui leur est possible pour en faciliter le bon déroulement dans le temps.

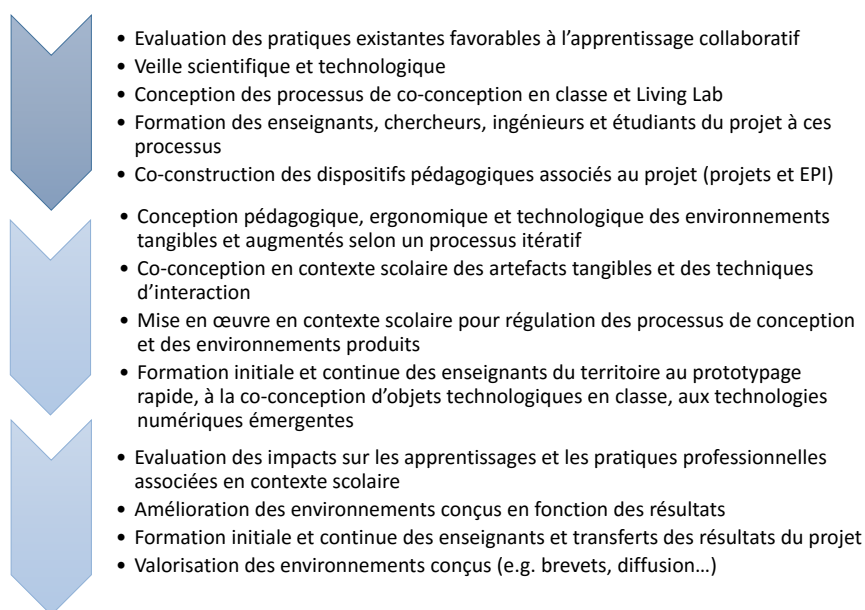
### Experts internationaux (voir Annexes 3.12-13)

<u>EPFL</u>	
Pierre DILLENBOURG	Ancien professeur d'école primaire, il a obtenu un diplôme en sciences de l'éducation (Université de Mons, Belgique). Il a commencé sa recherche sur les technologies pour l'apprentissage en 1984. Il a obtenu un doctorat en informatique de l'Université de Lancaster (Royaume-Uni) dans le domaine de l'intelligence artificielle pour les logiciels éducatifs. Il a été professeur adjoint à l'Université de Genève. Il a rejoint l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en 2002. Il est actuellement professeur titulaire à la <i>School of Computer &amp; Communication Sciences</i> , où il est le responsable du laboratoire CHILI : " <i>Computer-Human Interaction in Learning and Instruction</i> ". Il est aussi le directeur universitaire du <i>Center for Digital Education</i> .
<u>Expert indépendant</u>	
Danièle PERAYA	Docteur en communication, Daniel Peraya est professeur honoraire au TECFA, l'unité des technologies éducatives de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Ses recherches portent sur la communication éducative médiatisée, plus particulièrement dans le cadre des systèmes de formation entièrement ou partiellement à distance aux niveaux supérieur et universitaire. Ancien responsable du <i>Master of Science in Learning and Teaching Technologies</i> et directeur du Certificat de formation continue en conception et développement de projets en e-Learning.

### 4.3. Planning prévisionnel général

Le projet e-TAC est programmé sur les 48 mois de l'AAP dont le planning prévisionnel détaillé est présenté Figure 7. Ses actions inscrites dans un processus dit itératif, résumées ci-dessous sont prévues pour débuter dès que possible avant le début du second semestre de l'année scolaire 2016/2017.

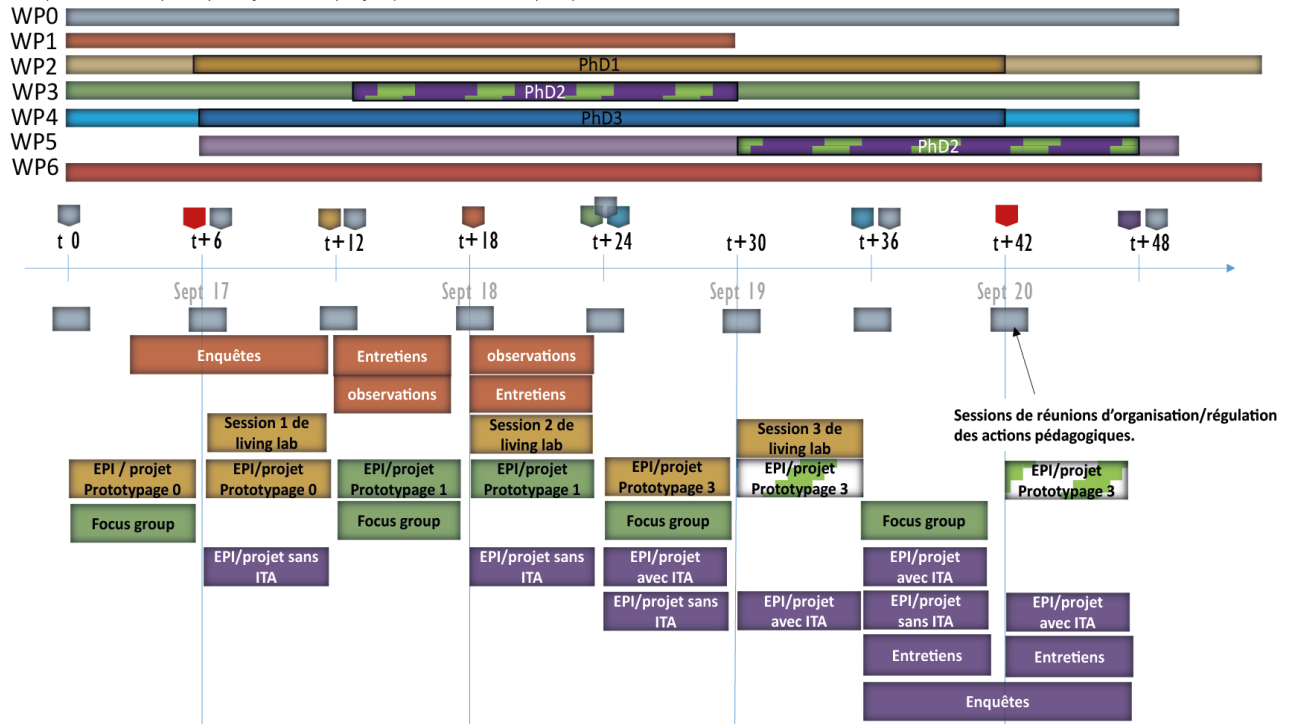
La période des recrutements des doctorants et contractuels est anticipée dans les 6 mois qui précèdent leurs travaux attendus par les différents WP. Les actions des WP0 et 6 se poursuivront au-delà de ces 48 mois pour permettre le transfert et la pérennisation des actions du territoire, notamment de la plateforme de conception participative (WP2) et les actions de formation initiale et continue.



La répartition des actions d'expérimentation auprès des enseignants et de leurs élèves de chacun des WP est **programmée en fonction des réalités scolaires** (e.g. programmation des apprentissages en fonction des périodes). Ainsi chaque session d'EPI ou de projets pédagogiques est-elle pensée pour débuter quasi systématiquement au début d'une période ou d'un trimestre de chacune des années scolaires, à l'exclusion des premiers et derniers périodes pour permettre l'organisation et la régulation des actions pédagogiques dans les meilleures conditions (niveaux des classes, emplois du temps, hétérogénéité et besoins des élèves connus) mais aussi de permettre aux enseignants de pouvoir prendre en charge dans les meilleures conditions leurs obligations. La rentrée scolaire et la fin de l'année étant des périodes chargées.

L'organisation pédagogique sera coordonnée par le WP0 par le biais de réunions spécifiquement dédiées en début et en fin de semestre de chaque année (en gris figure 7).

Figure 7 : Calendrier prévisionnel des actions des groupes de travail dédiés (WP). Ce calendrier remplace également les périodes de thèse au sein de chaque WP et les principaux jalons du projet (voir tableau ci-après)



### Principaux jalons

Numéro de jalon	Nature	WP	Dates
J0.1	Séminaire d'ouverture du projet	WP0	T0
J6.2	1eres étapes de formation des enseignants	WP6	T+6
J2.2	1ere spécification des sessions de design participatif	WP2	T+12
J3.2	1ere spécifications des modèles interactionnels	WP3	T+24
J1.1, J2.1, J3.1, J4.1, J5.1	Séminaires des WP1, 2, 3, 4 et 5	WP concernés	T+6, 18, 30, 42
J0.2	Recrutements	WP0	T+6, 12, 24
J0.3, J0.4, J0.5, J0.6	Séminaires annuels du projet	WP0	T+12, 24, 36, 48
J4.3	Mise à disposition des prototypes TRL 4	WP4	T+24, 36
J6.10	Conférence e-TAC	WP6	T+42
J0.7	Restitution finale du projet	WP 0	T+48

### Principaux livrables (voir Annexes des WP pour plus de détails)

Numéro du livrable	WP concerné	Nature	Principaux Bénéficiaires	Période
L1.1	WP1	Communication des questionnaires	WP2, WP3, WP4, WP5	T+3
L1.4; L2.3; L3.3; L5.2	WP1 à 6	Rapports annuels d'activités des WP	WP0, WP6	T+12, 24, 30
L2.2, L5.1	WP2, 3, 5	Rapport des résultats préliminaires d'expérimentation et évaluation	WP3, WP4, WP6	T+ 18, 24, 30, 36, 42
L2.4, L3.4 ; L4.5	WP2, 3/5 et 4	Rapports annuels des travaux de la thèse qui si besoin peuvent être équivalents à ce qui est demandé par l'école doctorale	WP0, WP6	T+18, 30, 42
L3.1	WP3	Spécifications des besoins pédagogiques issus des focus groups	WP4, WP5	T+12, 18
L4.2	WP4	Premiers prototypes	WP2 , WP3 et WP5	T+24, 36
L3.3	WP4	Rapports et maquettes illustrant les spécifications des ITAC en cours de conception	WP2, WP3 et WP5	T+18,24, 36
L4.6	WP4	Prototype fonctionnel	WP6	T+48
L/J6.2	WP6	Site Web	Tout public : interne et externe au projet	T+6
L/J6.10	WP6	Colloque d'e-TAC	Communautés scientifiques et éducatives spécifiques	T+42

#### 4.4. Démarches et indicateurs d'évaluation

Le dispositif d'auto-évaluation sera de trois types :

- **Evaluation formative du projet** : Conduite durant toute la durée du projet, elle aura pour but la **régulation des travaux** des WP pour atteindre les objectifs fixés par le projet. Les critères d'évaluation porteront sur l'efficacité (écart entre le prévu et le réalisé), l'efficacité (moyens engagés versus résultats obtenus) et la pertinence des actions menées. Les résultats intermédiaires des travaux de cette action de recherche participative seront les premiers supports internes d'évaluation et de régulation du projet. De plus, l'évaluation par les pairs lors de la publication, la communication des travaux de recherche dans des revues ou congrès nationaux ou internationaux sera également un indicateur de la qualité des travaux.
  - ✚ Chaque WP fait l'objet de livrables et de jalons définis (voir Annexes des WP et § 4.2) à des périodes spécifiques permettant d'identifier la nécessité ou non de réguler le projet.
- **Evaluation des processus du projet** : Le WP0 prenant en charge la gestion du projet, permettra l'organisation de séminaires regroupant les participants des différents WP. De plus, chaque WP organisera au moins un séminaire de travail intermédiaire. Ceci permettra d'avoir des points d'évaluation et de régulation en moyenne tous les 6 mois durant toute la durée du projet. La mise en place d'un site internet propre au projet avec un espace réservé aux membres (L6.2) permettront de communiquer et consulter les rapports et résultats issus des travaux des différents WP.
  - ✚ Le projet e-TAC fera l'objet d'un accompagnement spécifique par Nicolas DUPUY, Ingénieur de recherche / Ingénieur projet de l'Université de Lorraine ajoutant aux dispositifs internes au projet un appui d'évaluation externe de la conduite de ce dernier.
- **Evaluation sommative** : A l'issue du projet, l'évaluation finale menée par le WP0 permettra d'évaluer dans quel degré les objectifs du projet ont été atteints, de documenter les résultats obtenus et examiner les changements que le projet a permis d'apporter et faire des recommandations en vue d'une éventuelle pérennisation du territoire. Enfin, les résultats du WP5, mis en comparaison avec les résultats du WP1, permettront de mesurer les effets et impacts de ce projet sur les apprentissages et les pratiques professionnelles lors de projets pédagogiques mobilisant l'apprentissage collaboratif via des ITA au sein du territoire du projet. Cette action étant d'ores et déjà budgétée dans le cadre des WP, l'évaluation des impacts du projet sur les publics visés ne demande pas de financement supplémentaire.
  - ✚ De plus, en appui de ce dispositif, le projet e-TAC bénéficie de l'expertise internationale de Pierre Dillenbourg (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CHILI lab, Suisse), et de Daniel Peraya (TECFA - Université de Genève, Faculté de Psychologie et Sciences de l'Education).

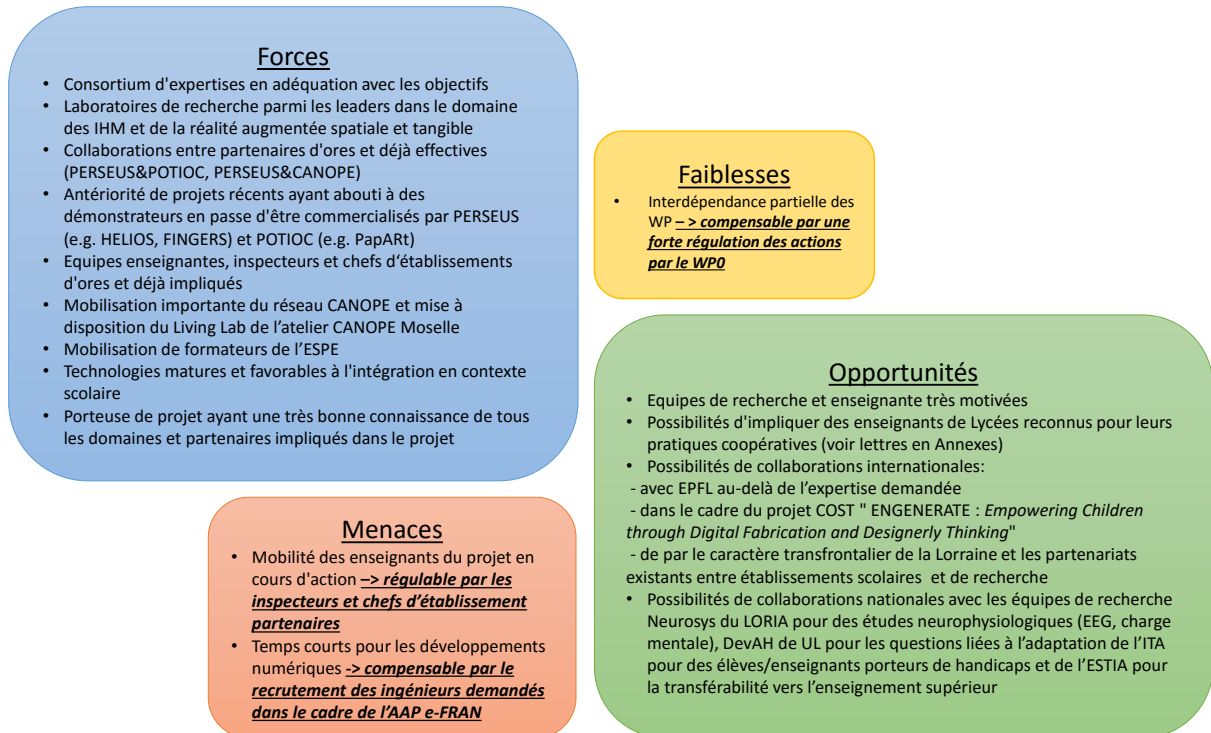
Le succès du projet pourra être évalué par

- i) la participation active, aboutissant à des réalisations concrètes des élèves avec leurs enseignants, tout au long des processus de conception et d'évaluation;
- ii) le développement, situé entre les niveaux 6 et 8 du TRL<sup>14</sup> des prototypes d'ITA, permettant d'envisager leur transfert rapide pour une diffusion, notamment par le biais du réseau national de CANOPE ;
- iii) la participation croissante de classes aux actions de conception participative en *Living lab*, comme marqueur d'émergence d'une structuration et d'une organisation du territoire d'innovation
- iv) la participation croissante de la communauté enseignante et scientifique aux actions de formation et de dissémination (voir §4.7);
- v) l'acceptation (pour publication ou communication) des travaux menés par les chercheurs du consortium dans des revues et conférences nationales et internationales reconnues dans leurs champs disciplinaires respectifs.

Les risques et menaces sur le projet identifiables à ce jour restent modérés à mineurs comparativement aux forces et opportunités recensées (voir Figure 8). Ils sont, de plus, aisément compensables en interne.

<sup>14</sup> Niveau de maturité technologique (en anglais *Technology Readiness Level*). Le TRL 8 correspond à un prototype ayant fait ses preuves en contexte réel d'utilisation. Plus de détails sur [http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions\\_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015-annexes.pdf](http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015-annexes.pdf)

Figure 8 : Analyse dite SWOT (Strengths- Weaknesses – Opportunities- Threats) du projet e-TAC



#### 4.5. Communication et diffusion des résultats

Cette action du projet sera gérée par le groupe de travail transversal: le WP6. L'équipe de ce WP (voir Annexe 14), coordonnée par **CANOPE**, il aura pour objectif de **rendre visible le projet** au sein du territoire mais aussi au niveau national et international. Il prendra en charge dès les premiers temps du projet :

- La définition de l'identité visuelle du projet
- La mise en place d'un site web dédié au projet
- La médiatisation des actions du projet sur les réseaux sociaux
- La mise en place d'une newsletter
- La mise en place d'une webTV

Les règles de communication seront rédigées et signées par le comité de pilotage, précisant notamment la charte graphique, la présence des logos de tous les partenaires incluant les collectivités territoriales, ainsi que le logo du programme "Investissements d'Avenir" et les mentions demandées dans le cadre de l'AAP e-FRAN. Le WP6 sera en charge d'organiser la **diffusion des actions du projet et des résultats obtenus** par chaque WP en accord avec le WPO et en y associant la Caisse des Dépôt et Consignations (conformément à l'article 6 de l'AAP). Les travaux de recherche feront l'objet de **publications et de communications scientifiques** nationales et internationales (e.g. conférences ACM SIGCHI *Interaction Design for Children-IDC*, *Computer Human Interactions-CHI*, ou dans la revue *Computers and Education*). Le WP6 sera en charge d'**organiser un colloque** en lien avec le projet, dans le courant de la dernière année, les séminaires des WP se situant alors en marge de ce dernier. Les différents acteurs du projet seront également engagés dans des actions de communications scientifiques au sein de dispositifs de **médiation des cultures scientifiques, technologiques et numériques** (e.g. participation aux Fêtes de la Science, Laval Festival, aux Hackatons de Inria ou de CANOPE...).

Le WP6 sera également en charge d'assurer la **mise en place des formations** initiales et continues des professionnels de l'éducation, par des actions telles que

1. L'organisation, en plus des actions de formations décrites en partie 3.3, de sessions de formations des formateurs de l'ESPE de Lorraine (voir Annexe 3-9) ;
2. La mise en place de **séminaires de transfert** de compétences vers les personnels académiques.
3. La création et **diffusion de ressources numériques éducatives**, de dispositifs de formation initiale/continue (par exemple avec MAGISTERE) par **CANOPE**.

Enfin, le WP6 accompagnera la **valorisation des prototypes** conçus auprès des partenaires des cellules de valorisation de la recherche de l'Université de Lorraine et de Inria pouvant aller jusqu'à la création d'une start-up spécialisée dans la conception d'ITA. CANOPE se positionne comme partenaire privilégié pour **accompagner la diffusion** des interfaces auprès de la communauté éducative dans les meilleures conditions. De plus, en amont et en accompagnement des parcours de co-conception, le service de valorisation de CANOPE ALCA (nouvelle région Alsace Lorraine Champagne Ardennes) mettra à disposition ses services liés aux usages numériques de produits pédagogiques, dont il est lui-même éditeur.

## 5. Financement du projet

### 5.1. Logique du financement public

L'appel à projet e-FRAN permet, au cœur d'un territoire éducatif en besoin, d'**envisager une action systémique et complète** facilitant l'accélération de processus de conception et d'évaluation d'interfaces d'apprentissage de nouvelle génération. Ce projet porte un potentiel de résultats au service de nombreuses perspectives d'innovations scolaires. En témoigne l'importance du nombre de partenaires motivés, des ressources qu'ils mobilisent. Cependant, les actions du projet ne peuvent actuellement être entièrement soutenues par les apports seuls des partenaires du projet e-TAC.

Le financement PIA permet de **faciliter et structurer l'établissement de collaborations** au sein de l'Université de Lorraine entre des équipes de recherches parmi les plus qualifiées dans ce domaine, mais aussi au niveau national en permettant de bénéficier des compétences de recherche de l'équipe-projet Potioc de Inria-Bordeaux, compétences non présentes sur le territoire de l'académie Nancy-Metz. Le financement permet **le recrutement et la formation de jeunes chercheurs et ingénieurs** favorable à la **constitution d'un réseau national d'expertises** interdisciplinaires dans les domaines du projet.

Cette aide publique permet ainsi de **donner des moyens à la recherche**, en particulier **humains**, pour fournir des leviers d'innovation technologiques et pédagogiques pouvant avoir une portée nationale et internationale

Il permet également d'offrir des conditions idéales pour la mise en place d'une **synergie** entre les acteurs de l'enseignement (Inspecteurs, chefs d'établissement, enseignants), de la formation (ESPE, CANOPE), de l'édition de ressources (CANOPE), des collectivités territoriales (CCPN, conseils départemental et régional), du monde économique (la start-up Open Edge) et des 4 équipes de recherche, qui tous se rassemblent pour un même objectif : Améliorer l'accès à la connaissance de tous les élèves en les rendant acteurs, responsables mais aussi co-concepteurs de leurs outils d'apprentissages. Ce financement **fournit également les moyens matériels et techniques nécessaires** à la conception, la mise en œuvre et l'évaluation d'environnements de nouvelle génération, centrées utilisateurs. Ce territoire ayant pour spécificité, à notre connaissance **unique en France**, d'impliquer directement dans les processus de conception **les élèves eux-mêmes** durant leurs enseignements, ici au sein de **projets pédagogiques « design / conception technologique »**, le financement e-FRAN permet ainsi de placer la conception participative comme principe central du territoire d'e-TAC. Il permettra également, au-delà des partenaires impliqués, de **familiariser, former de nombreux élèves et enseignants via des technologies de nouvelle génération et de soutenir le développement professionnel pour un usage pédagogique du numérique**.

Le financement par l'aide public soutient la **création d'une culture partagée**, moteur du territoire d'e-TAC, et donne l'occasion unique de pouvoir **soutenir des enseignants dans leur volonté d'innover** au-delà des cloisonnements disciplinaires pour favoriser la construction psycho-sociale des élèves sous leur responsabilité. Cela permet enfin de **favoriser les connexions entre les mondes de l'enseignement et les secteurs de l'innovation** que sont l'entreprise et la recherche pour offrir aux élèves et aux enseignants une relation directe avec ces derniers

Le financement de cette aide publique permet ainsi de fournir les moyens d'impulser l'organisation, la structuration et l'évaluation d'un territoire d'innovation pédagogique et technologique pérennisable.

### 5.2. Budget prévisionnel sur 4 ans maximum

#### Budget global du projet

Dépenses prévisionnelles totales	<b>2 406 600</b>	
Apports des partenaires (co-financements)	<b>1 275 624</b>	<b>54%</b>
Demande de subvention au titre du PIA	<b>1 130 976</b>	<b>46%</b>

Le projet demande essentiellement des développements numériques de durée limitée et des actions de recherche sur du long terme. Aussi la **majorité du financement** (81%) de ce projet est-il associé à de la **ressource humaine** internes aux partenaires (pas de prestation extérieure). La ressource humaine impliquée est calculée sur le temps effectif de travail dédié au projet : 15 à 35% du temps de travail pour les chercheurs et formateurs, 100% pour les personnes recrutées et 2 % pour les enseignants (en moyenne 30h/an/enseignant). Pour ces derniers n'a été pris en compte que le temps de travail dédié au projet venant en plus de leurs activités d'enseignement et obligations professionnelles. Ce temps de travail supplémentaire est volontairement peu important pour ainsi limiter la surcharge de travail que pourrait demander ce projet à ces collègues, et ainsi **maintenir leur motivation durant les 4 ans du projet**. Cependant, ceci minore artificiellement l'implication des enseignants car ils seront très mobilisés directement durant leurs pratiques de classe en projet.



Dépenses prévisionnelles	RH	Equipements	frais additionnels	frais de gestion UL	montant total
UL	1 098 235 €	129 200 €	157 000 €	83 776 €	1 468 211 €
INRIA	390 519 €	19 500 €	31 300 €		441 319 €
CANOPE	357 000 €	4 000 €	33 100 €		394 100 €
Open Edge	100 970 €	2 000 €	0		102 970 €
<b>Total</b>	<b>1 946 724 €</b>	<b>154 700 €</b>	<b>221 400 €</b>	<b>83 776 €</b>	<b>2 406 600 €</b>
% de la dépense	81%	6%	9%	3%	
subvention CCPN		48 000 €			48 000 €

L'aide PIA demandée pour le projet e-TAC soutien majoritairement **la création d'emplois** (62% de la demande d'aide): 3 contrats doctoraux de 3 ans, 2 postes d'ingénieur-e d'étude et 4 postes d'ingénieur de recherche sur des périodes de 12 à 48 mois et la prise en charge des heures de vacances des enseignants. Le recrutement du thésard PhD1 se faisant sous contrat CIFRE au sein de CANOPE<sup>15</sup> et encadré par PERSEUS, une demande d'aide est demandée auprès de l'ANRT.

**Le financement de l'investissement humain des enseignants** dans ce projet est inclus dans la demande d'aide affectée au porteur de projet, à savoir **Université de Lorraine**. Il sera versé sous forme de vacations. Ce budget de près de **95KE** est calculé sur la base :

- heures demandant aux enseignants une action supplémentaire à celles qui font habituellement parties de leurs obligations de service. Ce temps supplémentaire est ici estimé à 30h/an/enseignant soit 2% de leur temps de travail annuel sur une base de 1607h/an et 56h/an/principal soit 3,5% de leur temps de travail annuel (ici calculés sur la base de 42euros de l'heure);
- des frais de déplacement associés aux réunions de coordination des WP, à leur participation aux séminaires et réunion de *focus groups* dans le PERGOLAB de PERSEUS. La participation aux sessions de *Living lab* de CANOPE étant incluse dans les heures de classe en tant que sortie pédagogique.

Affectation de l'aide PIA demandée	RH	Equipements	frais additionnels	frais de gestion UL	montant total
UL	415 600 €	96 700 €	157 000 €	83 776 €	753 076 €
PERSEUS	313 850 €	80 200 €	111 280 €		
CREM	37 000 €	6 500 €	30 300 €		
LCOMS	64 750 €	10 000 €	14 980 €		
INRIA	200 000 €	19 500 €	31 300 €		250 800 €
CANOPE	45 000 €	4 000 €	33 100 €		82 100 €
Open Edge	45 000 €	0 €			45 000 €
<b>Total</b>	<b>705 600 €</b>	<b>120 200 €</b>	<b>221 400 €</b>	<b>83 776 €</b>	<b>1 130 976 €</b>
% de la dépense	62%	11%	20%	7%	
subvention CCPN		48 000 €			48 000 €

### **Co-financement des besoins pédagogiques en lien avec le projet**

**Les équipements** spécifiques au projet **des établissements scolaires** de St Avold seront couverts par le soutien financier proposé par la **Communauté de Communes du Pays Naborien** (CCPN) à hauteur de **48KE** sur toute la durée du projet (voir Annexes 3-7). Les transports scolaires vers le *Living Lab* de CANOPE des élèves impliqués dans les projets et EPI de conception participative des interfaces (voir § 3.3 et 4.4) seront également assumés par la CCPN. De plus, le département est prêt à soutenir le projet (voir Annexe 3-8). Enfin, la région Grand Est a été consultée par la DANE et mettra en œuvre ce qui est possible pour en faciliter le bon déroulement du projet dans le temps. Il est cependant difficile à ce jour de pouvoir chiffrer le montant de leurs interventions pouvant être mise en avant dans le

<sup>15</sup> CANOPE est éligible aux thèses CIFRE.

projet comme participation spécifique de ces collectivités compte tenu des processus démocratiques de décision de ces instances.

### **Budget global**

e-TAC		Montant global (€)	
Financement			
Dépenses prévisionnelles totales		2406600	
Dont apports des partenaires (co-financements)		1275624	
Dont financées par la subvention au titre du PIA		1130976	
Détail des dépenses			
	Dépenses prévisionnelles	Dont financement PIA	
Dépenses de personnel	1946724	705600	
Enseignement et éducation	182103	85100	
Recherche	1334091	501500	
Prestations d'ingénierie et prestations techniques	98000	45000	
Gestion du projet	332530	74000	
Autres (à détailler)	0	0	
Dépenses d'équipements matériels et logiciels	154700	120200	
Matériels	129200	94700	
Logiciels et ressources	15500	15500	
Maintenance	0	0	
Coûts de recherche contractuelle, des connaissances et brevets	10000	10000	
Autres (à détailler)	0	0	
Frais généraux additionnels et d'exploitation supportés directement du fait du projet	221400	221400	
(à détailler : matériaux, fournitures, etc.)	0	0	
Frais de mission (déplacements pour expérimentations et en congrès nationaux et internationaux, hébergements...) incluant les frais de déplacement des enseignants	142800	142800	
Communication : organisation des séminaires et du colloque du projet/coûts de publication/traduction...	64800	64800	
Petit matériel informatique (disque dur, kits arduino...)	2600	2600	
Indemnités de stage	11200	11200	
Total des coûts directs	2322824	1047200	
Frais de gestion UL (8% des coûts directs financés par le PIA)	83776	83776	



### Ventilation de la demande de financement PIA par groupe de travail et par partenaire

Groupe de travail	WP0	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6	e-TAC
TOTAL (en K€)	115,5	71,8	117,6	169,7	475,2	66,2	31,0	1 047,1
soit - % dépenses totales (hors frais de gestion)	16%	10%	17%	24%	67%	9%	4%	

#### Affectation de la demande de financement PIA par WP et par Partenaire (en K€) pour les ressources humaines

Groupe de travail	WP0	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6	e-TAC	% /partenaire
Université de Lorraine	74,0	37,0	21,3	132,6	129,5	21,3		415,6	59%
Vacations Enseignants PE et PLC (~30h/an/p.) versées par PERSEUS pour UL			21,3	42,6		21,3		85,1	12%
PERSEUS (PhD2 pour WP3 et 5; IR1; IE2)	74,0			90,0	64,8			228,8	32%
CREM (IE1)		37,0						37,0	5%
LCOMS (IR2)					64,8			64,8	9%
CANOPE (PHD1 pour WP2 en CIFRE 50% ANRT; indemn stage)			45,0					45,0	6%
INRIA (PHD3 pour WP4, IR3)					200,0			200,0	28%
OpenEdge (IR4)					45,0			45,0	6%
TOTAL 1	74,0	37,0	66,3	132,6	374,5	21,3	0,0	705,6	
soit - % des dépenses RH /WP	10%	5%	9%	19%	53%	3%	0%		

#### Affectation de la demande de financement PIA par WP et par Partenaire (en K€) pour les dépenses d'équipements matériels et logiciels

Groupe de travail	WP0	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6	e-TAC	% /partenaire
Université de Lorraine	1,5	4,5	17,5	17,5	20,7	25,0 0	10,0	96,7	14%
Frais Enseignants versés par PERSEUS pour UL								0,0	0%
PERSEUS	1,5		17,5	17,5	11,1	25,0	10,0	82,6	12%
CREM		4,5						4,5	1%
LCOMS					9,6			9,6	1%
CANOPE			4,0					4,0	1%
INRIA					19,5			19,5	3%
OpenEdge								0,0	0%
TOTAL 2	1,5	4,5	21,5	17,5	40,2	25,0	10,0	120,2	
investissements Matériels, logiciels et brevets	1%	3%	15%	12%	28%	18%	7%		

#### Affectation de la demande de financement PIA par WP et par Partenaire (en K€) pour les autres frais

Groupe de travail	WP0	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6	e-TAC	% /partenaire
Université de Lorraine	40,0	30,3	17,8	19,7	29,3	20,0		157,0	22%
Frais de déplacement Enseignants versés par PERSEUS pour UL	10,0							10,0	1%
PERSEUS	30,0		17,8	19,7	17,5	16,6		101450	14%
CREM		30,3						30300	4%
LCOMS					11,8	3,4		15200	2%
CANOPE			12,1				21,0	33,1	5%
INRIA					31,3			31,3	4%
OpenEdge								0,0	0%
TOTAL 3	40,0	30,3	29,9	19,7	60,6	20,0	21,0	221,4	
autres frais: missions, organisation de séminaires et colloque, stages, consommables	28%	21%	21%	14%	42%	14%	15%		

### Budget par partenaire

**L'Université de Lorraine**, porteuse du projet, implique les ressources et infrastructures de 3 de ses laboratoires PERSEUS, CREM et LCOMS (voir Annexe 11) et de l'ESPE de Lorraine au service de ce projet. Elle implique l'équivalent de 96Hommes-mois sur la totalité de ce projet (8H-an). De plus, le projet bénéficiera des services de la direction du numérique et de la direction des partenariats.

D'une façon plus spécifique, le laboratoire PERSEUS, pilote du projet et des WP2 et 3, mettra à disposition des études :

- Son **laboratoire d'analyse des usages** ainsi que ses équipements (équipements oculométriques: Poste Tobii fixe, Lunettes Tobii Pro ; logiciels de codage d'enregistrements vidéo: « The Observer » de Noldus ; logiciels d'analyses statistiques: Stata, Statistica ; logiciels et plateforme pour les tests utilisateurs : Morae, Evalyzer).
- Pour les sessions de *focus groups* sa **plate-forme d'expérimentation PERGOLAB** de 85 m<sup>2</sup> qui permet le recueil de données comportementales des usagers et/ou leurs verbalisations lors d'utilisation et d'interactions avec des systèmes interactifs. Cette plate-forme est composée de plusieurs salles modulables remplissant des fonctions multiples et spécifiques : une aire d'accueil des participants, une régie pour le contrôle des dispositifs d'enregistrements, une salle de test et une salle d'observation. Ces deux dernières salles sont équipées de caméras installées dans la salle d'observateurs.

Université de Lorraine		Montant HT ou global (€) *	
Financement			
Dépenses prévisionnelles totales (hors frais de gestion)		1384435	
Dont apports des partenaires (co-financements)		715135	
Dont financées par la subvention au titre du PIA		669300	
Détail des dépenses			
	Dépenses prévisionnelles	Dont financement PIA	
Dépenses de personnel	1098235	415600	
Enseignement et éducation	165663	85100	
Recherche	858572	256500	
Prestations d'ingénierie et prestations techniques	0	0	
Gestion du projet	74000	74000	
Autres (à détailler)	0	0	
Dépenses d'équipements matériels et logiciels	129200	96700	
Matériels	105200	72700	
Logiciels et ressources	14000	14000	
Maintenance	0	0	
Coûts de recherche contractuelle, des connaissances et brevets	10000	10000	
Autres (à détailler)	0	0	
Frais généraux additionnels et d'exploitation supportés directement du fait du projet	157000	157000	
(à détailler : matériaux, fournitures, etc.)			
Frais de mission (déplacements pour expérimentations et en congrès nationaux et internationaux, hébergements...) incluant les frais de déplacement des enseignants	114300	114300	
Communication : séminaires des WP0, 1, 2, 3 et 5/coûts de publication/traduction...	40600	40600	
Petit matériel informatique (disque dur, kits arduino...)	2100	2100	

Inria, au travers de son responsable scientifique pour le projet e-TAC, Martin Hachet, s'engage à contribuer activement à la conception et au développement de nouveaux dispositifs interactifs.

La conception de ces dispositifs sera notamment au cœur de la thèse demandée pour ce projet et en collaboration avec Stéphanie Fleck, porteuse du projet. En fin de projet, un ingénieur aura pour mission de rendre robuste et pleinement utilisable ces dispositifs.

Pour cela, Inria met à disposition du projet son environnement technologique situé dans son centre de Talence, permettant la réalisation de ces travaux, et notamment une salle de fabrication et une salle d'expérimentation entièrement équipées. Deux ingénieurs Inria, Benoit Coulais et Thibaut Lainé, consacreront une partie de leur temps au projet e-TAC. Martin Hachet sera responsable de ces activités, et aura en outre la mission de piloter le WP4 en tant qu'expert du domaine (<https://team.inria.fr/potioc/fr/>).

Inria	Montant HT ou global (€) *	
Financement		
Dépenses prévisionnelles totales	441319	
Dont apports des partenaires (co-financements)	190519	
Dont financées par la subvention au titre du PIA	250800	
Détail des dépenses		
	Dépenses prévisionnelles	Dont financement PIA
Dépenses de personnel	390519	200000
Enseignement et éducation	0	0
Recherche	385519	200000
Prestations d'ingénierie et prestations techniques	0	0
Gestion du projet	5000	0
Autres (à détailler)	0	0
Dépenses d'équipements matériels et logiciels	19500	19500
Matériels	18000	18000
Logiciels et ressources	1500	1500
Maintenance	0	0
Coûts de recherche contractuelle, des connaissances et brevets	0	0
Autres (à détailler)	0	0
Frais généraux additionnels et d'exploitation supportés directement du fait du projet	31300	31300
(à détailler : matériaux, fournitures, etc.)		
Frais de mission (déplacements pour congrès nationaux et internationaux, hébergements...)	22000	22000
Communication : séminaires WP4/coûts de publication/traduction...	3200	3200
Indemnités de stage	5600	5600
Petit matériel informatique (disque dur...)	500	500

**CANOPE** mobilise dans ce projet ses infrastructures et moyens humains à l'échelle régionale. Son atelier du département de la Moselle met à disposition du projet son *Fab lab/Living Lab* entièrement équipé pour la conception participative, l'évaluation des usages pédagogiques et de l'expérience utilisateur de ressources numériques pour l'apprentissage. Cet atelier a obtenu la labélisation nationale en tant que centre pilote national en ce sens en 2015 en partenariat avec PERSEUS.

De plus, l'implication des moyens humains de CANOPE est très forte, témoignant de sa grande motivation à s'investir dans le projet. Ainsi, CANOPE met en permanence sur ce projet 45 hommes-mois (3,5 H-an). De plus, CANOPE pilote le WP6 associé à la dissémination (formation, communication et valorisation) correspondant à son cœur de compétences.

CANOPE	Montant HT ou global (€) *	
Financement		
Dépenses prévisionnelles totales	394100	
Dont apports des partenaires (co-financements)	312000	
Dont financées par la subvention au titre du PIA	82100	
Détail des dépenses		
	Dépenses prévisionnelles	Dont financement PIA
Dépenses de personnel	357000	45000
Enseignement et éducation	15000	0
Recherche	90000	45000
Prestations d'ingénierie et prestations techniques	0	0
Gestion du projet et dissémination	252000	0
Autres (à détailler)	0	0
Dépenses d'équipements matériels et logiciels	4000	4000
Matériels	4000	4000
Logiciels et ressources	0	0
Maintenance	0	0
Coûts de recherche contractuelle, des connaissances et brevets	0	0
Autres (à détailler)	0	0
Frais généraux additionnels et d'exploitation supportés directement du fait du projet	33100	33100
(à détailler : matériaux, fournitures, etc.)		
Frais de mission (déplacements pour expérimentations et en congrès nationaux et internationaux, hébergements...) incluant les frais de déplacement des enseignants	6500	6500
Indemnités de stage	5600	5600
Communication : séminaires WP6, organisation du colloque du projet	21000	21000

voir également les annexes 5 (déclaration relative aux subventions publiques)

**La société Open Edge**, prend à sa charge 2 sessions de 2 ½ journées de formation des enseignants (15 enseignants par session) pour :

- La conception / modification de modèles numériques adaptés à l'impression 3D
- Le paramétrage impression 3D + utilisation imprimante 3D

Coût / journée de formation : 720 € TTC

Coût total : 1440 € TTC

Elle prend également à sa charge 65% du salaire d'un ingénieur de recherche dédié à la conception de l'interface de prototypage rapide d'impression 3D dédiée aux enfants, les frais de déplacement de ses personnels et le temps de travail lié au recueil de données nécessaire à la conception centrée utilisateur de son interface.

Open Edge	Montant HT ou global (€) *	
Financement		
Dépenses prévisionnelles totales	102970	
Dont apports des partenaires (co-financements)	57970	
Dont financées par la subvention au titre du PIA	45000	
Détail des dépenses		
	Dépenses prévisionnelles	Dont financement PIA
Dépenses de personnel	100970	45000
Enseignement et éducation	1440	0
Recherche	0	0
Prestations d'ingénierie et prestations techniques	98000	45000
Gestion du projet	1530	0
Autres (à détailler)	0	0
Dépenses d'équipements matériels et logiciels	2000	0
Matériels	2000	0
Logiciels et ressources	0	0
Maintenance	0	0
Coûts de recherche contractuelle, des connaissances et brevets	0	0
Autres (à détailler)	0	0
Frais généraux additionnels et d'exploitation supportés directement du fait du projet	0	0
(à détailler : matériaux, fournitures, etc.)		

Capacité financière	
Fonds propres (actuels et préciser si augmentation à venir)	70 000 dont 40 000 pour le projet
Emprunts en cours	-
Capacité d'autofinancement / Flux de trésorerie du dernier exercice	Aucun bilan à ce jour
Autres financements	-

Forme juridique : SAS

Date de création : octobre 2013

Activité exercée : conception et fabrication d'imprimantes 3D

Nombre de salariés : 1 (+ 1 président + 1 directeur général + collaboration avec 2 auto-entrepreneurs)

Chiffre d'affaires des 3 dernières années : aucun bilan à ce jour

Recettes éventuellement attendues suite à la réalisation du projet : /

voir également les annexes 4 (déclaration PME) et 5 (déclaration relative aux subventions publiques).



## Bibliographie

- [1] European Commission, 2009, Europeans, Science and Technology, Location, 2009.
- [2] European Commission - Eurydice report, 2013, Education and Training in Europe 2020: respons from the EU member states, Location, 2013.
- [3] OECD, 15 sept. 2015, Students, Computers and Learning, Location, 15 sept. 2015.
- [4] Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2014, enquêtes PROFETIC sur le second degré, Location, 2014.
- [5] Ministère de l'Education Nationale de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015, enquêtes PROFETIC sur le premier degré, <http://eduscol.education.fr/cid79799/profetic-72014.html>.
- [6] France - Ministère de l'éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche, 23 avril 2015, Bulletin officiel n° 17. Socle commun de connaissances, de compétences et de culture, Location, 23 avril 2015.
- [7] France - Ministère de l'éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche, 19 novembre 2015, Bulletin officiel spécial n°10. Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4), Location, 19 novembre 2015.
- [8] Panitz, T., 1999, Collaborative versus cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning, ERIC Clearinghouse.
- [9] Dillenbourg, P., 1999, What do you mean by collaborative learning?, *Collaborative-learning: Cognitive and computational approaches.*, 1-19.
- [10] Dillenbourg, P., Baker, M.J., Blaye, A., and O'Malley, C., 1995, The evolution of research on collaborative learning, *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science.*, 189-211.
- [11] Ishii, H., 2008, Tangible bits: beyond pixels. In *Proceedings of the. Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, (2008), xv-xxv.
- [12] Fishkin, K., 2004, A taxonomy for and analysis of tangible interfaces, *Personal and Ubiquitous Computing*, 8, 5, 347-358.
- [13] Ryokai, K., Marti, S., and Ishii, H., 2007, I/O brush: beyond static collages. In *Proceedings of the. CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, (2007), 1995-2000.
- [14] Horn, M.S., and Jacob, R.J., 2007, Tangible programming in the classroom with tern. In *Proceedings of the. CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, (2007), 1965-1970.
- [15] Bennett, P., 2006, PETECUBE: a multimodal feedback interface. In *Proceedings of the. Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression*, (2006), 81-84.
- [16] Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., and Kaltenbrunner, M., 2007, The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. In *Proceedings of the. Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, (2007), 139-146.
- [17] Shaer, O., and Hornecker, E., 2010, Tangible user interfaces: past, present, and future directions, *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 3, 1-2, 1-137.
- [18] Cuendet, S., Jermann, P., and Dillenbourg, P., 2012, Tangible interfaces: when physical-virtual coupling may be detrimental to learning. In *Proceedings of the. Proceedings of the 26th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers*, (2012), 49-58.
- [19] Fleck, S., Hachet, M., and Bastien, J.M.C., 2015, Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts. In *Proceedings of the ACM SIGCHI 14th International Conference on Interaction Design and Children*, (Boston, MA USA, 2015), 21-28.
- [20] Fleck, S., Simon, G., Dinet, J., Bastien, C., and Barcenilla, J., 2014, Astronomy learning in elementary grades: Influences of an augmented reality learning environment on conceptual changes. In *Proceedings of the 28th International Congress of Applied Psychology*, (Paris, 2014),
- [21] Frey, J., Gervais, R., Fleck, S., Lotte, F., and Hachet, M., 2014, Teegi: Tangible EEG Interface. In *Proceedings of the 27TH ACM User Interface Software and Technology Symposium, UIST 2014*, (Honolulu, Hawaï, 2014), 301-308.
- [22] Conein, B., 2004, Communautés épistémiques et réseaux cognitifs: coopération et cognition distribuée, *Revue d'économie politique*, 113, 141-159.
- [23] Hutchins, E., 2000, Distributed cognition, *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. Elsevier Science*
- [24] Petit, L., 2014, De l'intérêt d'une enquête quantitative sur les TIC (E) dans les collèges de Seine-Saint-Denis, *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 2, 5
- [25] Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., and Dillenbourg, P., 2011, Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction, *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 4, 3, 222-232.
- [26] Liu, P.-L., 2012, SPECIAL ISSUE: Living Lab, *International Journal of Automation and Smart Technology*, 2, 3, 171-172.
- [27] Roussel, B., and Fleck, S., 2015, "Moi, voilà ce que je voudrais que tu me fabriques !" (Lucie, 9 ans) : Design participatif pour l'utilisabilité de marqueurs tangibles en contexte scolaire. In *Proceedings of the 27ème ACM Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine-IHM 2015*, (Toulouse, 2015), a2 1-9.
- [28] Roussel, B., Bary, R., and Ferioli, M., 2012, method of creativity including an ideas evaluation tool: application in an international workshop. In *Proceedings of the International Design Conference - DESIGN 2012*, (2012),
- [29] Gillier, T., Piat, G., Roussel, B., and Truchot, P., 2010, Managing innovation fields in a cross-industry partnership with C-K design theory, *Journal of Product Innovation Management (JPIM)*, Wiley-Blackwell and Product Development Management Association (PDMA).
- [30] Jaoui, H., 1990, La créativité: mode d'emploi, EME Editions Sociales Françaises (ESF).
- [31] Stewart, S.C., 2011, Interpreting design thinking, *Design Studies*, 32, 6, 515-520.
- [32] Mazzone, E., Read, J., and Beale, R., 2011, Towards a Framework of Co-Design Sessions with Children, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011*, Campos, P., Graham, N., Jorge, J., Nunes, N., Palanque, P., and Winckler, M. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg.
- [33] Rice, V.J.B., 2012, Designing for Children, John Wiley & Sons, Inc.
- [34] Bonnard, Q., Verma, H., Kaplan, F., and Dillenbourg, P., 2012, Paper interfaces for learning geometry, *21st Century Learning for 21st Century Skills*, Springer.
- [35] Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., and Dillenbourg, P., 2013, Designing augmented reality for the classroom, *Computers & Education*, 68, 0, 557-569.
- [36] Dunleavy, M., 2014, Design Principles for Augmented Reality Learning, *Tech Trends*, 58, 1, 28-34.
- [37] Paun, E., 2006, Transposition didactique: un processus de construction du savoir scolaire, *Carrefours de l'éducation*, 2, 3-13.
- [38] Pinard, R., Potvin, P., and Rousseau, R., 2004, Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation, *Recherches qualitatives*, 24, 58-80.
- [39] Fleck, S., Simon, G., and Bastien, C., 2014, AIBLE: An Inquiry-Based Augmented Reality Environment for teaching astronomical phenomena. In *Proceedings of the 13 th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - ISMAR*, (Munich, 2014), 65-66.
- [40] Bertolo, D., Nigay, L., Pelurson, S., and Vivian, R., 2015, Exploratory Experimentation of Three Techniques for Rotating a 3D Scene by Primary School Students. In *Proceedings of the. 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine.*, (Toulouse, 2015), w22.

- [41] Bertolo, D., Vivian, R., and Dinet, J., 2013, Propositions and Evaluation for a Categorization of Interactions in 3D Geometry Learning Context, *International Journal of Advanced Computer Science*, 3, 12
- [42] Seca, J.-M., 2010, *Les représentations sociales*, Armand Colin.
- [43] Astolfi, J.-P., and Develay, M., 2005, *La didactique des sciences, Que sais-je?* Presses Universitaires de France.



