



**L'alliance numérique du Grand Ouest**

## FEUILLE DE ROUTE TECHNOLOGIQUE DE L'ALLIANCE I&R+TES

We do more for our members - Nous en faisons plus pour nos membres

### Résumé

Les pôles I&R et TES s'allient pour fédérer les forces du Grand Ouest via des projets ambitieux de Recherche & d'Innovation dans les technologies et les usages du numérique qui contribuent au développement économique et aux évolutions de la société.

Cette feuille de route commune est une synthèse des résultats de groupes de travail composés de membres des deux pôles. Elle décrit les axes de recherches et innovations numériques futures attendues par l'industrie, et expose les développements nécessaires pour atteindre ces objectifs.

Version 1.0

Hervé Saliou

hsaliou@images-et-reseaux.com

# Table des matières

Notre ambition .....	2
Missions et valeurs .....	3
Stratégie Régionale d’Innovation - Spécialisation Intelligente .....	4
Au cœur de l’innovation technologique numérique.....	5
Domaines Technologiques .....	7
1. DT Confiance Numérique et Sécurité.....	7
2. DT Données et Intelligences.....	11
3. DT Réseaux et Infrastructures.....	17
4. DT Matériel et Logiciel .....	22
5. DT Photonique.....	29
6. DT Immersivité et Interactivité .....	33
Domaines d’Usages .....	38
1. DU Numérique et Agriculture .....	38
2. DU Numérique et Industries Culturelles et Créatives.....	42
3. DU Numérique et Industrie.....	47
4. DU Numérique et Santé .....	50
5. DU Numérique et Territoires .....	55
Vers un numérique durable, responsable, sobre et éthique.....	60
Références documentaires .....	63
Remerciements .....	64

Ce document est la feuille de route de l'alliance des pôles de compétitivité I&R et TES.

En effet, I&R et TES s'allient pour fédérer les forces du Grand Ouest via des projets ambitieux de Recherche & d'Innovation dans les technologies et les usages du numérique qui contribuent au développement économique et aux évolutions de la société.

L'alliance I&R+TES accompagne ses membres dans leurs projets : cette feuille de route commune est une synthèse des résultats de groupes de travail composés de membres des deux pôles. Elle décrit les axes de recherches et innovations numériques futures attendues par l'industrie, et expose les développements nécessaires pour atteindre ces objectifs.

## Notre ambition

### *Être en Europe un acteur clé du numérique suscitant des innovations majeures*

Se projeter dans le futur comporte toujours une part d'incertitude et d'approximation cependant nous savons dès à présent que la transformation digitale ne fera que s'accélérer : la pandémie du Covid-19 et la crise économique qui s'en est suivie constituent des accélérateurs de la transformation numérique, et ce contexte joue un rôle important dans la constitution et la structuration de cette feuille de route.

De plus, l'accélération du changement climatique mise en évidence par les scientifiques au sein du GIEC et dans le cadre des COP successives ainsi que l'hyper croissance des services numériques et de leur impact sur l'environnement sont des paramètres qui conditionnent la feuille de route stratégique et technologique de l'alliance I&R+TES.

Cette feuille de route met en avant l'importance d'accompagner les acteurs économiques des territoires vers un numérique responsable, ouvert et transparent, créateur d'emplois et prenant soin du vivant et de la Planète.

L'alliance I&R+TES s'est donnée pour ambition d'être le précurseur de technologies au service des enjeux de transition numérique et environnementale de l'Économie et de la Société et souhaite :

- être reconnue comme le moteur numérique du Grand Ouest,
- mettre en relation des personnes d'horizons différents (numériques et filières),
- être précurseur des technologies et des usages numériques de demain,
- stabiliser et développer son modèle économique et sa gouvernance participative,
- faire de la transition numérique un accélérateur de la transition écologique.

Cette alliance doit permettre d'offrir une offre de services élargie à ses membres : entreprises (GE, ETI, PME, TPE, start up), académiques (établissements d'enseignement et / ou de recherche), collectivités locales (régions, départements, métropoles, agglomérations, communautés de communes), autres (technopoles, autres acteurs de la transformation numérique, etc...).

L'ADN de l'alliance I&R+TES est de favoriser l'innovation par le biais de l'évaluation, la labellisation et le suivi de projets de R&D collaborative.

## Missions et valeurs

Les missions de l'alliance I&R+TES sont les suivantes :

- Renforcer l'attractivité du territoire par l'innovation et ainsi, consolider le tissu économique national et régional, pérenniser les compétences et développer les emplois dans les domaines considérés et ce, en lien avec les stratégies régionales de développement économique et leurs déclinaisons européennes,
- Favoriser l'émergence, le développement et le financement de projets collaboratifs entre industriels (grands groupes, ETI, PME), organismes de recherche et établissements d'enseignement supérieur, permettant aux acteurs d'être compétitifs sur le marché mondial des produits et services numériques, en lien avec les stratégies européennes, nationales et régionales,
- Développer l'innovation et les connaissances scientifiques autour des thématiques de ses domaines technologiques et d'usages,
- Développer la recherche et le développement, l'innovation, l'expérimentation et l'activité économique autour des thématiques de ses domaines technologiques et d'usages, en se concentrant sur les usages, les services, les contenus afin de les coupler étroitement avec les nouvelles technologies numériques,
- Contribuer à l'élaboration des politiques industrielles nationales et régionales, telles que les stratégies d'accélération financées par le 4<sup>ème</sup> Programme d'Investissement d'Avenir (PIA4), et à leur déclinaison auprès de ses membres sur l'ensemble des trois Régions (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire),
- Contribuer à l'élaboration des politiques de développement économique, d'innovation et d'internationalisation régionales et à leur déclinaison auprès de ses membres et auprès de ses partenaires, en les faisant bénéficier de services à haute valeur ajoutée, en développant toute activité connexe ou complémentaire à celles précédemment indiquées, dont la formation, la mise en œuvre de projets structurants avec des filières, la création de plateformes et « hubs d'innovation numérique », les services et les manifestations, conférences, publications de veille et de prospective.
- Faire de la transition numérique un levier de la transition écologique et solidaire, en initiant, élaborant et promouvant un numérique durable, responsable, sobre et éthique, dimensions fortement couplées qui reposent également sur la confiance, l'inclusion, et la souveraineté, qui appellent à l'interdisciplinarité, qui permettent la puissance combinée de la *high-tech* et de la *low-tech*, et qui nécessitent et invitent à des liens nouveaux et enrichissants avec toutes les composantes de la société. La feuille de route nationale « numérique et environnement » définissant la stratégie nationale, élaborée par le Ministère de la Transition écologique et le Secrétariat d'Etat chargé de la Transition numérique et des communications électroniques, sera mise en application en retenant les actions proposées qui s'appliquent aux projets.

L'alliance porte les valeurs fortes de prendre soin (« CARE ») de ses membres et de ses collaborateurs, qui se déclinent de la manière suivante : Collaboration, Ambition, Responsabilité, et Engagement.

## Stratégie Régionale d'Innovation - Spécialisation Intelligente

La régionalisation des Pôles de Compétitivité favorise l'émergence de domaines d'excellence territoriaux et nécessite de consolider les orientations stratégiques des pôles avec les schémas directeurs territoriaux. Cette même démarche d'approche régionale a été reprise dans la mise en place des DIH (Digital Innovation Hubs) européens, structures d'aide et de soutien aux entreprises, en particulier aux PME, dans l'amélioration de leurs processus d'entreprise et de production et de leurs produits et services grâce aux technologies numériques.

Enfin la mise en place récente d'un Haut-Commissariat au Plan, le plan de relance européen, le plan de relance économique de la France mettent de nouveau en évidence (a) l'approche territoriale, (b) des domaines technologiques privilégiés, (c) des domaines d'activités (domaines d'usage) faisant l'objet d'initiatives particulières et intenses.

Les Stratégies Régionale d'Innovation des régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire) mettent en évidence certaines spécialisations et filières communes.

Spécialisations	Bretagne	Normandie	Pays de la Loire	Commentaires
Economie maritime	✓	✗	✓	
Agri - Agroalimentaire	✓	✓	✓	
Santé	✓	✓	✓	
Informatique, Numérique et Sécurité	✓	(1)	✓	(1) : décliné dans les filières (santé, industrie, mobilité)
Industrie et Production	✓	✓	✓	
Energie	(2)	✓	✓	(2) : filière "Energie" dans spécialisations "Industrie" et "Production"
Mobilité	(3)	✓	✗	(3) : filière "Mobilité" dans spécialisations "Industrie" et "Production"
Design et les industries culturelles et créatives	(4)	✗	✓	(4) : secteur d'excellence du territoire de Rennes Métropole
Spécialisations transverses	Bretagne	Normandie	Pays de la Loire	Commentaires
Transitions numérique, énergie, sociale	✓	(4)	(4)	(4) : décliné dans certaines filières
Gestion des risques	✗	✓	✗	

La feuille de route se veut en écho des orientations du Schéma Régional de Développement Économique d'Innovation et d'Internationalisation (SRDEII) et les stratégies régionales d'innovation en vue d'une spécialisation intelligente (SRI-SI) des régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire.

Elle tient compte des domaines d'excellence des territoires pour consolider les ambitions territoriales et régionales, et prend en compte nos partenaires (autres pôles, clusters, IRT, ...) pour consolider l'approche "marché" et l'approche numérique.

Elle a pour ambition de décliner les mesures de la feuille de route sur l'environnement et le numérique

du Conseil National du Numérique (en partenariat avec le Haut conseil pour le climat) de juillet 2020 sur son territoire.

Elle se nourrit également des réflexions des différentes instances nationales et européennes : CNI, PPP (5G, AioTI), ECSO, COFIS, SYNTEC Numérique, ETP, NEM, HORIZON EUROPE, etc.

## Au cœur de l'innovation technologique numérique

Les pôles I&R et TES ont partagé leur feuille de route avec l'ambition commune d'être précurseur en matière de technologies clés au service de grands enjeux de transition numérique et environnementale de l'Economie et de la Société, et contribuer à faire du Grand Ouest une référence nationale et internationale en matière d'innovation.

Grâce à cette ambition du numérique au service des usages, I&R+TES va contribuer à l'émergence de projets structurants clefs sur son territoire et s'appuiera sur eux pour les alimenter en innovations portées par ses membres.

Cette feuille de route constitue une synthèse des réflexions stratégiques issues des deux pôles. A l'issue de réflexions communes, l'alliance I&R+TES a identifié un socle technologique fort et à haut potentiel structuré en 6 Domaines Technologiques au service de 5 Domaines d'Usages de demain.

### Domaines Technologiques (DT)

- Confiance Numérique et Sécurité
- Données et Intelligences
- Réseaux et Infrastructures
- Matériel et Logiciel
- Photonique
- Immersivité et Interactivité

### Domaines d'usages (DU)

- Numérique et Agriculture
- Numérique et Contenus
- Numérique et Industrie
- Numérique et Santé
- Numérique et Territoires

Des groupes de travail par domaine technologique et d'usage, composés d'adhérents-experts et d'acteurs territoriaux spécialisés, se sont constitués afin de proposer des documents complets en lien avec les politiques européennes, nationales et régionales.

L'objectif est d'identifier avec nos partenaires (notamment les pôles et clusters applicatifs) les grands enjeux marchés et d'usages d'une part, et de favoriser l'émergence de projets de R&D collaborative qui répondent aux grands challenges technologiques en levant les verrous majeurs d'autre part.

Cette feuille de route sera amenée à évoluer en fonction des verrous levés, des nouveaux enjeux à identifier mais également en fonction des besoins des filières économiques de nos territoires.

### Un partenariat privilégié avec l'IRT b<>com

S'appuyant sur leurs relations déjà établies en phase III et fondées sur une complémentarité avérée au niveau des métiers et des technologies utilisées, l'IRT b<>com et l'alliance I&R+TES ont convenu de renforcer leur coopération durant la phase IV de la politique nationale des pôles de compétitivité

(2019-2022). Cet accord couvre l'accès privilégié aux compétences de b<>com pour le fonctionnement et les acteurs du Pôle et la mise en place d'une action destinée à développer les liens PME/ETI ↔ IRT via les Pôles (contractualisation, accès aux plateformes...).

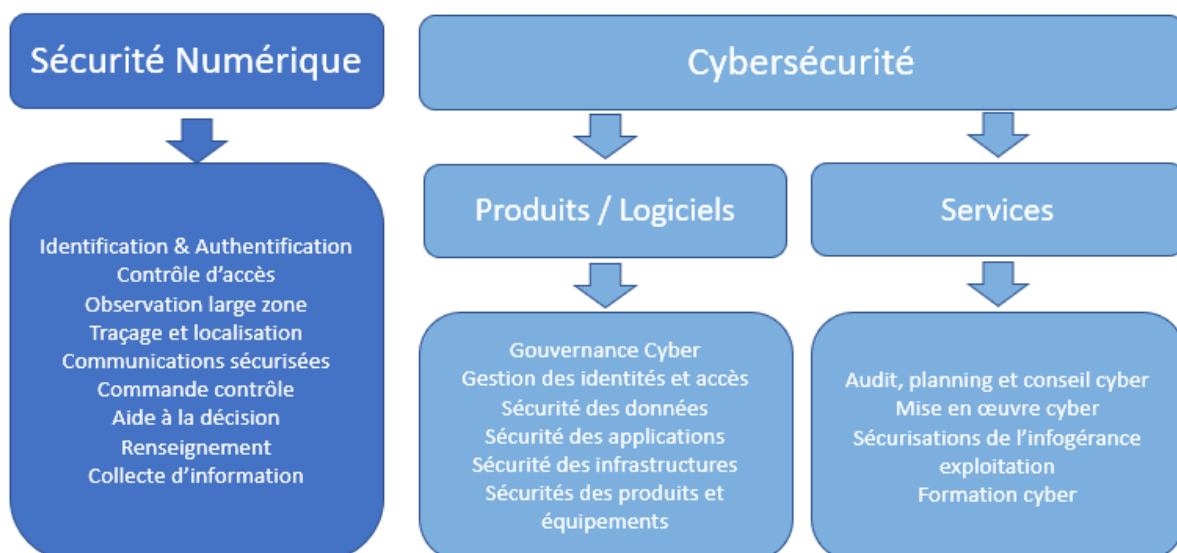
# Domaines Technologiques

## 1. DT Confiance Numérique et Sécurité

La confiance et la sécurité numériques sont devenues des éléments clés de tout produit ou service numérique ainsi que de leur usage, offrant une formidable opportunité pour les acteurs de ce secteur. La dimension sécurité numérique devient un fort différentiant du Grand Ouest et ceci grâce aux contributions de l'alliance I&R+TES, en coopération avec le Pôle d'Excellence Cyber (Cyber Lab, nouveaux services cyber dans les domaines « Smart Energy » et « Smart City »...).

Ce Domaine Technologique est segmenté en 3 sous-domaines :

<i>Sécurité Numérique</i>	Systèmes et sous-systèmes numériques (i.e. biométrie, cartes à puces)
<i>Produits de Cybersécurité</i>	Développement de logiciels de cybersécurité
<i>Services de Cybersécurité</i>	Services d'audit, de conseil, et de mise en œuvre de produits cyber



Source: [Observatoire ACN de la Confiance numérique \(édition 2019\)](#)

## Motivations et Enjeux

Les acteurs du territoire couvrent l'ensemble des thématiques de ces domaines avec une marge de progrès pour certains d'entre eux (sécurité des systèmes, sécurité des réseaux, base de données). La [cartographie de la recherche académique en France](#) réalisée par le groupe de travail Cybersécurité d'Allistène en 2017 identifie la Bretagne comme étant la 3<sup>ème</sup> région en terme d'acteurs de recherche publique (150 ETP), après l'Île de France (327 ETP) et Auvergne Rhône Alpes (165 ETP), auxquels s'ajoutent les acteurs de la recherche privée en Bretagne ou en Pays de la Loire et Normandie (Orange, Nokia, Thalès, Airbus).



La sécurité numérique et la cybersécurité sont associées aux technologies numériques maîtrisées par I&R+TES (réseaux et infrastructures, données et intelligence artificielle, réalité virtuelle...), qui doivent être exemplaires dans l'accompagnement des filières fortes du territoire, dans les domaines d'application telles que la santé connectée, l'énergie intelligente, la mobilité durable, l'agriculture et l'agroalimentaire, le territoire connecté et intelligent ou l'industrie du futur.

L'acceptabilité sociale de la transformation numérique dépend de l'intégration, à des coûts industriels supportables, de technologies logicielles et matérielles permettant de répondre aux cyber risques : la prévention des nouvelles cybermenaces rend cependant nécessaire la prise en compte des risques de sécurité dès la conception des logiciels et matériels (*security by design*) et la recherche permanente d'optimisation de bout en bout (du capteur au cloud) des fonctions de protections mises en œuvre (*cyber green*). Les volets ergonomie et accessibilité sont également à prendre en compte.

## *Verrous identifiés*

Quatre sous-domaines techniques ont été identifiés comme essentiels au niveau européen :

### 1. Supprimer les barrières à la confiance dans les applications liées aux données

Cette dimension consiste à introduire des technologies d'anonymisation, de protection des contenus et des accès mais aussi de droit à l'oubli dans les applications qui profilent les comportements des citoyens. Il s'agit également de faire face à des besoins d'authentification d'éléments matériels (capteurs, terminaux) de plus en plus nombreux posant des contraintes d'interopérabilité et de passage à l'échelle mais aussi de dispositifs de stockage souverains pour renforcer le sentiment de protection de la vie privée.

### 2. Maintenir une infrastructure de communication sécurisée et de confiance

Deux approches d'infrastructure s'opposent sur ce sujet : développement de briques spécifiques de sécurité (plutôt poussée par la norme 3GPP) ou une approche plus de disruption (norme ETSI NVF) avec des fonctions de sécurité intégrées aux modules logiciels qui contribuent aux fonctions réseaux.

Les besoins d'innovations sont nombreux sur ce sujet :

- Gestion de la menace dans des systèmes multi niveaux (sondes, protection contre les malwares, les fonctions de visualisation (SIEM) et d'automatisation)
- Sécurisation des réseaux/protocoles notamment en environnements virtualisés et distribués
- Environnements d'exécution de confiance : matériel et logiciel (containers, VM, orchestrateurs...)
- Terminaux et objets de confiance
- Cryptographie dite « quantique »

### 3. Approches intelligentes pour éliminer les vulnérabilités dans les systèmes services et applications

La sécurité par construction (*security by design*) doit passer l'utilisation de méthodes et outils de modélisation et vérification (tests, certification) assurant et vérifiant la sécurité de bout en bout :

- Utilisation de méthodes de développement et déploiement de type DevOps
- Vérification automatique des caractéristiques de cybersécurité des « systèmes de systèmes ».
- Détection automatique de vulnérabilité utilisant par exemple les outils de l'intelligence artificielle
- Outils sûrs de conception de briques matérielles et logicielles (compilateur, langages...)
- Architecture et déploiement d'environnements d'exécution sûrs (matériel et logiciels de base)

### 4. Des composants aux services de sécurité

Les services de sécurité (du global au local) posent des problèmes d'interfonctionnement, d'adaptation aux services métiers, et donc des enjeux de normes (par exemple les Organismes d'Importance Vitale).

- Disponibilité de standards (interfaces et données) permettant l'interopérabilité
- Automatisation des fonctions clés (compromis entre expertise humaine et intelligence de la machine)
- Méthodes et process assurant la confidentialité des informations traitées
- Plateformes de services à la fois sécurisées et à coûts d'accès raisonnables
- Capacité d'échange d'informations entre les fournisseurs de services de sécurité et leurs clients

## *Recommandations*

Les ambitions d'I&R+TES sur le DT Confiance Numérique & Sécurité doivent être grandes et en lien avec les attentes de l'Etat sur le rôle des pôles :

- Présence de ses acteurs sur les projets européens (2 B€ investis sur la période 2021/2027),
- Acculturation des filières et des pôles applicatifs quant à l'importance de la cybersécurité et à la formation des utilisateurs aux bons usages et à la vigilance (ransomware, intelligence économique...),
- Importance du déploiement de solutions, notamment venant des acteurs du pôle, dans les entreprises du grand ouest.

Par ailleurs les documents de référence de la filière au niveau national sont aussi des sources de recommandations qui peuvent naturellement se décliner sur les territoires en lien avec les acteurs de l'innovation déjà présents.

- Une technoférence par an traitant de sujets cybersécurité
- Une espace traitant du croisement avec la cybersécurité et la confiance numérique dans chaque technoférence

- Travailler à la mise en place d'un label en collaboration avec des organismes nationaux (ANSSI, CNIL) et les autres pôles numériques du territoire
- Reconnaissance des entreprises et des produits (label entreprise innovante en cybersécurité, étiquette d'identification du niveau de vulnérabilité)
- Accompagner la nécessaire prise de conscience des filières des risques cyber et du besoin de déployer des produits et services de cybersécurité au maximum souverains, en collaboration avec les pôles et clusters applicatifs du territoire, les chambres consulaires CCI et Chambres des Métiers
- Développer un « circuit court » de la cyber en donnant accès à des marchés locaux à des acteurs notamment PME de la cybersécurité membres du pôle.
- Faire émerger des démarches de type « challenges du numérique » ou autre animation spécifique pour accompagner le développement et l'expérimentation d'innovations utilisables par des grands comptes ou mieux des acteurs économiques de l'économie non numérique.
- Relais à l'émergence de formation cyber et de fertilisation des autres filières par les spécialistes de la cybersécurité.

## 2. DT Données et Intelligences

La multiplication des jeux de données, le décuplement des puissances de calcul et de nouveaux algorithmes ont engendré des avancées rapides dans le développement de l'Intelligence Artificielle (IA), amenée à toucher l'ensemble des domaines et des secteurs, et devenant un enjeu majeur au niveau économique et géopolitique. Les termes Big Data, utilisé pour le traitement et l'analyse de larges volumes de données, et IA sont intimement liés.

Dans les années à venir, les entreprises investiront énormément dans des outils d'IA qui les aideront à différencier et à améliorer les services qu'ils offrent aux clients ; ils doivent faire de l'IA une compétence de base. L'absence d'entreprises françaises d'envergure mondiale, comme les GAFAM/BATX, démontre que la France doit particulièrement développer ses compétences (enseignement) et concentrer son effort de développement de l'IA sur quatre secteurs prioritaires : santé, transports-mobilités, environnement et défense-sécurité.

La Bretagne s'active pour participer à la bataille technologique déclenchée par l'IA. Elle est dotée d'instituts de recherche reconnus (Inria, IRT b<>com, ...), et d'acteurs majeurs dans le domaine applicatif. L'IRT b<>com a investi dans une plateforme matérielle et logicielle spécifiquement dédiée à l'IA. Les IRTs b<>com et Jules Verne participent, dans le cadre de l'association FIT, à l'initiative EngageAI qui accompagne la transformation numérique par l'IA.

En Pays de La Loire, Capacités-IA est un des domaines d'activité de Capacités SAS, filiale privée de l'Université de Nantes, et repose sur les compétences du LS2N (Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes) pour servir leurs clients, nombreux aux Etats-Unis. Deux technologies sont utilisées : deep learning (reconnaissance d'images, maintenance prédictive) et réseaux bayésiens (modélisation de problèmes). Le collectif NaonedIA est un collectif nantais pour une IA éthique, responsable et populaire.

La Région Normandie a affirmé son ambition, dans sa « Stratégie Numérique Normande » de constituer un écosystème de la donnée. Ainsi, le DataLab normand encourage le partage de connaissances et les collaborations entre collectivités, entreprises et laboratoires.

L'alliance I&R+TES porte la plateforme Pride, qui est une plateforme de collecte, de traitement et de visualisation des données énergétiques (projet Smile) sur la Bretagne et Pays de La Loire.

### *Motivations et Enjeux*

L'IA doit permettre aux entreprises de se développer et d'optimiser leur fonctionnement.

#### Développement

- créer de nouveaux produits,
- améliorer les produits actuels,
- adresser de nouveaux marchés,
- améliorer le service client,
- optimisation les ventes

#### Optimisation

- optimiser des opérations,
- améliorer les contrôles qualité,
- prendre de meilleures décisions,
- libérer des ressources pour des tâches plus créatives

La chaîne de valeur de l'industrie du Big Data et de l'IA peut être structurée en segments :

- Acquisition de données (enregistrements, documents, photos, logs, GPS, données client...)
- Gestion Big Data (sécurité (gouvernance et sécurité), Insight (Business intelligence, analyse de données), management (stockage, préparation, processing, agrégation, intégration)
- Produits Big Data (marketing digital, Business Intelligence, Moteurs de recherche, Data Mining)
- Technologies IA (machine learning, data science, plateforme conversationnelle, computer vision, puce d'accélération de réseaux de neurone, robots intelligents...)
- Cas d'usages (robots industriels, véhicules autonomes, marketing personnalisé, assistants virtuels, cybersécurité, diagnostics médicaux, réalité augmentée...)

Au-delà des enjeux technologiques, l'IA suscite de nombreux débats alimentés par la peur des impacts sur l'emploi et les possibles mauvaises utilisations. La commission européenne (groupe d'expert HLEG) a défini 7 exigences à évaluer tout au long du cycle de vie du système IA : facteur humain, robustesse et sécurité, respect de la vie privée et gouvernance des données, transparence, diversité/équité, bien-être sociétal et environnemental et responsabilité.

Les enjeux pour la France et nos territoires sont les suivants :

- Former et retenir en France les meilleurs chercheurs en intelligence artificielle,
- Disposer d'une cartographie des compétences actuelles Big Data et IA dans nos régions (experts, académiques, offreurs de solutions et utilisateurs),
- Favoriser, valoriser et faire connaître au maximum l'expérimentation de ces technologies,
- Encourager la digitalisation des entreprises afin d'établir une collecte de données suffisante pour favoriser la mise en place d'applications IA,
- Encourager le secteur privé à mettre en place une R&D à long terme sur l'intelligence artificielle.
- Faciliter la collecte, la structuration et l'accès aux données,
- Sensibiliser les entreprises à la protection de leurs données stratégiques, de la réglementation en la matière applicable dans les états et de sa conséquence sur les niveaux de protection des hébergeurs,
- Acceptabilité de l'IA (vecteur de sociétés équitables au service des humains).

Les enjeux peuvent être déclinés par domaines d'applications :

- Systèmes intelligents
  - Smart Grid : optimisation de la collecte, du stockage et de la consommation d'énergie
  - Smart Cities : partage de ressources publiques, pas toujours interopérables
  - Smart Transportation : véhicules autonomes, gestion fine du trafic, multimodalité
- Défense et Sécurité : cybersécurité, surveillance, réduction du stress (assistances), planification et conduite des opérations de combat, renseignement
- Education : adaptation des parcours d'apprentissage
- Santé : croisement des données médicales et de la vie réelle pour mieux prédire, mieux traiter

## *Verrous identifiés*

Les verrous sont de plusieurs natures :

- Respect de la vie privée (protection des données, anonymisation, personnalisation, éthique, transparence) et définition de nouveaux modèles d'affaires pour un partage équitable de la valeur,
- Apprentissage profond (résultats non garantis, modularité, volume des données, robustesse, causalité inaccessible),
- Explicabilité (opacité liée à l'incapacité à expliquer, par exemple les jeux de stratégie),
- Défaillance de continuité (on peut déformer une image de façon imperceptible pour l'œil humain, mais conduisant à une réponse erronée du système IA),
- Données et puissance de calcul (exclusivité des acteurs GAFAM, disponibilité des infrastructures, puissance de calcul nécessaire, frugalité numérique et calcul distribué),
- Interopérabilité (on ne sait ajouter aux Réseaux de Neurones (RdN) profonds d'autres connaissances non acquises (via des exemples) ou des connaissances de nature hiérarchiques,
- Edge computing (déplacement des services, applications et données vers la périphérie, à proximité des utilisateurs pour répondre aux optimisations des bandes passantes et des latences),
- Homogénéisation et standardisation (intégration et standardisation des systèmes),
- Sécurité et confidentialité (interactions de nœuds hétérogènes, traitement des données en périphérie),
- Communication de pointe (besoin d'application rapide, à faible latence et à haut niveau de calcul, utilisation des technologies 5G).

Les verrous peuvent être déclinés par domaines d'applications :

- Systèmes intelligents
  - Smart Grid : optimisation de la collecte, stockage et consommation d'énergie
  - Smart Cities : partage de ressources publiques, pas toujours interopérables
  - Smart transportation : véhicules autonomes, gestion fine du trafic (routier, ferroviaire, etc.)
- Défense et Sécurité
  - Systèmes distribués et multiplicité des moyens de communications (fortes latences)
  - Capacités de calculs
  - Niveau de confiance pour des missions critiques
  - Règlementation, cloisonnement et découpage institutionnel
  - Législation associée à l'exploitation des données (besoin d'une déclinaison « recherche » de la GDPR dans le droit français, permettant de conserver des données plus longtemps...)
- Education
  - Faciliter l'exploitation des données d'apprentissage sous le contrôle de l'apprenant et des responsables pédagogiques
  - Créer des « bacs à sable » pour des collaborations expérimentales
- Santé
  - Croisement des données médicales et données de la vie réelle pour mieux prédire et traiter
  - Etendre le périmètre d'eHOP (entrepôt de données de l'hôpital)
  - Savoir rendre les données disponibles et utilisables
  - Trouver la bonne échelle pour l'échange des données de santé

- Créer des « bacs à sable » pour des collaborations expérimentales
- Respect de la vie privée

## Recommandations

Par son positionnement technologique, son nombre d'adhérents et sa couverture géographique, l'alliance I&R+TES peut activer ses canaux de communication pour agir sur les verrous et être moteur dans la vulgarisation de l'IA, dans la réalisation de la cartographie des compétences, dans la sensibilisation de l'écosystème et le soutien des Proof of Concept (PoC) et des démonstrateurs.

Il apportera son expertise autour de l'animation de l'écosystème sur le territoire des trois régions et l'organisation de challenges numériques autour du Big Data et de l'IA sous la forme de projets de recherche collaborative pour lever des verrous du Domaine Technologique.

L'alliance I&R+TES participera à l'initiative EngageAI du réseau des IRTs, notamment avec b<>com, qui consiste en une proposition de valeur pour la capitalisation des résultats et l'évangélisation des secteurs industriels à l'IA.

Pour la dimension européenne, le pôle I&R est l'unique entité hors Île-de-France retenue pour le programme AI DIH (Digital Innovation Hubs) qui a pour but de mettre en réseau 30 AI permettant le partage de connaissances techniques et coopération entre les DIH et les parties prenantes au niveau de l'UE. Dans ce cadre il est prévu de mettre en place un outil de diagnostic de maturité IA (série de questions sur différents sujets relatifs à la mise en place de l'IA dans l'entreprise).

Les différentes propositions et actions identifiées sont listées dans le tableau ci-dessous.

Proposition	Actions
Meilleure connaissance de l'apport de l'IA pour les entreprises	Montrer le bénéfice de l'IA pour les entreprises: amélioration de leurs produits actuels, optimisation de leurs opérations internes et externes, capacité à prendre de meilleures décisions, libérer des ressources pour des tâches plus créatives, créer de nouveaux produits, adresser de nouveaux marchés, automatiser leur process, améliorer les contrôles qualité et détection de défaut, améliorer le service client, optimiser les ventes, ... Au travers de PoC et de démonstrateurs génériques et dédiés
	Bac à sable expérimentation. Soutien au PoC et démonstrateurs.
	IA Maturity Assessment et élaboration de stratégie et de Plan d'action
	Cursus de formation liée à la donnée et à l'IA
	Cartographie des compétences

	Cartographie des entreprises offrant des solutions à base d'IA
Rayonnement / Coopération au niveau de la région et de l'Europe	<p>S'appuyer sur notre DIH IA (Digiwest):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nous sommes pionniers avec la signature de l'accord de coopération avec 24 autres DIH IA</li> <li>- Faire connaître le DIH auprès de l'écosystème</li> <li>- Avoir des membres engagés</li> <li>- Définir et mettre en place des services (IA maturity assessment, dissémination, workshop, catalogue de formation)</li> <li>- Appel à projet dédié IA.</li> </ul>
Chaîne de valeurs données	- Encourager la digitalisation des entreprises afin de mettre en place une bonne collecte de données pour favoriser la mise en place d'application IA.
	Faciliter la collecte, la structuration et l'accès aux données.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilité des données (protection, prétraitement, langue française, ...)</li> <li>- Disponibilité des infrastructures permettant de les traiter</li> <li>- Confiance dans la pérennité des outils</li> </ul>
	<p>Santé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EHOP: étendre périmètre géographique</li> <li>- Rendre la données disponibles et utilisables</li> <li>- Croissement des données médicales</li> </ul>
Retenir / attirer les talents	Créer un environnement favorable, conséquence des autres actions
Développement Ecosystème Santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centre National des Données de Santé : croisement des données médicales et données de la vie réelle pour mieux prédire, mieux traiter</li> <li>- Avec ehop nous avons un entrepôt de données de santé avec une bonne qualité de données, mais il faut étendre son périmètre géographique</li> <li>- Savoir rendre les données disponibles, utilisables</li> <li>- Trouver la bonne échelle pour l'échange des données de santé</li> <li>- Bac à sable pour expérimenter</li> <li>- Respect de la vie privée</li> </ul>
Développement dans le domaine de l'Education	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction de l'AI dans les cursus de formation</li> <li>- Utilisation de l'AI dans le cadre de l'enseignement distanciel</li> <li>- Pour faire émerger une véritable R&amp;D de l'IA en éducation <ul style="list-style-type: none"> <li>- faciliter l'exploitation des données d'apprentissage sous le contrôle de l'apprenant et/ou de ses responsables pédagogiques</li> <li>- faciliter l'expérimentation en conditions réelles</li> <li>- préconisation de l'acquisition de dispositifs Edtech par les établissements</li> </ul> </li> <li>- créer des « bacs à sable » pour des collaborations expérimentales</li> </ul>



Développement dans le domaine de Défense & Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cybergdéfense et la cybersécurité : Détection de comportement anormaux et mise en œuvre de stratégie de défense en cas de compromission d'un système ou d'un réseau</li> <li>- La surveillance : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection de comportements anormaux dans les lieux publics (Analyse d'image, de vidéos, reconnaissance de visage ...)</li> <li>- Analyse de contenu image/vidéo</li> <li>- Analyse du spectre électromagnétique</li> <li>- Contrôle d'accès</li> <li>- Analyse des sources ouvertes (Ex : Internet, réseaux sociaux ...)</li> </ul> </li> </ul>
Smart Grid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimisation de la collecte, stockage et consommation d'énergie</li> <li>- e.g. RIAPS (Resilient Information Architecture Platform for the Smart Grid)</li> </ul>
Smart Cities	Partage de ressources publiques, pas toujours interopérables e.g. EVAPS (Edge Video Analysis for Public Safety framework)
Smart transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Véhicules autonomes</li> <li>- Gestion fine du trafic (routier, ferroviaire, etc.)</li> </ul>
Puissance de calcul HPC	

### 3. DT Réseaux et Infrastructures

Les réseaux et infrastructures de télécommunications constituent le socle de la transformation numérique, avec un besoin d'innovation soutenue pour répondre d'une part, à la croissance du nombre d'utilisateurs (6%/an), de terminaux (10%/an), de l'adoption de l'Internet des Objets Mobiles ou Mobile IoT (30%/an) et d'autre part, pour répondre à la nécessité d'adapter les rôles des acteurs, les modèles économiques, les architectures des réseaux/équipements et les méthodes de contrôle de ceux-ci.

Ces évolutions doivent s'inscrire dans une logique de numérique utile, évolutif et frugal.

Environ 80% du trafic des réseaux est constitué de flux vidéos distribués à partir de serveurs. Cette tendance devrait se maintenir, tandis que les entités reliées aux réseaux seront dans leur très grande majorité des objets connectés.

La diminution de la latence permet d'offrir de nouveaux services IoT et de nouveaux usages pour une interactivité plus importante, tels que le Cloud Gaming ou les opérations à distance.

Les réseaux 5G seront étendus au-delà des couvertures des opérateurs Télécom, avec une forte croissance de marchés verticaux, avec les projets de villes connectées et d'Industrie 4.0.

Ces évolutions doivent s'inscrire dans une logique de numérique utile, évolutif et frugal.

#### *Motivations et Enjeux*

Les utilisateurs des réseaux de télécommunications exigent que ceux-ci continuent à croître en termes de débit, de mobilité et de diversité des objets accessibles afin d'avoir une expérience utilisateur fluide, robuste, performante, ubiquitaire, dans le cadre d'une utilisation quotidienne à usage personnel et professionnel.

Plus globalement, les réseaux font face à une demande sociale pour contribuer à l'aménagement des territoires (en offrant idéalement une couverture mondiale), faciliter la vie en société, aider à la maîtrise de la consommation d'énergie des équipements des utilisateurs (terminaux) et des équipements de réseaux (infrastructure). L'extension des possibilités offertes par les réseaux doit satisfaire à des impératifs de sécurité et de respect de la vie privée d'autant plus importants que les réseaux deviennent plus intrusifs et moins visibles.

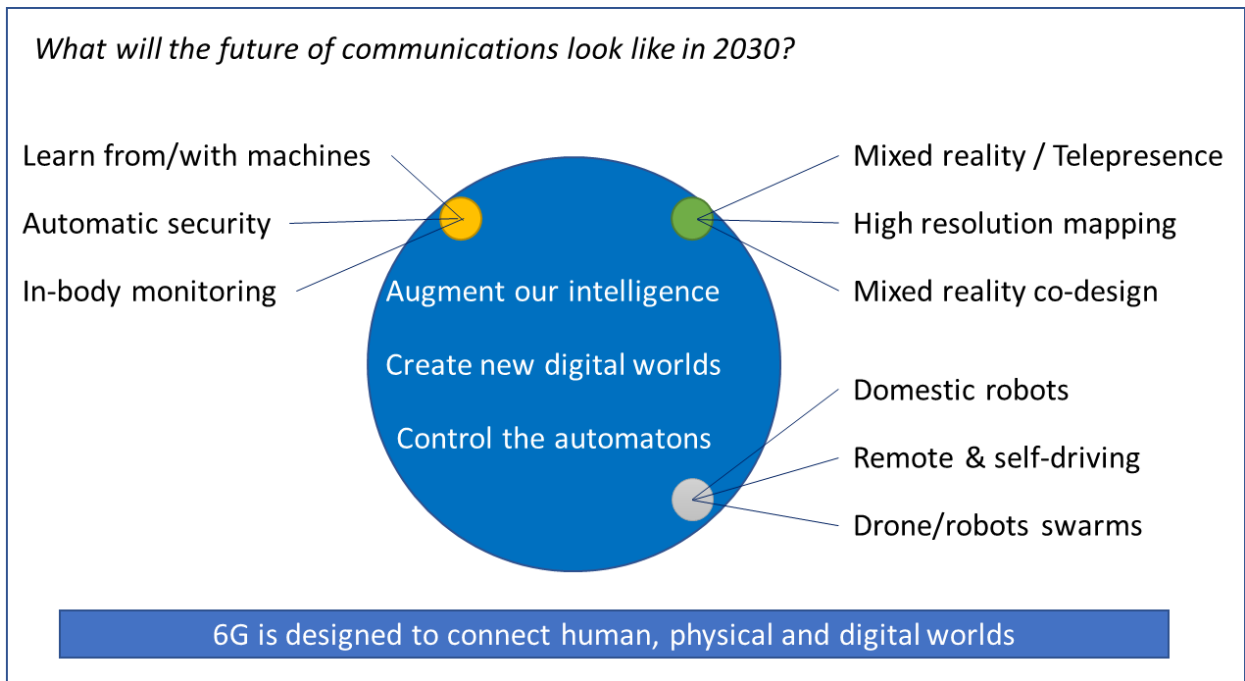
Dans ce contexte, les principaux enjeux peuvent être formulés ainsi :

- Développer les réseaux en maîtrisant leurs coûts et leur consommation énergétique,
- S'appuyer sur les réseaux pour faire face à la crise énergétique (i.e. distanciel vs. présentiel),
- Fournir un accès à l'Internet mondial (toujours en marche et partout sur le globe),
- Offrir des capacités de liaisons très haut débit à faible latence

La 5G est un des enjeux importants et n'est pas une simple évolution de la 4G : l'utilisation des fréquences millimétriques permet, outre une significative augmentation de la bande passante et une réduction de la latence, de cibler une multitude d'objets connectés dans un environnement dense tel que les objets connectés autonomes dans une usine connectée (industrie 4.0), centre urbain dense (paquebot, stade...) à l'aide des techniques MIMO massif (massive MIMO) et de modeleur de faisceau

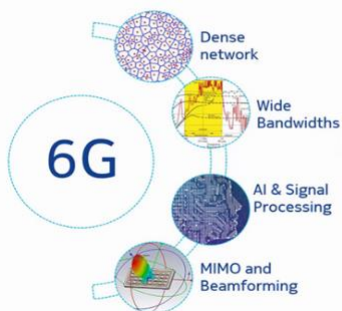
(beamforming). Enfin, la 5G est une alternative possible au câble ou au réseau Fibre optique jusqu'au domicile (FTTH) : un des premiers déploiements de cette technologie est le remplacement aux USA du câble largement utilisé chez les particuliers par des antennes relais 5G, nécessitant moins de frais d'installation.

On voit déjà apparaître les prémices de la 6G dans les labos de recherche.



La 6G est prévu pour la prochaine décade 2030/2040 :

6G network creating a sixth sense



On retrouve à nouveaux les concepts de :

- Massive MIMO et beamforming encore plus complexes
- L'intégration de l'intelligence artificielle dans le traitement du signal
- L'utilisation de nouvelles bandes de fréquences encore inutilisées
- Augmentation de la densité des équipements par cellule

Use Case (capability)	5G	6G
Augmented Reality for Industry (peak rate and capacity)	Low resolution / high level tasks	High resolution and multi-sensory / detailed tasks and co-design
Telepresence (capacity)	High video quality / Limited scale	Mixed reality / Holographic
Security surveillance, Defect detection (positioning and sensing)	Manual	Automated
Distributed computing, Automation (time synchronization)	Micro seconds level tasks	Nano seconds level tasks
Dynamic digital twins and virtual worlds (real-time multi-sensory mapping and rendering)	✗	✓
Wireless in Data Center (peak rate and capacity)	✗	✓
Zero Energy devices (Back scatter communications)	✗	✓
Swarms of robots or drones (low latency D2D)	✗ (maybe)	✓
Bio sensors and AI	✗ (limited)	✓

## Verrous identifiés

Les membres de l'alliance I&R+TES ont identifié les verrous technologiques ainsi que les verrous d'usages et sociétaux

### Architecture et commande des réseaux

- Accroissement de la capacité des systèmes grâce à des évolutions des architectures aux niveaux structurels et fonctionnels
  - Développement de l'informatique en périphérie de réseau (edge computing)
  - Virtualisation et orchestration des réseaux (NFV, slicing, SDN)
  - Gestion de la bande passante lors des situations de fort trafic plus ou moins ponctuelles
- Multiplicité des systèmes et l'hétérogénéité des réseaux constituant un verrou d'ubiquité (pour le client) ou de convergence des réseaux (pour l'opérateur)
- Consommation d'énergie des réseaux (y compris celle des équipements à domicile)
- Réalisation de systèmes dits de radio logicielle
  - Convertisseurs analogiques/numériques large bande à haute précision
  - Architectures d'émission/réception analogiques (émetteurs/récepteurs, antennes, amplificateurs de puissance et corrections associées)
  - Conception d'équipements autonomes, flexibles et réactifs à leurs environnements
  - Plateformes d'exécution flexibles et reconfigurables dynamiquement (FPGA, NoC, ...)

### Communication radio - Utilisation efficace de systèmes antennaires complexes (5G et au-delà)

- Optimisation des architectures numériques/analogiques (compromis performance / complexité / consommation)
- Intégration en ondes millimétriques et au-delà : recherche d'algorithmes spécifiquement adaptés au contexte de la propagation en onde millimétrique, développement d'antennes et des modeleurs de faisceaux associés à des fréquences très élevées (90GHz-300GHz), explorer les architectures antennaires à commande optique
- Flexibilité et adaptabilité algorithmique, procédés d'estimation de canal et de suivi particulièrement efficaces et sobres, plateformes matérielles reconfigurables
- Optimisation des formes d'onde et des schémas de codage pour une meilleure efficacité spectrale et énergétique, et dépendant de la capacité de calcul des terminaux visés
- Réponses adaptées aux problèmes de vulnérabilité des communications dans un environnement électromagnétique dense et à l'origine de nombreux signaux interférents, et vis-à-vis d'agressions électromagnétiques intentionnelles.
- Utilisation de l'UWB (Ultra Wide Band) pour sécuriser les communications sur courte distance par ces capacités de détection et de télémétrie fine sécurisée

### Communication par satellite

- Missions basse et moyenne orbite (LEO/MEO) : nouvelles architectures bord présentant un très grand nombre de faisceau (couverture fixe) sur un large secteur angulaire (par exemple antennes actives bas coût)
- Mission géostationnaire (GEO) : nouvelles architectures flexibles à privilégier
- Terminaux utilisateurs ultraplats et à fort dépointage de faisceau

### Réseaux optiques

- Limite des systèmes WDM dans la bande optique conventionnelle conduisant à envisager l'ouverture de nouvelles bandes optiques et/ou le recours à diverses formes de multiplexage spatial, y compris avec de nouveaux types de fibres (en particulier en système sous-marin)
- Méthodes de commande des réseaux et d'adaptation des systèmes plus agiles et plus efficaces
- Prise en compte des contraintes de latence liées au réseau de collecte (backhaul) des futurs réseaux mobiles
- Modèle d'affaire pour la couverture FTTH, en synergie/compétition avec l'accès fixe 5G

### Usages et acceptabilité sociétale

- Identification de modèles économiques, notamment sur l'internet des objets et les données libres
- Interrogations et perception des risques liés aux impacts du rayonnement électromagnétique
- Acceptabilité de la collecte et du partage des données, et de l'utilisation de celles-ci
- Position des acteurs industriels/institutionnels sur l'adoption du V2X (Vehicle To Everything) 5G
- Offre de service minimisant l'impact du nonaccès aux outils numériques (haut débit, services...)
- Impact de l'itinérance (roaming) international sur l'usage du numérique pendant les voyages
- Vulnérabilité (de la société et des individus) en cas de défaillance des réseaux
- Optimisation de la consommation d'énergie des nouvelles technologies
- Ergonomie et accessibilité

## Recommandations

L'ambition du DT « Réseaux et Infrastructures » est de porter des grands projets sur les réseaux du futur et les réseaux électriques intelligents en s'appuyant sur :

- Les expérimentations 5G à Nantes avec Nokia, et au Havre avec Orange,
- L'expérimentation 5G SA (Stand Alone) en cmWave et mmWave sur le site de Lannion en collaboration avec Orange, Nokia, Anticipa et Images & Réseaux,
- L'usage des réseaux IoT Cat-M, MB-IoT et LoRa à Lannion,
- Les nouvelles technologies de télécommunication telles que la communication aux fréquences millimétriques, le déploiement de réseau « *edge computing* » et la réduction de consommation pour les domaines de l'Industrie 4.0, l'automobile, et la santé,
- Les expérimentations pour les unités de production / usines, sites industriels,
- Le programme SMILE (Smart Ideas to Link Energies) : faire du Grand Ouest un territoire leader en Europe en matière de Réseaux Électriques Intelligents (REI) autour de solutions pérennes et exportables,
- Les projets de marché verticaux avec l'utilisation de drones, avec le Centre Technologique Drone Ouest (CTDO) de Lannion.

Cette feuille de route s'appuiera également sur les politiques / objectifs régionaux, dont notamment les Schémas Régionaux Développement Economique Innovation et d'Internationalisation (SRDEII) des régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire.

La recommandation est de :

- Profiter de la complémentarité des acteurs de Bretagne, Normandie et Pays de Loire pour faire émerger des projets avec une plus grande chaîne de valeur
- Monter des expérimentations avec les acteurs / entreprises, académiques et collectivités
- Offrir des opportunités d'expérimentation, tests et validation aux entreprises (PME) qui correspondent aux besoins identifiés dans les domaines d'usages (via les donneurs d'ordres travaillant dans ces usages)

## 4. DT Matériel et Logiciel

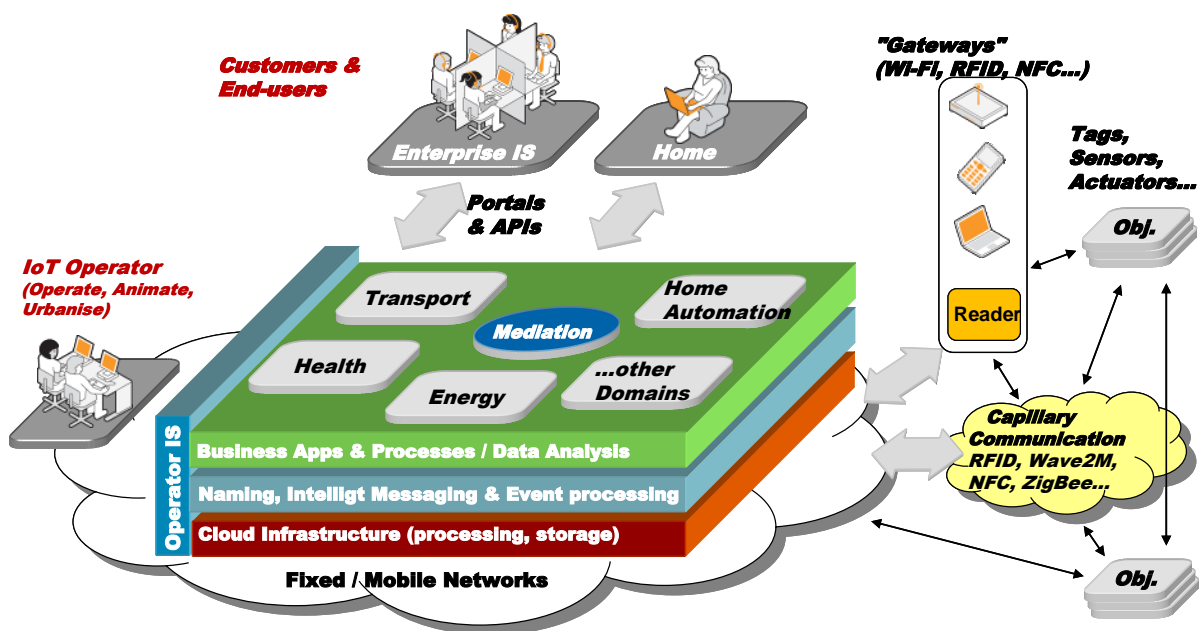
Les technologies matérielles et logicielles sont très diverses et permettent d'adresser un marché en forte croissance (par exemple 30%/an pour l'IoT Mobile). L'alliance I&R+TES portera une attention particulière au logiciel embarqué, à la modélisation logicielle et à la production industrielle de logiciels, domaines où les adhérents des pôles sont fortement impliqués :

- l'ingénierie logicielle, la manière de concevoir et de développer les logiciels, l'évolution des environnements et des méthodes de développement logiciel,
- les objets connectés et leurs technologies, la mise en réseau de ces objets, la mise en œuvre des objets et les problématiques logicielles associées.

### L'ingénierie logicielle

La manière de concevoir et de développer les logiciels a largement évolué ces dernières années. Il faut essayer de maximiser pour une famille de produits la réutilisation tant de composants individuels que d'infrastructures d'accueil de ces composants qui évoluent chacun à leur rythme, sans perturber l'exécution des services mis en place.

L'évolution des environnements et méthodes de développement logiciel est importante avec l'utilisation ou le développement d'outils de modélisation Agile à grande échelle et de développement, intégration et déploiement continu en mode DevOps.



### Les objets connectés et leurs technologies

Les capteurs sont des systèmes analytiques intégrés transformant une grandeur en un signal. Ils permettent la détection, la transmission et l'analyse de l'information recherchée. Les capteurs virtuels (logiciels) s'appuient sur un ensemble de paramètres et une algorithmique pour calculer l'information équivalente à celle d'un capteur physique. Ils sont de plus en plus utilisés, notamment dans les smartphones et les véhicules.

Les actionneurs sont des systèmes analogiques transformant une énergie (généralement électrique) en un phénomène physique. Ils sont généralement couplés à un convertisseur dont la fonction est de mettre en forme l'énergie fournie en fonction d'un signal de commande.

L'internet des objets (IoT) est un écosystème d'objets qui captent des informations et communiquent entre eux ou avec des applications. Un objet connecté sait donc a minima capter des informations et les communiquer, mais peut aussi être sensible à l'environnement, conscient du contexte dans lequel il évolue, autonome et communiquant. Un objet connecté tend aussi à avoir une capacité de traitement qui lui est propre pour alléger la quantité des informations transmises vers les systèmes de traitement distants.

Cette capacité de traitement des objets connectés vise également à intégrer des capacités d'agir sur le comportement de l'objet lui-même ou de moduler la transmission d'informations, comme par exemple des fonctions d'auto-calibrations ou d'auto-tests. Les objets connectés recherchent souvent l'autonomie énergétique.

### La mise en réseau de ces objets

La notion d'objet connecté peut être identifiée à différentes échelles. Par exemple, un véhicule peut être composé de certains « objets connectés » coopérant entre eux mais les véhicules peuvent être considérés comme des objets connectés (système de systèmes). Lorsque qu'un ensemble d'objets connectés communiquent et interagissent entre eux via le réseau Internet, on parle alors d'Internet des Objets (*Internet of Things - IoT*).

Les technologies de communication utilisées pour connecter les objets sont nombreuses. Cette diversité est due à la variété des cas d'usage et des besoins associés, le nombre d'objets à connecter, le volume d'information à transmettre, ou les contraintes sur la latence. Les perspectives apportées par le déploiement des réseaux 5G, en particulier les communications de type machine massive (mMTC), les communications à faible latence très fiables (URLLC) et le découpage du réseau (slicing) pourraient fournir un cadre unifié aux infrastructures de l'Internet des Objets à partir de 2021/2022.

### La mise en œuvre des objets et les problématiques logicielles associées

La complexité des systèmes connectés est variable. Tant que le système n'est qu'un capteur publiant des données, les solutions restent relativement simples à réaliser : système d'exploitation réduit, firmware plus ou moins complexe et éléments de communication généralement bien balisés (LORA, Sigfox, GSM, BLE, etc.). Les solutions faisant appel à l'Intelligence Artificielle (IA), ou même à un système de contrôle-commande sophistiqué, avec un apprentissage seront plus délicates à gérer.



On distingue trois types d'apprentissage (ou une combinaison des trois) :

Préalable	Les processus d'apprentissages et les logiciels afférents sont concentrés dans la conception du dispositif. Le système peut évoluer et chaque mise à jour pourra comporter un ajustement des algorithmes d'IA.
Déporté	Le système publie des données connexes à son exploitation, destinées à améliorer son comportement. Il est couplé à une solution d'IA chargée de les traiter et de télécharger les mises à jour.
Embarqué	Le système intègre un moteur d'acquisition et de traitement des données. Les mises à jour du système d'IA sont assurées au plus près physiquement du capteur.

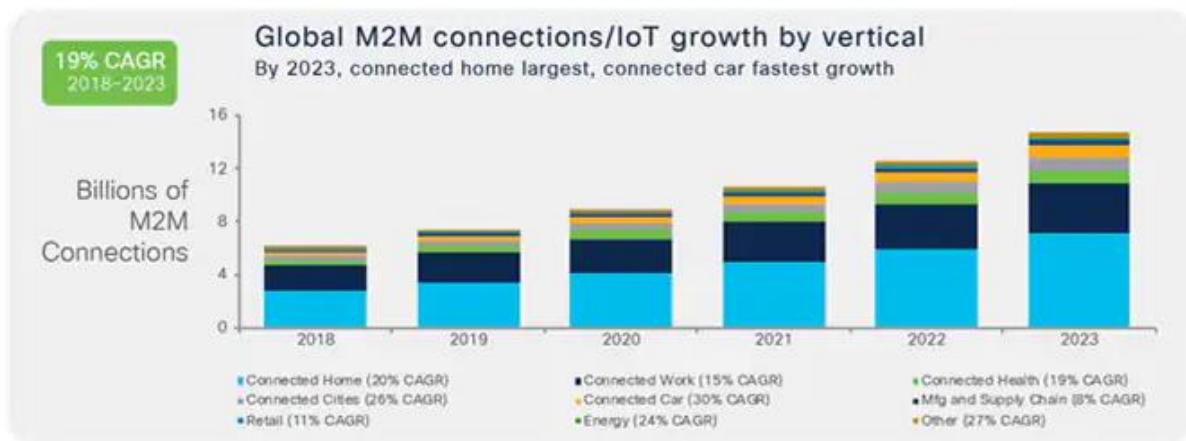
## Motivations et Enjeux

### L'ingénierie logicielle

L'enjeu est de pouvoir maîtriser simultanément les coûts de développement, la fiabilité et le temps de mise sur le marché de nouveaux logiciels. Il s'agit donc de gérer l'évolutivité des logiciels dans leur contexte d'exécution de manière transparente, et prendre en compte la dimension multi plateforme pour permettre un déploiement au plus grand nombre, et insister sur l'importance du processus de développement itératif des logiciel, principalement en mode collaboratif.

### Les objets connectés

L'Internet des objets (IoT) est devenu un système répandu dans lequel les personnes, les processus, les données et les objets se connectent à Internet et les uns aux autres : le marché mondial des capteurs a vu une croissance annuelle de 10% sur la période 2015-2020. Le segment des réseaux de capteurs sans fil est un segment qui connaîtra un fort développement dans les années à venir.



De nombreux secteurs utilisent et/ou sont demandeurs de solutions matérielles et logicielles d'objets connectés. En voici quelques exemples :

Domaine	Cas d'usage
Energie	Réseaux électriques intelligents (smart grids)
Ville connectée	Gestion de l'éclairage, collecte des déchets, trafic et places de parking, qualité de l'air, distribution des fluides, contrôle de la pollution... (smart cities)
Industrie 4.0 et Agroalimentaire	Usine du futur, RFID, automatisation et robotique
Santé et Bien Etre	Monitoring des paramètres santé, contrôle de glycémie, fréquence cardiaque...
Habitations	Contrôle de la température ambiante, éclairage, climatisation, sécurité...

Transport	Voiture connectée, bateau connecté, véhicules agricoles, drones...
Agriculture	Ferme connectée, capteurs dans les champs, surveillance des animaux...
Défense et Sécurité	Détection d'intrusion, détection des risques biologiques...
Tourisme et Culture	Assistances, Expériences personnalisées

## *Verrous identifiés*

Les membres des pôles I&R+TES ont identifié les verrous technologiques ainsi que les verrous d'usages et sociétaux. Ils sont souvent similaires à ceux du Domaine Technologique Réseaux et Infrastructure, avec des spécificités.

### Évolution du logiciel

À l'instar de ce qui se pratique dans plusieurs autres industries, comme par exemple l'automobile, il faut essayer de concevoir de manière modulaire et itérative afin d'intégrer le besoin du client dans le cycle de vie du logiciel, non seulement pour les spécifications et la livraison, mais également au cours du développement puis de son évolution et de maximiser les réutilisations :

- Réutilisation de briques existantes (i.e. Open Source, modèles de composants)
- Proposition ou exploitation des services en déportés type SAAS (approche horizontale)
- Systèmes reconfigurables, algorithmes auto-adaptatifs, virtualisation
- Maîtrise des aspects légaux, modèle économique autour des logiciels libres

### Evolution de l'ingénierie

Il y a lieu de soutenir l'utilisation ou le développement des outils de modélisation Agile en mode collaboratif à grande échelle reposant sur :

- L'approche par prototypage via Lean startup, méthodes Agile à l'échelle,
- Les outils de gestion de configuration adaptée à des développements plus complexe et distribué,
- LA gestion de la cohérence multi logiciels, multi développeurs,
- L'utilisation du « crowdsourcing » et outils de communication collaboratifs,
- Le développement, l'intégration et de déploiement continu en mode DevOps
- Les modèles basés services, nécessitant la connaissance des API/interfaces pour favoriser la réutilisation (« market places », ...).

### Gestion de l'énergie (efficacité énergétique, récolte d'énergie)

L'efficacité énergétique (et donc la réduction de la consommation d'énergie) ainsi que la gestion de l'énergie des objets et des équipements connectés (communication faible consommation, récolte

d'énergie, ...) sont un verrou essentiel à la fois pour l'utilisateur mais aussi dans certains cas pour rendre possible le service offert.

### Capteurs matériels et logiciels

Les verrous suivants sont identifiés : la durabilité et la fiabilité des matériaux et des logiciels, le modèle économique comprenant coûts de conception, fabrication, usage, maintenance et recyclage (du prototypage au passage à l'échelle), miniaturisation notamment pour les capteurs destinés aux applications en santé, et enfin capacité à maintenir et réparer les équipements.

### Interopérabilité des réseaux et des services

L'interopérabilité des réseaux et des services est un enjeu global mais particulièrement crucial dans le domaine de l'IoT compte tenu de l'hétérogénéité des contextes d'application et du nombre d'acteurs, qui requiert des avancées en matière de standardisation (protocoles réseau, modèles et/ou ontologies...) et de convergence des protocoles de l'IoT.

### Définition de processus adaptés aux besoins

Ce thème inclut les verrous suivants : définition d'architectures et de processus adaptatifs et orientés événements (event-driven), la tolérance aux données et ressources non fiables, les processus fortement distribués, mais aussi la gestion des contextes dynamiques dans les applications et infrastructures de l'IoT.

La programmation de systèmes complexes "imperceptiblement critiques" nécessitent de démocratiser les bonnes pratiques issues de l'ingénierie des logiciels critiques (énergie, transport, santé).

### Gestion des données

La gestion de données issues de l'Internet des Objets est un point critique (collectes et analyses des données, apprentissage, big data et stockage, capteurs virtuels, modèles de données et standardisation, sécurité et protection de la vie privée, droit de regard de l'utilisateur sur les données échangées). L'utilisation de l'informatique en nuage (cloud computing) amène potentiellement des exigences spécifiques en termes de performances (temps réel).

### Sécurité et fiabilité des systèmes à la programmation multi-niveaux

La multiplication des problèmes de sécurité, d'intrusion et de robustesse de systèmes connectés est un réel problème à adresser. A ce titre, il convient d'inclure dans cette réflexion de nombreuses applications impensables encore récemment, qui vont de l'ours en peluche connecté aux caméras de surveillances détournées, ou aux drones de loisirs rendus agressifs.

### Maîtrise du contrôle-commande par l'Intelligence Artificielle (IA)

Pour les systèmes utilisant l'Intelligence Artificielle, il reste encore de nombreuses questions sans réponses sur la latence de l'apprentissage. Par exemple, l'effet souvent cumulatif rend difficile l'oubli de vieilles données au profit des nouvelles.

### Usages et acceptabilité sociétale

- Identification de modèles économiques
- Acceptabilité de la collecte et du partage des données, et de l'utilisation de celles-ci
- Position des acteurs industriels/institutionnels sur l'adoption du V2X (Vehicle To Everything) 5G
- Vulnérabilité (de la société et des individus) en cas de défaillance des réseaux

## *Recommandations*

L'ambition du DT « Matériels et Logiciels » est de porter des grands projets mettant en œuvre l'ingénierie logicielle, les objets connectés et leurs technologies, la mise en réseau de ces objets et la résolution des problématiques logicielles associées.

Plusieurs facteurs clés de succès apparaissent ainsi pour le développement de l'Internet des Objets en France :

- Effort vers la standardisation des technologies et des protocoles de communication pour faciliter l'interopérabilité des objets,
- Développement de plateformes de gestion des données personnelles et de communication entre objets source d'avantage compétitif face à la multiplication des objets connectés dans la société,
- Développement d'un avantage compétitif sur la sécurisation et la protection des données pour rassurer l'utilisateur,
- Facilitation de l'introduction et de la démocratisation des objets connectés dans la sphère privée,
- Poursuite des efforts de positionnement à l'international.

## 5. DT Photonique

La photonique regroupe les sciences et les technologies de la lumière, c'est-à-dire les moyens de la générer, de l'émettre, de la détecter, de la collecter, de la transmettre, de la moduler, de l'amplifier, de la modifier. Ces technologies sont les fibres optiques, les lasers et les LED, les imageurs, les capteurs utilisant ces technologies, le photovoltaïque, les écrans, etc...

Les entreprises photoniques font partie des entreprises *deep tech*, à savoir qu'elles développent des innovations de rupture, sur la base d'une R&D forte demandant plusieurs années de développement, avec souvent un savoir-faire technologiquement très difficile à reproduire.

La photonique est utilisée dans de nombreux segments : production, mesures, vision, santé, technologie de l'information (IT), communication, écrans, éclairage, défense et photovoltaïque.

La chaîne de valeur commence par les composants et matériaux de base (lasers, capteurs, écrans, ...), puis les produits photoniques (caméras, scanners,...) et enfin les produits amenant une rupture d'innovation par l'utilisation des technologies photoniques (imagerie médicale, vision optronique, ...).

### *Motivations et Enjeux*

Le marché mondial de la filière photonique est estimé à 525 milliards d'euros en 2020, avec un taux de croissance deux fois supérieur à la croissance mondiale. L'Europe est numéro 2 (avec 15.5% de parts de marché), derrière la Chine et devant le Japon ou les Etats-Unis.

Au-delà des groupes de taille mondiale comme THALES, SAFRAN, ESSILOR ou VALEO, la photonique française est majoritairement un tissu de PME. Environ 40% des entreprises photoniques françaises ont moins de 10 ans d'âge ! Elle est particulièrement bien positionnée sur les technologies photoniques d'excellence, présentes et en devenir, dans les domaines suivants : lasers, imageurs et vision, optique et opto-mécanique, nano-photonique et intégration, photonique quantique.

L'écosystème français de la recherche et de la formation en photonique est de niveau mondial. Il comprend plus de 5 000 chercheurs et plus de 100 thèses actives annuellement. Le développement de la photonique en Bretagne a débuté dans les années 1960 à Lannion. Entre 1990 et 2011, de nombreuses start-ups ont été créées sur ce petit territoire, la majorité d'entre-elles constituant un « Photonics Park » unique en Europe.

Un des atouts de la filière photonique bretonne est la densité de compétences académiques combinée au tissu industriel, envié par beaucoup de régions : trois territoires concentrent l'activité photonique : Lannion, Rennes et Brest. La photonique en Pays de Loire et Normandie comporte encore peu d'acteurs, répartis sur Nantes, Angers, Le Mans et Caen.

Les cinq domaines d'application clés pour la photonique sur le territoire de Photonics Bretagne sont : Agroalimentaire, Agriculture, Santé, Infrastructures Communication et Réseaux, Environnement.

Les enjeux principaux des prochaines années seront :

- L'intégration des technologies photoniques dans des sous-systèmes fabriqués sur le territoire
- L'élargissement territorial en s'appuyant sur le potentiel d'applications et d'usages des trois régions (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire) du territoire de l'alliance I&R+TES
- D'accompagner le développement et le transfert de nouvelles technologies, en particulier en liens avec les laboratoires de recherche locaux et les entreprises du territoire.
- Créer un centre technologique d'Excellence structurant permettant de développer des capteurs très innovants sur l'ensemble de la chaîne de valeur, des composants (fibres optiques, composants intégrés, composants nanostructurés, lasers, systèmes d'imagerie ou de spectroscopie, lidar, gyromètre, capteur de formes, de contraintes...) jusqu'à la preuve de concept applicative.
  - Un fonctionnement de ces capteurs dans une large gamme de longueur d'onde, de l'UV au THz en passant par le MIR, leur permettra d'être utilisés dans les domaines de l'AgrX et aussi du spatial, de la santé, de l'environnement, de la mobilité verte, de l'industrie et de la défense. La mise en place de moyens d'intégration et de test est aussi nécessaire afin de caractériser et valider le fonctionnement des capteurs dans des conditions de laboratoire et aussi en environnements sévères.
  - L'objectif global est d'amener de l'innovation issue des laboratoires de recherche académiques et des centres techniques vers les secteurs applicatifs tout en transférant les technologies développées vers les entreprises photoniques locales, leur permettant de se ressourcer technologiquement et également de potentiellement monter dans l'échelle de valeurs en devenant intégrateurs.
- Rester à la pointe du développement mondial des systèmes de transmissions optiques numériques et analogiques en utilisant les compétences locales (traitement du signal, transmissions cohérentes, photonique hyperfréquence et THz, technologies quantiques émergentes, plateformes de test, nouvelles bandes optiques de transmission et d'amplification, matériaux innovants (verres dopés pour les prochaines générations d'amplificateurs optiques), dispositifs agiles en longueurs d'onde et en débit, composants télécom de nouvelle génération, fibres optiques, ...).
  - Ces développements se feront en collaborations avec les offreurs de technologies et les donneurs d'ordre du secteur purement télécom et de la défense (futurs systèmes très haut débit, conception et contrôle de la couche optique des réseaux, faible latence, sobriété en énergie...) et en lien avec les acteurs de la 5-6G, de la Cyber et du spatial (communication entre satellites par exemple).
  - Tirer le meilleur parti des réseaux en exploitant la flexibilité au format de modulation, au débit ou encore à la fréquence porteuse du signal, est plus que jamais un défi d'actualité.
- La formation à ces technologies, en particulier via la formation continue, initiale et par apprentissage, sera aussi un point clé de ce projet afin de mettre en adéquation la demande des entreprises et les compétences de la main d'œuvre locale.

## *Verrous identifiés*

Les verrous technologique majeurs concerneront le développement de nouvelles générations de capteurs (plus précis), de fibres optiques spéciales (guidant dans de nouvelles gammes de longueur d'onde), de lasers (plus puissants), et plus généralement de systèmes photoniques pouvant fonctionner dans des environnements de plus en plus sévères avec des performances toujours plus

grandes et un coût permettant leur intégration dans des systèmes de plus en plus grandes séries (voiture autonome, tri en ligne, énergie...).

De manière générale, les verrous technologiques en photonique dépendent fortement de l'usage (approche market pull plutôt que techno push).

### Sources Lasers

- Développement de sources laser dans de nouvelles gammes de longueurs d'onde (ex UV)
- Réduction des coûts

### Composants & technologies

- Développement de nouveaux types de fibres, y compris d'amplificateurs optiques
- Ouverture de nouvelles bandes optiques, et/ou nouvelles formes de multiplexage spatial
- Développement de fibres optiques spéciales et de composants associés utilisables dans une gamme de longueurs d'onde élargie (UV - MIR)
- Développement des technologies RF/Optique, Acoustique/Optique, THZ et Li-Fi pour les télécoms
- Réduction des coûts d'intégration
- Efficacité énergétique
- Maintenabilité et réparabilité

### Imageurs et vision

- Production de capteurs à bas coût, pour toutes les bandes spectrales, des rayons X au THz
- Développer de nouvelles architectures permettant de réduire le flux des données et les outils permettant le traitement embarqué et l'analyse temps réel ou quasi-temps réel des pixels (>> 100 MPixels) et d'images captées
- Utilisation du *deep learning* et de l'AI pour faciliter et sécuriser la prise de décision
- Développement de méthodes d'analyse spectrale robustes et bas-coût
- Miniaturisation, autonomie (basse consommation), interconnexion avec réseau IoT

### Optique et opto-mécanique

- Intégration des capteurs
- Conditionnement optique pour un environnement sévère (corrosif, salin, pression, température)
- Développement des procédés de fabrication additive pour pièces opto-mécanique de précision

### Nanophotonique/semi-conducteurs et intégration

- Automatisation
- Assemblage de précision
- Instruments pour la caractérisation de Wafer et de composants

### Photonique quantique



- Secteur encore au stade exploratoire

## *Recommandations*

Les recommandations du DT Photonique sont les suivants :

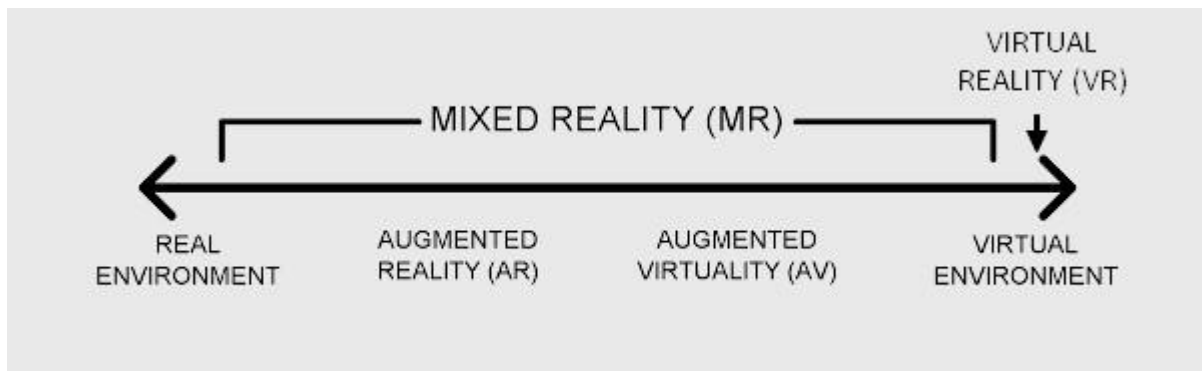
- Organiser des séances de montage de projet avec les acteurs du photonique, identification des appels à projets européens, routage des entreprises vers les appels pertinents, etc.
- Faire connaître le terme « Photonique » et les technologies associées au sein du réseau des pôles I&R et TES.
- Une démarche de pédagogie à faire grandir...
- Se rapprocher des autres filières technologiques (intelligence artificielle, électronique, traitement de l'information, design, ...) indispensables pour développer les solutions à cœur photonique attendues par les domaines d'usage (marchés d'application).
- Pérenniser le niveau d'expertise dans les communications par voie optique, couche physique photonique des communications. Développer des systèmes de transmission sécurisée et sobre énergétiquement et assurer des débits suffisants.
- Pérenniser le niveau d'expertise de niveau mondial dans le domaine des fibres optiques spéciales et leurs applications dans les lasers, capteurs, imageurs et système de transmission.
- Développer l'expertise dans le domaine des capteurs photoniques utilisant différentes briques technologiques (MIR, UV, THZ, opto-hyperfréquence, imagerie, lasers cohérents, fibres optiques, nanotechnologies, nouveaux matériaux pour la photonique, ...) ainsi que des moyens de test afin de caractériser et qualifier en laboratoire mais aussi en environnement significatif voire opérationnel, le fonctionnement de systèmes de capteurs optiques. En particulier, développer de nouvelles techniques d'analyse du vivant (spectroscopie, imagerie) qui peuvent s'appliquer au domaine de la santé et de l'AgrX.
- Développer de nouvelles technologies d'avenir en Photonique en lien avec les instituts de recherche et les centres technologiques.
- Soutenir le développement industriel : les petites et moyennes industries en photonique sont "légères", facilement déployables, et ont une portée internationale.
- Soutenir le dynamisme industriel par le développement de synergies avec le monde académique.
- Développer les formations nécessaires.
- Atteindre une reconnaissance européenne et mondiale de l'expertise photonique afin de devenir un acteur incontournable du domaine.

## 6. DT Immersivité et Interactivité

Le Domaine Technologique (DT) « Immersivité et Interactivité » regroupe les technologies permettant la création de technologies et d'expériences immersives, augmentant le niveau d'interactions entre l'utilisateur et le contenu dans lequel il est immergé.

- Réalité Virtuelle (RV)** L'utilisateur évolue et interagit avec une scène numérique, reproduisant le réel ou imaginaire, entièrement construite par ordinateur.
- Réalité Augmentée (RA)** L'utilisateur évolue dans son environnement physique tout en interagissant / interférant avec des éléments numériques virtuellement incrustés.
- Réalité Mixte (RM)** L'utilisateur évolue dans un monde hybride englobant à la fois la réalité augmentée et la virtualité augmentée par le biais de la technologie immersive. Les objets physiques et numériques coexistent et interagissent en temps réel.

On obtient alors un continuum de Réalité-Virtualité (Milgram, 1994) :



### *Motivations et Enjeux*

Le Domaine Technologique (DT) « Immersivité et Interactivité » s'articule autour de deux thématiques :

- l'analyse de médias à des fins d'acquisition, de codage et de description d'une part,
- et les environnements virtuels, la réalité augmentée d'autre part.

Il existe naturellement des liens forts entre ces deux thématiques : acquisition d'environnements virtuels, vision pour la robotique, computer graphics ou encore immersive analytics en sont des exemples flagrants.

Les chaînes de valeur et technique vont faire l'objet d'innovations en itération et/ou en rupture que ce soit, à titre d'exemple, pour :

- la captation d'environnement aux fins de contextualisation d'expérience
- les prétraitements des sources et leurs formats de représentation
- les algorithmes de compression
- les modes de distribution, de transport
- les post-traitements
- le rendu multi sensoriel
- les modes d'interactions multimodaux.

Le renouveau de l'intelligence artificielle et ses nouvelles déclinaisons (*deep learning*) doivent permettre de lever des verrous au sens des interactions dans les environnements RV/RA/RM.

Les enjeux actuels sont l'interaction, la multimodalité, la relation entre le réel et le virtuel (réalité augmentée) et le collaboratif.

L'arrivée récente de lunettes de Réalité Augmentée particulièrement performantes (comme les HoloLens) modifie très fortement le contexte R&D du domaine et la typologie des projets portés par les acteurs des pôles I&R+TES. Aujourd'hui, nous pouvons considérer que les équipements sont vampirisés par les BATX<sup>1</sup> et les GAFAM<sup>2</sup> tels que Google et Microsoft.

### Interaction

Les Natural User Interfaces (NUI) et les Brain Computer Interfaces (BCI) sont de plus en plus matures et à fort potentiel d'innovation pour les produits et services. Le couplage NUI, BCI et de technologies et dispositifs d'affichage nouveaux permettra l'émergence de produits et services simples, intuitifs, générateurs de nouvelles expériences utilisateurs.

### Multimodalité

La multimodalité consiste à solliciter, de manière couplée, l'ensemble des sens de l'utilisateur dans une action d'interaction avec un environnement virtuel (ou avec une hybridation d'environnement réel et virtuel). La multimodalité impose d'étudier les couplages multisensoriels et moteurs de l'utilisateur.

L'intégration fine dans un même espace d'interaction d'éléments réels et virtuels (réalités mixtes) ouvre des perspectives applicatives fortement accrues par la mobilité.

Le besoin d'accès distants (coût énergétique des déplacements, accès à des expertises rares, etc.) fait que l'interaction collaborative distante va devenir primordiale, tant dans le domaine professionnel (bureau d'étude, médecine, *serious game*, etc.) que dans le domaine grand public (jeux, expériences sociales, communication, tourisme, etc.).

### Qualité de l'Expérience Utilisateur (UX)

La qualité de l'expérience utilisateur recouvre la qualité perçue d'un environnement et celui de la naturalité de l'interaction avec cet environnement (immersion visuelle, sonore et haptique).

Elle mérite certainement de faire l'objet de projets relatifs à la mesure et la prise en compte de la QoE selon les facteurs d'influences suivants : technologique, humain et contextuel. La perception de

---

<sup>1</sup> Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi

<sup>2</sup> Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft

l'espace réel en situation d'immersion, la locomotion en environnement virtuel, la *cybersickness*, etc... sont des questions de recherche encore ouvertes.

#### Interaction avec les objets connectés

L'interaction avec les objets connectés ne fait que commencer. L'innovation viendra du croisement de métiers et de compétences et elle sera tirée par les usages plutôt que d'un mode « techno push ».

#### Usages de la Réalité Augmentée

Les enjeux actuels concernent la poursuite du développement de méthodes performantes et génériques d'intégration du réel dans le virtuel et, en particulier, l'estimation de pose, adaptées aux terminaux mobiles, et la mise au point de moyens d'affichage mains-libres à haute valeur d'acceptabilité sociale et technologique.

## *Verrous identifiés*

Les verrous sont d'abord technologiques et en particulier matériels. C'est pourquoi les principaux cas d'usage se concentrent dans l'industrie où l'on peut accepter quelques contraintes dues au manque de maturité de la technologie si la productivité est accrue par l'emploi de cette technologie.

Les pôles ont identifié les verrous suivants :

#### Navigation dans les contenus naturels (de divertissement)

- Captation et pré traitement des signaux (gestion des parallaxes, stitching en temps réel des contenus vidéo, résolutions des problèmes d'occlusion...)
- Compression des signaux et du streaming associé (gains en efficacité et fonctionnalités)
- Holographie « light field » permettant de remplacer des écrans à moyen terme.

#### Réalité Augmentée / Réalité Mixte

- Recalage quasi-instantané entre réel et virtuel pour un affichage contextuel effectif et acceptable
- Latence faible pour l'accès aux données réseau
- Problèmes de luminosité, objets déformables et en mouvement, recalage sans marqueurs, etc.
- Acceptabilité, respect de confidentialité et d'éthique des solutions

#### Acquisition, transport et rendu d'objets 3D physiques

- Reconstruction de maillage à partir de nuages de points, notamment dans les zones d'occlusion
- Remplissage des trous au rendu (*splatting*)
- Suivi temporel des nuages de points animés pour les objets mobiles

#### Interfaces utilisateur naturelles (NUI)

- Décision anticipée
- Reconnaissance de séquences de geste (pouvant obéir à une grammaire)
- Multimodalité (combinaison par exemple reconnaissance d'expressions faciales et gestes)
- Intégration du BCI (Brain Computer Interface)

### Audio

- Synchronisations temporelles et spatiales entre sources visuelles et sonores
- Cohérence de l'effet de salle (réverbération, directivité, taille)
- Compensation fréquentielle par filtrage numérique adapté (qualité du son)

### Qualité de l'Expérience Utilisateurs

- Crédibilité de l'humain virtuel (émotions, langage non-verbal)
- Progrès qualitatifs et quantitatifs (performances) dans la restitution des environnements virtuels
- Acceptabilité des dispositifs de RA (travail industriel, de travail collaboratif)
- Sécurité de l'utilisateur (apport virtuel vs. limitation sensorielle telle que le champ de vision)
- Qualité du rendu et sa mise en consistance avec le réel (éclairages, occultations, réalité diminuée, conditions météo...)
- Gestion de la fatigue face aux écrans
- Gestion du fait qu'un pourcentage non négligeable d'utilisateurs rencontre des difficultés sensorielles lors de l'utilisation.

## *Recommandations*

La mission de l'alliance I&R+TES est de promouvoir et d'accompagner l'innovation des entreprises et acteurs académiques via des projets collaboratifs de R&D. Il met en relation des acteurs de compétences complémentaires, délivre un label permettant de bénéficier plus facilement de financements, et d'accéder à de nouveaux marchés et à de grands comptes.

Concernant les projets européens, nous sommes à l'intersection entre deux programmes de financement de la Recherche et de l'innovation de l'Union européenne : Horizon Europe 2021-2027.

Afin de lever les verrous identifiés, il paraît pertinent de faire émerger des projets dans les domaines suivants :

- Outil de mesure et d'amélioration de la qualité d'expérience globale (immersion, interaction) et de l'acceptabilité utilisateur (sur les plans de la sécurité, de la législation et des usages) appliqué à l'industrie. A l'heure actuelle, il y a toujours des problèmes d'accessibilité dans ce domaine.
- Enrichissement des modalités d'interaction : nouvelles modalités et/ou combinaisons innovantes de modalités d'interaction, être capable de traiter la proprioception en plus des cinq sens habituels. Pour le naval, comment retrouver les problématiques de tangage et de roulis d'un navire sur un simulateur ?
- Interactions entre un/des humain(s) réel(s) et virtuel(s) : amélioration de l'aspect, du comportement, des capacités émotionnelles et relationnelles de cet « objet interactif ».

- Augmentation du réalisme qualitatif et/ou fonctionnel des environnements virtuels et de l'interaction, algorithmes de calcul des restitutions sensorielles.
- Amélioration des performances pour les techniques de mélange du réel et du virtuel, capture et recalage appliqués à l'urbanisme. Un simulateur pour préparer une évolution routière par exemple.
- Traitement des commandes mentales (BCI) et gestion des retours permettant un contrôle fin de l'interaction appliqué au médical pour la rééducation.
- Capacité d'associer géométrie et sémantique portée par les objets pour augmenter fonctionnellement l'interaction de l'utilisateur avec ces objets virtuels dans le domaine industriel.
- Favoriser les projets où la RV est couplée à des plateformes de simulation « métier » intégrant des moteurs d'analyse de données, d'IA pour une meilleure analyse, compréhension de la data, ou de prédiction de comportements et d'usages. Il y a de nombreux travaux dans le domaine médical sur cet axe.

# Domaines d'Usages

## 1. DU Numérique et Agriculture

Le monde agricole doit faire face à de perpétuelles évolutions sociétales, climatiques, écologiques, démographiques, économiques et culturelles alors que le métier d'agriculteur est entraîné dans nécessité d'une productivité toujours plus exigeante, d'une méconnaissance et d'un manque de reconnaissance des métiers et des besoins en investissement humains et financiers de plus en plus importants.

Dans un contexte de révolution numérique, le monde agricole opère petit à petit une mutation profonde de ses pratiques en s'emparant des outils numériques. Le Domaine d'Usage « Numérique et Agriculture » couvre le croisement des technologies numériques et les filières d'applications dans l'agriculture.

Cette feuille de route a pour objectif de donner un aperçu des enjeux du secteur pour faire émerger des projets sur le territoire, en intégrant les innovations portées par les membres des Pôles TES et Images & Réseaux.

### *Vision et Enjeux*

Les enjeux du secteur peuvent être déclinés du point de vue de l'agriculteur, de ses partenaires et des pouvoirs publics.

#### Agriculteurs

De nombreuses technologies ont émergé dans notre quotidien, mais saviez-vous que les premiers utilisateurs de ces dernières étaient les agriculteurs de nos régions ?

Vu de l'agriculteur, le principal enjeu est de produire mieux et de mieux vendre pour pouvoir tirer un revenu décent de son activité. Pour l'accompagner, des Partenaires tels que les coopératives agricoles ou de négoce, les instituts de recherche ou encore de Chambres d'Agriculture sont à leurs côtés.

L'agriculteur doit posséder de multiples compétences pour développer son exploitation: bâtir sa stratégie de production (plan d'assolement, constitution du cheptel, etc.), choisir et acquérir son outil de production (machinisme et équipements de l'exploitation), sourcer sa génétique ou ses matières premières (graines, semence animale, etc.), conduire sa production (date de semis, d'insémination, apports d'engrais, choix d'alimentation, etc.), protéger sa production (prévention des maladies, gestion des aléas, etc.), déterminer l'optimum de « récolte », stocker et commercialiser.

On constate également une autre attente forte de la part des agriculteurs : réduire leur dépendance vis-à-vis d'un acteur unique qui les accompagne sur l'ensemble de ces étapes, afin de reprendre en main la gestion de leurs exploitations.

Ayant un attrait pour les nouvelles technologies, les agriculteurs ont su détourner les usages initiaux des technologies pour les adapter et les détourner à leurs profits. Alors que le monde avait les yeux rivés sur les véhicules autonomes, les tracteurs autonomes étaient déjà en fonctionnement dans les

champs. Le même phénomène s'est produit avec la blockchain. Ils sont donc en continuel recherche de nouveaux services pour les accompagner dans leur quotidien : réduire les temps de saisie, fluidifier les échanges entre les plateformes...

Pour eux, l'innovation doit avoir un sens et atteindre un niveau de rentabilité satisfaisant. Certaines de ses innovations ont accéléré leurs rythmes de travail et l'ont saturé. Il est donc nécessaire de développer des solutions connectées au terrain et aux hommes mais aussi intelligentes pour permettre une plus grande possibilité d'actions.

### Partenaires

Les partenaires des agriculteurs peuvent être des partenaires métier (conseils, intrants, vétérinaires, machinistes...), techniques (fournisseur de réseaux, robot, capteur, drone...) ou « clients » tels que les coopératives et plus généralement les consommateurs.

L'objectif de ces partenaires est de mieux accompagner les agriculteurs sur les sujets opérationnels et quotidiens pour les aider à améliorer leur efficacité opérationnelle et, également, les fidéliser lesquels dans leurs relations commerciales.

### Pouvoirs publics

Pour les pouvoirs publics, les principaux enjeux sont de réduire l'impact négatif de l'agriculture sur l'environnement (changement climatique, préservation des ressources naturelles, limitation des intrants tels que les engrais ou les produits phytosanitaires), améliorer les revenus des agriculteurs (développement des circuits courts et de l'économie locale) et de développer les relais avec l'Europe, en lien avec les Digital Innovation Hub.

L'innovation en agriculture proviendra de différentes sources :

- une innovation technologique majeure adaptée au contexte agricole,
- la levée d'un verrou technologique existant,
- la transposition au contexte agricole d'une solution technologique existante pour un autre secteur ou un autre cas d'usage.

Pour chacune de ces parties prenantes, les solutions développées doivent être techniquement simples à utiliser, adaptées à chacun, résilientes, interopérables et rentables.

## *Domaines d'activités et verrous identifiés*

L'application des technologies numériques à l'agriculture comprend de nombreuses possibilités d'intégration et d'usages pour lesquels des verrous sont déjà clairement identifiés.

- Utilisation des robots (farmbot, désherbage, cueillette) et drones :
  - Sécurité / hacking
  - Autonomie
  - Couverture réseau et connectivité
  - Interopérabilité
  - Reconnaissance d'images (par exemple, identification des herbages/plantes/animaux)



- Problématique d'interface homme-machine
- Fourche à la fourchette (économie circulaire) – Farm to Fork
  - Traçabilité et logistique
  - Couverture réseau et connectivité
  - Systèmes autonomes
  - Reconnaissance d'images (contrôle qualité, calibrage)
  - Gain de confiance entre producteur et consommateur
  - Réseaux de distribution et nouveaux modèles de commercialisation
  - Formation métier
- Le machinisme agricole
  - Mutualisation & cogestion d'asset
  - Sécurité / hacking
  - Autonomie & supervision
  - Couverture réseau et connectivité
- L'autonomie énergétique
  - Smart country ou la Smart City pour les campagnes
  - Production et stockage des énergies (méthanisation, éolien, photovoltaïque...)
  - Eco-responsabilité
- Le pilotage de l'exploitation
  - Traçabilité
  - Cercle de confiance : sécurité et interactions
  - Notion de propriété de la donnée et consentement
  - Pilotage de la donnée
  - Outils d'aide à la décision (OAD)
  - Collaboration entre agents (hommes/machines)
  - Nouveau modèle économique
  - Couverture réseau et connectivité
  - Investissements matériels et prise en main
  - Interfaces homme machine (IHM) collaborateurs, intermédiaires, clients/consommateurs
  - Formations
- Outils numériques et Données
  - Cercle de confiance : sécurité et interactions
  - Exploitation des données (big data, pilotage et OAD)
  - Structuration de la données (partage, normalisation, interopérabilité)
  - Connectivité et stockage
  - Adaptations aux besoins (maillage, débit, indoor vs. outdoor...)
  - Capteurs et IoT : autonomie et basse consommation
  - Fiabilité

D'autres verrous transverses, notamment issus des sciences humaines et sociales, restent également à lever pour apporter une réponse agriculture connectée. Ils sont liés :

- Aux contraintes légales,
- Reconnecter les producteurs et le consommateur,
- Peu de standardisation et de rentabilité,
- Complexité du vivant,
- Robustesse des solutions,
- Modèles économiques,
- Freins des employés pouvant voir une concurrence des robots dans leur travail,
- Difficultés d'appropriation des outils connectés ou numériques,
- Manque d'information sur le retour sur investissement (ROI) d'une innovation numérique.

## *Recommandations*

Les thématiques identifiées ci-dessus constituent un réservoir à idées pour faire émerger des projets innovants en fonction des axes déterminant pour le territoire. Elles ont vocation à être les fils conducteurs de la déclinaison stratégique et de l'animation des communautés des pôles Images et Réseaux et TES dans leurs écosystèmes.

## 2. DU Numérique et Industries Culturelles et Créatives

Avec le domaine « Industries culturelles et créatives », les Pôles TES et Images & Réseaux contribuent à renforcer l'innovation et dynamiser la compétitivité de leurs territoires via l'usage de technologies numériques dans une industrie qui peut recouvrir de nombreux secteurs d'activités : éducation, information, divertissement, édition, cinéma, musique, audiovisuel, publicité, design, communication, patrimoine culturel, spectacles vivants, sports, mode...

Ces contenus peuvent être livrés via de nombreux médias différents : Internet (sites web, réseaux sociaux, courrier, podcasts, streaming...), le cinéma, la radio et la télévision, panneaux d'affichages, les smartphones, les CD audio, les livres, les livres électroniques, les magazines et les événements en direct, tels que les discours, les conférences et les représentations sur scène.

L'usage croissant des équipements personnels (smartphone, tablette, laptop) fait qu'il peut désormais y avoir autant de contenus regardés simultanément que d'individus dans le foyer. Les premiers bénéficiaires de cette disruption sont les applications mobiles et les services OTT (Over the top : Netflix, Amazon Prime, Disney+, ...).

Ce document présente à la fois la définition des champs d'expertise et la liste des thématiques stratégiques, sur lesquels les pôles vont porter légitimement leurs efforts en termes d'émergence et de labellisation de projets, ainsi que d'animation des communautés impliquées.

### *Vision et Enjeux*

Sur les Régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire, sont implantés de nombreux acteurs de cette thématique : entreprises innovantes, utilisateurs et laboratoires de recherche. Leur proposition de valeur est mondialement et historiquement reconnue et bien implantée dans ces trois régions.

La clé de cette reconnaissance est l'animation de la communauté. Il permet d'identifier les sujets technologiques et de les rapprocher des utilisateurs finaux. En contribuant à son développement le territoire s'assure de retombées en termes d'emplois hautement qualifiés, des recherches pointues dans les laboratoires de recherches ou encore de brevets et publications.

Ce constat a été identifié lors des Etats généraux des industries culturelles et créatives dès novembre 2019 :

*« Dans la continuité des travaux de structuration de la filière initiés avec les Etats généraux des industries culturelles et créatives dès novembre 2019, une action transversale trouvera sa place dans le cadre du PIA4 pour relancer l'investissement dans l'innovation, améliorer la présence et la visibilité des ICC sur le numérique mondial et dans les territoires, et renforcer leur compétitivité internationale.*

*Il faut dès à présent encourager l'adaptation des acteurs culturels à l'évolution des attentes et des usages des français, de renforcer leur positionnement à l'international, de favoriser l'émergence de modèles innovants (notamment dans le champ numérique) et d'en faire des vecteurs de vitalité et de rayonnement dans les territoires. » (source : [www.economie.gouv.fr](http://www.economie.gouv.fr))*

## *Domaines d'activités et verrous identifiés*

Le domaine des « industries culturelles et créatives » est un domaine large et aucune définition n'a fait consensus entre les acteurs. Les Pôles TES et Images & Réseaux ont donc décidé de retenir cette définition : « les industries culturelles et créatives (ICC) sont les secteurs d'activité ayant comme objet principal la création, le développement, la production, la reproduction, la promotion, la diffusion ou la commercialisation de biens, de services et activités qui ont un contenu culturel, artistique et/ou patrimonial ».

Ce domaine d'usage ayant une large définition, les 2 Pôles se positionnent sur 7 thématiques, avec des focus régionaux plus importants selon les thématiques :

### Les médias d'information :

Dans un contexte où les supports d'information traditionnels (presse, télévision, radio) connaissent une baisse continue de leur audience au profit de l'information en ligne, les médias d'information et les éditeurs de contenu journalistiques sont confrontés aux enjeux suivants :

- Renforcer ses compétences dans le domaine de l'image et du journalisme visuel
- Gagner en réactivité et en crédibilité à la fois
- Expérimenter de nouveaux formats et des contenus à plus fortes valeur ajoutée en proposant des expériences immersives ou ludiques grâce à la réalité augmentée ou virtuelle, la vidéo en 360°, des dispositifs de gamification (newsgame), etc.
- Ouvrir les rédactions à la contribution des internautes, lecteurs, auditeurs, téléspectateurs, de façon à répondre aux attentes d'un public qui veut être impliqué dans le processus de fabrication de l'information, développer le sentiment d'appartenance (communauté) et enrichir ses propres contenus.
- Personnaliser la distribution de l'information et des contenus (par le biais d'applications ou de newsletters) en fonction des profils et des usages des utilisateurs pour mieux répondre à leurs attentes sans les enfermer dans des bulles de filtres.
- Développer des algorithmes pour automatiser une partie du traitement de l'information avec des "robots journalistes" (sur les résultats électoraux ou sportifs par exemple), permettant de libérer la rédaction de tâches répétitives ou fastidieuses, de gagner en vitesse de publication et d'offrir de nouveaux info-services aux internautes.

Les modèles économiques sont un enjeu majeur dans la transformation numérique de ces secteurs : Facebook et Google captent actuellement 75% du marché de la publicité numérique en France, tandis que les recettes publicitaires des médias hors-web ont considérablement chuté. Les français agissent contre les publicités (ad blocking) et rejettent davantage le ciblage des publicités en fonction des sites web visités que la moyenne des autres pays du monde.

Dans ce contexte, les médias sont confrontés aux enjeux suivants :

- Etre présents sur les médias sociaux (Facebook, Twitter, Instagram, Snapchat...) en gardant une indépendance vis-à-vis de ces nouveaux infomédiaires qui sont aussi devenus des régies à recherche de contenu (et de partenariats avec les éditeurs) pour le vendre aux annonceurs (Google et Facebook représentent à eux seuls en France les deux tiers du marché publicitaire en ligne).

- Rechercher de nouveaux modèles économiques et tester d'autres formes de monétisation des contenus : financement participatif, généralisation des paywalls, paiement à l'article, nouvelles formes d'abonnements numériques, contributions volontaires (membership model) plutôt qu'abonnement...

### Production cinématographique et audiovisuelle (2D/3D, RA/RV...)

Si le texte reste la forme de contenu dominante dans la consommation d'information, les nouveaux formats (vidéo, audio, immersifs...) connaissent un réel essor et engouement auprès du public. Les utilisateurs demandent aussi plus d'interaction, d'immersion et de personnalisation dans les contenus, nécessitant de nouveaux formats.

### Gaming et Jeux vidéo

Les technologies numériques doivent permettre d'améliorer les usages actuels :

- Jeu d'évasion (escape game) en réalité virtuelle
- Son 3D immersif et multi diffusion
- Mixte de jeux traditionnels et RV/RA avec des éléments physiques et virtuels
- Jeux géolocalisés
- Matérialisation des territoires (minecraft)
- Jeux sérieux (Serious Games) pour les formations l'agroalimentaire, l'énergie, le bâtiment, etc.
- Exécution de clients lourds sur les smartphones et tablettes

### E-Sport

Des solutions seront nécessaires aux jeux de sport (solo ou en équipe en ligne) et aux Jeux Olympiques qui auront lieu en France en 2024 :

- Un réseau fiable, haut débit avec faible latence
- La possibilité d'interaction avec le spectateur (eg. Twitch)
- Création de chaîne de télévision sous marque blanche
- Trouver un modèle économique pour les spectateurs de joueurs en ligne
- Mise en place de formations adaptées

### Technologie de l'Éducation

La technologie transforme l'éducation, en modifiant profondément la façon, le moment et l'endroit où les élèves apprennent.

La Edtech permet de répondre aux enjeux pédagogiques par l'innovation numérique, à travers différents enjeux :

- Des outils performants à développer,
- Mise en place d'expérimentation pour le développement de nouvelles solutions mixant numérique et méthode classique,
- Les collectivités, entreprises, laboratoires de recherche et enseignement supérieur doivent communiquer pour développer des projets pédagogiques innovants.

### Tourisme et patrimoine culturel :

Les contenus développés pour guider les visiteurs sur un territoire ou dans un site touristique sont de plus en plus diversifiés : réalité augmentée, réalité virtuelle, visualisation 3D, contenus interactifs (chatbots) et collaboratifs. Les supports se diversifient également : au-delà des applications, les web-app permettent de développer de plus en plus de fonctionnalités tout en levant le problème du téléchargement et les écrans et tables tactiles proposent de nouvelles formes de visualisation et de médiation.

Les touristes sont de plus en plus friands d'expériences. Les parcours et services traditionnels de visite ne suffisent plus, il faut étonner, marquer les esprits. Le numérique permet de répondre à ces demandes grâce aux technologies immersives et à l'apparition de nouveaux services et notamment de :

- Mieux connaître les touristes pour mieux les servir et les faire revenir.
- Contacter et connecter : Les acteurs du tourisme en contact direct avec le visiteur
- Guider et conseiller : Le touriste est devenu prescripteur et co-constructeur de son séjour
- Informer et divertir : Le voyage virtuel au service du voyage réel
- Voyager et résider : Le tourisme comme porte d'entrée de la smart city

La Réalité Virtuelle permet par exemple aux visiteurs de découvrir des endroits inaccessibles ou de voyager dans le temps. Elle se saisit également des loisirs et divertissements avec des parcs de Réalité Virtuelle ou des tables de jeux numériques.

Enfin des nouveaux services captent l'attention des visiteurs en améliorant leur expérience de voyage.

Le potentiel de la data est largement inexploré dans le domaine du tourisme alors que la collecte d'informations a mis du temps à se numériser. Néanmoins les initiatives se multiplient : plateforme d'Open Data (DATAtourisme), mutualisation des données locales pour construire des services régionaux (Secrets Normands). La pression des GAFA se fait également sentir, préfigurant d'une prise de conscience des professionnels du tourisme afin de tirer parti de cette richesse à leur disposition. Au-delà des nouveaux services que cela peut créer pour les visiteurs (chatbots, personnalisation de la communication et des offres), ces données pourraient être utilisées pour optimiser et personnaliser l'offre des territoires (yield management, gestion des flux, marketing personnalisé)

Les verrous identifiés sont les suivants :

- Engouement des acteurs pour le numérique mais manque de communication et de vision globale du paysage du e-tourisme
- Manque de connaissance technologique et de vision sur le futur des outils qui sont proposés par les entreprises
- Volonté de choisir un outil dont l'usage pourra être transversal (utilisé sur plusieurs thématiques) et mutualisable
- Problème de l'accessibilité et de la connectivité.
- Acceptabilité au niveau des usagers : la technologie doit être acceptée par les visiteurs. Besoin de pédagogie dans la présentation des outils.
- Multiplicité des outils contreproductive : il est difficile de s'y retrouver et de faire le poids face à des outils comme Google Arts & Culture ou même Google Maps.
- Acceptabilité (en progression) par les usagers des technologies de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle, et compatibilité des téléphones portables.

### Sons

Les innovations sont attendues dans les domaines suivants :

- Son en 3D adapté au RA/RV, utilisation des technologies d'amélioration du son (virtualisation du surround, type Dolby ICE...)
- Outils pour la création de son immersive pour jeux vidéo et autres contenus, etc.
- Développement du podcast natif (e.g The Daily) et du sponsoring (format publicitaire natif en introduction d'un podcast).
- Développement de l'assistance vocale (utilisée pour demander la météo ou les dernières infos...)

## *Recommandations*

Les thématiques identifiées ci-dessus constituent un réservoir à idées pour faire émerger des projets innovants au sein de cette Industrie Culturelle et créative, selon des axes déterminant pour le territoire. Elles ont vocation à être les fils conducteurs de la déclinaison stratégique et de l'animation des communautés des pôles et de leurs écosystèmes.

Il n'est pas dans l'ADN des acteurs économiques de l'Entertainment & Media qui ciblent des marchés globaux (Netflix, Amazon Prime, Disney+, ...), de prendre en compte les particularismes locaux et régionaux.

Les acteurs des territoires doivent tirer parti des technologies de pointe utilisées par les OTT pour mettre en place des expériences personnalisées et locales, impactant la manière dont les acteurs du territoire packageraient et développeraient leurs offres.

Dans le même temps, cela entraînerait de nouvelles responsabilités sur la manière dont ces acteurs feraient la promotion et commercialiseraient leurs produits et services. Ces nouvelles dynamiques s'appliqueraient à différentes plateformes, types de contenus, d'expériences digitales et physiques.

Les pôles I&R+TES visent à développer des solutions innovantes en utilisant les produits et services issus des adhérents, et notamment en lien avec le développement de l'internet des objets, l'intelligence artificielle, la sécurité des données, la réalité Augmentée et Virtuelle, la robotique, la gestion et la sécurité des données, de la cybersécurité, et les réseaux et infrastructures... Ces Domaines Technologiques apporteront des réponses aux grands enjeux et problématiques cités ci-dessus.

### 3. DU Numérique et Industrie

Les pôles TES et Images & Réseaux fédèrent les forces du Grand Ouest via leur alliance afin de renforcer leurs capacités à accompagner l'émergence de projets ambitieux de Recherche & d'Innovation sur les technologies et les usages du numérique qui contribuent au développement économique et aux évolutions de la société.

En portant leurs attentions sur le domaine « Numérique et Industrie », les Pôles TES et Images & Réseaux contribuent à renforcer l'innovation et dynamiser la compétitivité de l'industrie française et se positionnent comme structures d'appuis au déploiement de « l'Industrie du futur » également appelé « Industrie 4.0 ». Ces concepts constituent un socle d'opportunités collectives pour rendre l'industrie française plus durable, plus productive et plus compétitive.

Ce document présente la liste des thématiques d'expertise sur lesquelles les pôles vont porter légitimement leurs efforts en termes d'émergence et de labellisation de projets, ainsi que d'animation des communautés impliquées. Elle est détaillée dans le paragraphe « Domaine d'activité ».

#### *Vision et Enjeux*

Le programme « Industrie du Futur » est un moyen formidable pour aider les entreprises industrielles à mieux appréhender et intégrer les technologies numériques dans leur processus, afin d'optimiser leurs outils de conception, de production et de distribution, et de mieux anticiper les évolutions technologiques et numériques.

La vision partagée des 2 Pôles TES et Images & Réseaux est d'unir ~~nos~~ leurs compétences et l'expertise de ~~nos~~ leurs membres au travers de leur Alliance et aussi des partenariats passés<sup>3</sup> avec d'autres pôles applicatifs, dans une logique de complémentarité territoriales et techniques, afin de répondre aux besoins d'innovation les plus larges des filières industrielles.

Ce nouveau maillage s'inscrit dans la philosophie des « *centres d'accélération de l'industrie du futur* » repris par l'ancien Premier Ministre, Edouard Philippe, lors de son allocution le 20 septembre 2018, à propos du plan de transformation de l'industrie par le numérique : « *La nécessaire évolution industrielle par le numérique est aujourd'hui plus qu'une évidence, c'est une nécessité ; elle ne doit pas rester l'apanage de quelques groupes, aussi performants soient-ils. Elle doit se propager dans toute notre industrie, des grands groupes aux ETI et aux PME. C'est un défi majeur auquel, tous ensemble, Etat, régions, industriels, opérateurs publics, nous devons contribuer à répondre.* »

L'enjeu de ce domaine d'usage est à la fois, de promouvoir les nouvelles technologies du numérique auprès des industriels et de leurs environnements, et de les intégrer efficacement au programme « Industrie du Futur » ainsi qu'au niveau européen dans le cadre du second pilier du programme cadre européen : « *Global challenges and European Industrial competitiveness* ».

---

<sup>3</sup> Par exemple : pour l'Usine du Futur EMC2, iD4CAR, VALORIAL, MOVEO, PMBA et Bâtiment du Futur S2ES, NOVABUILD, NOBATEK, SBA, NOVIMAGE



## Domaines d'activités

Les domaines d'activité sont une déclinaison opérationnelle du domaine d'usage « Numérique et Industrie ». Les thématiques identifiées ci-dessous constituent un réservoir à idées pour faire émerger des projets de Recherche, de Développement et d'Innovation. Elles ont vocation à être les fils conducteurs de la déclinaison stratégique et de l'animation des communautés des pôles et de leurs écosystèmes.

Les items listés ci-dessous visent à identifier les thématiques technologiques afin d'innover dans les façons de concevoir, dans les procédés de fabrication et dans la mise à disposition :

- Machines intelligentes : au-delà de l'internet des objets et des machines flexibles, les industriels auront besoin d'équipements et de capteurs de plus en plus performants, intelligents, interopérables et accessibles financièrement.
- Systèmes d'information agiles : Améliorer l'interopérabilité des systèmes informatiques (interne et externe), l'homogénéité des API, la prise en compte du Product Life-cycle Management, ou encore la disponibilité des données nécessaires aux calculs, etc.
- Performance des réseaux de communication : Améliorer les performances attendues associées aux réseaux LoRa, SigFox, 4G, 5G (débit, latence, interopérabilité, facilité de déploiement, etc.).
- Des données accessibles : Faire évoluer la gestion des données, la capitalisation des données (big data), la disponibilité et l'ouverture des données (opendata et la coopétition).
- Conception intelligente : Accompagner la fabrication additive, l'impression 3D, comme l'usage de technologies immersives et interactives (RV, RA, jumeaux numériques, ...) au service des processus et méthodes de conception, de maintenance, de production et de logistique.
- Algorithmes et intelligence artificielle : Accompagner la performance des algorithmes et de l'IA dans le traitement des données, la robotique, la productivité, les « équipements autonomes », la formation des salariés etc.
- Plateformisation des transactions : Prendre en compte l'influence du e-commerce et de l'omnicanalité dans les procédés de conception, de production, de logistique & commercialisation.

## Recommandations

Le numérique offre des moyens hors du commun en termes d'innovation dans la coopération intra & inter-firmes, augurant de repousser les frontières actuelles en termes d'automatisation, de qualité, de calcul prédictif et de qualification des métiers.

Son adoption et sa bonne intégration par les filières industrielles imposent la prise en compte de la pluralité de ses acteurs et de leurs compétences, de leurs pratiques et usages, pour une approche durable et holistique de la transformation numérique industriels et de ses services. L'Intelligence Artificielle modifie par exemple le rôle du salarié dans l'entreprise, dans sa relation à l'incertitude et à la décision dans son quotidien. La réussite des projets repose davantage sur la bonne intégration de la dimension d'usage que dans la fiabilité technologique.

Les Pôles seront vigilants à la pluralité des acteurs, à leurs compétences, ainsi qu'à la coopération avec les sciences humaines, les ergonomes et les designers dans les projets structurants ; plaçant ainsi les utilisateurs au centre des projets d'innovation.

Dans un premier temps, les Pôles TES et Images & Réseaux préconisent de focaliser les efforts d'innovations sur les filières recommandées par le Conseil National de l'Industrie (CNI) :

- Aéronautique,
- Industries agro-alimentaires,
- Automobile,
- Bois,
- Chimie et Matériaux,
- Eau,
- Ferroviaire,
- Industries pour la construction,
- Industries électroniques,
- Industriels de la mer,
- Industries des nouveaux systèmes énergétiques,
- Industries et Technologies de santé,
- Industries de sécurité,
- Infrastructures du Numérique,
- Mines et métallurgie,
- Mode et Luxe,
- Nucléaire,
- Transformation et valorisation des déchets.

D'autres opportunités sont à saisir autour de :

L'Axe Seine et le « Seine Gateway » : « Le Grand Paris » et son corridor logistico-industriel constituent un tissu propice au développement de l'expérimentation et du déploiement des technologies du futur dans les filières industrielles, comme pour les infrastructures qui transportent leurs flux.

La prise en compte du post-Covid, d'un point de vue adaptation aux nouveaux risques sanitaires et sociaux des filières industrielles stratégiques.

## 4. DU Numérique et Santé

Les Pôle TES et Images & Réseaux fédèrent les forces du Grand Ouest via leur alliance afin de renforcer leurs capacités à accompagner l'émergence de projets collaboratifs sur les technologies et les usages du numérique appliqués notamment aux industries culturelles et créatives afin de contribuer au développement économique et aux évolutions de la société.

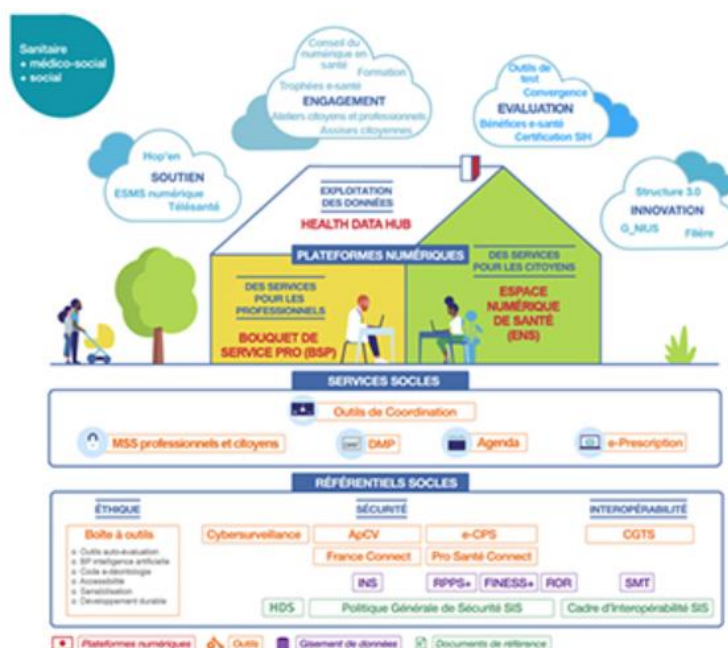
En portant leurs attentions sur le domaine « Numérique et Santé », incluant le sanitaire et le médico-social, les Pôles TES et Images & Réseaux contribuent à renforcer l'innovation et dynamiser la compétitivité de leurs territoires via l'usage de technologies numériques dans un secteur en plein essors et comportant opportunités de développement.

Ce document présente à la fois la définition des champs d'expertise et la liste des thématiques stratégiques, sur lesquels les pôles vont porter légitimement leurs efforts en termes d'émergence et de labellisation de projets, ainsi que d'animation des communautés impliquées.

### Motivations et Enjeux

En 2019, le gouvernement a lancé un grand programme « Ma Santé 2022 », visant à moderniser le système de santé actuel tant au niveau libéral qu'hospitalier. Ce projet, déjà emblématique lors de son lancement, a été accéléré par la crise sanitaire de 2020.

Pour guider les industriels, l'Agence du Numérique en Santé a édité la « doctrine du numérique en santé », coconstruit par les industriels actifs de ce domaine. Ce document constitue la doctrine technique sur laquelle s'appuiera la mise en œuvre de la feuille de route « accélérer le virage numérique ». Il est le texte de référence pour tous les acteurs et parties prenantes de la santé numérique en France.



Cette doctrine vise à poser un cadre de référence et de proposer une trajectoire à l'ensemble des acteurs de la e-santé en France. Elle s'adresse aux porteurs des services numériques de santé, qu'ils en assurent la maîtrise d'ouvrage (groupements régionaux d'appui au développement de la e-santé, établissements de santé...) et/ou la maîtrise d'œuvre (éditeurs de solutions, intégrateurs...) et les usagers de ces services numériques (professionnels de santé et du médico-social ou usagers des services numériques de santé au sens large).

Elle vise également à consolider les éléments du socle de base de la e-santé (référentiels, gisements de données, services numériques socles sécurisés et de confiance). Elle s'inscrit dans une logique d'urbanisation via des plateformes numériques nationales (Espace Numérique de Santé, bouquet de services aux professionnels, plateforme des données de santé ou Health Data Hub). L'ensemble est représenté sous la forme d'une « maison de la santé numérique ». Cette transformation bénéficie d'aide du Ségur de la Santé.

En dehors de ces aspects technique, les Pôles prennent en compte les réticences humaines liées à la e-santé qui reste, malgré tout, une source d'inquiétude pour les professionnels et les patients, notamment quant à l'utilisation des données et des services associés. L'enjeu majeur des années à venir est donc d'asseoir toutes les innovations numériques en santé sur un cadre de valeurs et un référentiel d'éthique, afin de structurer les usages et fixer des limites quant à l'utilisation des données et des services.

Les projets accompagnés par les Pôles devront donc intégrer un cadre éthique devant permettre de donner du sens au déploiement de la e-santé en France, en développant la confiance à la fois auprès des patients et des professionnels de la santé.

Les quatre piliers de l'éthique que sont l'**autonomie**, la **bienfaisance**, la **non-malfaisance** et la **justice** sont traditionnellement intégrés dans les différents codes de déontologie en santé, notamment dans le serment d'Hippocrate et doivent être intégrés pleinement dans tous les projets e-santé d'aujourd'hui de demain.

Les régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire, ont été pionnières dans les domaines du numérique appliqué à la Santé. L'ambition des Pôles I&R et TES est de faire émerger de ce territoire des leaders de l'Industrie de Santé.

## *Domaines d'activités*

### Accélérer le virage numérique de la santé

« *Accélérer le virage numérique en santé* » est une feuille de route portée par le ministère des Solidarités et de la Santé, qui a vu le jour en avril 2019. Son pilotage est assuré par Dominique Pon et Laura Létourneau, respectivement responsable et déléguée ministériels de la Délégation au Numérique en Santé (DNS).

De cette stratégie découle une feuille de route qui s'articule autour de cinq grandes orientations (déclinées en trente actions) :

- Renforcer la gouvernance du numérique en santé ;
- Intensifier la sécurité et l'interopérabilité des systèmes d'information en santé ;
- Accélérer le déploiement des services numériques socles ;

- Déployer au niveau national des plateformes numériques de santé ;
- Soutenir l'innovation et favoriser l'engagement des acteurs.

### Biothérapies / medtechs

70% des nouveaux médicaments sont des biothérapies et il apparaît crucial de déterminer de façon précise et objective la réponse des patients à un traitement. Les technologies numériques (tant au niveau organisationnel qu'en termes d'innovations) mises en œuvre participent et participeront de plus en plus à l'enjeu de la médecine du futur, afin de :

- Réduire les temps et coûts de développement par la modélisation ou simulation numérique pour identifier de nouvelles cibles thérapeutiques ou de nouvelles molécules (discovery in silico),
- Limiter les échecs en phase clinique par le développement du prédictif,
- Accroître les autorisations précoces de mise en marché,
- Accroître les exigences après la mise sur le marché (post-AMM) par le suivi des données en vie réelle via des appli mobiles de santé,
- Développer des solutions plus intégrées,
- Le développement de solutions plus intégrées (dispositifs médicaux connectés, théranostique...).

## Verrous identifiés

### Accélérer le virage numérique de la santé

La forte fragmentation de l'offre présente un premier verrou. Il se complique quand les solutions ne garantissent pas l'interopérabilité des données de santé. Pour un même patient, déjà existant dans le logiciel de gestion du professionnel, il doit être par exemple recréé dans une application d'aide au suivi des patients diabétique. Il faut alors ressaisir toutes les informations du patient. Ajoutons une application de suivi calorique et une autre pour le sommeil, il faudra 2 fois de plus saisir toutes les informations. Ce manque d'interopérabilité est un frein majeur au développement de solutions innovantes d'accompagnement des patients.

Cet état de fait engendre une grande difficulté pour les établissements et les professionnels de santé à faire communiquer les différents logiciels et donc à déployer des projets numériques cohérents. Très concrètement, ces difficultés entraînent une dispersion des énergies et des moyens, ainsi que de réelles ruptures sur le terrain (multiples saisies, défaut dans la transmission des informations, ...) avec une perte de chance potentielle pour les patients :

- Interopérabilité des systèmes de suivi du patient (par des professionnels de santé, par le patient lui-même, d'une région à l'autre, etc.) => « Norme » ?
- Capacité de transmission d'informations entre tous les maillons de la chaîne avec une qualité suffisante (taille de certaines images médicales par ex) et une latence adaptée (temps réel pour salle d'opération par ex), de manière sécurisée ; Coordination temps réel entre PS => 5G, cloud et blockchain ?
- Fiabilité des objets connectés de suivi à domicile (qualité des résultats, faux-positifs / faux-négatifs)

- Croisement des données santé et ville pour mieux diagnostiquer, mieux adapter le traitement, mieux suivre le rétablissement => BDD régionale grand ouest pour expérimentation nationale

### Biothérapies / medtechs

Les technologiques du numérique doivent permettre de progresser sur un grand nombre de verrous :

- Identification des cibles (leadgen) : Identification de nouvelles cibles pour des molécules déjà existantes (IA), Intégration des données omiques, imagerie et clinique (methodomics) (Big Data), Automatisation des travaux de paillasse (Robotique), Réduction des coûts ou amélioration de la puissance de calcul (Cloud), Amélioration de la protection contre l'espionnage industriel (Cyber), Anonymisation des données patients (Cyber), Accès aux données de vie réelle en toute sécurité (Cyber)
- Phase pré-clinique : Prédiction de la toxicité (IA), Modélisation afin d'éliminer toute expérimentation animale (SW)
- Phase clinique : Design des protocoles, stratification des patients (IA), Essais cliniques virtuels (IA), Gestion de cohortes multicentriques de plus en plus larges (Big Data), Sécurisation du dossier patient et transparence des essais cliniques (Cyber), Captation des données de vie réelle et contournement des biais déclaratifs (IoT)
- Production, Distribution, Suivi post-AMM : Numérisation des productions (Robotique, SW), Maintenance préventive (Big Data/IA), Amélioration de la protection contre l'espionnage industriel (Cyber), Capteurs pour le Contrôle Qualité (IoT), Suivi des données d'efficacité des traitements en post-AMM (IoT)
- Prévention et Surveillance : Prédiction de survenue de pathologies ou rechutes (IA), Intégration des données omique, imagerie et clinique (methodomics) (Big Data), Partage de données (DMP) entre professionnels de santé (Cloud), Amélioration de la protection contre l'espionnage industriel (Cyber), Anonymisation des données patients et accès aux données de vie réelle (Cyber), Dispositifs médicaux (DM) connectés et développement des applis santé (IoT)
- Diagnostic : Logiciel d'aide au diagnostic, techniques de diagnostic plus performant (IA), Identification de nouveaux biomarqueurs (Big Data), Partage de données (DMP) entre professionnels de santé (Cloud)
- Traitements : Stratification des patients pour traitement plus personnalisé (IA), Logiciels d'Aide à la Prescription (LAP) (IA), Evaluation de la performance des traitements (Big Data), Nouveaux traitements chirurgicaux assistés par ordinateur (Robotique, SW), Partage de données (DMP) entre professionnels de santé (Cloud), Sécurisation du dossier patient et transparence des échanges de données lors du suivi du traitement (Cyber), Dispositifs médicaux (DM) connectés implantables (IoT), Captation données de vie réelle pour un accompagnement plus personnalisé en lien avec les Infirmier en Pratique Avancée (IPA) (IoT)

## *Recommandations*

La proposition de l'alliance I&R+TES est de remettre le patient au cœur du système de soin en lui permettant de retrouver le contrôle de ses données de santé et de son parcours de soins. Pour réaliser cela, nous proposons de coordonner tous les acteurs de santé en leur permettant d'utiliser dans leurs solutions les normes d'interopérabilité internationales.

Afin de favoriser l'adoption du standard Health Level Seven (HL7), l'alliance I&R+TES souhaite accompagner le déploiement d'un socle de base avec des référentiels et des outils de premier niveau communément partagés et utilisés par l'ensemble des acteurs.

## 5. DU Numérique et Territoires

Le Domaine d'Usage « Numérique et Territoires » apporte une réponse adaptée aux enjeux de la transition Numérique des territoires, des services publics qu'ils portent et des attentes citoyennes, comme le développement durable ou l'inclusivité.

La dimension territoriale est corrélée avec l'aménagement du territoire. Le Domaine d'Usage « Numérique et Territoires » couvre ainsi l'ensemble des éléments physiques qui permettent l'aménagement de la digitalisation du territoire. Cela comprend aussi bien la connexion aux réseaux numériques (filaire et RF) et permettre ainsi la simplification des services publics ou d'adapter des équipements en servitudes aux automatismes de supervision de l'ensemble des ressources et de l'environnement du territoire (voierie, transport, éclairage, énergie, etc.). Mais aussi de permettre aux acteurs publics et privés de pouvoir disposer de moyens afin de permettre la diffusion en temps réel des informations, la gestion des flux et l'optimisation de l'utilisation des ressources. Ce domaine d'usage recherche à accompagner des démarches de « territoires intelligents » qui grâce au numérique visent à améliorer sa performance en termes de mobilité, d'énergie et de services publics.

Un territoire intelligent est :

- Un territoire connecté lui-même et connecté aux autres. La connexion est à la fois physique et quantitative, notamment pour garantir une couverture et une bande passante suffisante pour les usages actuels et à venir. Mais aussi pratique et qualitative lorsque les données ont vocation à être partagées et collectées en transparence. Il convient alors d'associer les acteurs depuis la conception des projets jusqu'au fonctionnement des services du territoire.
- Un territoire efficient, dans son utilisation des technologies de l'information et de la communication, permettant de mettre à disposition des usagers des services répondant à des besoins locaux spécifiques tout en étant connecté au monde dans le réalisme et la cohérence des solutions développées. Ces services permettent de mieux gérer les infrastructures, les déplacements, l'environnement, etc.

Les collectivités doivent ainsi faire face à des enjeux technologiques pour maintenir l'attractivité de leur territoire et offrir une qualité de vie optimale à leurs usagers :

- La connectivité : le wifi territorial, l'internet des objets, ou encore la 5G/6G permettent de créer de nouveaux liens entre les usagers, les infrastructures et les collectivités.
- L'homogénéisation et la standardisation du traitement des données : les collectivités sont historiquement propriétaires d'un volume très important de données dont l'analyse et l'utilisation restent difficiles tant les formats des jeux de données sont hétérogènes et divers. La rationalisation de la collecte et du traitement des données permettra d'ouvrir la porte à de nouveaux services. Avec les démarches d'Open Data, ces initiatives sont ouvertes à tous les acteurs.

Enfin, le numérique peut contribuer à l'accompagnement des démarches écologiques des territoires, notamment dans le développement de solutions telles que :



- Les Smart Grid : à l'échelle d'un territoire, d'un réseau d'éclairage ou d'un bâtiment, le réseau électrique intelligent permet de collecter et analyser les données énergétiques et les pratiques des usagers afin d'optimiser la consommation.
- Les outils numériques de plateformes qui permettent par exemple de faire connaître les circuits de consommation locaux, de favoriser le troc, les circuits courts, les réseaux « 2nde vie » et le recyclage, récompenser les démarches « responsables » (recyclage, mobilité verte, etc.), au service de l'économie circulaire (se rapportant à la fois à la consommation et à la gestion des déchets).
- Les outils numériques de visualisation comme les outils de BIM ou de cartographie (ex : streetview) qui permettent de proposer des solutions d'aménagement du territoire, dans la conception et la gestion des espaces, et d'imaginer des innovations immersives diverses (tourismes, formations, ...).

L'objectif du Domaine d'Usage « Numérique et Territoires » est donc de lever les verrous techniques permettant de connecter un territoire pour le rendre plus durable, dans sa dimension économique, écologique et sociétale, pour accompagner le développement de nouveaux services et produits, rationaliser l'utilisation des ressources. Il s'agit également de lever les verrous organisationnels de mise en relation des acteurs dans les collaborations public-privé-personnes, dans toutes les échelles administratives (intercommunales, régionales, nationales, européennes...) et degré de maturité.

Ainsi, les pôles de compétitivité TES et Images et Réseaux ont choisis de focaliser leurs efforts sur 3 sous-thématiques :

#### **L'énergie - La transition numérique comme un des piliers de la transition énergétique**

Celle-ci repose sur la réduction des consommations énergétiques et la production d'énergie décarbonée. Le numérique a un rôle important à jouer dans le développement des réseaux électriques intelligents permettant de synchroniser efficacement production et consommation pour en accroître les effets positifs en termes d'émissions de carbone, de coûts et de qualité de l'électricité. Les pôles continueront leur rôle d'agrégateur et d'accélérateur de l'innovation notamment par sa contribution au CSF Smart Energy French Clusters. Le numérique aura aussi un rôle à jouer pour dynamiser le secteur sur la 1e région productrice d'énergie, la Normandie.

#### **La mobilité**

La mobilité des biens et des personnes de plus en plus multi-canalises est un sujet central des Smart City et Smart Country. La mobilité crée ainsi une relation technologique à l'espace qui dépasse l'aménagement local et fait appel à l'implémentation des mobilités à dimension régionale, nationale voire internationale dans leurs développements. Par exemple, Les initiatives autour de la mobilité visant à connecter le réseau de transports en commun et faciliter l'interopérabilité et la billettique dans les usages constituent des attentes fortes des territoires.

#### **La transformation numérique de l'administration et la relation citoyenne**

Celle-ci accélère la transformation numérique dans les métiers des collectivités et dans la relation entre les habitants et leur collectivité territoriale.

Il s'agit par exemple des outils numériques d'accès aux services de la collectivité, de démarches de démocratie participative, de facilitation des échanges avec la collectivité, d'identité numérique du citoyen...

## Motivations et Enjeux

Les enjeux sont dépendants des sous-domaines. Cependant, un enjeu revient à chaque fois : les « données publiques ».

La gestion de la donnée publique est une problématique clé des territoires touchant l'ensemble de leurs champs d'action. Toutes les collectivités de plus de 3500 habitants ou comptant plus de 50 agents ont l'obligation d'ouvrir l'accès à la donnée publique. Cette obligation a permis une prise de conscience de la part des collectivités de la nécessité d'un travail de traitement et de classement de leurs données pour qu'elles puissent constituer une vraie opportunité pour tous.

Pour les collectivités, il s'agit en effet désormais de tirer profit de ces données afin de développer de nouveaux services pour les habitants, mais aussi de capter de nouvelles informations au moyen de capteurs dans l'espace public (mobilité, pollution, flux d'énergie), pour analyser par les données de fréquentation l'utilisation des services et infrastructures. Si l'amélioration de l'existant est une priorité, la volonté des collectivités est aussi d'aller de plus en plus vers de la prospective : par de l'intégration d'outils de télésurveillance (par exemple de la qualité de l'air) et pour améliorer l'attractivité territoriale sur le Smart Grid, les réseaux de chaleur ou d'autoconsommation.

Trois axes principaux se dégagent :

### Smart Energie

La transition numérique repose sur la réduction des consommations énergétiques et la production d'énergie décarbonée. Le numérique a un rôle important à jouer dans le développement de réseaux électriques intelligents (smart grids) permettant de synchroniser efficacement production et consommation pour en accroître les effets positifs en termes d'émissions de carbone, de coûts et de qualité de l'électricité.

Le numérique, la captation et l'analyse des données, permettent de répondre à des enjeux tels que la conception et la gestion des bâtiments, notamment au travers de l'utilisation des jumeaux numériques (BIM) et plus généralement l'exploitation des données d'exploitation et de maintenance des bâtiments qui donnent une connaissance plus fine des usages, de leurs impacts et des solutions d'optimisation à appliquer.

### Mobilités

La mobilité est le second axe majeur d'innovation pour les collectivités. L'évolution du transport en ville comme en campagne porte à la fois sur la nécessité de fluidifier le trafic et de prendre en considération les offres modales et leurs impacts.

Ainsi se dégagent des leviers d'actions grâce au numérique, à savoir :

- La facilitation de l'accès aux réseaux de transport pour tous, en interconnectant les réseaux de transports en commun et de transport partagé, diffusant et fluidifiant les informations voyageurs, en facilitant la multimodalité et sa billettique,
- La Fluidification des trafics routiers (identification et supervision des goulots d'étranglement, considération des zones blanches) et incitation à l'usage des transports en commun ou partagé et

au développement d'offres Mobility as a Service (MaaS) sans coutures, de logistique urbaine mutualisée, de covoiturage de proximité,

- La promotion des modes de transport décarbonés et les multi-mobilités (espace de transfert modal, plateformes de partage et d'usages connectés), accueillir les véhicules autonomes dans leurs déploiements et leurs circulations en anticipant ses évolutions dans les systèmes et les infrastructures du territoire. D'autres cas d'usages pourraient être trouvés pour les infrastructures du véhicule autonome avec des nouveaux modèles financiers.
- La réflexion sur la diminution des pollutions urbaines liées aux transports (sonore, visuelle et atmosphérique)
- La réduction des temps de transport, la sûreté et la sécurité des usagers dans les transports urbains.

#### La transformation numérique de l'administration et de la relation citoyenne :

Cette thématique regroupe les outils numériques d'accès aux services de la collectivité, démarches de démocratie participative, facilitation des échanges avec la collectivité, ou encore le parcours citoyen.

Les territoires bousculés par des crises multiples (sanitaire, démocratique, économique, écologique) cherchent à réinventer le rapport entre administration et administrés, notamment par le développement d'outils numériques qui permettent :

- Le dialogue, le vote et la concertation (sondages, appels à idées de projet) et la démocratie participative (débat, appels à manifestation d'intérêt, vote en ligne, réseaux sociaux, financement participatif ...)
- La cartographie des espaces collectifs, (cartographie numérique, SIG, BIM, réalité augmentée ...)
- La supervision et la gestion de la signalétique routière (remontée d'information et gestion des incidents, optimisation de circulation, envoi de suggestions)
- La création de communs autour de la donnée publique (ouverture d'accès aux données, visualisation et interopérabilité des formats de la donnée (PDF, XLS))
- La sécurisation de l'identité numérique et gestion des e-administrés
- La simplification des processus administratifs et la généralisation des e-procédures de la collectivité.

Cette démarche d'innovation des territoires se veut éthique, sécurisée et interopérable pour l'ensemble des parties prenantes.

## *Verrous identifiés*

Les verrous identifiés sont les suivants :

- Manque d'interopérabilité des bases de données (différences sémantiques, protocoles variés et sources hétérogènes)
- Protection des données personnelles et domaine public (RGPD)
- Manque de visibilité des projets développés sur le territoire et de partage au niveau national
- Raffinage de la donnée (étiquetage, valorisation)
- Défis techniques d'inclusivité des véhicules autonomes en zone rurale : vitesse plus importante, environnement moins « normé », couverture réseau plus compliquée
- Couverture des réseaux fibre et hertzien (zone blanche)
- Latence, disponibilité des installations et remontées de dysfonctionnement
- Sensibilisation et information aux usagers dans les projets numériques du territoire
- Gouvernance des projets et implication des élus dans les projets notamment longs termes
- Transition nécessaire des modèles économiques (coût croissant de la maintenance, marché d'appel d'offres public et partenariat) :
  - Passer d'un modèle centralisé à un modèle de proximité voire d'hyper-proximité ;
  - Faire évoluer les modèles économiques. Par exemple pour les projets d'installation photovoltaïque pas de prise en compte des spécificités régionales pour le calcul des aides ;
  - Passer à un modèle de personnalisation des solutions en fonction des besoins : affiner les diagnostics, développer et gérer des solutions multiples.

## *Recommandations*

Les pôles Images & Réseaux et TES continueront leurs rôles d'accélérateur d'innovation en coordonnant des projets et des ateliers d'innovation auprès des collectivités territoriales afin de répondre aux besoins de proximité et aux réalités territoriales.

Les pôles proposent d'animer des Think Tank et des Do Tank territoriaux afin que l'ensemble des parties prenantes du territoire puissent participer au processus d'innovation et de déploiement.

# Vers un numérique durable, responsable, sobre et éthique

## *La sobriété, pilier d'un numérique soutenable*

I&R+TES, qui réunit en son sein et dans ses parties prenantes des équipes de recherche et de formation, des industriels, des petites et moyennes entreprises et des startups, est un lieu d'accueil légitime de discussions, avec en tête que les choix technologiques doivent être l'affaire de tous.

Deux rapports parus en 2020 ont apporté une contribution significative à cet égard. Il s'agit du rapport du Sénat de juin 2020 « Pour une transition numérique écologique », suivi de la « feuille de route sur l'environnement et le numérique » du Conseil national du numérique (CNNum), en partenariat avec le Haut conseil pour le climat, paru en juillet 2020.

Trois chantiers sont identifiés et rassemblent 50 mesures :

- **Un numérique sobre**, avec comme objectif d'adopter le concept de sobriété numérique comme principe d'action pour réduire l'empreinte environnementale du numérique
- **Un numérique au service de la transition écologique et solidaire**, avec comme objectif de donner un sens au numérique pour le mettre au service des objectifs de développement durable
- **Les outils et leviers pour un numérique responsable**, avec comme objectif de mettre en œuvre un numérique responsable au service des objectifs de développement durable

Cette somme est une bonne boîte à outil pour faire le point et identifier des actions. Sur chacune des mesures, les parties prenantes des pôles I&R+TES peuvent dire s'ils sont concernés, s'ils sont déjà actifs, s'ils peuvent être force de proposition ou de solutions, ou encore s'ils ont besoin d'accompagnement. Une fois ce constat établi, une déclinaison des mesures proposées par le CNNum pourra s'effectuer à l'échelle du territoire.

## *Une demande de la société : agir avec responsabilité & éthique*

Les tendances sociétales vis-à-vis des questions technologiques sont nombreuses : « A-t-on vraiment besoin de ces technologies ? » « Est-ce que cette technologie est nécessaire ? ». Il s'agit aussi d'un appel à une « vie numérique saine ». Sont exprimés un refus de l'obsolescence programmée, le besoin d'une « croissance douce », la demande de relocalisation de la production après la pandémie, le retour des Communs dans la discussion. Enfin existe une défiance de plus en plus visible dans la science et les technologies. Toutes ces tendances s'inscrivent dans un monde empreint d'incertitudes.

A la suite de la parution de la Feuille de route Numérique et Environnement, deux membres du CNNum ont souhaité aller plus loin et mobiliser le secteur numérique autour de la réduction de son empreinte environnementale : les signataires du manifeste Planet Tech'Care « *s'engagent à mesurer puis réduire les impacts environnementaux de leurs produits et services numériques, et s'engagent à sensibiliser leurs parties prenantes afin que tous les acteurs de l'écosystème numérique soient en mesure de contribuer à réduire leurs impacts sur leurs périmètres de responsabilité.* ».

La question de l'éthique est particulièrement présente dans les travaux de la Commission européenne sur la Stratégie européenne en Intelligence Artificielle. Il s'agit de développer une éthique pour une IA digne de confiance (*Trustworthy AI*), notion portée par le Groupe des Experts européens dans leurs propositions début 2019, qui ont servi à la rédaction du Livre blanc publié le 19 février 2020. Cette IA de confiance désirée est rendue possible par les principes de Transparence, et d'Explicabilité. La Transparence est mesurable, ses différents niveaux d'échelle de mesure pouvant permettre la certification, la labellisation, des systèmes, voire être une raison (en cas d'absence de transparence) de non déploiement des systèmes d'IA dans des contextes "à haut risque".

## *Les acteurs de l'Économie Sociale et Solidaire (ESS)*

Si la recherche académique et la recherche industrielle sont les principales composantes représentées et actives dans les pôles, le tiers-secteur de la recherche pourrait être sollicité et devenir partie prenante.

De nombreux acteurs non directement connectés à des structures comme les pôles, ou à des équipes de recherche, se positionnent sur ces sujets, en menant en particulier des recherches-actions de grande ampleur, articulées avec des débats publics au long court et des consultations.

Des territoires, à différentes échelles, peuvent servir de lieu de recherche-action, d'expérimentation et de déploiement : ceci peut s'effectuer dans une optique de développement de *jumeau numérique de territoire*.

Les pôles I&R+TES peuvent tisser des liens avec ces acteurs, et en tant que tel ou sous l'impulsion de certains de ses membres, faciliter, abonder et alimenter en connaissances ces débats et consultations, et y apporter ses contributions.

### *Recommandation*

L'alliance I&R+TES s'est donnée pour ambition d'être le précurseur de technologies au service des enjeux de transition numérique et environnementale de l'Économie et de la Société de faire de la transition numérique un accélérateur de la transition écologique.

Au cœur de l'innovation et de la recherche collaborative, dans les domaines du numérique et face aux enjeux de la transition environnementale et écologique, la contribution de l'Alliance devra s'exercer selon un ensemble de ces fiches « action », qui devront alors être explicitées dans l'élaboration des projets soumis à labellisation (en rapport avec l'objet ou des objectifs du projet)<sup>4</sup>.

De nouvelles disciplines issues des sciences humaines et sociales (SHS) telles que le droit (et en particulier les questions d'évolution de la régulation), la santé ou encore la philosophie, devraient être plus visibles et associées aux projets de recherche.

Les établissements d'enseignement supérieur du territoire proposent des modules de formation, souvent sur plusieurs mois, comme la cartographie des controverses, les grands défis de l'ingénieur/e, les laboratoires des sciences, qui pourraient établir des liens plus profonds avec les acteurs des pôles I&R+TES, pour que les travaux de ces étudiants et étudiantes soient nourris de réalités du terrain et tout en apportant aux pôles les aspirations de ces jeunes, avec comme objectif possible la création d'activités immédiates utiles au territoire qui les a formés.

Les travaux effectués par des acteurs comme la FING, le CNum, The Shift Project, le Syntec numérique, le CIGREF, SOGA EU, les penseurs de l'innovation care ou de l'économie symbiotique sont denses et nécessitent un temps d'appropriation partagée.

---

<sup>4</sup> Fiches « action » : 1 – élaborer une méthodologie de quantification de l'empreinte numérique sur l'environnement ; 3 – construire un baromètre environnemental des acteurs du numérique ; 5 – soutenir le développement d'une filière française du réemploi et du reconditionnement ; 6 – prolonger la durée de vie des équipements et lutter contre l'obsolescence logicielle ; 7 – soutenir le développement d'une offre française compétitive de produits et de services numériques écoresponsables ; 8 – accompagner les entreprises du numérique dans l'adoption de l'écoconception et des principes du numérique durable et sobre ; 9 – maîtriser l'empreinte environnementale liée à l'usage des infrastructures numériques ; 10 – Accompagner les entreprises dans une transition numérique ; 13 - mettre les données au service de l'environnement ; 14 – mettre l'innovation numérique au service de l'environnement.

Il est possible de classer les 50 mesures du CNNum selon d'autres critères qui les éclairent différemment, et qui permettraient de se les approprier en fonction des spécificités locales. C'est un exercice à mener : sur chacune des mesures, les parties prenantes des pôles I&R+TES peuvent dire s'ils sont concernés, s'ils sont déjà actifs, s'ils peuvent être force de proposition ou de solutions, ou encore s'ils ont besoin d'accompagnement. Une fois ce constat établi, une déclinaison des mesures proposées par le CNNum pourra s'effectuer à l'échelle du territoire.

Des partenariats avec ces structures (ou les structures sous-jacentes), des interventions de leurs porteurs, des contributions à leurs débats et l'instanciation de ces débats sur le territoire des pôles I&R+TES en tenant compte des spécificités locales sont souhaitables.

Les pôles I&R+TES et leurs membres doivent chercher à rejoindre des initiatives telles que Planet Tech'Care ou se rapprocher des travaux portés par l'Institut du numérique responsable

## Références documentaires

- (1) Domaine d'Action Stratégique : Confiance & Sécurité v0
- (2) Feuille de Route du Domaine Technologique Données et Intelligences v2
- (3) Feuille de Route du Domaine Technologique Réseaux et Infrastructure v2
- (4) Feuille de Route du Domaine Technologique Matériels et Logiciels v1
- (5) Domaine d'Action Stratégique Interactions, Immersions et Réalités Mixtes v2
- (6) Feuille de Route du Domaine Photonique v2
- (7) Feuille de Route du Domaine d'Usage Numérique et Agriculture v0
- (8) Feuille de Route Stratégique du Domaine d'Usage Numérique et Contenus v1.9
- (9) Feuille de Route du Domaine d'Usage Numérique et Industrie v7
- (10) Feuille de Route du Domaine d'Usage Numérique et Santé v0.1
- (11) Feuille de Route du Domaine d'Usage Numérique et Territoire v2
- (12) Qu'est-ce qu'un numérique durable, responsable, sobre, frugal et éthique ? 26.11.2020
- (13) [Cisco Annual Internet Report \(2018–2023\) White Paper](#)
- (14) [Ultra Wideband : quel rôle joue-t-il dans l'iPhone 11 ?](#)
- (15) [Technologie clés 2020 – Internet des objets](#)
- (16) [Étude sur le secteur de la photonique \(DGE 2014\)](#)
- (17) [Feuille de route de la photonique française \(Photonics France 2018\)](#)
- (18) [Banque des territoires : redynamiser la démocratie locale](#)
- (19) [CNNum - Feuille de route sur l'environnement et le numérique – Juillet 2020](#)
- (20) [Cybersécurité : sécuriser la transformation numérique de la Normandie](#)
- (21) <https://www.economie.gouv.fr/environnement-numerique-feuille-de-route-gouvernement>
- (22) [Plan d'action Numérique Responsable 2021-2024 de la Région Bretagne](#)



## Remerciements

Notre feuille de route est le fruit du travail démarré en 2019 par les membres de l'Alliance I&R+TES. Qu'ils soient ici remerciés pour leurs contributions.

Vincent Auvray, Anthony Besq, Aurélien Bergonzo, Fabrice Bazard, Guillaume Briend, Jean-Claude Barbezange, Philippe Bouvet, Jean-Marc Busnel, Junior Brichart, Luc Brun, Philippe Besnier, Yann Busnel, Alain Chardon, Anne Claire Branellec, Cyril Chedot, Elsa Charrier, Guillaume Cordelier, Jérôme Caudrelier, Christophe Chauvin, Marc Cuggia, Olivier Clech, Paul Couderc, Roland Condor, Sebastien Carlier, Stéphane Canu, Yohann Couvreur, Benjamin Cheret, Dominique Défossez, Edouard Daubin, Eric Deniau, Jean-Louis Dautin, Jean-Marc Deshayes, Michael Daouphars, Olivier Durand, Régis Delfrate, Thibaut Douville, David Espes, Jean-Claude Fraval, Marie Ferronniere, Anne Grenier, Guillaume Gravier, Nicolas Guy, Patrice Gélén, Philippe Gravey, Christophe Henry, Tristan Heau, Yannick Hervé, Bernard Jouga, Eric Joyen-Conseil, François-Xavier Jullien, Frédéric Jurie, Hervé Jean, Nicolas Julien, Eric Kermann, Julien Kostreche, Alain Le Bouffant, Arnaud Leboucher-Verneau, Franck Lefevre, François Lefebvre, Gilles Lievens, Gwenaél Lelay, Jean-Philippe Lerat, Marc Liot, Ophélie Lanos, Rémi Laurent, Serge Landerretche, Stéphane Le Mogne, Thomas Le Texier, Gérard Le Bihan, Christophe Moy, Clément Michel, David Menga, François Millet, Matthieu Malledant, Sophie Madelaine, Gaël Maugis, Michel Malek, Aymeric Poulain Maubant, Benjamin Potelon, Marc Posnic, Alexandre Reymonet, Jessica Reffuveille, Benoit Roue, Christophe Rosenberger, Gerardo Rubino, Nicolas Ragot, Jessica Reffuveille, Hervé Saliou, Régis Saint-Paul, Ronan Sauleau, Sebastien Saez, Sébastien Saez, Magali Scelles, François Tuot, Yann Toutain, Denis Trégoat