



**GOUVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



## Conditions

**Maitriser les technologies numériques souveraines et sûres.**

Notre capacité à disposer de solutions numériques de confiance, performantes et innovantes et innovante sera décisive pour innover sans sacrifier notre souveraineté technologique dans la plupart des secteurs. Ainsi, il nous faut poursuivre et intensifier les stratégies engagées en matière de cloud, de quantique, d'intelligence artificielle, de cybersécurité et de 5G.

## **AMI Compétences et Métiers d'Avenir**

Le cahier des charges est disponible ici : <https://anr.fr/CMA-2021>

## Sommaire

- I. Fiche Thématique : Technologies quantiques
- II. Fiche Thématique : Cybersécurité
- III. Fiche Thématique : Intelligences artificielles
- IV. Fiche Thématique : Cloud
- V. Fiche Thématique : 5G
- VI. Fiche Thématique : numérique écoresponsable
- VII. Fiche Thématique : Enseignement et numérique

# I. Fiche Thématique Technologies quantiques

## 1. Contexte général

- **La stratégie d'accélération « Technologies Quantiques »**

France 2030 constitue une opportunité pour positionner la France dans la course des grands défis actuels sur le plan international, dont les technologies quantiques. Pour répondre à l'enjeu de souveraineté que représentent ces technologies, le Président de la République a lancé, le 21 janvier 2021, une stratégie nationale.

La stratégie quantique se décline en **6 objectifs d'accélération technologiques** :

- Développer et diffuser l'usage des simulateurs et accélérateurs NISQ ;
- Développer l'Ordinateur Quantique universel Passant à l'Echelle ;
- Développer les technologies et applications des Capteurs Quantiques ;
- Développer l'offre de Cryptographie Post-Quantique ;
- Développer les systèmes de communication quantique ;
- Développer une offre de technologies habilitantes compétitive ;

**Et quatre axes de structuration de l'écosystème :**

- Développer les compétences et le capital humain ;
- Renforcer les infrastructures technologiques ;
- Renforcer l'entrepreneuriat et le transfert de technologie ;
- Renforcer l'interdisciplinarité et la prise de risque dans la recherche amont.

- **Développer les compétences et le capital humain**

Afin de répondre au besoin croissant de l'écosystème industriel et de recherche en profils adaptés au développement des technologies quantiques aussi bien sur le plan du développement technologique que celui des usages, il sera nécessaire de renforcer le flux de sortie en profils de haut niveau, de créer des transversalités avec les filières classiques et de former les chercheurs et ingénieurs déjà en activité dans les entreprises.

Au niveau national et international, afin d'attirer les profils doctoraux, postdoctoraux, et jeunes talents les plus prometteurs, il sera nécessaire de déployer une stratégie de ciblage de talents et de mise en visibilité des pôles d'excellence nationaux, à travers des moyens incitatifs offrant aux candidats une visibilité à long terme.

## 2. Ambitions de la stratégie quantique

A partir de l'état des lieux construits lors des consultations avec les établissements d'enseignement et les industriels, la stratégie quantique devrait permettre de créer 18 000 emplois directs et indirects à l'horizon 2030. Ces emplois seront répartis en :

- Environ 2 000 chercheurs ;
- Environ 8 000 ingénieurs ;
- Environ 5 000 techniciens ;
- Environ 3 000 professions intermédiaires.

Afin d'atteindre cet objectif d'emplois, il sera nécessaire de renforcer progressivement la formation dans les technologies quantiques. Cette montée en puissance devra s'appuyer sur **différents niveaux** de formation, en formation **initiale et continue**, formations **techniques, d'ingénierie et de management**, et enfin **formation par la recherche**.

Les équipes de développement industriel en hardware et software quantique devront s'appuyer sur des experts dont la formation initiale sera centrée sur les technologies quantiques. Ces experts encadreront les équipes qui seront, elles, formées par un ambitieux programme de formation continue. La formation quantique initiale devra être renforcée dans les écoles d'ingénieurs et dans les masters à travers des programmes interdisciplinaires alliant physique quantique, algorithmique quantique et ingénierie.

## 3. Actions attendues

### • Action 1 : Formation en césure

Cette action vise à soutenir, dans le cadre de parcours de formation en master et d'ingénieurs, la mise en place d'une année de césure pour la spécialisation au calcul et aux algorithmes quantiques, à la cryptographie post-quantique, à la simulation quantique, aux communications quantiques et aux capteurs quantiques, dans l'objectif de placer les étudiants au cœur de la seconde révolution quantique et du développement des technologies quantiques.

### • Action 2 : Bourses d'attractivité - Master

Afin d'attirer les meilleurs étudiants de licence en Master / cycle ingénieur quantique, cette action vise à financer des bourses couvrant, des stages pendant le parcours de licence, le coût de participation de l'étudiant aux deux années de master / cycle ingénieur et une allocation de subsistance.

### • Action 3 : Bourses de thèses

La recherche fondamentale et la R&D privée doit s'appuyer sur des petites équipes pilotées par des docteurs en algorithmique quantique ou en technologies quantiques. Cette action visera à financer jusqu'à 50% des bourses de thèses dédiées au quantique de l'école doctorale candidate.

### • Action 4 : Prolongation de thèse

L'obtention de résultats probants dans le quantique peut nécessiter de prolonger certaines thèses jusqu'à 18

mois supplémentaires. Cette action vise à permettre à l'école doctorale candidate de financer le prolongement des thèses de 12 à 18 mois dans la limite de 20% des thèses en cours dans le quantique. La décision de prolongée ou non devra être prise d'un commun accord entre l'école doctorale, le directeur de thèse et le doctorant.

- **Action 4 : PhD Track**

Attirer les meilleurs candidats en Master peut dans certains cas nécessiter de donner de la visibilité à l'étudiant. Cette action vise à financer un continuum de parcours du master jusqu'à la thèse, où l'étudiant aura une garantie de financement de thèse sous réserve d'obtention de son diplôme de master.

- **Action 5 : Professeur invité résident**

Attirer, y compris de manière temporaire et étalée dans le temps, les meilleurs enseignants chercheurs à l'échelle mondiale, peut avoir un impact bénéfique important sur l'attractivité des enseignements et laboratoires de recherche français du quantique. Cette action vise à financer pour un établissement d'enseignement supérieur jusqu'à 50% des frais de salaire, de voyage, de subsistance et de R&D d'un professeur invité sur une durée de 6 mois fractionnables jusqu'à 3 ans.

## II. Fiche Thématique Cybersécurité

### I. Présentation de la stratégie

Le numérique est aujourd'hui présent dans tous les pans de la vie des Français. Support de nombreuses innovations qui bénéficient à chacun, il induit aussi des risques en matière de sécurité et de souveraineté. En outre, le développement du télétravail durant la crise sanitaire a contribué à rendre plus ténue la frontière entre les outils informatiques professionnels et personnels, augmentant d'autant la vulnérabilité des systèmes. Dans ce cadre, le gouvernement a souhaité, via la Stratégie Nationale Cyber, accompagner le développement de la filière française de la cybersécurité. À ce titre, cette stratégie visera à faire émerger des champions français de la cybersécurité, tant pour accompagner le développement d'une filière au potentiel économique important, que pour garantir à notre pays la maîtrise des technologies essentielles à la garantie de sa souveraineté. Pour cela, elle s'articule en 5 axes :

1. Développer des solutions souveraines et innovantes de cybersécurité ;
2. Renforcer les liens et synergies entre les acteurs de la filière ;
3. Soutenir la demande (individus, entreprises, collectivités et État), notamment en sensibilisant mieux tout en faisant la promotion des offres nationales ;
4. Former plus de jeunes et professionnels aux métiers de la cybersécurité, fortement en déséquilibre ;
5. Accélérer le développement des entreprises via des investissements en fonds propres.

De plus, une des cibles principales de la stratégie est de doubler le nombre d'emplois dans la filière d'ici 2025, soit 37 000 emplois supplémentaires. Cet objectif implique naturellement un effort de formation important.

La filière fait face à un déficit de main d'œuvre alors qu'elle peut être un **débouché pour tous les niveaux, de baccalauréat professionnel à doctorant**, ainsi que pour différents domaines de formations (techniques, commerciales, juridiques, etc.).

La formation représente donc une part importante de la stratégie sur deux aspects :

- Former davantage de personnes aux métiers de la cybersécurité incluant toutes les déclinaisons de niveau de spécialisation (Bac Pro, Bac+2, Bac+3, Bac+5, Bac+8 et formation continue) en fonction des postes visés pour répondre à la très forte demande en compétences du secteur et soutenir sa croissance,
- Former le plus grand nombre aux enjeux, dangers et gestes simples de la cybersécurité à la fois pour soutenir la demande mais aussi, et surtout, pour élever le niveau de sécurité global du pays.

La stratégie propose également d'établir un meilleur diagnostic sur le long terme des besoins, métiers et formations existants et de communiquer pour orienter les étudiants de manière plus efficace.

Trois mesures concernent directement l'axe formation :

- Mise en place d'un observatoire qui analysera les besoins en compétences et l'adéquation avec les formations existantes pour le secteur de la cybersécurité,
- Création de formations courtes en cybersécurité,
- Renforcement et/ou multiplication de l'offre de formation spécialisée en lien étroit avec l'expertise des acteurs de la filière, sur la base d'une consolidation des besoins et de la demande des employeurs du secteur.

### II. Bilan saison 1

L'Appel à Manifestation d'Intérêt « Compétences et Métiers d'Avenir » a permis de retenir, lors de la Saison 1, 4 projets de diagnostics, et 7 projets de dispositifs de formation.

### III. Attendus principaux de la saison 2

#### 1. Formations de spécialistes

##### o Action 1 : formation initiale

La proposition mettra en avant la vision stratégique du projet et détaillera le développement d'une nouvelle offre de formation initiale spécialisée en cybersécurité. Elle mettra en avant le besoin du monde professionnel auquel répond le projet. Celui-ci pourra s'appuyer dans un premier temps sur un diagnostic.

La proposition devra préciser le catalogue des offres de formation, les cursus et les possibilités de parcours de formation, les objectifs pédagogiques par spécialité et par niveau concernant :

- Le Bac Pro (option)
- Le Bac+2 : BTS (mention complémentaire)
- Le Bac+3 : BUT, licence professionnelle, licence
- Le Bac+5 : Master, ingénieur
- Le Bac+8 : Doctorat (voir également Action 3)

Nota : Pourront également être abordées les formations délivrant des titres spécifiques : Bachelor, titre d'Expert, Mastère Spécialisé, etc.

Pour chaque niveau, seront abordés :

- La thématique et la filière de formation : SHS, droit, santé, informatique, numérique, etc.
- Les prérequis pour l'accès à la formation,
- Le contenu des formations incluant la répartition du volume horaire en précisant notamment le nombre d'heures de cours, TD TP, les projets ou mises en situation professionnelle, les stages, les conférences ou interventions de professionnels, etc.
- Les modes possibles : présentiel, alternance, distanciel ou hybride.

Cette action doit valoriser l'approche en matière d'innovation pédagogique et des choix envisagés dans sa mise en œuvre.

##### o Action 2 : reconversions professionnelles

Une telle mesure est une réponse immédiate au besoin de main d'œuvre, qui sera pérennisée par des formations initiales plus adaptées.

L'objectif est de toucher un large public dont les contraintes personnelles sont hétérogènes. C'est pourquoi les aires de mobilité devront permettre trois types de parcours :

- La mobilité directe, sans formation préalable avec simplement un temps d'adaptation,
- La mobilité avec formation courte ou temps d'adaptation prévu et organisé,
- La mobilité avec formation longue.

Ces dispositifs de reconversion s'attacheront particulièrement à faciliter les projets des employés aux spécialités connexes, notamment les électrotechniciens et les électroniciens qui disposent de bases techniques intéressantes pour s'orienter vers la cybersécurité sur des segments en tension comme les opérateurs de SOC. Plus largement, la reconversion des employés du numérique vers la cybersécurité doit être encouragée, car ils constituent un important vivier de main d'œuvre potentielle.

Concernant la montée en compétence, le premier objectif est de proposer des formations adaptées à l'ensemble des dispositifs disponibles : Projet de Transition Professionnelle (ex CIF), CPF, VAE. La stratégie visera aussi à encourager les plans de formation qui sont à l'initiative des employeurs.

Par ailleurs, la proposition mettra en avant le besoin du monde professionnel auquel répond le projet et détaillera le développement d'une nouvelle offre de formation tout au long de la vie spécialisée en cybersécurité, incluant

notamment la mise en place de Diplôme d'Établissement ou inter Établissement. Elle devra préciser les formations mises en place, en les situant relativement au catalogue des offres de formation existantes (en FI comme en FTLV, dans l'établissement comme au niveau national pour la FTLV), les cursus et les possibilités de parcours de formation, les objectifs pédagogiques par spécialité, les modalités d'accès, la durée et le niveau.

Le contenu des formations incluant la répartition du volume horaire en précisant notamment le nombre d'heures de cours, TD TP, les projets ou mises en situation professionnelle, les stages, les conférences ou interventions de professionnels, etc. ainsi que la mise en commun éventuelle de blocs de compétences entre FI et FTLV.

Le jury aura un regard attentif sur l'approche en matière d'innovation pédagogique et des choix envisagés dans sa mise en œuvre, notamment avec la faisabilité d'une utilisation de communs numériques sur des plateformes maîtrisées (cf Action 6).

### o **Action 3 : formation doctorale**

**La proposition** définira ses thématiques de recherche en lien avec sa stratégie et ses capacités d'encadrement, en cohérence avec les priorités de la stratégie cyber, et notamment déclinera les actions envisagées pour :

- Faire évoluer les formations Master « recherche » et formations doctorales en fonction des besoins de la R&D industrielle de la Stratégie Cyber,
- Soutenir l'effort de formation par la recherche en cybersécurité pour préparer des chercheurs en R&D industrielle, des chercheurs académiques et des enseignants chercheurs,
- Proposer des thèses en cofinancement (éventuellement cotutelle internationale dans l'objectif d'attirer des talents, sous réserve du respect de la politique nationale en matière de Cybersécurité), prévoyant un engagement pédagogique (en moyenne 64h/an) du doctorant dans les formations cyber de l'établissement d'accueil et le suivi par le doctorant d'une ou plusieurs formations certifiantes en cybersécurité proposée par le monde industriel de la cybersécurité,

Afin de solliciter des vocations pour de futurs doctorants, il est proposé de mettre en place un forum annuel pour favoriser le lancement de nouvelles bourses CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) et bourses doctorales et le partage de thématiques R&I. Il pourra prévoir l'organisation d'un événement de type hackathon ciblé sur des challenges définis par les industriels. Il impliquera les acteurs industriels et académiques de la cybersécurité. Cette action pourrait être transverse à tous les projets pour structurer l'écosystème de la formation par la recherche cyber.

## **2. Formations et sensibilisation de non spécialistes**

### o **Action 4 : sensibilisation des étudiants de l'enseignement supérieur**

L'enjeu est de sensibiliser et former l'ensemble des étudiants de l'enseignement supérieur aux enjeux de la cybersécurité.

Le projet devra proposer un ensemble de formations adaptés au niveau (de L à D inclus) et au domaine disciplinaire et au niveau de formation des étudiants, de manière à donner à chacun les bases indispensables de la cybersécurité en lien avec la discipline étudiée. Pour les filières dites « informatique », une sensibilisation avancée pourra être proposée, permettant également la mise en place de parcours de formation et de filière d'orientation vers les métiers de la cybersécurité.

La réponse devra préciser les filières concernées dans l'établissement, en indiquant leur diversité et leur représentativité, la volumétrie étudiante concernée, le dispositif mis en place et son appui éventuel sur le dispositif PIX, la progressivité de l'apprentissage proposé au cours de la formation, le rattrapage envisagé pour ceux et celles qui n'ont pas pu profiter de ces enseignements préalablement. Le projet indiquera si à l'issue de la formation, il est proposé une certification (éventuellement accessible en FTLV) ou une attestation de compétences acquises.



Le projet indiquera également les mutualisations envisagées, l'essaimage proposé et le dispositif de pérennisation prévu au-delà de la subvention publique.

Que ce soit en License, Master ou Doctorat, l'importance de l'adaptation de ces parcours en fonction des enjeux professionnels permettra de mieux préparer les nouvelles générations aux objectifs liés à la Cybersécurité.

### **3. Attractivité, Lisibilité, visibilité et adéquation avec les besoins des entreprises et de la re-cherche**

#### **o Action 5 : Adéquation avec les besoins des entreprises et de la recherche et Attractivité**

L'objectif est de répondre aux fortes demandes des entreprises et des enjeux de demain et de modifier l'image de la filière cybersécurité en développant des programmes et des ressources en matière d'attractivité pour les publics allant de l'enseignement secondaire au supérieur.

- Répondre à la forte demande des entreprises  
L'objectif de la mesure est d'aligner les offres de formation avec les besoins des entreprises. L'ANSSI a publié en 2021 une enquête<sup>1</sup> présentant les profils les plus recherchés comme les ingénieurs cybersécurité, les consultants cybersécurité et les architectes cybersécurité ainsi que les profils types des professionnels recrutés, leur formation, expérience, et mode de recrutement. En raison de l'évolution rapide du marché qui entraîne une diversification et une complexification des profils recherchés, le travail de suivi sera réactualisé.
- S'adapter aux enjeux de demain  
Proposer des formations axées sur les nouvelles technologies qui feront évoluer les besoins en ressources humaines des entreprises. A titre d'exemple, l'émergence de la cryptographie post quantique et de la technologie zéro trust requièrent pour les entreprises de recruter des nouveaux profils d'experts mais aussi de management.
- Modifier l'image de la filière  
Il est nécessaire de communiquer sur le grand nombre de carrières possibles. En effet la cybersécurité est trop souvent réduite dans l'esprit des élèves aux postes d'experts ayant suivis un cursus informatique. Pourtant la filière a un grand besoin de recrutement de techniciens, de vendeurs, de consultants, de formateurs
- Partager des ressources favorisant l'attractivité  
Les ressources nationales, voire internationales, déjà existantes peuvent être rassemblées afin de renforcer l'attractivité et les vocations. Dans ce cadre, il peut être envisagé d'élaborer un catalogue de ressources, ou une cartographie présentant les enseignements, les compétences et les connaissances en sécurité numérique, adaptés à chaque âge.  
  
D'autres types de ressources peuvent être associées de manière complémentaire, dont un catalogue « grand public » des métiers de la cybersécurité avec des repères simples pour les jeunes.  
  
Le développement de plateformes d'information et d'orientation permettant de renforcer le lien avec le monde professionnel et ainsi répondre aux besoins industriels est un critère important de sélection au même titre que le caractère innovant des ressources pédagogiques.
- Actions éducatives

---

<sup>1</sup> [https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2021/10/anssi-les\\_profils\\_de\\_la\\_cybersecurite-en-quete\\_2021.pdf](https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2021/10/anssi-les_profils_de_la_cybersecurite-en-quete_2021.pdf)

La valorisation d'actions éducatives déjà existantes et leur extension est déterminante, afin notamment de favoriser les mises en relation écoles-entreprises de cybersécurité pour proposer un panorama de la diversité des métiers. De nouvelles actions éducatives pour attirer des publics « éloignés » ou « ciblés » peuvent être mises en place.

- Communication

La proposition doit permettre d'être en capacité d'investir les médias utilisés par les jeunes publics, dont les réseaux sociaux, afin de diffuser des messages sur les métiers de la cybersécurité et favorisant l'attractivité.

- Renforcer les vocations féminines

Toutes les ressources, actions éducatives et de communication visant à favoriser les vocations féminines dans la cybersécurité seront un élément déterminant.

#### **4. Mutualisation de ressources d'apprentissage**

- o **Action 6 : création et mutualisation de ressources de formation**

La création et la mutualisation de contenus numériques (ressources éducatives/MOOC/SPOC) sont encouragées, de même que la création et la mise en place de ressources d'apprentissage par l'expérience (plateformes intégrant des cas d'usage fournis par des entreprises ou d'autres organismes, mutualisation d'outils, banques de TP, ...).

Le projet précisera notamment la liste des ressources proposées (niveau, contenu, cible...), leur positionnement vis-à-vis de l'existant, leur mode de diffusion et de partage, le processus de mise à jour. Par ailleurs, les porteurs de projets pourront proposer la création de centres de ressources mutualisés ou spécifiques, pour favoriser l'acquisition de compétences pratiques spécialisées et pour impliquer l'ensemble des acteurs en cyber de l'établissement (enseignants, doctorants, étudiants, ingénieurs plateformes, ...) autour de démonstrateurs matériels et logiciels allant jusqu'au TRL 5.

#### **5. Mise en place d'un**

##### **observatoire Action 7 : contribution à l'observatoire**

La numérisation croissante des données personnelles des utilisateurs et le recours de plus en plus systématique aux outils numériques dans notre quotidien, impose l'utilisation massive de matériels dédiés. Dans cette nouvelle configuration, le développement massif des attaques informatiques, toujours plus puissantes, touche aujourd'hui de nombreux secteurs d'activités.

Afin de répondre à cette menace sans cesse croissante et en vue de renforcer la sécurité globale des entreprises françaises, le gouvernement a mené de nombreuses campagnes permettant de relancer les actions cyber et d'investir plus massivement dans la sensibilisation aux règles de bonne conduite en informatique, mais également dans la formation, le recrutement, et le déploiement sur le terrain d'experts en sécurité informatique.

La difficulté majeure de ces nombreuses initiatives est de cibler de manière optimale l'investissement financier et le réel besoin des entités afin de répondre au mieux à la pénurie d'agents compétents en cybersécurité. C'est la raison pour laquelle, en 2020, l'ANSSI a créé un projet d'« Observatoire des métiers de la cybersécurité ».

L'objectif principal de cet observatoire est d'apporter des éléments « factuels » et « objectifs » : études, enquêtes, recensements divers, afin d'améliorer la connaissance de l'environnement « cyber » en matière de formations, de métiers visés mais encore de l'état du marché de l'emploi dans ce domaine et des besoins réels des entreprises privées, des entités publiques, et autres.

Dans un premier temps, un travail avait été initié par l'ANSSI, permettant d'établir une liste des métiers de la SSI, pour lesquels il a été possible de définir avec précision, les missions, les compétences attendues, le niveau de formation requis, etc. a donc constitué un premier document de référence dans le cadre de cet Observatoire.

Dans un deuxième temps l'ANSSI en collaboration avec l'AFPA et la DGEFP a complété cette étude en apportant une synthèse et de nombreux résultats d'enquête sur les thématiques suivantes : profils des personnes travaillant dans le domaine de la cybersécurité (niveau d'étude, modalités de recrutement, entités dans lesquelles elles travaillent, secteurs d'activité, salaires, etc.), mais également l'état du marché de l'emploi en 2019 (offres d'emploi cybersécurité sur le marché du travail, type de postes recherchés, descriptif des offres, etc.).

La saison 2 de l'Observatoire : « Attractivité et représentations des métiers de la cybersécurité » est aujourd'hui publiée. Cette nouvelle étude s'intéresse aux leviers pour attirer au mieux les jeunes et le grand public vers les métiers de la cybersécurité. Afin d'obtenir une vision globale, tous les parcours d'étude ont été ciblés : les étudiants inscrits en filière cybersécurité, mais également ceux qui sont inscrits en filière informatique (non cyber) puis les filières hors informatique regroupées (scientifique, commerce, communication, droit, etc.) et les actifs en formation.

Dans cet appel à projet, les entités souhaitant se positionner sur le volet « observatoire » devront présenter un projet d'étude permettant d'obtenir des éléments quantitatifs ou qualitatifs visant à compléter la connaissance du domaine cyber, en particulier sur les thématiques suivantes :

- Etat des lieux des formations en France en cybersécurité, taux de remplissage de ces formations, niveau des formations existantes, devenir des étudiants en sortie de formations,
- Etat des lieux du marché de l'emploi en cybersécurité, besoins réels des employeurs, types de postes recherchés, pénuries éventuelles sur tel type de poste ou dans telle région française,
- Représentation du domaine de la cybersécurité par le grand public, par les collégiens et lycéens et impact dans leur choix d'orientation,
- Etat des lieux de la reconversion professionnelle dans le domaine de la cybersécurité : âge des personnes souhaitant se reconvertir, raisons de cette reconversion, parcours de formations, etc.

Toutes les études proposées pourront prendre la forme de synthèses, d'enquêtes, de questionnaires, de recensements etc.

Dès lors que les projets seront terminés et les résultats obtenus, l'ANSSI devra relire ces résultats et approuver leur contenu pour évaluer si l'étude en question pourra être « portée » sur le site de l'Agence, dans le volet « Observatoire des métiers de la Cybersécurité ».

A défaut, l'initiative pourra évidemment contribuer à informer les acteurs du domaine sur la problématique de « pénurie » en cybersécurité et aider, par la suite, à orienter les dynamiques de créations de formations, d'emplois et d'orientation des jeunes dans ce domaine.

### III. Fiche Thématique Intelligence artificielle

#### Bilan et perspectives de la stratégie nationale de formation en intelligence artificielle

Alors que la coordination nationale poursuit les objectifs de soutien de la formation à l'intelligence artificielle, notamment via l'investissement dirigé vers les acteurs d'excellence en formation et en recherche (3IA+), le bilan quantitatif et qualitatif des 11 projets financés lors des vagues 1 (spécialisation) et 2 (massification) de l'AMI CMA permet de dégager des priorités sur lesquelles il conviendra de renforcer l'action. Afin de prendre en compte ces priorités, la coordination nationale recommande :

1. d'utiliser le levier de la subvention publique via les AMI 3IA+ et CMA afin d'être davantage prescriptifs dans l'instruction des projets (instruction, sélection) mais également via un dialogue avec les établissements (webinaires), en particulier sur les besoins encore trop peu couverts en matière de formation continue et de création de cursus courts à bac+2 et bac+3, dans l'objectif de combler les besoins des entreprises et de massifier le nombre de formés et d'acculturés à l'IA, avec une vision prospective à horizon 2030 ;
2. de proposer des actions ciblées et d'envergure hors France 2030, notamment s'agissant de campagnes de sensibilisation et de communication sur les métiers du numérique et les parcours de formation y menant, et la mise en place d'un label de référencement des cursus de formation en IA) ;
3. de dégager des pistes de développement mutualisées permettant un impact structurant et démultiplié des actions entreprises par les établissements d'enseignement supérieur.

Appuyée sur les recommandations du rapport Villani, la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle (SNIA) a pour vocation de garantir à la France un rôle de leader international dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), tout en promouvant une IA qui s'intègre au mieux dans notre société et notre économie. La première phase de la SNIA, lancée en 2018, s'est principalement focalisée sur le développement de capacités nationales en matière de recherche tandis que la deuxième phase, lancée en 2021, s'articule autour de trois piliers stratégiques : soutien au développement d'une offre Deep Tech (IA embarquée et de confiance), formation et attraction des talents, rapprochement de l'offre et la demande de solutions d'IA.

Le développement de la formation est essentiel pour répondre aux besoins de l'économie et de la recherche : former des cohortes de jeunes et d'actifs à savoir développer, intégrer ou travailler avec l'IA est, dans ce contexte, un prérequis indispensable au succès de la stratégie d'accélération en IA. Il s'agit d'un socle essentiel pour soutenir l'émergence d'emplois qualifiés sur toutes les strates de qualification : spécialistes, professionnels aux qualifications intermédiaires, actifs acculturés, etc.

La deuxième phase de la SNIA a donc formulé fin 2021 trois constats sur la formation en IA en France :

1. Une offre de formation déséquilibrée avec de nombreux spécialistes de haut niveau formés mais un manque de techniciens de la donnée. Pourtant ces deux niveaux de qualification sont nécessaires et complémentaires dans le développement de l'IA en entreprise. De plus, cette inadaptation entre le niveau de qualification recherché et le niveau de diplôme des formés conduit le plus souvent à une mauvaise utilisation des compétences ;
2. Une offre de formation principalement axée sur le cœur de l'IA avec encore trop peu de formations pluridisciplinaires, soit en double compétence, soit incluant l'IA au service d'une autre discipline ;
3. Une méconnaissance générale de l'IA par la population active, créant des freins à l'usage de l'IA, renforcés par des clichés, nécessitant donc une acculturation à l'IA des étudiants actuels et futurs afin d'accomplir au mieux la transformation par l'IA de l'économie dans tous les secteurs.

La stratégie a proposé quatre mesures d'accélération, avec pour ambition d'accélérer la formation des talents,

de renforcer l'attractivité nationale dans le secteur et de répondre aux diagnostics posés :

1. susciter les vocations et renforcer l'attractivité des filières en IA, notamment auprès des publics féminins ;
2. lancer un programme visant à former massivement à l'IA sous tous ses aspects (diversité de thématiques, de niveaux, double compétence, etc.) ;
3. renforcer la politique d'attractivité des talents internationaux de haut niveau dans le domaine de l'IA, à travers des chaires sur des thématiques liées à la stratégie d'accélération, ces chaires participant à la formation en IA ;
4. promouvoir des formations à l'aide d'outils ouverts et souverains (MOOC, SPOC, plateformes de calcul, plateforme de *data challenges*, etc.)

Le volet formation à l'intelligence artificielle porte une grande ambition avec pour finalité de soutenir la croissance du secteur de l'IA en France grâce à une main d'œuvre experte, acculturée, et nombreuse. Pour parvenir à ces objectifs, il est doté d'un financement **conséquent de 700 M€**, structuré en deux volets :

- **le volet « excellence » doté de 500 M€**, dont l'objectif est de consolider l'ancrage de pôles de formation et de recherche d'excellence en IA, sur le modèle des 3IA, de doubler le nombre d'étudiants actuels et leur conférer une visibilité et une attractivité au niveau national et international de la formation en IA ;
- **le volet « massification » doté de 200 M€** géré dans le cadre de l'AMI CMA, dont l'objectif est de généraliser la formation à l'IA sur l'ensemble du territoire, à tous les niveaux de diplôme, en formation initiale, par alternance et en formation continue, en IA cœur de métier, double compétence ou disciplinaire ;

Ce choix stratégique place la France en première place au niveau international en termes de part des financements publics pour l'IA dédiés à la formation.



**Figure 3: Intensity of national policies on AI education, relative to budget – Source: (OECD.AI, 2022)**

Afin de répondre à la demande de formation sur l'ensemble des besoins des secteurs concernés par le programme d'investissement France 2030, l'État a mis en place un dispositif visant à soutenir les projets des établissements d'enseignement supérieur et autres organismes de formation, sur l'ensemble des stratégies d'accélération du programme, dont l'IA. L'appel à manifestation d'intérêt « Compétences et métiers d'avenir » (AMI CMA)

répond à deux objectifs : **soutenir l'émergence de talents et accélérer l'adaptation des formations aux besoins des compétences des nouvelles filières.**

L'analyse des deux premières vagues de l'AMI CMA permet à la fois de recenser les atouts des projets sélectionnés, d'évaluer l'atteinte des objectifs initiaux tout en mettant en lumière les priorités à mettre en avant lors des prochaines relèves afin de garantir l'objectif de massification de la formation.

## **I. Bilan : analyse des relèves 1 et 2 de l'AMI CMA volet IA**

### **i. Présentation globale des projets**

**La première et la deuxième relèves de l'AMI CMA volet « intelligence artificielle » ont permis de soutenir des diagnostics et des dispositifs de formation innovants.** L'AMI, opéré par l'ANR, permet à des établissements d'enseignement supérieur, des organismes de formation, des écoles privées de proposer un projet d'offre de formation global, porté de manière individuelle ou sous la forme d'un consortium d'acteurs fédérés au niveau local. Ces projets sont par la suite soumis à une phase d'évaluation par un comité d'experts.

La première relève, réservée aux sept établissements dits « d'excellence en IA », a fait l'objet d'une procédure dite « accélérée ». Un comité d'évaluation composé d'enseignants-chercheurs spécialistes d'IA, d'experts en ingénierie de projets de formation, et de représentants des entreprises a été chargé d'analyser les dossiers de candidatures et d'auditionner les candidats. Les auditions ont permis de donner une vision en profondeur des projets, d'affiner certains points, d'évaluer la pertinence des budgets demandés, tout en établissant un dialogue avec les porteurs. Un ensemble de points est abordé afin de garantir la réussite du projet dans sa globalité : modalités pédagogiques, mutualisation des ressources, viabilité et faisabilité du projet, concordance avec les objectifs établis de l'AMI. Cet échange a abouti aux conclusions et recommandations du comité d'experts, incitant lorsqu'il est nécessaire les consortia à approfondir ou modifier leurs projets sur des points critiques. La première relève a ainsi permis de **soutenir des actions opérationnelles dès la rentrée 2022 (impératif de cette première relève) pour l'objectif de « spécialisation »**. Sept projets ont été déposés : AccelAI Learning@Hi!Paris (Institut Polytechnique de Paris/HEC), SaclAI-School (Université de Paris-Saclay), Sorbonne.AI (Sorbonne Université), EFELIA Aniti (3IA Aniti), EFELIA Côte d'Azur (3IA Côte d'Azur), EFELIA MIAI (3IA MIAI), EFELIA Prairie (3IA Prairie). Les sept dossiers ont été retenus, l'État subventionnant à hauteur de 54,5M€ cette première relève.

La deuxième vague a porté sur la **« massification » de l'offre de formation en IA, à tous niveaux de diplômes afin d'accroître et de diversifier des compétences sur un marché du travail en tension, pour tous les établissements hors les établissements bénéficiaires de la première vague.** Neuf projets de dispositifs ont été déposés ainsi que

six initiatives de diagnostics. Sur les neuf projets de dispositifs de formation déposés, quatre ont été sélectionnés : Adopt'IA (porté par l'association de droit privé Aivancity), NORMANTHIA (consortium porté par l'Université Caen Normandie), TIARe (consortium porté par l'Université de Rennes 1), CAP IA (consortium porté par l'Université de Bordeaux). L'aide de subvention s'élève à 13,4 M€ pour les quatre projets.

### **ii. Les projets retenus**

**Lors de la première relève, quatre projets ont été portés par les Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle (3IA), afin d'étendre et de renforcer leur action en matière de formation, dans une dynamique de réseau**

**des quatre 3IA (EFELIA)** sur laquelle les 3IA entendent capitaliser pour renforcer le partage d'expérience et la création mutualisée de contenus de formation.

Ainsi, l'**institut 3IA PRAIRIE** propose une massification de la formation initiale, notamment par le soutien à deux programmes inédits de licence (Double Diplôme IA et Sciences des Organisations Dauphine-PSL et CPES-PSL),

ainsi que des modules de formation numérisés. PRAIRIE propose par ailleurs des actions de sensibilisation au lycée pour susciter des vocations sur des métiers de l'IA. En matière d'offre pluridisciplinaire (IA+X), PRAIRIE propose des modules de science des données appliquées à toutes les disciplines, y compris aux politiques publiques et aux sciences humaines et sociales (bi-compétence). PRAIRIE propose par ailleurs d'ajouter une mineure DATA (certification) en parallèle d'un cursus disciplinaire. PRAIRIE propose en fin un programme ambitieux de formation des formateurs.

**L'institut 3IA Côte d'Azur** propose tout d'abord l'extension et la création de formations initiales à l'IA, notamment par le biais de mineures inter-Ecole Universitaire de Recherche (EUR). L'institut propose la co-créditation de nouveaux modules et programmes IA + X dans plus de 10 EUR et composantes : santé, sport, SVT, sociologie, histoire, arts, droit, management, etc. S'agissant du niveau licence, le 3IA propose d'inclure la formation à l'IA dans les programmes du Bachelors Universitaires de Technologie (BUT) (11 départements, 30h par département). L'institut 3IA porte la création de contenus pédagogiques partagés comme les MOOC et SPOC, ainsi que l'organisation de *summer schools*. S'agissant du partage de données, l'institut propose de permettre la mise en place de challenges sur des jeux de données des partenaires industriels. En matière de formation tout au long de la vie et formation continue, l'institut prévoit de former les personnels universitaires de toutes les disciplines, afin de leur permettre de se saisir des progrès de l'IA pour leur recherche, ainsi que des formations spécifiquement créées pour répondre aux besoins de grands groupes (ST, Amadeus, par exemple), la création d'une *Deep Learning School* et d'un DU IA et santé. Enfin, le 3IA Côte d'Azur propose des actions grand-public pour la promotion de l'IA : a) de la médiation pour favoriser la diversité dans les futures recrues travaillant avec de l'IA ; b) des démonstrateurs des apports pour l'industrie et des apports pour la société, c) la démonstration des limites et enjeux pour une démythification du domaine, d) des actions coordonnées auprès des publics scolaire et corps enseignant du secondaire.

**Le 3IA ANITI** porte un projet qui référence les formations existantes en deux catégories : les cursus pour spécialistes (Informatique, Mathématiques / Statistiques, Automatique / Robotique, *Data Science / Big Data*, Traitement du signal et des images) et les cursus pour les usagers de l'IA (Neurosciences, Sciences du langage, Biologie / Santé, Géoscience, Économie / Économétrie, Droit).

Plusieurs dispositifs de formation sont visés dans le projet :

- au niveau licence, création de modules de cours en IA pour spécialistes et pour usagers, création d'un diplôme d'université et de trois écoles de printemps ;
- au niveau master et ingénieur, ouvertures de nouveaux parcours et modules de cours pour spécialistes et usagers, y compris en interdisciplinaires ;
- pour collégiens et lycéens, création de capsules métiers.

L'attractivité est également un des points clés du projet et ANITI souhaite augmenter le nombre de bourses de master de 10 actuellement à 30 (15 pour en 1ère année et 15 en 2ème année de master).

Sur l'année universitaire 2020-2021, ANITI comptait 3400 étudiants « spécialistes » et « usagers » de l'IA, soit une augmentation de +70% par rapport à 2018-2019.

Les points forts du projet du **3IA MIAI** sont a) le développement de supports pédagogiques transversaux ouverts (Fidle/CNRS – formation à grande échelle à l'IA, MOOC sur l'IA et la frugalité, et le TALN, mallettes pédagogiques à destination des collégiens et des lycéens en partenariat avec le CMQ), et de plateformes à destination des étudiants (*Learning Management System Caseine*, infrastructure de calcul intensif et de données GRICAD développée par l'Université Grenoble-Alpes) ; b) les efforts de formation des enseignants de toute discipline ; c) la création de formation labellisées EFELIA au niveau national (on note par exemple la création d'un cursus « Technicien cadre de l'IA » qui s'adresse à des BTS ingénieurs).

La dynamique de réseau entre les quatre instituts 3IA s'illustre notamment par la mise en commun de contenus pédagogiques de type MOOC, pour lesquels chaque institut 3IA propose de coordonner la création d'un contenu

spécifique :

- le contenu sur l'IA de Confiance est coordonné par ANITI ;
- le contenu sur l'IA appliquée à l'économie, la gestion, et la finance est coordonné par PRAIRIE
- le contenu sur l'IA frugale est coordonné par MIAI ;
- le contenu sur l'IA appliquée à la santé est coordonné par le 3IA Côte-d'Azur ;
- le contenu d'introduction au Deep Learning est coordonné par 3IA Côte-d'Azur ;
- le contenu sur le traitement automatique de la langue est coordonné par MIAI.

**Le projet AccelAILearning@Hi!Paris porté par Polytechnique et HEC** vise principalement à accroître l'effort de formation en IA concentré sur le niveau master et ingénieur. L'une de ses forces est de compter sur des établissements d'excellence, avec un écosystème visible et crédible à l'international en IA, jouissant d'une attractivité, d'une qualité du vivier étudiant et du corps professoral. Le caractère innovant et divers des méthodes et outils pédagogiques utilisés et de l'ingénierie des formations a été noté. Les efforts de développement des compétences et des qualités entrepreneuriales chez les étudiants ont également été soulignés. Les points forts du projet sont les suivants :

- la massification s'effectuera en majorité au niveau Master (avec une attention particulière sur les compétences les plus critiques pour les besoins des entreprises) permettant à une masse critique d'étudiants de poursuivre en thèse ;
- il est proposé de renforcer la formation aux fondements de l'intelligence artificielle pour un ensemble large d'étudiants en formation ingénieur (IPP) et management (HEC) par la création de majeures dédiées à l'intelligence artificielle qui viendront compléter les spécialisations (IA+X) ;
- la certification en IA aux diplômés scientifiques du niveau master et doctorat : il sera mis en place un certificat accessible aux étudiants permettant l'acquisition d'une mineure ou d'une option en IA ;
- l'acculturation à l'IA et l'encouragement à poursuivre des études dans cette discipline : le développement d'un MOOC et d'évènements portés par Hi!Paris (Summer School, Hi!ckhaton, Bootcamp,...) donnera à un large public l'occasion de s'initier aux concepts, méthodes et applications de l'IA et d'en comprendre les enjeux sociétaux et de souveraineté.

**Le projet SaclAI-School porté par Saclay** couvre un champ large de niveaux de diplômes : de la licence au doctorat pour les universités d'une part, des masters pour les grandes écoles associées d'autre part, aussi bien sur la formation initiale que la formation tout au long de la vie. Les formations proposées couvrent aussi bien le cœur de l'IA que l'IA + X. Saclay peut par ailleurs compter sur un vivier conséquent d'étudiants susceptibles d'être attirés en formation initiale du fait de la taille et de la réputation de l'université. De plus, des bourses d'attractivité sont prévues notamment pour favoriser la parité et la mixité sociale. Le consortium exploite les forces et la complémentarité de ses membres pour la mise en place efficace de différents outils (comme les bourses gérées par la FMJH, formation continue par CentraleSupélec Exed, plateformes par CentraleSupélec et ENS, certification et diplomation des nouvelles formations par l'Université Paris-Saclay, etc.), et pour les nouveaux recrutements (professeurs associés et *tenure tracks*).

**Le projet Sorbonne.ai porté par Sorbonne-Université** repose sur quatre actions-clés : a) le développement de nouveaux programmes en licence, b) le passage à l'échelle des programmes de Masters existants, notamment en développant de nouvelles UE dans dix des principaux Masters de l'université (physique, chimie, biologie, sciences de l'environnement, santé publique, sciences humaines et sociales), c) le développement avec OpenClassrooms de modules de formation d'un programme ambitieux de formation modulaire en ligne afin d'initier ou de faire monter en compétence des étudiants non spécialistes, d) la multiplication des actions de formation continue en collaboration avec la société Datacraft.

**La deuxième relève s'est également distinguée par la grande qualité et la pluralité des projets qui répondent pleinement à l'objectif de massification.**

Le projet NORMANTHIIA, porté par l'**Université Caen Normandie**, 5 universités ou écoles d'ingénieur partenaires, Conseil régional de Normandie, Organisation Datalab, Pôle d'excellence TES déploie l'objectif de massification au travers de 10 actions, permettant d'offrir aux étudiants un parcours diversifié et complémentaire pouvant



s'inscrire de la licence jusqu'au doctorat. La création de spécialités notamment avec les formations d'ingénieurs permet de développer la pluridisciplinarité entre plusieurs disciplines techniques (robotique, mécanique, etc.), apportant ainsi un profil complémentaire et compétitif aux étudiants, et offrant des profils en forte demande auprès des entreprises. La massification est bien envisagée avec la formation de nombreux enseignants, répondant ainsi aux besoins importants en formateurs. Le défi de la formation de techniciens est également intégré dans les actions avec la mise en place d'une licence cœur IA, amenant sur le marché du travail des compétences de *data analyst* ou chef de projet IA, en soutien des *data scientists*.

Le projet TIARe est porté par l'**Université de Rennes 1**, Université Rennes 2, INSA Rennes 2, ENSAI, ENS Rennes, Institut Agro Rennes, ATEME, 23 partenaires privés ou territoriaux (Cap Gemini, Rennes Métropole, etc.). La forte collaboration des instituts de recherche, des collectivités territoriales et des entités économiques sur des projets existants en IA, montre le besoin en main d'œuvre spécialisée dans la région. Le projet TIARe compte structurer l'offre de formation en IA autour de cinq actions :

1. Parcours en IA en licence : création de deux parcours avec des modules en IA dans les licences cœur IA et cœur non IA.
2. Master IA : création d'un parcours IA en alternance dans le master en Informatique, restructuration et augmentation des places à vocation de recherche en informatique/mathématiques et des parcours ingénieurs en IA.
3. Master IA+X : modules optionnels dans les masters de différentes spécialités (biologie, économie, environnement, etc.) pour comprendre les méthodes de l'IA et leur cas d'utilisation.
4. Formation continue : micro-certifications pour les entreprises et enseignants
5. Visibilité :
  - Développement d'un portail unifié des formations en IA pour assurer visibilité et attractivité, soulignant les débouchés de chaque branche et l'animation scientifique.
  - Déploiement d'une plateforme de mise à disposition des données et des cas d'usages (Datalab) alimentée principalement par la ville de Rennes.

Le projet CAP IA, porté par l'**Université de Bordeaux**, Bordeaux INP, 8 employeurs (SUEZ Eau France, AIO, etc.), 5 collectivités territoriales et laboratoires (Aerospace Valley, Aquitaine Robotics, etc.) a procédé à une consultation des entreprises de la région, qui ont fait remonter quatre observations : manque de diplômés en formation initiale, en robotique, de doctorants et de formation régulière pour les employés. Le projet s'articule autour de trois axes :

1. Renforcement en IA en master et doctorat: une sensibilisation à l'IA de tous les étudiants en master, création d'un parcours IA pour le master Informatique, création d'une filière en alternance robotique & IA dispensé en anglais pour desservir la demande régionale.
2. Attractivité des formations IA BAC+/-3 :
  - L : Licence cœur IA - création de nouvelles options avec mutualisation des modules, Licence non cœur IA – sensibilisation des étudiants aux enjeux, et formation des enseignants
  - DU robotique : renforcement de l'équipement et extension du DU à tout le campus
  - Communication aux lycéens : mise en place de jeux sérieux, mise en avant des finalités des formations notamment sur les thèmes de robotique et d'environnement
  - Renforcement de l'ouverture à l'international en finançant des chercheurs étrangers
3. Renforcement lien entreprises/formations : développement d'un tiers-lieu numérique regroupant des données sur lesquelles les étudiants cœur IA ou non pourront mettre en avant leurs compétences pluridisciplinaires, création de formations continues.

La méthodologie pédagogique sera diverse avec des activités de mise en situation, de la formation à la recherche, des serious games, etc.

Enfin, l'**association de droit privé Aivancity**, en étroite collaboration avec des représentants des employeurs (NUMEUM, CPME94, MEDEF 93-94, CCI94), des collectivités territoriales (Ville de Cachan, Choose Paris Region, Grand-Orly Seine Bièvre), et des acteurs universitaires (Paris-Est Créteil, L'alliance pour les sciences et la technologie Paris-Cachan) a identifié un manque d'intégration et de sensibilisation de l'IA dans les TPE, PME et ETI non spécialistes. Afin de répondre à ce besoin, son projet Adopt'IA s'articule autour de deux pôles :

1. Former de manière transverse sur les avantages opérationnels de l'IA et sur son intégration dans les différentes fonctions de l'entreprise. Aivancity compte aborder les différents enjeux de l'IA que des cas d'usages pratiques.
2. Créer des compétences techniques en IA sur 4 filières : finance, industrie 4.0, distribution et services aux entreprises

Pour y parvenir, le programme prévoit la réalisation d'une centaine de **capsules vidéo** et la création de **10 MOOC** sur l'intégration de l'IA en entreprise. L'ensemble de ces réalisations seront **mises à disposition gratuitement** pour les anciens élèves sur le long terme sur la plateforme d'Aivancity. Il sera proposé d'obtenir une certification payante. La formation s'adresse principalement aux dirigeants et aux cadres mais également à d'autres entités (lycéens, collectivités, étudiants) au travers de ses partenaires du consortium qui permettront une large diffusion, avec un objectif de 5 millions de vues.

### iii. Synthèse des deux premières vagues

De manière générale, **la plupart des initiatives ont reçu un large appui d'entreprises locales, et ont construit leurs dispositifs autour des bassins industriels régionaux, démontrant la bonne intégration des acteurs économiques dans la construction des cursus.** Ainsi, le projet porté par l'université de Bordeaux s'appuie sur la spécialisation régionale en robotique pour baser son offre sur cette expertise.

Par ailleurs, on note sur 10 des 11 projets (hormis Adopt'IA qui fait le parti pris de se positionner uniquement sur la formation continue) soutenus dans le cadre des levées 1 et 2 la soumission de projets complets, holistiques, répondant par-là directement aux nombreuses attentes du volet formation à l'IA (et spécifiées dans l'Annexe actualisée indexée à l'AMI CMA)<sup>2</sup>.

L'ensemble de ces 10 projets fait en effet état de programmes ambitieux qui contiennent tous :

1. **le doublement de formés au niveau master** voire la création de licences spécifiques, visant par-là un renforcement du nombre de spécialistes « cœur IA » disponibles sur le territoire
2. **la création de majeures en IA dans le cadre d'autres cursus** afin de généraliser une offre de formation en IA sur des doubles cursus (IA+X), à des profils spécialisés sur d'autres disciplines (physique, chimie, biologie, sciences de l'environnement, santé publique, sciences humaines et sociales, archéologie, etc.)
3. **la possibilité pour des étudiants de se certifier à l'IA** par le biais de contenus facultatifs et virtuels (de type MOOC),
4. **des actions de sensibilisation et d'acculturation**, notamment visant les lycéens et collégiens, et notamment visant spécifiquement les jeunes filles par le biais de mentorat ou de bourses
5. **des propositions de contenus pédagogiques ou d'animation innovants** (MOOC, SPOC, écoles d'été, hackatons, bootcamps, etc.)

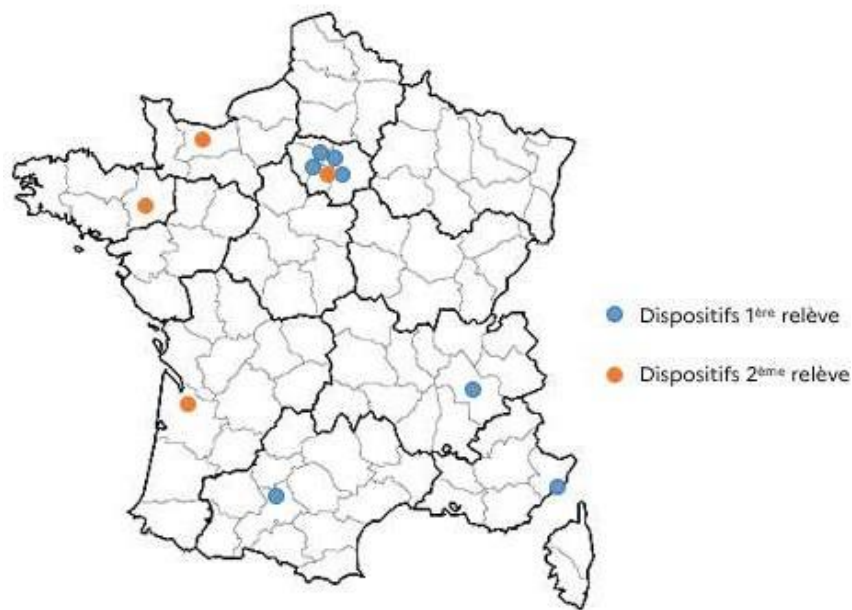
Ainsi au travers de ces deux relèves, certains objectifs de l'AMI CMA volet IA ont été partiellement atteints. **La première relève réservée aux établissements dits d'excellence, se structure autour de nombreuses actions variées et d'envergure, qui a) couvrent plusieurs niveaux de cursus, b) permettent un essaimage des compétences en IA sur d'autres disciplines scientifiques, dans une dynamique pluridisciplinaire, c) proposent une large palette de modalités de formation (sensibilisation, certification, diplôme) capable d'atteindre une masse critique d'étudiants, ce qui participe donc pleinement à l'ambition d'augmenter de manière conséquente le vivier de main**

---

<sup>2</sup> [https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2022/06/cma\\_fiche\\_ia\\_2eme\\_releve\\_2022.pdf](https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2022/06/cma_fiche_ia_2eme_releve_2022.pdf)

d'œuvre experte avec un haut niveau de connaissances théoriques et pratiques. **32 300<sup>3</sup> étudiants seront formés via un diplôme à l'issue de ces sept projets de la levée 1, et 607 000 étudiants seront sensibilisés ou acculturés à l'IA.**

**Répartition géographique des relèves 1 et 2 de l'AMI CMA IA – Une inégalité territoriale**



Parallèlement, **la formation directe de près de 87 000<sup>4</sup> étudiants à l'IA (275 000 sensibilisés) au travers des dispositifs de la deuxième relève assure de répondre aux enjeux de massification.** On note par ailleurs un nombre important de formés en formation continue, avec un objectif de 68 000 personnes accompagnées en re-skilling dans le cadre du projet Adopt'IA. L'augmentation du nombre de formés par le biais de cursus à différents niveaux de diplômes, en science des données mais également en doubles cursus sectorisés est un facteur-clé pour assurer la croissance d'un secteur en constante demande de main d'œuvre. Les projets qui ont été sélectionnés dans le cadre de la deuxième vague ont pour valeur ajoutée de **développer une offre de formation sur une partie du territoire non encore couverte.** Là où la première relève concentrait volontairement son action en Ile de France et sur des pôles déjà constitués comme les 3IA, la deuxième vague permet de diffuser une offre de formation à l'échelle locale, sur des régions n'ayant pas été invitées à concourir dans la vague dite d' « excellence », permettant le développement d'une main d'œuvre sur l'ensemble du territoire, bien que cette action reste encore à développer (6 régions métropolitaines et 5 régions ultramarines n'ont pas encore bénéficié d'un soutien public via l'AMI CMA).

## **II. Priorités stratégiques pour atteindre les objectifs en formation de la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle**

Alors que les deux premières vagues de financement de l'AMI CMA ont permis d'apporter des éléments de réponse à certains objectifs du volet formation de la stratégie nationale, il convient de noter les points d'attention à appréhender plus spécifiquement dans la poursuite des objectifs du volet formation de la stratégie nationale.

La stratégie nationale pour l'IA dispose dans le cadre du dispositif CMA de deux leviers pour orienter de manière stratégique, en adéquation avec les besoins du marché du travail et les exigences d'une recherche d'excellence, l'offre de formation à l'échelle du territoire :

<sup>3</sup> 10 500 pour EFELIA Côte d'Azur, 7 200 pour SaclAI-School, 3 550 pour EFELIA ANITI, 3 460 pour AccelAILearning@Hi!PARIS, 3 200 pour Sorbonne.ai, 2 800 pour EFELIA MIAI, 1 630 pour EFELIA PRAIRIE.

<sup>4</sup> 68 000 pour Adopt'IA, 16 400 pour NORMANTHIA, 2 115 pour TIARe, 430 pour CAP IA.

- le financement des **instituts d'excellence en recherche et formation 3IA+** (prévu pour fin 2023), qui dispose d'un financement de 500 M€
- la poursuite de la **massification de la formation à l'échelle du territoire via le dispositif de l'AMI CMA** qui dispose d'un financement restant d'environ 132 M.

Il conviendra donc :

1. de distinguer les pistes d'action spécifiques à chacun de ces deux dispositifs et les leviers pour prendre en compte au mieux nos priorités stratégiques dans l'instruction des projets (cahier des charges, critères de sélection, brief des experts, pédagogie vis-à-vis des établissements, etc.);
2. de proposer des actions ciblées et d'envergure hors CMA (campagnes de sensibilisation et de communication, mise en place d'un label);
3. de dégager les pistes de développement mutualisées permettant un impact structurant et démultiplié des actions entreprises par les établissements d'enseignement supérieur.

#### a. Faire face à la pénurie des enseignants-chercheurs et des formateurs en

##### IA Par la formation des formateurs

L'augmentation du nombre et de la diversité des formations à l'IA doit logiquement s'accompagner d'un développement du nombre de formateurs en IA. Le soutien budgétaire demandé par les projets des levées 1 et 2 a très majoritairement porté sur une masse salariale pour recruter des enseignants et enseignants-chercheurs ainsi que des personnels pédagogiques, techniques ou administratifs. Le vivier de personnes compétentes pour remplir ces fonctions est néanmoins trop restreint aujourd'hui pour couvrir l'intégralité des besoins en formateurs, avec des conditions peu attractives par rapport au secteur privé.

Plusieurs mesures peuvent venir en soutien à l'accroissement de la capacité à former à l'IA. Une première mesure est de soutenir des **programmes de formation des formateurs**. Ces programmes peuvent porter sur la formation d'enseignants d'autres disciplines qui leur permettrait d'intervenir dans des formations en IA disciplinaire ou IA+X (la motivation étant de pouvoir utiliser en autonomie des outils IA dans leurs recherches). Favoriser **l'intervention dans les formations de spécialistes IA issus du monde professionnel** est une autre mesure permettant d'augmenter le nombre de formateurs tout en intensifiant les liens entre les secteurs académiques et professionnels. Un troisième type de mesure, proposé dans plusieurs projets des deux premières levées de l'AMI CMA, est de développer **l'innovation pédagogique dans la production de ressources numériques** (MOOC, SPOC, classes inversées, etc.) pour former massivement des apprenants. L'emploi de ces ressources est plutôt adapté à des programmes de sensibilisation ou d'acculturation à l'IA (moins à des formations d'excellence qui imposent une dynamique des contenus ou professionnalisantes qui nécessitent des interactions fortes entre apprenants et formateurs) et requiert principalement un soutien en ingénierie pédagogique. Enfin, des programmes de *lecturer* en IA, de chaires ou de doctorats avec mission d'enseignement sont des solutions permettant de répondre aux besoins en enseignants.

Plus généralement, l'objectif de sensibiliser et acculturer les enseignants à l'IA doit se décliner dans l'ensemble des établissements du supérieur, incluant notamment les classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) mais également les établissements d'enseignement technique et professionnel.

##### Par le recrutement

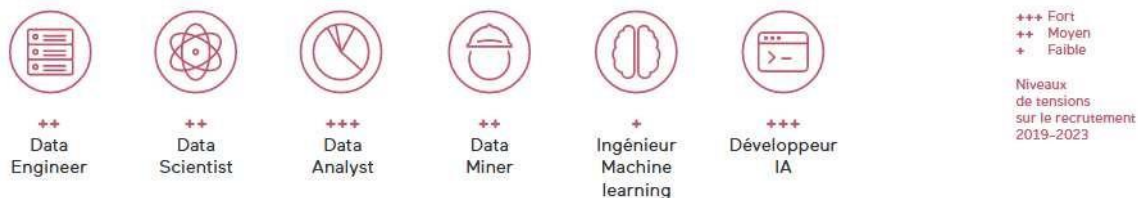
Les nouveaux diplômés en IA aux niveaux master et doctorat grâce aux précédents programmes de soutien (3IA, chaires d'excellences, thèses, premières levées de l'AMI CMA) sont de potentiels futurs formateurs si les établissements académiques sont en mesure de leur proposer des postes attractifs des actions de redéploiement peuvent être envisagés, mais cela ne parviendra à répondre aux besoins de formateurs en IA qu'à la marge et sur le long terme. Certains établissements proposent des CDI enseignants-chercheurs, qui peuvent être un moyen de fidéliser des post-doctorants, en attendant des postes pérennes.

## b. Développer des métiers de soutien de l'IA, indispensables à la science des données

### Le *data scientist* n'est que l'un des métiers participant au cycle de développement d'un système d'IA

L'utilisation d'un système d'IA ne nécessite pas uniquement le recours à des spécialistes de la science des données. En amont de l'élaboration d'un système d'IA, le travail du *data engineer* sur le formatage de la donnée ainsi que le travail du *data analyst* sur les premières évaluations issues des données sont clés, notamment de par l'expertise sur les données « métiers » qu'ils détiennent, en complémentarité des *data scientists* qui en majorité sont formés à l'entraînement et au déploiement du modèle sur des cas multiples et transverses. En aval, le travail du développeur IA est fondamental pour assurer une exécution optimale du système dans un environnement de fonctionnement réel, d'encadrer son utilisation au regard des demandes de l'utilisateur ou des spécificités du marché ciblé, et de saisir les enjeux réglementaires et éthiques du secteur d'utilisation.

#### MÉTIERS SPÉCIALISÉS IA & DATA SCIENCE



Nomenclature des métiers de l'IA et de la science des données selon l'étude *Formations et compétences sur l'intelligence artificielle en France* réalisée par l'OPIIEC en 2019

L'étude de l'OPIIEC en 2019 classe ces métiers et formule des recommandations pour chacun d'entre eux. Toutefois, cette nomenclature devrait être révisée au regard des avancées récentes de l'IA, en particulier pour prendre en compte les évolutions suivantes : (a) l'évolution croissante de l'intégration de systèmes d'IA sur des composants matériels, avec notamment l'adaptation nécessaire du métier de développeur aux compétences d'ingénierie requises en matière de réduction et quantification des algorithmes et de déploiement sur cibles matérielles ; (b) l'émergence récente et exponentielle des besoins en métiers spécialisés sur un secteur particulier ou sur une branche de l'IA (IA générative par exemple) ; (c) l'évolution des métiers en aval du développement du système, en particulier dans la mise en conformité avec les exigences qui découleront de la mise en application d'un ensemble de réglementations transverses (AI Act) ou sectorielles (loi bioéthique en santé par exemple) : supervision humaine, documentation technique, analyse continue du risque, conservation des bases de données utilisées pour l'entraînement, etc.

Le diagnostic REFCO dont le chef de file est le Hub France IA retenu dans la levée 2 de l'AMI CMA devrait apporter des éléments tangibles sur ces nouveaux métiers, chiffrer le besoin à l'échelle nationale pour des spécialistes de chacun de ces métiers, et formuler des recommandations propres à chacun d'entre eux.

### Il est crucial de développer des cursus courts et techniques sur certains de ces métiers

La très grande majorité des cursus de formation à l'IA est de même typologie : il s'agit souvent de cursus bac+5, formation école d'ingénieur, spécifiquement orientés vers le métier de *data scientist*.

Afin de pallier au manque de disponibilité des métiers cités ci-dessus sur le marché du travail, il convient de manière stratégique d'inciter les établissements d'enseignement supérieur à favoriser la création de cursus professionnalisants de niveau bac +2 (DUT) ou bac +3 (BUT, Licence) afin de démultiplier le nombre de profils spécialistes de l'IA au niveau national sur l'ensemble du territoire. Ainsi, la création de cursus courts peut permettre de capter une partie du vivier des étudiants, par exemple issus de baccalauréats technologiques.

Adopter un plan offensif de création de cursus courts de deux ou trois ans peut permettre à la France de renforcer significativement son effort sur le développement de la main d'œuvre nécessaire pour la massification des compétences en IA à l'échelle du territoire. Cette direction stratégique semble déjà avoir été prise l'Allemagne,

la Pologne et la Roumanie dans une moindre mesure (voir graphique ci-après sur l'offre de formation dans les pays de l'UE).

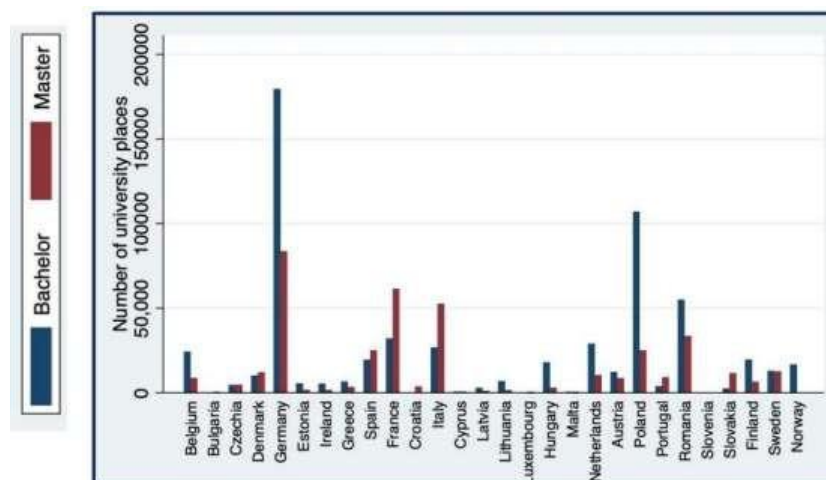


Figure 4: University places with AI content by level of studies, EU Member States, 2020–21 academic year – Source: (OECD.AI, 2022)

Ces cursus courts pourraient être spécialisés sur des compétences spécifiques à la donnée, y compris sur certains domaines sectoriels (industrie 4.0, santé, etc.). Cet ancrage d'un socle de formation spécifique à la gestion, à l'analyse et au formatage de la donnée peut permettre de mettre sur le marché du travail des compétences aujourd'hui très demandées, et de former les étudiants à la prise en compte d'enjeux techniques (format, qualification), règlementaires (réglementations sectorielles, RGPD), voire éthiques à la manipulation de données spécifiques.

Au-delà de l'aspect stratégique du ciblage d'un vivier d'étudiants aujourd'hui éloigné de la formation aux compétences en IA sur des métiers en tension, cette action peut également permettre de diversifier le profil sociologique des étudiants ayant accès à ces métiers.

**Il conviendra donc de sensibiliser plus spécifiquement les établissements d'enseignement supérieur sur la nécessité de créer des cursus ou de réorienter des formations existantes spécifiquement sur ces métiers « complémentaires » à la science des données, y compris par le biais de cursus courts et techniques. De même, il conviendrait d'intituler ces cursus en conséquence pour assurer une lisibilité entre le cursus et le métier développé (éviter « IA et Machine Learning », à titre d'exemple).**

- c. Proposer un catalogue d'offres répondant directement aux besoins des entreprises, en formation initiale et en formation tout au long de la vie**

La transformation numérique nécessite de diffuser les compétences en IA au cœur des entreprises. Le personnel déjà employé représente un vivier important de compétences potentielles non utilisées car trop peu ont accès à une mise à jour de leurs connaissances sur l'IA ou bien trop peu sont initialement formés à ce domaine. De plus, les personnes sur le marché du travail dans les trente prochaines années, sont majoritairement des personnes ayant d'ores et déjà finalisé leur formation initiale, **ainsi pour diffuser les compétences rapidement dans l'économie, il semble évident de s'adresser non pas uniquement aux futurs étudiants, mais également aux personnes actives.** La formation continue comprend des aspects spécifiques, qui requièrent de créer des structures sur mesure et adaptées. Les sept projets de la première vague (« excellence ») comportaient des objectifs de doublement de formés de leur formations continues existantes, sans toutefois créer de nouveaux dispositifs spécifiquement construits pour répondre aux attentes des entreprises. Sur l'ensemble des projets, tous proposent des modules ou des MOOC accessibles en formation continue. Le projet Adopt'IA, porté par Aivancity lors de la vague

2, propose une offre de formation à destination des entreprises exclusivement. Au travers d'un ensemble de MOOC et capsules vidéo à destination de professionnels de tous secteurs, le projet prévoit de cibler spécifiquement les entreprises de petite et moyenne taille ainsi que leurs dirigeants.

Plusieurs dispositifs ont été soutenus en matière de formation tout au long de la vie, cependant ils ne sont pas comparativement suffisants en quantité face à l'ensemble des besoins sur le marché pour des compétences en IA. Il faut donc inciter au développement de ces formations lors des prochaines relèves, pour répondre à cette forte demande, en particulier en incitant à la création de Diplômes d'Université ou de Diplômes d'Etablissement. Parallèlement, un des obstacles principaux réside dans le manque de connaissance de ces offres par les entités concernées.

**Il convient d'encourager une offre de formation élaborée spécifiquement pour répondre aux besoins des entreprises. A cet égard, le projet de diagnostic porté par le Hub France IA et sélectionné dans le cadre de l'AMI CMA permettra de fournir un état des lieux des besoins en compétences sur plusieurs secteurs économiques, et de faire part de recommandations aux établissements d'enseignement supérieur afin qu'ils puissent adapter des cursus au marché de l'emploi.**

**Action : il convient de renforcer l'attention portée à la formation continue, notamment par le biais des actions suivantes :**

- **Organiser par le biais de la coordination nationale un dialogue associant entreprises et établissements d'enseignement supérieur, afin de mettre en place des parcours courts ou longs directement orientés vers les besoins immédiats du secteur privé.**
- **Soutenir la création de formations *ad hoc* directement axées sur les besoins directs d'une ou plusieurs entreprises, avec une attention particulière sur l'ingénierie de parcours de formation répondant aux besoins à l'échelle d'une filière industrielle ou d'un secteur professionnel donné.**
- **Développer des formations pour les demandeurs d'emploi en partenariat avec les régions et Pôle emploi de manière à favoriser la réorientation des personnes éloignées du marché de l'emploi.**

**d. Former les décideurs et encadrants aux enjeux de l'IA, aux impacts économiques, environnementaux et éthiques de son utilisation**

Au-delà de la formation initiale et continue de publics ayant vocation à déployer des modèles d'IA, à participer au processus de formatage et de nettoyage des données métiers, ou à appréhender dans une utilisation spécifique un système d'IA avec un socle minimal de connaissances techniques, il est fondamental que les décideurs (à la fois postes de direction, DRH, mais aussi postes d'encadrement des équipes techniques (chef de projet, responsable business development, etc.) soient sensibilisés aux enjeux d'intégration de l'IA dans leurs processus internes, leurs processus de production et dans les produits et services développés par l'entreprise. Pour ce faire, un niveau minimal de compréhension du fonctionnement d'un système d'IA, des exigences réglementaires (RIA) et considérations éthiques liés à son utilisation, des potentiels impacts du système sur les compétences du salarié et sur l'interaction humain-machine, est requis.

**e. Proposer des modules de sensibilisation des spécialistes de l'IA sur les enjeux réglementaires, éthiques et environnementaux**

De même, il est important que les établissements d'enseignement supérieur soient en capacité de proposer aux spécialistes « cœur IA » (en particulier les *data scientists*) des modules de sensibilisation sur a) les enjeux éthiques de développement de l'IA (débiaisage, représentativité des données, non-discrimination, représentation de la diversité, etc.) ; b) les enjeux de développement d'une IA frugale en données (rationalisation des infrastructures, des modèles), c) de manière beaucoup plus pragmatique, sur les obligations réglementaires qui découleront de

du règlement sur l'IA (RIA), afin de former les cohortes de nouveaux entrants sur le marché du travail aux règles qui s'appliqueront sur la mise en service ou sur le marché de systèmes d'IA considérés comme étant à haut risque.

#### f. Orienter la formation des talents sur des segments technologiques de l'IA en fort développement

##### Le traitement automatique du langage naturel (TALN) et l'IA générative<sup>5</sup>

Au-delà de l'impact médiatique, l'essor du traitement automatique du langage couplé à de l'IA générative apparaît comme étant un *game changer* pour un certain nombre d'applications concrètes (navigateurs internet, génération de code, etc.). La France dispose de talents reconnus et à l'avant-garde des développements les plus récents en matière de modèles linguistiques<sup>6</sup>. Ainsi, la France doit capitaliser sur son école ancienne en matière de traitement automatique du langage naturel, afin de former des cohortes de spécialistes capables de combler le besoin en compétences pour le développement de ces technologies en France.

Un recensement des masters en TAL (recherche du mot-clé "traitement automatique des langues" sur les mentions de master et les intitulés de parcours de master dans le corpus TMM – Trouver Mon Master) pour l'année universitaire 2020-2021 (année de référence de l'enquête 2023 de l'AMI CMA) a permis de recenser les cursus suivants :

Etablissement	Url	Mention	Coac	Mention Coac Etab	Parcours Intitule
Université de Nantes	<a href="https://www.univ-nantes.fr/">https://www.univ-nantes.fr/</a>	Informatique	Oui	Institut Mines-Télé-com (IMT)	Apprentissage et traitement automatique de la langue
Le Mans Université	<a href="http://www.univ-lemans.fr">http://www.univ-lemans.fr</a>	Informatique	Non		Apprentissage et traitement automatique des langues
Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3	<a href="http://www.univ-paris3.fr/">http://www.univ-paris3.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Oui	Institut national des langues et civilisations orientales Université Paris-X	Recherche et développement
Paris Nanterre	<a href="http://www.parisnanterre.fr/">http://www.parisnanterre.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Non		sans
Université Sorbonne Paris Nord	<a href="https://www.univ-paris13.fr/presentation/">https://www.univ-paris13.fr/presentation/</a>	Traitement automatique des langues	Non		Traitement informatique et linguistique des documents écrits
Inalco	<a href="http://www.inalco.fr/">http://www.inalco.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Oui	Université Paris-III Université Paris-X	Ingénierie multilingue



<sup>5</sup> Dans le contexte d'accélération du développement et de l'accessibilité grand public des des LLM (*large language models*), il paraît important de proposer une vision stratégique visant à renforcer l'offre de cursus à l'échelle du territoire en TAL. Il va sans dire que cette liste de domaines prioritaires pourrait être étendue à de nombreux domaines d'application de l'IA : IA embarquée, IA en santé, cybersécurité et IA, IA et développement durable, formation à l'open source, etc.

<sup>6</sup> A titre d'exemple, 11 des 14 chercheurs de Meta ayant publié l'ensemble de modèles LLaMA <https://arxiv.org/abs/2302.13971> sont français, principalement issus de Polytechnique, et l'ENS (dont MVA)

Inalco	<a href="http://www.inalco.fr/">http://www.inalco.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Oui	Université Paris-III Université Paris-X	Recherche et développement
Inalco	<a href="http://www.inalco.fr/">http://www.inalco.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Oui	Université Paris-III Université Paris-X	Technologies de la traduction et traitement des données multilingues
Université de Lorraine	<a href="https://www.univ-lorraine.fr/">https://www.univ-lorraine.fr/</a>	Traitement automatique des langues	Non	Erasmus mundus	Informatique, langue, parole et connaissances

soit 2 mentions de master (Informatique, traitement automatique des langues), pour 6 formations (2 Masters informatique avec 1 parcours "Traitement informatique et linguistique des documents écrits" pour 3 établissements dont 1 école d'ingénieurs, 4 Masters TAL pour 6 établissements et 1 erasmus mundus).

Plusieurs pistes pourraient être envisagées pour renforcer l'offre de formation à l'échelle nationale :

- Bien que la création et le renforcement de cursus en TAL doive se faire à l'échelle de l'ensemble des instituts d'excellence, il pourrait être proposé de **confier à l'un des 3 IA+ dans le cadre de l'appel à projets à venir un projet majeur en matière de TAL, qui soit reconnu comme tel au niveau national**. La spécialisation en TAL de l'institut pourrait permettre la création de plusieurs cursus permettant d'apprécier l'utilisation du TAL sur plusieurs verticales (santé, éducation, environnement, etc.)
- **Structurer à l'échelle nationale une offre de cursus TAL+X** pourrait permettre la mise sur le marché de compétences spécialisées sur le traitement automatique du langage sur certaines verticales spécifiques. A titre d'exemple, un cursus TAL + santé permettrait :
  - o la constitution d'un socle de compétences techniques sur l'entraînement et l'inférence de modèles linguistiques,
  - o l'application de ces méthodologies sur des cas d'usage en santé,
  - o la sensibilisation des étudiants aux enjeux réglementaires et éthiques propres au secteur (RGPD, réglementations sectorielles santé, loi bioéthique, RIA s'agissant des dispositifs médicaux, etc.)
- Enfin, de même que certains masters disposent d'une reconnaissance, d'une renommée et d'une image d'excellence au niveau national (tel que le master MVA (Mathématiques, Vision, Apprentissage) de l'ENS Paris-Saclay, **il pourrait être proposé la création d'un master de référence sur le TAL et l'IA générative**, capable de concentrer les meilleures expertises de ces méthodologies dans le vivier des enseignants, et de former les meilleurs talents au niveau national (voire européen).

### III. Recommandations générales

#### ii. Diversité des publics cibles

Tout en soulignant la dynamique de massification actuellement en cours, il convient toutefois de rappeler l'importance de focaliser l'action publique de soutien sur certains publics encore insuffisamment pris en compte dans les formations IA.

Ainsi, il convient de noter que les actions menées lors des vagues successives sont encore assez fortement centrées en Ile de France. Ainsi, **34% de la population française n'est pas touché par les financements du volet formation (spécialisation et massification) de la stratégie d'accélération en l'état**<sup>7</sup>. Certains pôles universitaires

---

<sup>7</sup> Pas de projets soutenus en Hauts-de-France, Grand-Est, Bourgogne-Franche-Comté, Pays de la Loire, Centre-Val-de Loire,

et zones d'emploi, tels que la métropole européenne de Lille, n'ont pas encore déposé de projet. Il est pourtant primordial pour répondre aux objectifs de massification et de diffusion des compétences **d'intégrer l'ensemble des territoires, afin d'éviter une disponibilité de main d'œuvre inégale à l'échelle du territoire sur le moyen et long terme.** Il conviendra donc dans les prochaines relèves de sensibiliser les pôles universitaires et écoles des territoires non couverts à proposer des projets.

**Action : il est proposé de communiquer plus largement par le biais de webinaires à destination des établissements d'enseignement supérieur afin de les sensibiliser sur les besoins identifiés par la stratégie nationale, et de présenter l'AMI notamment auprès d'établissements situés dans des régions pas encore couvertes.**

Les femmes sont rares dans le secteur du numérique : **en 2019, seulement un tiers des emplois du secteur sont occupés par des femmes.** La diminution de 7% de diplômées des domaines de la Tech entre 2013 et 2017 souligne l'importance d'agir à chaque niveau pour promouvoir une représentativité égale. Il convient donc d'utiliser l'AMI CMA IA comme un outil au service de l'équité. Pour ce faire, **il serait pertinent lors des prochaines relèves de mettre en avant les formations intégrant des éléments de parité dans leurs projets.** Cependant, une grande partie du problème est relié à l'attraction et à l'image du public féminin dans le secteur. Comme le souligne le phéno-mène du « tuyau percé », la proportion des bachelières est largement supérieure à celle des bacheliers, 87% contre 77%, tandis que la proportion des femmes inscrites à l'université en formation scientifiques et ingénieures est de 39,8%. **Il est dès lors essentiel d'adopter une communication forte pour attirer le public féminin dans les formations en IA, qui peut être plus largement étendue à l'ensemble des filières scientifiques.** Il conviendra aussi de mettre en place des actions permettant de toucher les jeunes dès le scolaire, pour donner une image positive et attractive des carrières en informatique d'une manière générale, et en IA en particulier.

**Action : il est proposé de lancer une campagne d'actions de niveau national afin de sensibiliser les publics féminins aux métiers du numérique (cybersécurité, IA, cloud, 5G, etc.) et aux parcours d'enseignement supérieur permettant d'y accéder.** Cette action de communication pourrait notamment mettre en avant les parcours de formation et carrières professionnelles d'experts et en particulier d'expertes en numérique.

Cette action qui est transversale aux enjeux de formation aux technologies numériques doit être menée en étroite collaboration avec le Ministère du Travail, du Plein emploi et de l'Insertion, le ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse ainsi qu'avec le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, tous trois concernés par la problématique.

Par ailleurs, afin de maximiser le vivier des étudiants accédant aux formations à l'IA, il conviendra :

- de renforcer les capacités d'accueil en Licence menant à des Masters en IA, en particulier Mathématiques et Informatique ;
- de renforcer les actions de sensibilisation à l'IA pour les collégiens et les lycéens ;
- de renforcer l'offre de stage ou d'alternance sur l'IA en entreprise, à tous les niveaux de la formation, pour faire découvrir les métiers de l'IA tout en rémunérant les apprenants

### **iii. Développer davantage les formations en apprentissage**

L'inclusion de tous doit se concrétiser également par la mise en place de formations qui s'adressent à tout type d'étudiants. **Afin d'accélérer la diffusion des talents et s'adapter aux évolutions des demandes actuelles de cursus, l'AMI CMA IA doit renforcer le pluralisme des formations.**

---

Corse, DROM-COM.

Dossiers soumis sur l'AMI CMA non sélectionnés : Université Savoie Mont-Blanc (projet de BUT avec Anglet, Niort, Lens et Dijon), Université Bourgogne-Franche-Comté, Université de Lorraine, Université Claude Bernard Lyon 1.

Dans un système économique en forte demande de personnes avec des compétences en IA, **l'alternance est un moyen efficace de rapidement diffuser ces connaissances tout en poursuivant l'apprentissage des étudiants.** Par ailleurs, l'alternance est un moyen pour faciliter l'accès à l'enseignement supérieur, notamment pour les personnes issues des classes sociales moins favorisées. Selon France Universités, **30% des alternants n'auraient pas poursuivi leurs études supérieures sans cette possibilité.** L'alternance est donc à la fois un vecteur de diffusion rapide de l'IA au sein de l'économie et une solution aux inégalités d'accès aux formations. Bien que cette approche ait été mise en avant lors de la deuxième vague, les efforts en ce sens doivent être renforcés, il faudra donc apporter une attention particulière et continuer de soutenir les dispositifs proposant des places en alternances lors des prochaines relèves.

**Il est proposé d'encourager et mettre en avant lors des futures vagues de l'AMI le soutien à des projets de formation en apprentissage**

#### **IV. Démultiplier l'impact des actions entreprises par une dissémination de l'excellence et une mutualisation entre établissements**

##### **iv. Optimiser les ressources mises à disposition par les établissements d'enseignement, notamment afin de rationaliser la consommation énergétique de leurs équipements**

Dans le cadre des financements octroyés dans le cadre de France 2030, il est demandé que tous les projets intègrent nécessairement les **enjeux du développement durable et de la transition numérique. La formation à l'IA nécessite l'accès pour les étudiants et les enseignants-chercheurs à certaines infrastructures numériques.** Ainsi, il est crucial que les établissements fournissent dans le cadre de cursus spécialisés en IA des plateformes d'interface de bibliothèques logicielles, des plateformes de *data challenge*, des infrastructures de stockage de données, des ressources de calcul. Par ailleurs, les établissements créent un certain nombre de contenus numériques pour formation à distance (MOOC).

S'agissant des infrastructures numériques, les organismes de formation sont parfois amenés à développer leurs propres plateformes ou infrastructures, ou à utiliser ceux développés par des entités privées, parfois extra-européennes.

#### **Rationaliser la création et l'utilisation de nouveaux outils et plateformes**

S'il est compréhensible que de nouvelles infrastructures et plateformes à l'échelle locale soient plus simples à créer dans un premier temps, ces infrastructures et outils sont pour autant facilement mutualisables et ont vocation à être mis en partage, compte tenu des coûts de développement. Notamment dans l'objectif d'efficacité énergétique et l'empreinte écologique des projets de formation des établissements, **il conviendra de faciliter les retours d'expérience et partages de bonnes pratiques entre les projets soutenus afin d'assurer une optimisation**

**des outils créés, la mutualisation des outils déjà existants, une meilleure gestion des coûts, le développement de pratiques souveraines et l'utilisation d'outils et plateformes développées par la recherche lorsque cela est possible** (scikit-learn, DeepGreen, Confiance.ai, CLUSSTER). Ainsi, tout en soutenant les projets pilotes déjà soumis, il est nécessaire d'encourager une réflexion commune des différents établissements afin de permettre un véritable effet transformant, à l'échelle nationale, de ces outils et plateformes. Notamment, l'ergonomie et les fonctionnalités des outils open-source de référence pourraient être améliorées, le cas échéant en interaction avec les offres du marché. En cela cet axe d'amélioration rejoint la recommandation de création d'une communauté des entités bénéficiaires de l'AMI CMA. Cette communauté serait un lieu propice pour créer des initiatives à plus

grande échelle, échanger et partager, l'ensemble des éléments nécessaires à la création de communs.

## Optimiser les ressources de calcul

Il sera demandé dans le cadre du futur appel pour les pôles d'excellence en recherche et en formation (3IA+) que les pôles d'enseignement supérieur développent des actions mutualisées à l'échelle du réseau des établissements d'excellence, notamment pour la fourniture de ressources d'environnements de calcul (serveurs et infrastructures), d'outils mutualisés de formation ou encore pour la consolidation du réseau d'ingénieurs de développement logiciel et de supercalcul. Cette mutualisation des ressources en calcul sera par ailleurs fortement encouragée dans le cadre du volet « massification » traité via l'AMI CMA.

## Mutualiser la création des contenus

On note parmi les projets lauréats une création prolifique de contenus de formation sous forme numérisée de type MOOC ou SPOC. A l'image de la mutualisation de la création de ces contenus par le groupement des 3IA EFELIA, une réflexion pourrait être menée au niveau de l'ensemble des projets soutenus dans le cadre de l'AMI CMA (volet « spécialisation » et volet « massification ») afin de proposer des contenus non déjà couverts par d'autres projets. Un recensement de l'ensemble des contenus créés par les projets lauréats de l'AMI CMA et des 3IA+ contribuerait à avoir une vision d'ensemble sur les contenus largement couverts et ceux peu ou pas couverts à ce stade<sup>8</sup>.

## Faire adopter aux étudiants et aux enseignants-chercheurs des réflexes d'utilisation d'outils souverains et open-source

Lors de leur parcours d'apprentissage, les étudiants développent des connaissances pour l'utilisation de certains outils qui auront un impact déterminant dans leur vie professionnelle. **Ainsi, nombre d'entre eux sont habitués dès le commencement de leur formation à utiliser des produits provenant d'entreprises non souveraines, généralement américaines, déployant des compétences qui les amèneront à utiliser ces mêmes produits tout au long de leur parcours professionnel, et ce par mimétisme ou par confort. Il est donc essentiel d'introduire des outils souverains dans les parcours de formation, non seulement pour en développer le nombre d'experts, mais également pour démocratiser ces outils afin de s'assurer de leur diffusion dans les entreprises.** Il existe aujourd'hui de nombreux produits développés à l'échelle nationale, qui apportent les mêmes services que les offres les plus connues étrangères. HFactory offre un environnement pour l'apprentissage de la science des données, ses fonctionnalités permettant d'organiser des projets classiques des formations en IA, notamment mis en avant dans les projets soutenus dans le cadre de l'AMI CMA : hackathons, bootcamps et travaux de groupes. Codalab propose une alternative à Kaggle pour l'organisation de data challenges. Au regard de ces exemples, **il est nécessaire d'utiliser la force du réseau des bénéficiaires de l'AMI, en s'appuyant sur la création et l'animation d'une communauté, pour diffuser des outils souverains tels que ceux-ci.**

### v. Accroître la visibilité des offres par le biais d'un label

La dynamique de massification met en lumière le nécessaire besoin de labellisation des formations en IA. Cette labellisation des formations présente deux avantages :

- elle participe à la visibilité des formations en IA, clairement identifiées et promues dans un catalogue unique ;
- elle permet de garantir la réalité de l'IA dans la formation, et d'éviter les effets « marketing » ;
- elle permet une communication à fort impact autour de ces formations, dans le but de constituer une « Ecole française de l'IA » dynamique, visible, capable d'attirer des étudiants nationaux et internationaux ;
- elle offre la possibilité d'avoir un recensement exhaustif de l'offre de formations en ia française.

---

<sup>8</sup> Des contenus pourraient être proposés sur des thématiques non couvertes aujourd'hui par des acteurs nationaux, par exemple sur la prise en compte des impacts environnementaux de l'IA, sur le TALN et l'IA générative, ainsi que sur les enjeux réglementaires (anticipation du règlement sur l'intelligence artificielle (RIA), éthiques et environnementaux de l'utilisation de l'IA.

Trois types de label sont envisagés :

- Label « Professionnel de l'IA » pour des formations centrées sur l'IA.
- Label « Spécialiste en IA » pour des formations de haut niveau en IA.
- Label « IA + X » pour des formations pluridisciplinaires situant l'IA dans une autre discipline.

avec quatre niveaux de certification (Sensibilisation, Application, Maîtrise, Excellence) qui expriment le niveau acquis en IA, par une personne ayant validé la formation ou parcours de formation labellisée.

Le processus de certification proposé est celui d'un dossier de description du programme de formation étayée par des preuves de la présence de l'IA dans la formation (programme de la formation, description des enseignements, ...). Deux experts du réseau Label IA évalueront le dossier et valideront un label qui sera attribué pour une durée de 5 ans. Toutefois, dans un domaine aussi dynamique que l'IA, il est évident que les formations labellisées seront amenées à évoluer rapidement, c'est pourquoi si certains critères dits « majeurs » dans ce dossier sont modifiés, il sera de la responsabilité du responsable de la formation de le signaler au réseau Label IA afin de procéder à une mise à jour du label.

## IV. Fiche Thématique Cloud

### I. Présentation de la stratégie

**Le cloud représente trois enjeux majeurs pour la France : la transformation de nos entreprises et de nos administrations, la souveraineté numérique et la compétitivité économique.**

Au fur et à mesure de la numérisation de nos sociétés, le cloud a investi tous les pans de notre économie. Hier, seuls les géants du numérique y avaient recours ; demain dans tous les domaines de l'industrie et dans le secteur public, nous aurons recours au Cloud pour héberger et traiter toujours plus de données. Sans *cloud*, pas de voiture autonome, pas d'éducation à distance, pas de chaîne de production automatisées, pas de robots dans les blocs opératoires, pas de réseau électrique adapté aux énergies renouvelables, etc.

Dans les années à venir, le *cloud* sera donc l'une des briques essentielles des innovations dans de nombreux secteurs. Or, ce marché du *cloud* est dominé par des acteurs internationaux dont certains sont soumis à des lois à portée extraterritoriale qui pourraient exposer les données des citoyens, des administrations et des entreprises françaises à un risque de transport et d'accès illégal hors de l'Union européenne.

Compte tenu de ce triple enjeu, transformation, compétitivité et souveraineté, **le Gouvernement a décidé la mise en œuvre d'une stratégie nationale portant sur les technologies cloud, en cohérence avec les initiatives européennes en la matière.** Cette stratégie s'articule autour de 3 piliers que sont le *Cloud de confiance*, la politique « *Cloud au centre* » des administrations et enfin le pilier industriel incarné par la **stratégie d'accélération cloud de France 2030.**

**Ce plan industriel ambitieux a été mis en place pour faire émerger une alternative technologique française européenne, qui fasse de la France une puissance économique souveraine du cloud.**

La **stratégie d'accélération cloud** repose sur le soutien à des projets à forte valeur ajoutée dans le cadre de France 2030. Construit avec la filière, le plan économique représente un investissement de 1,8 Md€, dont 667 M€ de financement public, 680 M€ de cofinancements privés et 444 M€ de financements européens.

Cette action permettra ainsi d'identifier et de soutenir des projets industriels de développement de technologies critiques comme l'edge computing pour l'industrie du futur, la création d'espaces de données sectoriels, le développement de jumeaux numériques ou l'intelligence artificielle, mais aussi d'accélérer le développement de l'industrie cloud française, notamment l'écosystème des suites logicielles de travail collaboratif.

### II. Bilan de la saison 1

Un seul projet, « La Tête Dans Le Nuage », porté par l'Université Grenoble-Alpes en chef de file, a été lauréat pour la stratégie cloud lors de la saison 1 de l'AMI CMA. Le projet, géographiquement centré sur la région Rhône-Alpes (notamment Isère, Drôme, Ardèche), permet de former ou certifier 4 500 personnes à l'horizon du projet et 6 900 à horizon 2030, allant de tous les niveaux de l'infra bac au doctorat avec un focus particulier sur les niveaux licence et master.

### III. Attendus principaux de la saison 2

A partir des informations disponibles, il est possible d'identifier plusieurs grandes catégories de besoins :

- renforcer les programmes universitaires existants, en particulier les formations courtes, ainsi que la formation continue ;
- mettre en place des formations certifiantes basées sur les technologies des industriels Cloud français ;
- prévoir un plan de reconversion des personnels IT vers les métiers du Cloud ;
- former largement, y compris au niveau des décideurs et des équipes marketing, à un ensemble de connaissances minimales autour du Cloud.

a) Nécessité de diagnostic

Un diagnostic pourrait être utile pour quantifier finement les besoins identifiés ci-avant mais n'est pas un pré-requis pour financer des projets de dispositifs.

b) Quels niveaux et modalités de formations

Des besoins sont identifiés à tous les niveaux de formation, mais principalement aux niveaux bac+3 et bac+5 pour la formation initiale supérieure et certifications en formation continue pour former les utilisateurs au sein des entreprises, notamment aux technologies fournies par les offreurs français et européens.

c) Compétences attendues

L'utilisation du cloud nécessite à la fois une exigence d'expertises précises et de soft skills importantes, puisqu'il faut maîtriser une multitude d'outils numériques et informatiques, aussi bien dans le domaine de la virtualisation, des bases de données, des services que du stockage et se montrer capable de comprendre les enjeux de l'entreprise afin de définir quelles sont les modalités du Cloud les plus pertinentes et les mieux adaptées à son employeur.

La formation initiale supérieure joue un rôle clé pour former des techniciens et ingénieurs du cloud. L'ingénieur cloud devient un acteur majeur du secteur dont les missions vont de la sécurisation des données sensibles dématérialisées à l'optimisation des consommations d'énergie des datacenters en passant par la gestion du big data. Il exerce aussi bien chez les prestataires du Cloud qu'au sein des entreprises utilisatrices et des cabinets de conseil. Dans le cadre de la formation continue, il est possible d'insister sur la nécessaire maîtrise d'un "socle cloud" :

- la connaissance des enjeux juridiques induits par le Cloud computing, notamment les enjeux de la réversibilité, du legacy, etc.
- des notions en matière de data management.
- des compétences en matière de compréhension métier : en effet, le Cloud pousse désormais la solution technique à s'adapter aux besoins de l'utilisateur (notamment SaaS en Cloud Public) là où les SI traditionnels adaptaient les applicatifs utilisateurs au système d'information.
- des notions commerciales, en raison de la complexification technique des prestations vendues ou des besoins de l'entreprise.
- des connaissances fortes en sécurité et cybersécurité.

Par ailleurs, de nouvelles méthodologies de travail ont été introduites dans la conduite des projets IT. Citons notamment l'expansion des principes du DevOps (voire DecSecOps et FinOps) dans les entreprises. Enfin, compte tenu du développement d'un Cloud hybride, incluant des briques issus de l'open source, il est important que les futurs professionnels aient des compétences en la matière.

d) Quantification du besoin de la cible

Une première estimation des besoins a été effectuée sur le nombre d'apprenants à former par niveau.

Niveau	<=bac	bac+2/+3	bac+5	> bac+5	Formation continue
Nombre d'apprenants à former	1 000	15 000	15 000	250	30 000



## V. Fiche Thématique 5 G

### I. Présentation de la stratégie

La stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications a été lancée en 2021 pour positionner la France à la pointe des nouveaux usages numériques. La 5G représente une véritable opportunité pour renforcer la compétitivité et la capacité de notre économie à créer des emplois pérennes sur l'ensemble du territoire Pilotée par la DGE, elle vise mobiliser jusqu'à 735 millions de financements publics d'ici 2025.

Pour poursuivre ses objectifs de création d'emploi, excellence scientifique et accompagnement du marché et des entreprises françaises innovantes, cette stratégie a été structurée autour de 4 axes :

1. Le soutien au développement des **usages 5G** au profit des territoires et de l'industrie ;
2. Le développement de **solutions françaises** sur les réseaux télécoms ;
3. La consolidation des forces de **recherche** et développement sur les technologies de réseaux ;
4. Le renforcement de l'offre de **formation**.

Pour l'axe formation, trois chantiers ont été identifiés :

1. Lancer un engagement de développement de l'emploi et des compétences (EDEC) sur les infrastructures numériques pour anticiper l'émergence de besoins importants en professionnels et préparer les métiers de l'infrastructure numérique de demain.
2. Développer l'offre de formation dans l'enseignement supérieur sur les futures technologies de réseaux pour répondre aux besoins sur les aspects logiciels, matériels et sécurité des réseaux dans le but de réduire les difficultés de recrutement liées au manque de main d'œuvre.
3. Attirer les talents disposant de compétences clés sur les réseaux télécoms en France.

### II. Bilan de la saison 1

*Combien de lauréats, besoins couverts, principales zones géographiques concernées, quels niveaux de formations prévus.*

Deux projets ont été lauréats de la relève de Novembre 2022 :

#### 1. Projet IMT

Le projet concerne tout le territoire national compte tenu de la présence de l'IMT dans plusieurs régions. Il couvre le besoin de formations supérieures (bac +3 au bac +8) et la formation continue. Le projet s'adresse aux enjeux suivants :

- Apporter des formations diplômantes et certifiantes le plus largement possible sur ensemble des territoires et au plus près des entreprises ;
- Accompagner les évolutions des métiers et les besoins de montées en compétences pour les acteurs de la filière 5G sur les apports clés de la 5G (Virtualisation, IoT, radio / optique avancée, réseaux non terrestres NTN, évolution vers la convergence réseau / cloud / sensing, ...);
- Développer des ressources et des formations pour les nouveaux métiers pour des filières d'activités spécifiques utilisatrices de la 5G (Industrie 4.0, transports, environnement, énergie, santé, agriculture, ...);
- Assurer la souveraineté dès le stade de la formation en 5G ;
- Former des acteurs aptes à prendre en compte les défis de sobriété énergétique, environnementaux, santé, RSE ;
- Sensibiliser et attirer les talents dans leur diversité vers la filière 5G.

#### 2. Projet RIS3 – INSA Rennes

Le projet Réseaux Intelligents, Sécurisés, Souverains et Soutenables (RIS3) a pour objectif de maintenir un très

haut niveau d'expertise dans la conception des réseaux du futur et des techniques de communications disruptives afin de maintenir en France un savoir-faire important sur ce secteur clef. Dans ce contexte, le projet CMA RIS3, porté par l'INSA Rennes et rassemblant un consortium de 7 formations de l'Université de Rennes 1, CentraleSupélec et l'IRT b<>com se fixe les actions suivantes :

- Action 1 : Créer une école universitaire de recherche pour rendre plus visible et structurer l'offre de formation en télécommunication et infrastructures numériques et former des experts de la conception des réseaux du futur.
- Actions 2, 3 et 4 : Former les étudiants du Bac+3 au Bac+5 et en apprentissage aux réseaux intelligents, sécurisés, souverains et soutenables, notamment dans les doubles expertises (sécurité, IA, data) et à l'impact des infrastructures numériques sur le développement durable, notamment avec le cycle de vie des éléments d'un réseau.
- Action 5 : Former les professionnels sur le développement de nouvelles compétences spécifiques 5G en englobant des problématiques de soutenabilité et de sécurité.
- Action 6 : Renforcer l'attractivité de la filière en mettant en place des actions à destination des lycéens, en attirant les talents et mettant en avant les exemples de carrières féminines.

Le projet RIS3 est ancré en Bretagne et s'appuie sur le dynamisme de la région en termes d'entreprise du secteur des télécommunications. Il vise des formations en Electronique et informatique au niveau bac+3 - bac+8, formation continue et aussi apprentissage.

### III. Attendus principaux de la saison 2

Les besoins en emploi dans la filière infrastructures numériques et réseaux du futur ont été quantifiées par la filière dans le cadre d'un EDEC. [Une étude](#) a été publiée en avril 2023 qui quantifie à 34 000 emplois par an en 2030 les besoins en emploi pour les réseaux mobiles (contre 20 500 en 2022). Les trois métiers les plus mobilisés resteront ceux de technicien(ne) déploiement ou technicien(ne) réseau mobile, ingénieur(e) infrastructures télécom et technicien(ne) de maintenance mais des besoins nouveaux vont aussi émerger pour des qualifications mêlant davantage les formations en télécommunications et en informatique (architecture IT, cloud et edge) ou pluridisciplinaires en numérique.

Il y a en effet une forte convergence entre les métiers des télécommunications avec d'autres domaines comme l'industrie 4.0 et l'informatique, il sera ainsi encouragé non seulement les projets de formations en télécommunications mais aussi des projets qui prennent en compte la transversalité présente dans le développement des projets 5G et des réseaux du futur (5G industrielle et 5G privée – en lien avec le développement de l'industrie 4.0).

Le développement de l'innovation dans les réseaux du futur, à la fois dans le développement de la 5G industrielle et la préparation de la future génération de réseaux 6G, nécessitera également des ingénieurs et chercheurs de pointe dans les réseaux.

Il est attendu des propositions de formation répondant à ces enjeux, avec à la fois des formations, initiales ou continues spécialisées sur les télécommunications de bac +3 à bac +8 et des formations misant davantage sur la convergence entre technologies (télécommunications, IT, cybersécurité, IA, industrie 4.0...).

## VI. Fiche Thématique numérique écoresponsable

### I. Présentation de la stratégie

En 2020, le numérique représentait 2.5% de l’empreinte carbone annuelle de la France et 10% de sa consommation électrique annuelle. Sans action, les émissions de gaz à effet de serre pourraient augmenter de plus de 60% d’ici 2040.

Développer l’écoresponsabilité du secteur numérique tout en développant une offre compétitive plus sobre de solutions numériques est donc une condition essentielle à sa soutenabilité au service de la société ainsi que des transitions énergétiques et écologiques.

C’est tout le sens de la stratégie d’accélération du numérique écoresponsable souhaitée par la Première Ministre dans le cadre de France 2030 et validée par le comex France 2030 en décembre 2022.

Fruit d’un travail interministériel et l’ensemble des parties associées au Haut Comité pour le Numérique Ecoresponsable, la stratégie s’articule en 4 axes d’actions dont l’un concerne la création d’une offre de formation continue et initiale relative au numérique responsable.

L’AMI CMA comprenant un volet « verdissement du Numérique » pour un montant prévisionnel de 50M€ permet de soutenir des projets de formation dédiés au numérique responsable dans le cadre de la formation continue et initiale il cible les établissements d’enseignement supérieur les formations continues certifiantes équivalentes. Un volet formation professionnelle est également souhaitable.

4 axes sont identifiés

AXE 1 : Réaliser un diagnostic de toutes les formations existantes initiales, continues et professionnelles en France sur le numérique écoresponsable dont l’écoconception et la sobriété (AMI CMA - volet diagnostic)

AXE 2 : Développer des formations initiales continues et professionnelles intégrant la double-compétence - maîtrise technique du numérique et savoirs en impacts environnementaux du numérique – afin d’augmenter le nombre d’experts maîtrisant pleinement le sujet et qui seront capables de transmettre ces connaissances et savoir-faire à l’écosystème numérique français. (AMI CMA - Action 1)

AXE 3 : Développer des formations permettant la prise en compte des enjeux environnementaux dans le numérique, pour former des experts du sujet et pour développer des modules d’écoconception dans les formations touchant au numérique » (AMI CMA - Action 2). Dans ce cadre, les projets portant sur la création d’une formation à destination des enseignants des métiers de l’informatique et de l’électronique

AXE 4 : Développer des formations en réparation (niveau pré Bac, bac pro, formation supérieure, formation professionnelle ) et reconditionnement de produits électroniques et électriques connectés, en veillant à y introduire à la fois des aspects matériels et logiciels » (AMI CMA – Action 5). Dans ce cadre, les projets suivants pourraient être également soutenus :

- Création d’outils de formation pédagogiques et innovants pour les cursus non spécialistes du numérique, pourraient être soutenus.
- Création de modules de formation continue dans les filières de l’économie circulaire spécifique au numérique. Ces différents modules auraient pour cible les réparateurs et des reconditionneurs
- Développement de modules de formation continue pour favoriser la réparation en interne aux organisations

## II. Bilan de la saison 1

Les premières levées ont abouti à deux lauréats sur le numérique écoresponsable, tous les deux portant sur des diagnostics.

Le 1<sup>er</sup> lauréat, Eupaven, porté par Moulin digital a permis un diagnostic sur les départements de la Drôme et de l'Isère relatif aux compétences et métiers autour de la thématique GreenIT rendu en décembre 2022 pour un montant de 111 k€ d'aides accordées. Le diagnostic est validé.

Le 2<sup>ème</sup> diagnostic, Vert Num porte sur l'impact de la dimension numérique responsable dans les formations des écoles d'ingénieurs. L'aide accordée est de 133k€. Les résultats de ce diagnostic seront rendus prochainement.

Il en ressort que les impacts du numérique, bien que documentés, sont très méconnus aujourd'hui des utilisateurs comme des formateurs, voire des producteurs de services numériques, tout comme les métiers et compétences nécessaires au numérique écoresponsable. Les écoles doctorales et la formation professionnelle n'ont à ce stade pas été traité en profondeur.

Il y a donc une nécessité de

- Bénéficier d'une vision exhaustive de toutes les formations existantes initiales, continues et professionnelles en France sur le numérique écoresponsable dont l'écoconception et la sobriété numérique ;
- Identifier de façon précise le chemin à parcourir par les différentes formations existantes de spécialistes du numérique pour préparer la conception du numérique écoresponsable (niveau de maturité en numérique écoresponsable et plan d'action) ;
- Accentuer la sensibilisation au numérique écoresponsable et aux compétences métiers ;
- Enclencher les formations sur le verdissement du numérique dans toutes ces composantes (formation initiale, continue et professionnelle) et à tous les niveaux enseignements secondaires, supérieur et formation professionnelle.

## III. Attendus principaux de la saison 2

**La stratégie d'accélération du numérique écoresponsable a été actée en décembre 2022 par le comex du SGPI.**

Afin d'enclencher les 3 axes suivants, il est nécessaire de :

- Diffuser les résultat d'Eupaven,
- **Poursuivre les diagnostics notamment au travers d'un mapping précis des métiers du numérique responsable** (écoconception, recyclage, réparation, reconditionnement etc.), des besoins en évolution des métiers du numérique, **du besoin de main d'œuvre en France d'ici à 2030 et de leur niveau de formation** (enseignement secondaire, diplôme pro, licence, master, doctorat, formation professionnelle certifiante / reconversion) et des **établissements** pouvant les dispenser
- **Préciser le plan de déploiement de ces formations**
- **Préparer la formation des formateurs**

La saison 2 doit permettre de répondre aux enjeux déjà identifié et d'avancer. Notamment, pour rappel, les 3 enjeux de formation priorités doivent avancer :

**Enjeu 1: Former les futurs experts du sujet Numérique et environnement, avec un focus sur les formateurs de formateurs en écoconception de produits et services numériques.**

L'augmentation du nombre d'experts permettra de former des personnes qui seront en charge de transmettre auprès des personnes pertinentes dans les entreprises, diffusant de manière pyramidale les connaissances et savoir-faire en écoconception de produits et services numériques dans les entreprises.

- Action 1 « Former les formateurs en numérique écoresponsable de produits et services :

La diffusion du numérique écoresponsable en France nécessite le développement d'un réseau d'experts sur le sujet, alliant la maîtrise technique du numérique (fonctionnement des infrastructures, des services et des appareils numériques) et celle des connaissances et savoir-faire sur les impacts environnementaux du numérique (méthodologies d'évaluation de l'empreinte environnementale, démarches d'écoconception des produits et services numériques).

Cette action a pour objectif de développer des formations intégrant cette double-compétence afin d'augmenter le nombre d'experts maîtrisant pleinement le sujet et qui seront capables de transmettre ces connaissances et savoir-faire à l'écosystème numérique français.

- Action 2 : «Développer des formations permettant la prise en compte des enjeux environnementaux dans le numérique, pour former des experts du sujet et pour développer des modules sur les composantes du numérique écoresponsable dans les formations en lien avec le numérique.»

Le numérique écoresponsable est définie comme l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits ou services avec pour objectif la réduction des impacts environnementaux négatifs tout au long du cycle de vie d'un produit ou service.

Le développement de cette approche dans les pratiques des entreprises et des administrations est un levier fondamental pour réduire l'empreinte environnementale du numérique en France. Cette démarche concerne principalement les équipes de développement de produits et/ou services numériques. Celles-ci doivent prendre en compte les impacts environnementaux (consommation d'énergie primaire, consommation en ressources non-renouvelables, etc.) sur tout le cycle de vie, tout en veillant à allonger la durée de vie (meilleures réparabilité et durabilité) et à diminuer la production de déchets électroniques et électriques en fin de vie.

Les développeurs informatiques doivent également apprendre à coder de manière frugale, c'est-à-dire en limitant la consommation d'énergie nécessaire au fonctionnement des logiciels.

L'objectif de cette action est de développer des modules et du contenu de formations, initiales et continues, pouvant être intégré dans des formations existantes et qui permettraient aux étudiants de :

- Connaître les impacts environnementaux du numérique ;
- Savoir mettre en œuvre une démarche d'écoconception pour le développement d'un service ou d'un produit numérique dans le cas des ingénieurs produits ou services numériques ;
- Savoir développer des programmes informatiques en prenant en compte la consommation énergétique du matériel induite par le code informatique développé dans le cas des développeurs informatiques.

Ces contenus de formation pourraient prendre des formes différentes (MOOC, projets, serious game, simulateurs, etc.).

Ces compétences pourraient par la suite être évaluées sur la plateforme Pix 1 via un module dédié Pix+.

## **Enjeu 2: Intégrer les enjeux environnementaux dans toutes les formations pertinentes au niveau secondaire et supérieur, avec un focus sur les formations techniques:**

Chaque secteur d'activité d'une entreprise a un rôle à jouer dans l'amélioration de la performance environnementale du numérique de l'entreprise ou de l'administration. Cet enjeu nécessite l'acquisition par les employés de nouvelles compétences spécifiques à leur domaine d'activité (pas uniquement des profils techniques, mais aussi commercial, marketing, etc.). Bien qu'une sensibilisation aux enjeux des impacts environnementaux soit une base commune, chaque activité nécessite ainsi l'apprentissage de compétences spécifiques. Par exemple, les activités de réparation reconditionnement ne nécessiteront pas les mêmes compétences que les activités de développement informatiques et d'électronique. Différentes actions devront être mises en place afin de couvrir l'ensemble des besoins des entreprises :

- Action 3 : « Sensibiliser dès le secondaire les élèves aux thématiques du numérique écoresponsable et aux bonnes pratiques »

Les impacts environnementaux du numérique et les bonnes pratiques permettant de les réduire sont encore méconnus.

Cette action vise à acculturer très tôt les jeunes en les informant et en les sensibilisant tout au long de leur parcours scolaire. A cet égard, les professeurs du secondaire doivent être formés et bénéficier de ressources pour leurs pratiques pédagogiques.

L'objectif de cette action est d'ouvrir la formation initiale et continue des professeurs du secondaire concernés à l'impact du numérique sur l'environnement et au numérique écoresponsable et de développer les ressources et kits pédagogiques à destination des élèves qu'ils pourront utiliser dans le cadre de leurs cours. Par exemple, la poursuite de démarches telles que celles initiées PIX visant à certifier les compétences des élèves dès la 3eme.

De la même façon, il est nécessaire de créer des ressources pédagogiques et des scénarios d'apprentissage mis à disposition de la communauté et permettre d'intégrer les problématique numérique écoresponsable à l'enseignement des métiers du professorat et de l'éducation ;

- Action 4 : « Acculturer les différents secteurs d'activités d'une entreprise ou d'une administration (par exemple : management, service achat, gestion de projet, service juridique...) aux connaissances et savoir-faire du numérique écoresponsable »

La prise en compte des enjeux environnementaux dans la stratégie numérique des entreprises et des administrations implique à la fois le développement de nouvelles activités spécifiques et l'adaptation de métiers déjà existants afin de mieux prendre en compte l'enjeu environnemental. Cette adaptation nécessite d'une manière générale une sensibilisation au sujet du numérique écoresponsable, mais également l'acquisition de connaissances et de savoir-faire spécifiques aux différentes activités tant pour les personnes déjà en poste que les étudiants qui seront amenés à travailler dans ces métiers.

Ainsi, la prise en compte de la performance environnementale du numérique dans la vision stratégique de l'entreprise ou de l'administration nécessite de former les dirigeants et managers, afin qu'ils puissent prendre des décisions stratégiques éclairées, et recruter des personnes compétentes sur cette thématique.

Par ailleurs, la mise en place d'une démarche d'écoconception dans les services d'ingénierie et de développement informatique a également un impact sur d'autres domaines d'activités de l'entreprise ou de l'administration, tels que le marketing, par exemple en phase amont lors de la définition du besoin du client et en phase aval lors de la communication autour de ce produit/service.

Enfin, l'amélioration de la performance environnementale du système d'information de l'entreprise demande également l'acquisition de compétences spécifiques aux domaines d'activités qui y sont rattachés. Le service achat de produits IT doit, par exemple, apprendre à intégrer les enjeux environnementaux dans les critères de choix du matériel, tandis que les gestionnaires du parc informatique doivent développer une stratégie d'augmentation de durée de vie du matériel, ainsi que de prise en compte de la fin de vie de celui-ci, en lien avec le service juridique.

L'objectif de cette action est de développer du contenu de formation en créant des ressources afin de former les différents secteurs:

- pouvant s'intégrer dans des formations existantes qui permettrait aux étudiants d'acquérir dans leur parcours de formation les compétences spécifiques à la prise en compte des impacts environnementaux du numérique,
- OU permettant aux personnes déjà en poste d'acquérir ces nouvelles compétences.

La description de la contribution du projet au développement des connaissances et savoir-faire liés au numérique écoresponsable fera l'objet d'une attention particulière.

**Enjeu 3 : Développer des formations professionnalisantes en réparation et reconditionnement de produits électroniques et électriques connectés, en veillant à y introduire à la fois des aspects matériels et logiciels : l'allongement de la durée de vie des produits numériques nécessite une augmentation du nombre de personnes travaillant dans les filières de la réparation et du reconditionnement de produits numériques et connectés.**

- **Action 5** : « Développer des formations en réparation et reconditionnement de produits électroniques et électriques connectés, en veillant à y introduire à la fois des aspects matériels et logiciels » :

Le rapport de l'ADEME de 2018 souligne que la formation est un levier du développement de la réparation, en particulier dans le domaine des EEE (équipements électriques et électroniques). Selon un autre rapport de l'ADEME de 2020, le développement des objets électroniques connectés entraîne une réduction du nombre de pannes mais une augmentation de la complexité de celles-ci lorsqu'elles se produisent, notamment due à l'ajout de la couche logicielle. Ce rapport confirme le besoin de former des réparateurs pour faire face à ces nouvelles problématiques. Enfin, les acteurs du secteur du reconditionnement et de la réparation alertent sur le besoin croissant de disposer de personnes formées, tant sur les pannes matérielles que logicielles.

L'objectif de cette action est de développer des formations continues, initiales et professionnelles certifiantes permettant aux étudiants et professionnels d'acquérir les compétences et savoir-faire leur permettant de réparer et de reconditionner des produits numériques (téléphones portables et ordinateur notamment) et des produits électroniques connectés, tant sur leur partie logicielle que matérielle. Cela passe notamment par :

- Création de nouveaux diplômes (infra ou post bac) de technicien en reconditionnement associé au titre existant de réparateur. Ces formations trouveront notamment un appui sur les Campus des métiers et des qualifications, véritables lieux de perméabilité entre la formation et les milieux économiques
  - Renforcer l'organisation des acteurs du reconditionnement et favoriser la formation continue par exemple en lui associant les dispositifs existants comme l'Engagement Développement Emploi Compétences
  - Développer des blocs de connaissances et de compétences permettant une reconversion ou une montée en compétences vers les activités du domaine.
- **Action 6** - Acculturer l'ensemble des acteurs du cycle de vie des produits et services à penser l'économie circulaire dès leur conception par l'introduction de contenu pédagogique (vocabulaire, indices de réparabilité ou de durabilités...) dans les formations existantes (par des modules au choix, des parcours de spécialisations,...) et accompagner l'intégration de la prise en compte des enjeux environnementaux, écoconception produits et optimisation du code dans les formations dédiées
    - Définir des ressources et scénarios pédagogiques pour faciliter la prise en main du sujet par les enseignants-chercheurs;
    - Accorder un temps spécifique à ces sujets dans les maquettes de ces formations (10 à 20h)
    - Valider les compétences en écoconception de service numérique (niveau pratiquant mais non expert) en développant par exemple une certification avancée PIX+ (avec la définition des critères d'évaluation avec les experts du secteur puis mise en œuvre des certifications).

## VII. Fiche Thématique Enseignement et numérique

### I. Présentation de la stratégie

La place croissante du numérique dans l'enseignement, scolaire, supérieur, comme dans la formation continue, transforme profondément les modalités d'apprentissage et d'enseignement, les lieux d'apprentissage et les relations entre les enseignants et les élèves et étudiants, avec les parents et entre les apprenants eux-mêmes. L'acquisition des connaissances et des compétences peut être désormais suivie et accompagnée de manière individuelle, tout au long de la vie pour mieux construire et personnaliser les parcours de chacun.

Les enjeux de continuité pédagogique pendant la crise sanitaire de 2020-2021 ont révélé autant de besoins d'équipement, de ressources et d'outils logiciels, que des inégalités dans l'accès et l'usage du numérique, et une nécessité de développer les compétences numériques des professeurs.

Ces constats ont mis en lumière la nécessité d'une stratégie globale pour l'enseignement et le numérique, qui porte, pour la première fois, sur tout le continuum de l'enseignement scolaire et universitaire. La transformation de l'enseignement par le numérique et ses enjeux sont en effet communs à tous les niveaux d'enseignement, de la maternelle à l'université.

L'accès à des ressources labellisées, l'utilisation d'un espace numérique de travail, la formation des acteurs (enseignants, cadres, élèves et étudiants), l'orientation du lycée à l'enseignement supérieur et le continuum - 3/+3, l'approche par compétences, l'évaluation et la construction de parcours de formation flexibles et personnalisés plaident pour une approche décloisonnée des besoins.

C'est pourquoi le Gouvernement a lancé une stratégie d'accélération « Enseignement et numérique » dans le cadre du Plan « France 2030 » et du Programme d'investissements d'avenir (PIA) et dotée de 594 M€. La montée en puissance mondiale de l'apprentissage HyFlex (Hybrid-Flexible) dans un contexte de croissance de la formation tout au long de la vie, les impacts de l'IA sur les métiers et donc sur les compétences à développer, ou encore l'irruption des intelligences artificielles génératives dans la formation et dans la pédagogie confortent la nécessité de soutenir l'effort.

Les enjeux de l'accompagnement de la transformation numérique de l'enseignement par la Stratégie d'accélération Enseignement et numérique sont multiples :

- lutter contre le décrochage scolaire et, plus largement, favoriser la persévérance scolaire par l'individualisation des apprentissages en fonction des besoins de chacun, en tissant une relation vertueuse entre les élèves/étudiants, leurs familles, les professeurs et l'école/le collège/le lycée/l'université. Développer la confiance des apprenants dans leurs capacités, c'est en effet leur permettre une meilleure réussite ;
- réduire les fractures sociales et territoriales et assurer une équité territoriale en permettant à chacun et à chacune, quelles que soient ses origines sociales et géographiques, d'accéder à des formations lui permettant d'exprimer tout son potentiel ;
- contribuer à une meilleure inclusion des « publics empêchés » et à besoins spécifiques ;
- accompagner chaque citoyen vers l'acquisition de connaissances et de compétences lui permettant de construire son parcours, de s'adapter tout au long de sa vie aux évolutions professionnelles et sociétales pour s'épanouir professionnellement ;
- favoriser le développement professionnel des enseignants et des formateurs, de l'enseignement scolaire à l'université, en intégrant le numérique à leurs enseignements de la manière la plus aisée et la plus pertinente, et plus largement contribuer à l'évolution des modes de transmission des connaissances (enseignement hybride, classes inversées, prise en charge des apprenants à besoins spécifiques) ;
- mieux former les apprenants aux usages du numérique tout en développant leur esprit critique pour lutter contre la désinformation ;
- améliorer, de l'école à l'université, la capacité de résilience face à de prochaines crises éventuelles, avec un usage maîtrisé et généralisé du numérique par les enseignants, les élèves et les étudiants.

Cette stratégie repose sur une approche globale et se déploie sur trois axes :

- l'émergence et le développement de nouvelles solutions numériques nationales pour l'enseignement qui



reposent sur un soutien à la recherche dans le domaine ;

- l'évolution du secteur de la EdTech et le soutien aux entreprises ;
- la formation et l'accompagnement des enseignants dans le choix et l'utilisation des solutions les mieux adaptées aux besoins de leurs élèves et de leurs étudiants et l'adoption de ces solutions à grande échelle.

## **La formation, enjeu majeur pour la stratégie d'accélération « Enseignement et numérique »**

La stratégie d'accélération « Enseignement et Numérique » met un accent très fort sur la formation initiale et continue des enseignants et personnels accompagnant la transformation pédagogique de l'enseignement scolaire et supérieur.

Les enjeux de formation regardés comme prioritaires pour la Stratégie d'accélération « Enseignement et numérique » sont :

- de donner aux enseignants de l'enseignement scolaire et supérieur une meilleure culture numérique et une meilleure formation initiale et continue aux compétences numériques, notamment pour les transmettre à leurs élèves et étudiants, pour être capables de comprendre et expliciter les représentations en jeu, pour enrichir leurs pratiques pédagogiques par l'usage des outils et ressources numériques disponibles, et des modes d'enseignements qu'ils rendent possibles ; ces enjeux sont désormais comprennent désormais une compréhension des enjeux des IA génératives et de leurs possibles usages dans l'enseignement et la pédagogie ;
- d'accroître le nombre des personnels d'accompagnement à la transformation pédagogique (métiers de l'ingénierie pédagogique au sens large du terme) et contribuer à leur formation continue. Ces métiers, s'ils ne sont pas de nouveaux métiers, ont vu leur demande, de la part des académies pour l'enseignement scolaire (réseaux des référents numériques dans les EPLE, e-run pour le 1er degré, interlocuteurs académiques pour les disciplines) et des établissements d'enseignement supérieur (ingénieurs pédagogiques), fortement croître ces dix dernières années et constituent un secteur en forte tension. Par ailleurs, une montée en compétences constante est particulièrement nécessaire dans ces métiers. Les usages des IA génératives dans la pédagogie rendent aussi nécessaire une montée en compétence de ces professions.

Tous ces métiers et les compétences qu'ils nécessitent, par la transformation numérique en cours de l'enseignement, conduisent à mobiliser l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) Compétences et métiers d'avenir pour soutenir l'effort en formation nécessaire au succès de la Stratégie d'accélération « Enseignement et numérique ».

## **II. Bilan de la saison 1**

La saison 1 de CMA a permis de soutenir 3 projets lauréats (deux nationaux, un pour l'académie de Poitiers), répondant à des besoins en formation de formateurs et d'ingénieurs pédagogiques pour la formation continue des universités, la formation des enseignants du scolaire en s'appuyant sur les sciences cognitives, ou la formations d'enseignants et indirectement d'élèves pour des parcours utilisant des jumeaux numériques. Le bilan de la saison 1 fait apparaître des besoins encore non couverts en terme de formation massive au et par le numérique et IA des enseignants et enseignants-chercheurs, des personnels accompagnant la transformation pédagogique du système éducatif (e-run, ingénieurs pédagogiques, bibliothécaires...) et dans toutes les actions décrites plus bas.

## **III. Attendus principaux de la saison 2**

### **a) Diagnostics**

Un diagnostic a déjà été produit <https://www.edu2030.fr/> sur les conditions de l'appropriation de l'éducation au numérique par les enseignants avec une focale sur les enseignants du 1<sup>er</sup> degré.

Des diagnostics complémentaires pourraient permettre d'identifier l'offre de formation actuellement

disponible de personnels d'accompagnement de la transformation pédagogiques (ingénieurs pédagogiques, designers pédagogiques, ingénieurs vidéo-audiovisuels pour la conception des cours hybrides, ...), les besoins quantifiés et les formations qui devraient être mises en place pour répondre à ces besoins. Des pistes prospectives sur les évolutions de ces professions ou de nouveaux métiers liés à l'usage des IA génératives à des fins pédagogiques sont aussi attendues.

- des besoins en formation pour l'usage et l'analyse des données pour l'enseignement, dont la collecte et l'analyse des traces d'apprentissage (learning analytics) sont un enjeu majeur pour mieux comprendre les mécanismes d'apprentissage ainsi que le rôle des environnements scolaires, pour aider les enseignants à composer leurs séquences, à proposer des activités et des ressources adaptées à chaque élève, à gagner du temps dans leurs évaluations ; pour contribuer à anticiper des situations de réussite ou d'échec scolaire, et faciliter la remédiation, les orientations et les réorientations ; enfin pour aider au pilotage des établissements des académies et des régions académiques, et plus généralement du système de l'enseignement (pilotage par la donnée).

### **b) Niveaux de formations**

Les formations attendues visant les divers métiers d'accompagnateurs à la transformation pédagogiques peuvent être +3 ou +4/5. Les modules ou parcours de formation initiale au numérique et aux usages du numérique éducatif (y compris usages de l'IA dans le cadre pédagogique), à destination des futurs et néo enseignants, seront intégrés à leur formation. Ils sont donc +4/5 et +8.

### **c) Modalités**

Toutes les formations attendues seront en formation initiale ou continue.

### **d) Compétences attendues**

Les compétences d'avenir attendues par l'appel sont multiples et la liste qui suit n'est pas exhaustive : Posséder un socle de culture et de compétences numériques, y compris sur le domaine de l'IA et des IA génératives ; développer un esprit critique autour de la culture numérique ; utiliser le numérique et les IA dans sa pratique pédagogique ; développer de bonnes pratiques sur l'usage des outils numériques par les élèves et étudiants ; partager avec d'autres acteurs du système éducatif ressources et pratiques autour du numérique ; faire le lien entre recherche scientifique, pratiques de terrain et innovation pédagogique ; distinguer les principaux modèles et méthodes des IA en éducation ; analyser les usages des outils numériques et des IA dans l'ingénierie de formation pour mieux accompagner les enseignants ; travailler en collaboration via et autour du numérique avec ses pairs ; cultiver la créativité, la collaboration, l'esprit critique des élèves et étudiants. Ces compétences seront développées et acquises au travers de formations décrites par une ou plusieurs des actions suivantes :

Les compétences attendues seront développées par une ou plusieurs des actions suivantes :

#### **Action 1 : « Formation initiale à l'enseignement avec le numérique et les IA pour les néo et futurs enseignants »**

Avec la transformation des pratiques d'enseignement via le numérique et les IA génératives, une montée en compétences des néo et futurs enseignants du primaire, du secondaire et de l'enseignement supérieur français est nécessaire, impliquant la recherche en éducation et formation et incluant l'ingénierie pédagogique et didactique avec le numérique et les IA, les usages pédagogiques des outils et ressources existants et à venir. Cette action a donc pour objectif de développer des modules de formation initiale sur ces thématiques dans les programmes des instituts nationaux supérieurs du professorat et de l'éducation (Inspé), dans la formation doctorale transverse proposée aux doctorants visant une insertion professionnelle dans l'enseignement supérieur, ou dans des écoles doctorales d'éducation numérique ou des équivalents fonctionnels, dans les formations courtes proposées aux néo enseignants-chercheurs, et des personnels des bibliothèques des établissements de formation.

Elle pourra prendre des formes variées – hybrides, couplant présentiel et/ou distanciel, modules tutorés et/ou en autonomie, activités d'apprentissage collectives et/ou individuelles – et s'appuyer sur une collaboration avec les services d'appui à la pédagogie et au numérique des établissements, des régions académiques et des académies. Les thématiques visées pourront inclure l'enseignement et l'apprentissage avec l'intelligence artificielle ou les environnements de simulation numérique (animations 3D, réalité augmentée, virtuelle ou mixte, dispositifs haptiques ou tangibles).

### **Action 2 : « Soutien à la formation continue sur l'enseignement et le numérique et au développement professionnel des enseignants de l'enseignement scolaire et de l'enseignement supérieur »**

L'intensification des usages numériques (hybridation, cours en ligne, activités à distance) les différentes expérimentations de transformation pédagogique et numérique soutenues par le PIA et l'expérience acquise dans les établissements dans le cadre de la gestion de la crise Covid ont permis d'identifier des pratiques pédagogiques innovantes qui méritent d'être déployées et mutualisées massivement dans l'enseignement scolaire et supérieur pour en accélérer sa transformation. Afin qu'elles puissent passer à l'échelle dans un temps court et permettre la construction d'un continuum -3/+3, l'objectif de cette action est de développer une offre de formation continue innovante à destination des enseignants du scolaire et du supérieur qui soit disponible au format numérique et en modalité hybride ou asynchrone. On pourra aussi imaginer des modes de formation progressives qui permettent de détecter, pour y répondre rapidement, les besoins d'appui manifestés par les enseignants au moment où ce besoin apparaît, avec la possibilité ultérieure d'approfondir un aspect ou un autre grâce à des modules d'autoformation tutorés et à un système de recommandations et de classement des outils à disposition, accompagné de tutoriels et d'un apprentissage intégré.

Des formations massives (présentiel ou hybride) des enseignants et des personnels des établissements enseignants et non enseignants à la culture numérique et à la compréhension de l'IA, des IA génératives et des usages des outils disponibles sont également très attendues.

Ces formations s'inscriront dans un processus de développement professionnel pour les enseignants du scolaire et du supérieur, qui favorise l'acquisition ou l'actualisation tout au long de la vie de leurs compétences liées à l'usage pédagogique du numérique et de l'IA, à la bonification et à la diversification de leurs pratiques pédagogiques et à l'amélioration des apprentissages chez les élèves et les étudiants. Elles pourront s'accompagner d'open-badges, de certifications ou de micro-certifications. Des projets associant les écoles académiques de la formation continue (EAFC), le réseau des INSPE et les universités contribueront à favoriser la construction d'un continuum de pratiques au profit de la réussite des élèves et des étudiants.

### **Action 3 : « Nouvelles formations et communautés apprenantes »**

Des acteurs de la formation, privés ou publics et privés, peuvent également se réunir en consortium et proposer sur tout ou partie du territoire national une offre de service de formation innovante en direction des enseignants permettant de les faire monter en compétences sur l'usage du numérique. Il est attendu d'eux des projets innovants, en mode présentiel et à distance. Ces formations pourraient en particulier concourir au développement de la coopération entre enseignants et au développement de communautés apprenantes. Ils viendraient en complément des formations proposées par l'éducation nationale et l'enseignement supérieur.

### **Action 4 : « Développer l'offre de formation initiale et continue en ingénierie et en accompagnement pédagogiques »**

La multiplication des projets d'innovation pédagogique et numérique accélère la forte tension dans les métiers de l'ingénierie, de la conception et de l'accompagnement pédagogiques. Les formations initiales visant ces publics demeurent insuffisantes pour couvrir les besoins actuels et futurs de recrutement dans ces métiers d'appui à la formation continue des enseignants et au pilotage de projets d'innovation pédagogique et numérique dans les établissements scolaires et de l'enseignement supérieur.

Cette action a donc pour objectif de développer une véritable offre de formation initiale allant jusqu'au niveau

master, qui peut compléter des programmes déjà existants ou en proposer de nouveaux. Elle peut et doit aussi répondre à la nécessité d'avoir une offre de formation continue dans une logique de développement professionnel de ces métiers d'appui à la transformation pédagogique et numérique, dont les formes et les contours sont appelés à fortement évoluer au cours des années à venir. Ces formations seront accessibles avec diverses modalités (en présentiel, hybride, à distance) et de façon modulaire de manière à pouvoir être intégrées dans des parcours professionnels de reconversion.

Enfin, les formations proposées dans le cadre de cette action doivent permettre la formation des personnels accompagnant le développement pour les académies et pour les universités de leur offre de formation tout au long de la vie, hybride et à distance.

#### **Action 5 : « Formations innovantes au numérique dans et par des lieux innovants »**

Il s'agit ici de créer des lieux de formation, d'innovation et de recherche à la croisée des acteurs de l'écosystème du numérique éducatif. Ils constitueront :

- des lieux de formation au numérique éducatif (une sorte « d'école d'application du numérique éducatif ») avec la possibilité d'en faire un lieu de formation pour les enseignants, en formation initiale (en lien avec les Inspé), en formation continue (en lien avec les EAFC), en liaison avec le réseau scolaire (écoles, collèges, lycées) et universitaire proche et moins proche. Ils pourront permettre le déploiement des « classes numériques », comme il existe des classes ou des universités d'été, et des résidences pédagogiques numériques, mais aussi des classes en résidence avec une offre mobile pouvant être déployée au sein même des établissements, éloignés notamment :
- des lieux d'apprentissage des fondamentaux de la culture numérique (scolaire, universitaire). Ils pourront être en lien avec l'éducation populaire éventuellement, ou des associations agréées et liées à la EdTech. Ils pourront être également un lieu de certification (Pix) ou de tests thématiques (comme sur la cybersécurité ou le cloud).
- des lieux d'expérimentation et de recherche liés à des laboratoires : chercheurs en résidence, suivi d'évaluation d'une expérimentation, en lien avec les programmes de recherche de la stratégie d'accélération « Enseignement et numérique ».
- des lieux d'incubation et de lien avec la filière EdTech, en forte intégration avec le système scolaire et universitaire : ateliers mis à disposition, EdTech en résidence ou en incubation, notamment pour les entreprises identifiées par Edu'Up. Ils permettront aussi de créer des lieux de prise en main des matériels ou de démonstration, notamment pour les matériels du « socle numérique », ainsi que l'équipement et les ressources déployées dans les territoires numériques éducatifs (TNE).
- un lieu identifié d'événements autour du numérique et de la formation avec la EdTech. Ils accueilleront des salons, des séminaires/conférences, la production et la diffusion de podcasts ou de webinaires. Ils pourront également organiser des challenges pour les jeunes et leur permettre d'être sensibilisés aux enjeux d'autres stratégies d'accélération (par exemple : robotique, IA, cybersécurité).

La mise en œuvre de ces lieux innovants doit mobiliser tous les acteurs possibles : régions académiques, universités, Ed Tech, collectivités territoriales. Ils pourraient constituer des démonstrateurs régionaux avant un essaimage plus large du dispositif.

#### **Action 6 : Enseigner les transitions ; enseigner pour les transitions**

Des projets de formations pourront être proposés pour développer une offre de formation complémentaire d'initiative locale (FCIL) ou des colorations de diplômes visant à spécialiser les jeunes et approfondir les questions liant le numérique et les métiers qu'ils visent. Il s'agit d'aider les jeunes à anticiper la transformation des métiers marqués par le numérique et l'IA, à les préparer, à se former à eux et aux compétences du XXIème siècle qui leur seront nécessaires.

Ainsi, des projets de formation pourront associer lycées et établissements d'enseignement supérieur, autour de jumeaux numériques ou d'environnements de simulation, notamment développés dans des programmes PIA (IDEFI, DUNE, NCU, TIP, DEMOES) à la fois pour faire découvrir des métiers d'avenir ou des métiers en

transformation, en permettant d'acquérir des gestes professionnels avant exécution sur un plateau technique, un environnement numérique de travail ou en situation réelle, de concevoir et de modéliser ou d'interagir et d'assister à distance. Dans tous les cas, des dispositifs pédagogiques innovants, mettant en jeu les compétences du XXIème siècle sont attendus.

La cohérence des projets portés avec la dynamique des campus des métiers et des qualifications pourra être particulièrement recherchée.

Par ailleurs, le numérique éducatif est aussi un moyen d'enseigner les transitions pour répondre collectivement aux transitions environnementales. Des dispositifs et/ou des formations peuvent être envisagées pour accompagner les enseignants et/ou des équipes pédagogiques dans la conception de pratiques et de modalités d'enseignement innovantes (en ligne ou hybrides), et ce dans le cadre des enseignements et formations aux transitions environnementales qu'ils proposeront ensuite à leurs élèves et étudiants. Il peut s'agir de formations à la pédagogie par projets interdisciplinaires sur des questions environnementales, de plateformes permettant aux élèves/étudiants de répondre à des défis/challenges environnementaux de manière nationale ou internationale, etc. , qui favoriseront l'engagement des étudiants.

### **Action 7 : Féminisation des filières et des métiers du numérique : formations pour favoriser l'attractivité de ces métiers pour les filles et enseigner un numérique sans biais de genre**

Malgré de nombreuses initiatives ces dernières années, la proportion de filles qui s'engagent dans les filières du numérique reste trop faible (par exemple environ 15% de filles dans la spécialité NSI en lycée général). Or la mixité dans les métiers est un objectif sociétal majeur.

Une mobilisation de toute la communauté scolaire et universitaire est nécessaire pour l'atteindre en actionnant plusieurs leviers simultanément : pilotage, communication, orientation et accueil dans la supérieur, pédagogie, soutien aux associations, rôle modèle et formation. Les parents en particulier doivent être engagés dans cette dynamique pour mieux accompagner leur enfant dans son projet personnel et son orientation.

La formation doit être renforcée et systématisée (sensibilisation à la lutte contre les stéréotypes, conduite d'une classe ou d'un cours, souci de faire vivre les femmes dans l'histoire de la discipline...) et s'adresser à tous, y compris les personnels de direction et d'inspection.

Les formations proposées dans le cadre de cette action doivent :

- favoriser l'identification féminine dans les métiers numériques d'exécution comme de management ;
- favoriser l'identification féminine vers des filières d'études dans le numérique ;
- rendre plus neutres l'expression et les représentations sur les métiers et les rôles ainsi que les lieux d'exercice et d'apprentissage ;
- favoriser les dispositifs de montée en compétences vers ces métiers en particulier dans le cadre d'une formation tout au long de la vie.

Au niveau académique, les EAFC en lien étroit avec les DRAN/DAN doivent s'emparer de ce sujet et faciliter le déploiement des formations dédiées à plusieurs niveaux : académique/inter-académique, départementale et dans les établissements scolaires et universitaires.

### **Action 8 : La formation au libre et aux communs numériques**

Dans l'éducation et l'enseignement supérieur, le libre et les communs numériques sont une réponse au besoin croissant de la communauté scolaire et universitaire de mutualiser et collaborer entre pairs en créant et partageant des ressources numériques pérennes et accessibles à toutes et tous dans un cadre de confiance inclusif et soucieux de la protection des données personnelles. L'idée directrice est que les ressources pédagogiques préparées par un enseignant ou un groupe d'enseignants puissent resservir à d'autres sans obstacle. Il s'agit tout autant d'utiliser des ressources que de contribuer collectivement à leur production, en consolidant ses compétences numériques. On apporte ses compétences à la communauté et on en développe de nouvelles par la pratique au contact de ses collègues.

Développer le libre et les communs numériques implique de faire le choix assumé du logiciel libre et des

ressources éducatives pour répondre à ce besoin d'ouverture et de partage des communautés apprenantes. Cela implique aussi qu'un dispositif de formation s'attache avant tout à mettre les enseignants dans les meilleures conditions pour co-construire des ressources. Cela implique enfin que la frontière s'estompe entre formateurs et apprenants.

Des formations pourront être proposées pour :

- acculturer à large échelle au libre et aux communs numériques ;
- reconnaître, encourager et valoriser la création et le partage de communs numériques par et pour les enseignants et communautés d'enseignants ;
- proposer des formations expertes aux communs numériques en direction des ingénieurs pédagogiques et des enseignants ayant des compétences en développement logiciel pour proposer des services innovants et souverains accessibles à toute la communauté scolaire et universitaire.

#### **e) Quantification du besoin de la cible**

Niveau < Bac : 80 000 (Nombre d'élèves dans les dispositifs de « Enseigner pour les transitions » et « féminisation des filières et des métiers du numérique »). NB : attention : ces dispositifs de formation sont à destination des enseignants, mais ils doivent permettre la formation indirecte d'un nombre significatif d'élèves

Niveau Bac + 2/3 : 50 000 (Nombre d'étudiants dans les dispositifs innovants de « Enseigner les transitions » et dont l'engagement aura été ainsi favorisés (attention : les dispositifs de formation de cet axe sont à destination des enseignants, mais ils doivent permettre la formation indirecte d'un nombre significatif d'étudiants

Niveau Bac + 3 : 100 (Nombre d'apprenants dans les nouveaux parcours pour les personnels accompagnant la transformation pédagogique)

Niveau Bac +4/5 : 65 000 (Formation initiale des futurs et néo-enseignants, et des personnels accompagnant la transformation pédagogique)

Niveau > Bac +8 : 100

Formation continue : 240 000 (Nombre d'enseignants du scolaire et du supérieur et de l'accompagnement à la transformation pédagogique en formation continue)