



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Décrypter le numérique, transformer l'enseignement – Cahiers disciplinaires



N° 34
Octobre 2026



Figure 1 : vibe coding, [unDraw](#)

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
DÉMARCHE DE PROJET ET CRÉATIVITÉ	4
Le numérique au service de la gestion et du pilotage du projet	4
Le numérique au service de la créativité	5
Une créativité qui se construit dans un cadre ouvert	5
Le numérique comme ressource pour élargir l'espace des possibles	5
De la génération de propositions à l'activité de conception	5
Une créativité qui s'appuie sur le développement d'une culture technologique	6
La créativité comme activité de choix et de justification	6
Développer des usages autonomes, critiques et responsables des systèmes d'intelligence artificielle	6
L'apprentissage automatique : de l'analyse d'images à l'exploitation des données des capteurs	6
Le <i>vibe coding</i> : une nouvelle modalité de conception des ressources pédagogiques	7
L'appui de la recherche	9
1. Concevoir un environnement favorable à l'expression de la créativité	9
2. Structurer la démarche par l'ABC Learning Design	9
3. Expliciter les exigences cognitives avec la taxonomie de Bloom révisée	10
4. Du cadre théorique à l'expérimentation	10
APPORTS COMPLÉMENTAIRES DU NUMÉRIQUE	11
Jumeaux numériques	11
Modélisations	12
Cybersécurité et surveillance	14
Objets connectés	15
Réparabilité	18
BIBLIOGRAPHIE	19

INTRODUCTION

Le travail mené par les 6 académies engagées dans les TraAM 2025-2026 ont permis d'interroger la façon dont l'intégration raisonnée des technologies numériques enrichit et transforme la démarche de projet en technologie, depuis la formulation initiale du besoin jusqu'à la réalisation et la validation d'un objet ou système technique (OST).

La question n'est pas seulement de savoir quels outils numériques utiliser dans une démarche de projet, mais de *comprendre ce que leur intégration change dans l'activité des élèves*. Au fil des scénarios, le numérique intervient pour organiser le projet, partager des ressources, représenter des solutions, simuler des comportements, prototyper, tester et conserver la mémoire des productions. Il devient ainsi progressivement un environnement de conception dans lequel les élèves peuvent explorer plusieurs solutions, les confronter, les modifier et les justifier.

De nouveaux usages des systèmes d'IA générative ont été investis sous deux perspectives complémentaires : d'une part comme objet d'étude et d'apprentissage pour l'élève (entraînement de modèles de reconnaissance de gestes par exemple), et d'autre part comme outil d'ingénierie pédagogique pour l'enseignant. La pratique du *vibe coding* (« programmation au ressenti ») est une technique de programmation utilisant l'intelligence artificielle générative pour écrire du code informatique. Elle est mobilisée par le professeur pour concevoir ou adapter sur mesure des bases applicatives interactives (simulateurs par exemple) que les élèves vont ensuite explorer et analyser.

Cette évolution conduit à interroger plus particulièrement la place de la créativité. En technologie, celle-ci ne se réduit ni à l'originalité d'une production ni à la génération spontanée d'idées. Elle se construit dans une démarche contrainte par un besoin, des exigences et des possibilités techniques ; elle repose sur une succession d'opérations : rechercher, imaginer, représenter, expérimenter, choisir, réaliser et améliorer. Les outils numériques peuvent soutenir chacune de ces tâches, à condition que leur usage soit pensé en fonction des apprentissages visés.

Les six académies engagées dans les TraAM 2025-2026 explorent ainsi différentes manières de faire du numérique un levier de collaboration, de créativité dans le but de construire une culture technologique. Leurs travaux invitent notamment à distinguer l'outil numérique de l'activité qu'il rend possible : ce n'est pas la modélisation 3D, les systèmes d'intelligence artificielle ou la simulation qui rendent à elles seules l'élève créatif, mais les situations de recherche, de comparaison, d'itération et de justification qu'elles permettent d'installer dans la démarche de projet.

DÉMARCHE DE PROJET ET CRÉATIVITÉ

Les travaux académiques montrent que les outils numériques ne sont pas seulement mobilisés pour concevoir ou programmer les OST : ils peuvent également structurer la gestion et le pilotage du projet.

Le numérique au service de la gestion et du pilotage du projet

Plusieurs scénarios utilisent un tableau de type Kanban pour permettre aux élèves de répartir les tâches, de suivre leur avancement et de visualiser l'état du travail collectif. Dans le projet intitulé « [Créer une boîte poétique et interactive](#) » de l'académie de Rennes, l'outil [kanban Collège](#) permet de répondre précisément aux besoins de la gestion et au pilotage de leur projet en technologie. Sa conception, fondée sur une organisation visuelle des tâches et de leur progression, permet de l'adapter à d'autres actions pédagogiques et à différents contextes de travail collaboratif.

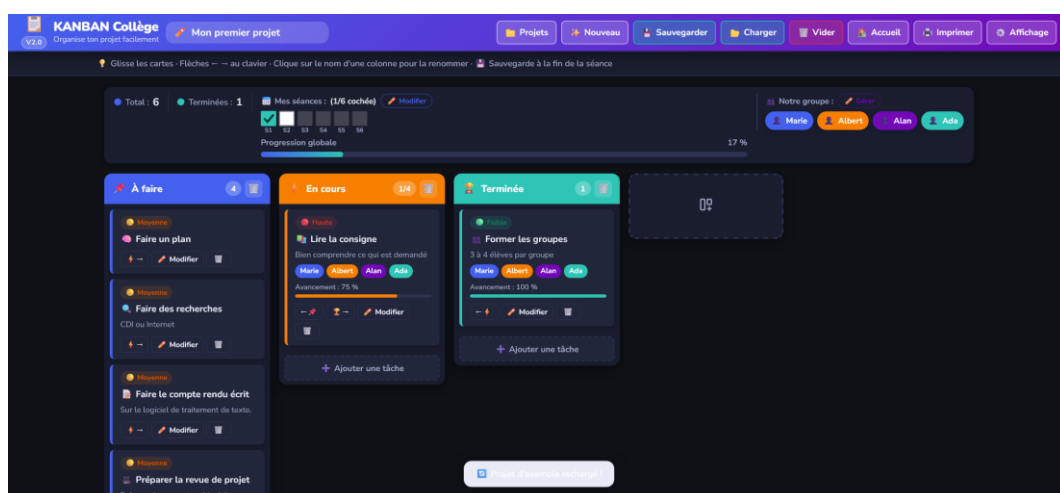


Figure 2 : Application Kanban développée par l'académie de Rennes disponible librement sur la Forge des communs numériques éducatifs

Orchestrer le projet par jalons

Les équipes de Clermont-Ferrand, Rennes et Toulouse, utilisent Éléa¹ pour structurer la démarche en jalons successifs, depuis l'analyse du besoin jusqu'aux productions intermédiaires et à la revue de projet. La plateforme devient alors un espace de guidage, de dépôt et de suivi plutôt qu'un simple outil de dépôt de ressources ou d'exercices.

Modifier la posture des enseignants

Pour les enseignants, l'outil [Éléa](#) modifie également la modalité d'accompagnement : libérés d'une transmission linéaire et répétitive des consignes, ils disposent d'un outil de suivi des productions ce qui leur permettent d'apporter un étayage là où les groupes en manifestent le besoin.

¹ Éléa est un commun numérique développé par la direction du numérique pour l'éducation (DNE). Il s'agit d'une plateforme d'apprentissage en ligne spécifiquement adaptée aux exigences de l'enseignement du premier et du second degré directement accessible par les élèves depuis leur ENT. Conçue pour dépasser la simple fonction de dépôt documentaire ou de support d'exercices isolés, la plateforme permet aux enseignants de concevoir et de déployer des parcours pédagogiques scénarisés. Elle offre la possibilité d'orchestrer les apprentissages par étapes, d'assurer un suivi précis de la progression des élèves et de centraliser les différentes phases d'un projet.

Conserver la mémoire du projet

Les scénarios de l'académie de Toulouse s'appuient également sur un service de stockage en ligne et l'ENT pour conserver la mémoire des actions réalisées : le cahier des charges, les ressources documentaires mises à disposition des élèves, les productions intermédiaires comme les croquis ainsi que les revues de projet sont constamment accessibles à l'ensemble des membres du groupe. Cette centralisation renforce la cohésion de l'équipe et l'engagement des élèves, qui peuvent prolonger, co-éditer et réguler leur travail de manière synchrone ou asynchrone, en classe comme en dehors et facilite ainsi les échanges dans le cadre d'un programme interdisciplinaire.

Enfin, certaines équipes explorent l'usage de l'IA générative comme outil d'aide à la planification : dans les scénarios de Dijon et de Mayotte, elle est sollicitée pour décomposer une problématique en sous-tâches ou proposer une première organisation du projet.

Le recours à Éléa et à des espaces partagés peut transformer les modalités de travail en classe en mobilisant l'expertise de l'enseignant au service du développement de l'autonomie des élèves. Ces environnements offrent un cadre structurant pour planifier les tâches, formaliser la démarche de conception et s'approprier les étapes du projet. Côté enseignant, ils constituent un véritable outil de pilotage pour superviser l'avancement des groupes, centraliser les productions et ajuster l'accompagnement pédagogique.

Le numérique au service de la créativité

Les travaux conduits montrent d'abord que proposer aux élèves un projet ouvert, sans solution imposée, ne suffit pas à développer leur créativité. Pour pouvoir imaginer et faire émerger des solutions originales, ils ont besoin d'un cadre qui leur donne du temps pour explorer, de ressources pour nourrir leur réflexion et d'un accompagnement leur permettant de confronter et de faire évoluer leurs idées.

Une créativité qui se construit dans un cadre ouvert

Laisser une marge sur les choix à opérer suppose de construire un cadre suffisamment sécurisant pour que les élèves osent proposer, essayer et se tromper. Par exemple, dans le [projet intitulé « Créer une boîte poétique et interactive »](#) de l'académie de Rennes, les élèves sont ainsi invités à imaginer individuellement des solutions avant de confronter leurs propositions au sein du groupe. Les expérimentations en classe soulignent cependant que l'absence de solution unique et le caractère ouvert dudit projet peuvent déstabiliser certains élèves, notamment ceux qui craignent de se tromper. La créativité nécessite des temps de recherche, de divergence et de confrontation, mais également des connaissances et des ressources techniques permettant aux élèves d'envisager différentes solutions.

Le numérique comme ressource pour élargir l'espace des possibles

Les outils numériques ne se limitent pas à faciliter l'accès à l'information mais peuvent contribuer à élargir l'espace des solutions techniques envisageables. La recherche d'information, l'exploration de nouvelles applications techniques ou encore l'utilisation d'outils basés sur l'intelligence artificielle amènent les élèves à découvrir des possibilités susceptibles de nourrir leur réflexion. Le numérique constitue ainsi une source

d'inspiration, en élargissant considérablement les solutions techniques possibles pour la conception.

De la génération de propositions à l'activité de conception

L'usage de l'intelligence artificielle générative dans les TraAM fait apparaître une autre tendance : les élèves peuvent désormais obtenir rapidement plusieurs propositions à partir d'une même intention et les soumettre à leur propre analyse. Les élèves peuvent comparer les résultats produits par un moteur de recherche et par une IA générative, puis confronter les réponses de plusieurs modèles à partir d'un même *prompt*. Il ne s'agit pas d'apprendre à obtenir une « bonne réponse » de l'IA, mais de savoir explorer, comparer, sélectionner, transformer et argumenter à partir de propositions générées. Le travail de « sculptage » de l'instruction générative participe lui-même à cette construction : en précisant le rôle, la tâche, le contexte et le format attendus, l'élève est amené à expliciter son intention et à mieux caractériser le résultat recherché.

Une créativité qui s'appuie sur le développement d'une culture technologique

Les expérimentations montrent également que les connaissances et savoir-faire constituent des ressources pour imaginer des solutions. Dans le scénario de l'académie de Rennes, l'entraînement d'un modèle de *machine learning* à partir des données produites par l'accéléromètre intégré à la carte de programmation permet aux élèves de comprendre comment un geste peut être capté, transformé en données, classifié puis utilisé pour déclencher une action. L'apprentissage d'une technologie nouvelle ne constitue donc pas seulement un objectif en soi : il enrichit progressivement la culture technologique des élèves tout au long de leur cursus.

La créativité comme activité de choix et de justification

Les expérimentations soulignent également une dimension collective de la créativité. Les élèves proposent individuellement des solutions, mais celles-ci doivent ensuite être confrontées et argumentées au sein du groupe. Les enseignants observent que cette dynamique favorise l'engagement et la mobilisation de leurs appétences et de compétences différentes. La créativité en technologie apparaît ainsi comme une activité qui ne consiste pas seulement à produire des idées, mais également à savoir les expliciter, les comparer à d'autres, à accepter de les modifier et justifier les choix finalement retenus.

Ces séquences invitent toutefois à relativiser l'idée selon laquelle l'utilisation d'un outil numérique suffirait à développer la créativité. Les difficultés rencontrées par les équipes notamment la peur de se tromper, la difficulté à proposer lorsqu'il n'existe pas de solution unique ou encore l'écart entre certaines idées et les possibilités techniques réellement disponibles montrent que l'outil ne produit pas intrinsèquement un environnement créatif. L'enjeu de l'utilisation du numérique vise donc à identifier les moments dans la démarche de conception où leur utilisation permet effectivement de faire émerger, d'explorer, de représenter, de tester ou de transformer les idées des élèves plutôt que de multiplier les outils utilisés. La poursuite des travaux sur l'année scolaire 2026-2027 permettra d'affiner l'évaluation de leur réelle plus-value pédagogique.

Développer des usages autonomes, critiques et responsables des systèmes d'intelligence artificielle

Les travaux académiques ont également conduit à l'expérimentation de nouveaux usages de l'intelligence artificielle générative et de l'apprentissage automatique.

L'apprentissage automatique : de l'analyse d'images à l'exploitation des données des capteurs

Les expérimentations menées mettent en évidence une évolution des usages pédagogiques de l'apprentissage automatique. Jusqu'à présent, les activités mobilisant l'apprentissage automatique reposaient très largement sur des données issues de caméras permettant d'entraîner le modèle pour effectuer de la reconnaissance d'images. Les séquences menées dans le cadre des TraAM 2025-2026 élargissent aujourd'hui cette approche en exploitant les données produites par d'autres capteurs et notamment les capteurs de mouvement.

Cette évolution s'appuie notamment sur les possibilités techniques offertes par les plateformes pédagogiques, qui facilitent la collecte et l'exploitation de données issues de différents types de capteurs et permettent ainsi d'élargir les situations dans lesquelles les élèves peuvent expérimenter l'apprentissage automatique. Des environnements tels que celui proposé par Vittascience permettent désormais de travailler directement avec les données produites par les capteurs intégrés à une carte programmable et de les utiliser pour entraîner un modèle. La [séquence produite par l'académie de Nancy-Metz](#) guide les élèves pour répondre à la problématique : « Comment utiliser l'intelligence artificielle pour améliorer ses performances sportives et aider à se sentir en forme ? ». Les élèves utilisent ainsi l'accéléromètre d'une carte de programmation pour enregistrer différents mouvements. Les données recueillies sont organisées en catégories correspondant aux situations que le modèle devra reconnaître, puis utilisées pour son entraînement.

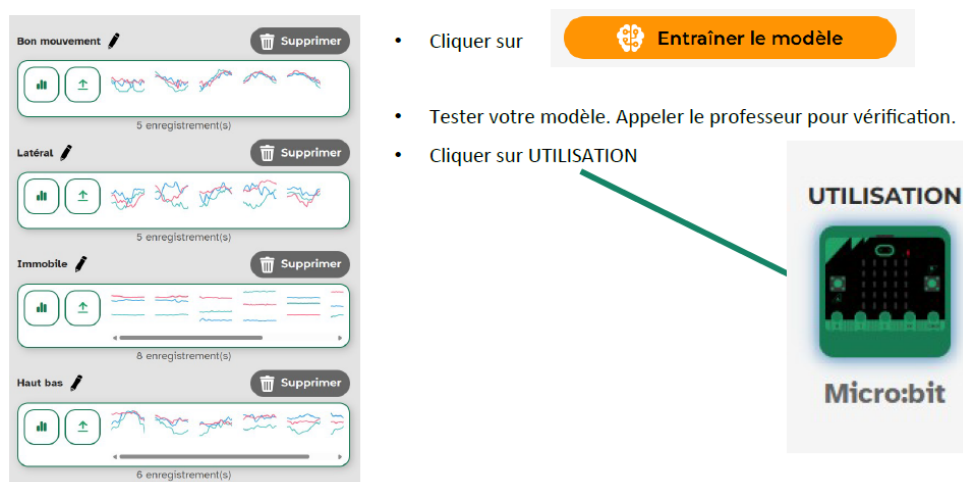


Figure 3 : Entraînement d'un modèle d'apprentissage automatique à partir de données de capteur

Cette approche permet de faire appréhender aux élèves une chaîne de traitement particulièrement caractéristique des systèmes techniques intégrant de l'IA : acquérir des données, les exploiter pour

entraîner un modèle, produire une prédiction et utiliser cette prédiction dans le fonctionnement du système. Dans le scénario étudié, le modèle est testé puis mobilisé lors de la programmation de la carte. Une seconde carte peut alors recevoir l'information produite et la restituer à l'utilisateur.

Cette démarche rend particulièrement concrète la question de la qualité et de la quantité des données. Une classification efficace reposant sur un corpus d'exemples à la fois fiables et en nombre suffisant ; les élèves observent directement que la capacité du modèle à distinguer correctement les situations dépend des données fournies lors de son apprentissage. La collecte, le volume et la sélection de ces données deviennent alors eux-mêmes des objets d'apprentissage : les élèves découvrent qu'un modèle ne « comprend » pas le phénomène observé, mais construit une capacité de prédiction à partir des données transmises. Le scénario amène les élèves à identifier le rôle des données numériques dans la réalisation de prédictions et dans la prise de décision.

Par ailleurs, une expérimentation engagée par l'Académie de Dijon explore un scénario de conception assistée par intelligence artificielle générative appliqué à la modélisation 3D. Les élèves réalisent tout d'abord un croquis d'une pièce correspondant à un besoin défini dans le cadre de la fabrication d'un prototype. Ce croquis est ensuite transmis par l'enseignant à une IA générative, qui en propose une modélisation tridimensionnelle exploitable dans un environnement de conception assistée par ordinateur. Les élèves comparent alors le modèle généré avec leur intention initiale, identifient les écarts éventuels et ajustent leur conception afin d'obtenir une pièce conforme au cahier des charges.

Le *vibe coding* : une nouvelle modalité de conception des ressources pédagogiques

Les travaux académiques ont permis de recourir au *vibe coding*, approche de développement assistée par un système d'intelligence artificielle générative. L'enseignant décrit en langage naturel les fonctionnalités et les usages attendus d'une application, puis « dialogue » avec l'IA pour faire évoluer progressivement la solution proposée. Cette démarche permet ainsi de concevoir et d'adapter rapidement des applications interactives répondant à des besoins pédagogiques spécifiques, sans nécessiter une expertise approfondie en programmation.

Les résultats illustrent concrètement cette possibilité. L'équipe de l'académie de Toulouse a ainsi développé une application interactive (voir infra) permettant aux élèves d'explorer le fonctionnement d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) dans le projet « [jeu vidéo](#) ». L'application permet de modifier directement les bits d'une valeur binaire et d'observer simultanément sa correspondance en valeur décimale et en tension. Elle propose également de saisir une tension comprise entre 0 et 5 V afin d'obtenir la valeur numérique correspondante. Dans l'exemple présenté, l'outil met en évidence le fonctionnement d'un CAN 10 bits, et permet ainsi de mettre en relation grandeur physique, conversion, représentation binaire et valeur numérique.

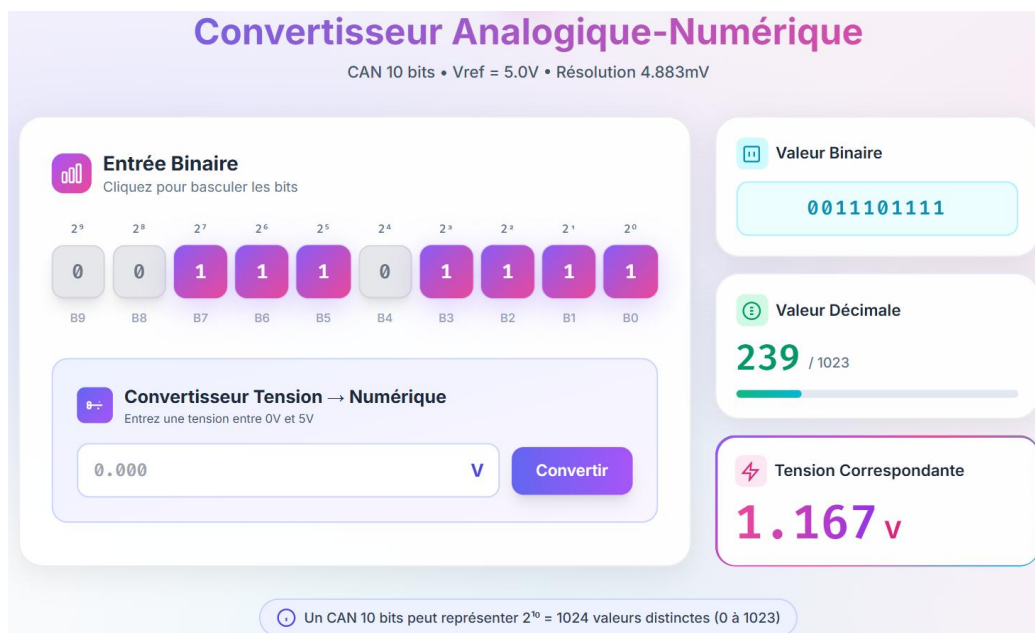


Figure 4 : Une application développée par l'équipe TraAM de Toulouse pour simuler le fonctionnement d'un convertisseur analogique-numérique. L'outil permet de manipuler une valeur binaire, d'observer sa conversion décimale et de mettre en relation cette valeur avec la tension correspondante.

Cet exemple montre l'intérêt du *vibe coding* pour produire des ressources spécifiquement adaptées à une notion ou à une situation d'apprentissage. L'enseignant ne se limite pas à sélectionner une ressource existante : il peut concevoir un outil répondant précisément au besoin pédagogique situé, en choisissant les fonctionnalités, les informations affichées et les interactions proposées aux élèves.

Cette pratique ne se limite toutefois pas à la génération de code. Elle transforme progressivement la manière dont les enseignants conçoivent leurs ressources numériques : il s'agit d'explicitier un besoin, formuler des consignes précises, analyser les propositions de l'IA, tester les fonctionnalités, identifier les erreurs ou limites, puis itérer jusqu'à obtenir une solution adaptée. Le rôle de l'enseignant demeure ainsi central dans la conception, la validation et l'évaluation critique de la production pour qu'elle soit en adéquation avec l'objectif d'apprentissage visé.

L'appui de la recherche

L'intérêt d'un dialogue entre les pratiques pédagogiques, les travaux de recherche et les cadres de conception pédagogique apporte des éclairages potentiellement féconds même si cet adossement ne garantit pas à lui seul l'efficacité d'une séquence mais permet en revanche de mieux identifier les processus cognitifs et pédagogiques mobilisés et de construire des modalités d'observation et d'évaluation adaptées.

Cela prend une dimension particulière dans le travail conduit par l'académie de Rennes autour du développement de la créativité des élèves. L'équipe TraAM s'est appuyée sur les travaux de Maud Besançon, professeure des universités en psychologie différentielle à l'université Rennes 2, dont les recherches portent notamment sur les facteurs cognitifs, conatifs (qui se rapporte à la volonté, au passage à l'action et à l'effort vers un but) et environnementaux susceptibles d'influencer l'expression du potentiel créatif. Sa [thèse](#) porte notamment sur le développement de la créativité et sur l'influence de l'environnement scolaire, du raisonnement logique et de l'inhibition cognitive.

1. Concevoir un environnement favorable à l'expression de la créativité

Les travaux de Maud Besançon mettent en évidence l'importance conjointe de facteurs cognitifs, motivationnels et environnementaux dans l'expression du potentiel créatif. Cette perspective a conduit l'équipe de Rennes à concevoir un projet dans lequel les élèves disposent d'un espace de choix et de recherche : la « Boîte poétique et interactive » doit répondre à un cahier des charges, mais les élèves peuvent proposer et argumenter leurs propres solutions. Le retour d'expérimentation fait état d'une motivation importante associée au choix laissé dans la création. Les élèves argumentent leurs choix, se répartissent les tâches et s'entraident selon leurs appétences.

L'OCDE définit la pensée créative comme la capacité à générer des idées diverses et originales, mais aussi à les évaluer et à les améliorer. Le projet ouvert et collaboratif ne constitue donc pas simplement un contexte permettant aux élèves de laisser libre cours à leur créativité. Il crée des conditions dans lesquelles ils peuvent émettre plusieurs propositions, les confronter à des contraintes, argumenter leurs choix et faire évoluer leurs solutions. La créativité est ainsi envisagée comme une activité de conception et de résolution de problème, plutôt que comme la seule production d'idées originales.

2. Structurer la démarche par l'ABC Learning Design

Pour éviter que l'utilisation des technologies numériques ne se réduise à une succession de manipulations techniques, l'équipe de Rennes s'est également appuyée sur la démarche ABC Learning Design, développée à l'University College London.

ABC Learning Design est une méthode de conception pédagogique qui permet de représenter la progression d'une séquence sous la forme d'un scénario articulant six types d'activités d'apprentissage : acquisition, discussion, investigation, collaboration, pratique et production. L'objectif est de réfléchir d'abord aux activités nécessaires aux apprentissages visés, puis d'identifier les outils et technologies susceptibles de les soutenir.

Dans le scénario de Rennes, cette logique permet notamment d'articuler :

- l'acquisition qui correspond à l'appropriation de connaissances sur les systèmes techniques, les données et l'intelligence artificielle ;
- l'investigation par l'exploration du fonctionnement des capteurs, des données produites et des possibilités offertes par les outils numériques ;
- les discussions et la collaboration qui se traduisent par des échanges au sein des groupes, la confrontation des propositions et la construction collective des choix ;
- la pratique en programmant, modélisant, collectant de données et en entraînant d'un modèle d'apprentissage automatique ;
- la production par la réalisation et la présentation d'une boîte poétique et interactive.

L'intérêt de cette approche est de déplacer la question de la technologie vers l'activité d'apprentissage : l'outil numérique n'est pas le point de départ de la scénarisation ; il est choisi en fonction de l'activité cognitive, collaborative ou productive que l'on souhaite faire réaliser aux élèves.

3. Expliciter les exigences cognitives avec la taxonomie de Bloom révisée

L'équipe de Rennes s'est également appuyée sur la taxonomie de Bloom révisée d'Anderson et Krathwohl pour différencier et structurer les apprentissages.

La version révisée de cette taxonomie distingue six processus cognitifs : mémoriser, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer, auxquels est associée une seconde dimension portant sur les types de connaissances : factuelles, conceptuelles, procédurales et métacognitives.

Dans une démarche de projet en technologie, cette grille peut aider à expliciter la progression des exigences cognitives. L'élève peut ainsi être amené à :

- comprendre le fonctionnement d'un système technique et le rôle des différents composants ;
- analyser les données produites et le comportement du système ;
- évaluer différentes solutions au regard des contraintes et des résultats obtenus ;
- créer une solution technique originale répondant au besoin identifié.

Cette taxonomie constitue avant tout un outil d'explicitation des objectifs cognitifs et d'alignement entre apprentissages, activités et évaluation.

4. Du cadre théorique à l'expérimentation

L'intérêt de l'approche réside dans l'articulation de ces différents aspects : un cadre de recherche sur la créativité, un modèle de conception pédagogique et un outil d'explicitation des exigences cognitives. Cette articulation permet de concevoir les usages du numérique à partir des apprentissages recherchés plutôt que de partir des possibilités techniques des outils. Dans la séquence expérimentée, la modélisation 3D, la programmation, la collecte de données, l'entraînement d'un modèle d'IA ou encore l'outil de gestion de projet prennent place dans une démarche plus large de recherche, de choix, de production, d'évaluation et d'amélioration.

Cette démarche doit toutefois être distinguée d'une démonstration scientifique de l'efficacité du dispositif. L'équipe précise elle-même qu'il s'agit d'une première version du scénario, appelée à évoluer et à être enrichie par les retours de la chercheuse après des observations en classe. Le lien avec la recherche constitue donc ici un processus itératif de conception et d'analyse mais n'est pas une validation définitive de la séquence. Cette distinction est particulièrement importante lorsqu'il s'agit d'introduire des technologies telles que l'intelligence artificielle. Les travaux récents de l'OCDE soulignent que l'utilisation d'une IA générative généraliste peut améliorer la performance des élèves dans la réalisation d'une tâche sans produire nécessairement de gains d'apprentissage. Les effets sur les apprentissages dépendent notamment de la manière dont l'outil est intégré à la situation pédagogique et de l'effort cognitif qu'il laisse à la charge de l'élève. Les bénéfices apparaissent davantage lorsque l'usage est associé à une intention pédagogique explicite et à des activités qui maintiennent l'élève dans une démarche de réflexion, d'argumentation, d'évaluation et de régulation de son activité. L'adossement à la recherche permet de recentrer une problématique récurrente : Il s'agit effectivement d'envisager non seulement quels outils numériques peuvent être intégrés dans une séquence, mais aussi quelles pratiques pédagogiques elles favorisent, et sous quelles conditions ces activités facilitent réellement les apprentissages attendus.

APPORTS COMPLÉMENTAIRES DU NUMÉRIQUE

Cette partie présente d'autres scénarios pédagogiques élaborés dans le cadre des TraAM et met en lumière pour chacun d'eux, des apports du numérique au regard des activités proposées et des compétences visées.

Jumeaux numériques

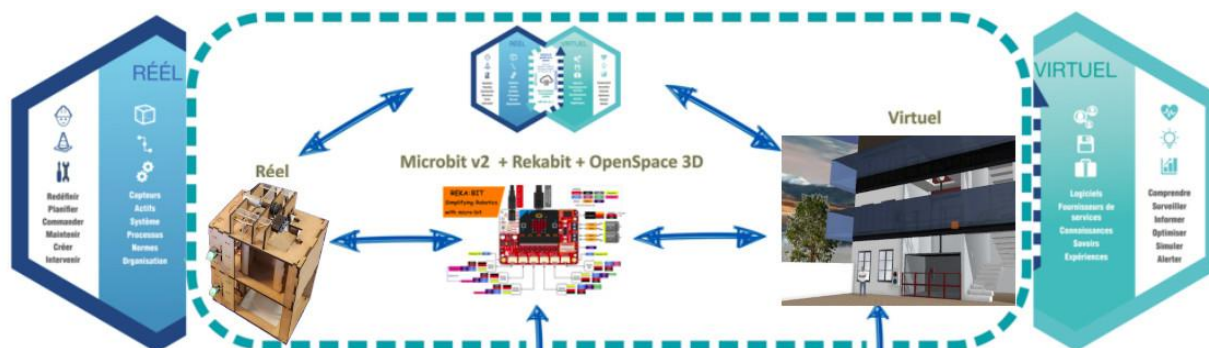


Figure 5 : Le jumeau numérique : expérimenter entre réel et virtuel

La séquence « [Jumeau numérique et ascenseur urbain](#) » (académie de Clermont-Ferrand) engage les élèves dans une démarche de projet centrée sur un objet qu'il serait impossible de prototyper à l'échelle 1. La gestion de ce projet s'appuie sur la plateforme Éléa pour structurer les différentes étapes du travail de groupe. Les élèves découvrent d'abord le système, puis conçoivent, fabriquent et programment la cabine d'une maquette homothétique. Si cette maquette physique permet de valider le principe de fonctionnement global, elle présente néanmoins des limites matérielles (absence de prise en compte des déformations de structure, des contraintes d'échelle ou des efforts réels). C'est précisément là que réside l'intérêt du jumeau numérique : en reliant la maquette physique à un modèle virtuel prédictif, les élèves expérimentent une véritable démarche d'ingénierie. Cette complémentarité entre le réel et le virtuel leur permet de simuler le comportement de l'ouvrage à échelle réelle et d'analyser des phénomènes physiques inaccessibles sur le seul prototype réduit.

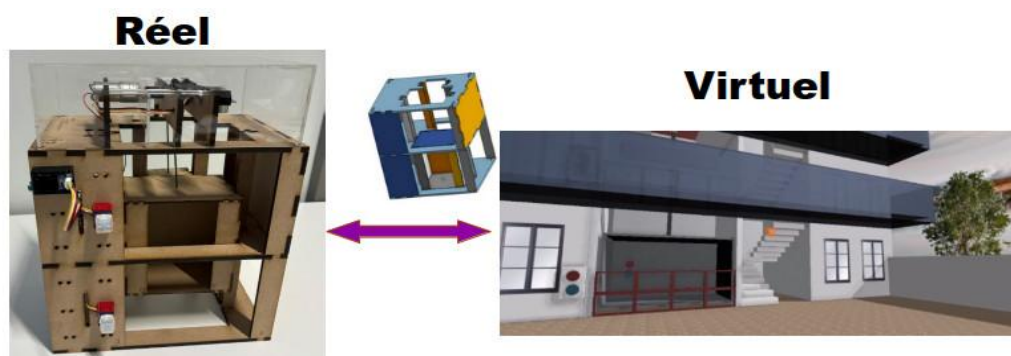


Figure 6 : Dans un jumeau numérique, l'ascenseur et son modèle virtuel s'échangent des données pour refléter exactement leur état actuel

L'utilisation de la plateforme Éléa permet aux groupes d'avancer dans le projet en autonomie, de retrouver facilement les ressources et de déposer leur travail simplement. Elle permet également à l'enseignant de suivre le travail de chaque groupe. L'utilisation d'un jumeau numérique dans ce projet permet de faire découvrir aux élèves la comparaison entre le comportement réel de la maquette et sa modélisation virtuelle.

Modélisations

La séquence « [Comment informer le coureur pendant un test VMA ?](#) » menée dans l'académie de Dijon invite les élèves à ajouter un signal lumineux au signal sonore existant à un dispositif d'accompagnement à la vitesse maximale aérobie (VMA).

Dans une démarche de projet, les élèves passent par la planification des tâches de l'équipe, la conception des différentes pièces (pied, bouchon, support), la modélisation 3D à partir d'un cahier des charges, la fabrication des pièces par impression 3D, la découpe ou l'usinage, la programmation du système, son assemblage et le test du prototype. Chaque équipe présente oralement son projet devant la classe à l'aide d'un diaporama.

Dans ce scénario, les élèves utilisent l'IA générative comme outil de travail à part entière, aussi bien pour proposer une répartition des tâches à partir d'un *prompt* qu'ils rédigent eux-mêmes, que pour générer un programme JavaScript qu'ils testent, corrigent et améliorent de manière itérative. La présentation orale soutenue par le diaporama permet de structurer la restitution de leur démarche, de développer leurs compétences en expression orale et en argumentation et de les préparer aux exigences des épreuves orales de fin de cycle 4.



Figure 7 : Modèle 3D du dispositif d'accompagnement à la VMA conçu par l'équipe TraAM de l'académie de Dijon

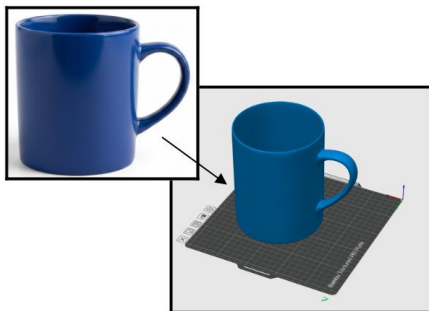


Figure 8 : Utilisation de Meshi.AI par l'enseignant

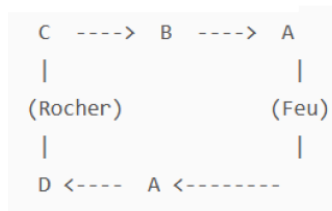
Le projet « [Comment sécuriser le franchissement d'un obstacle de manière autonome ?](#) » s'appuie quant à lui sur l'étude d'une borne de chantier lumineuse pour faire vivre aux élèves de 5^e un processus complet, de l'analyse du besoin à la programmation. Côté élève, le travail s'articule en plusieurs temps : identifier la chaîne d'énergie et les fonctions techniques de l'objet, diagnostiquer une panne et réaliser une réparation à partir d'un protocole fourni, choisir un matériau adapté en croisant contraintes techniques et enjeux de développement durable, concevoir et fabriquer une pièce sur mesure, puis assembler une modélisation 3D et l'imprimer pour améliorer la stabilité de la borne, avant de programmer

par blocs le fonctionnement des feux tricolores.

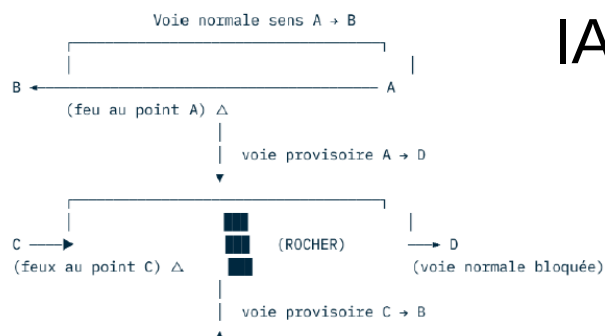
Lors de l'étape de modélisation 3D, l'enseignant présente aux élèves un exemple réalisé à l'aide de l'IA générative sans pratique directe par les élèves, conformément au [cadre d'usage de l'IA](#) qui recommande une prise en main à partir de la classe de 4^e.

Développée par le même groupe TraAM de l'académie de Dijon, la séquence de 3^e « [Comment gérer le flux de voiture lors du passage d'un obstacle ?](#) » s'articule autour d'une situation déclenchante concrète liée à un problème de circulation routière, où un rocher bloque une route nationale et impose la création d'un itinéraire de contournement balisé par des feux de chantier (voir infra).

IAG 1



IAG 2



IAG 3

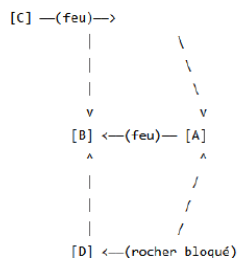


Figure 9 : Réponses des différentes interfaces d'IA génératives au problème posé

Dans la première activité, les élèves analysent et critiquent les propositions de modélisation visuelle générées par différents systèmes pour mettre en évidence les limites de ces outils face à la logique spatiale et à la réalité d'un aménagement de chantier.



Figure 10 : Plateau d'expérimentations et de mesures des temps de trajets des véhicules

Dans la deuxième activité, les élèves fournissent des données mesurées sur la maquette (temps de parcours pour un, deux ou trois véhicules) pour alimenter des instructions destinées au comparateur d'IA [Compar:IA](#). L'exercice vise à interroger des modèles d'IA pour déterminer la table des temps de feux idéale permettant d'éviter la formation de bouchon, tout en mesurant l'impact énergétique et les émissions de CO2 associés.

Cette expérimentation menée par les enseignants souligne les limites rencontrées sur le terrain : elle n'a pas permis d'aboutir à un modèle d'IA pleinement satisfaisant pour réguler la circulation de manière optimale. Ce scénario ne se présente pas comme une ressource « clé en main », mais constitue une tentative

d'intégration de l'apprentissage automatique appliqué à des contraintes physiques réelles et un précieux support de réflexion sur les potentialités et les biais de l'IA générative dans la discipline.

Cybersécurité et surveillance

La situation d'apprentissage « [Comment les données peuvent-elles être interceptées dans un réseau Wi-Fi ?](#) » (académie de Nancy-Metz) propose une situation déclenchante concrète pour aborder les enjeux de la cybersécurité à travers des défis. Chaque équipe programme une serrure connectée protégée par un code secret et autorise un îlot partenaire à l'ouvrir, avant de jouer à tour de rôle l'espion chargé d'intercepter les échanges Wi-Fi pour tenter de retrouver un code qui ne lui est pas destiné. Les élèves configurent une carte programmable en station wifi à l'aide d'un environnement de programmation par blocs, puis développent successivement les programmes permettant d'envoyer un message chiffré à une adresse IP donnée, de le recevoir, et enfin d'intercepter l'ensemble des trames circulant sur le réseau pendant une période donnée. Ils sont ensuite amenés à décortiquer la structure d'une trame wifi (adresses MAC, adresses IP en hexadécimal, en-têtes et message) et à convertir des adresses IP de l'hexadécimal au décimal pour identifier l'expéditeur et le destinataire d'un message intercepté. Cette séquence, qui articule expérimentations, programmation par blocs et manipulation de données réelles circulant sur le réseau, rend concrètes et observables les notions de flux d'information et de vulnérabilité des communications sans fil. Elle contribue ainsi au développement d'une culture numérique, et de sensibiliser aux enjeux de sécurité des données, en cohérence avec les attendus du CRCN.



Figure 11 : « Invite only », [unDraw](#)

Dans « [Comment utiliser l'intelligence artificielle pour améliorer ses performances sportives et aider à se sentir en forme ?](#) », les élèves étudient d'abord une montre connectée pour comprendre comment un système technique collecte des informations sur l'activité physique. Ils programment ensuite une carte associée à un capteur de pulsation cardiaque et à un écran LCD, afin d'afficher en temps réel le rythme cardiaque mesuré. Dans un second temps, ils utilisent une carte de programmation pour compter et enregistrer le nombre de tours de corde réalisés lors d'un exercice physique, puis exportent ces données vers un tableur pour les représenter sous forme de courbe et comparer les performances. Enfin, les élèves entraînent un modèle d'apprentissage à reconnaître différents mouvements à partir de données de capteurs, puis programment deux cartes communiquant par radio pour que l'une analyse le geste du sportif et que l'autre lui donne un retour immédiat sur la qualité de son mouvement.

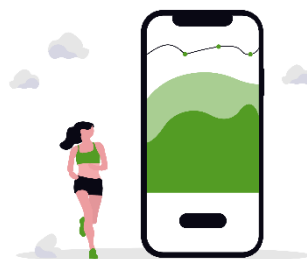


Figure 12 : « Fitness tracker », [unDraw](#)

Dans cette séquence, les élèves peuvent expérimenter concrètement la relation entre les données fournies au modèle et la qualité de ses résultats. Ils produisent eux-mêmes les données d'apprentissage, puis observent le comportement du modèle lors de la reconnaissance des mouvements. Ils peuvent ainsi comprendre qu'un modèle n'apprend qu'à partir des exemples qui lui sont fournis et que la quantité, la diversité, la pertinence et la qualité des données collectées influencent sa capacité à reconnaître correctement une situation nouvelle.

Cette activité permet de questionner les erreurs produites par le modèle. Une mauvaise reconnaissance peut conduire les élèves à s'interroger sur les données utilisées pour l'entraînement : sont-elles suffisamment nombreuses ? Suffisamment variées ? Représentatives des différents gestes ? Les conditions de collecte sont-elles adaptées ? Faut-il enrichir le jeu de données ou modifier la manière de collecter les informations ?

Ce temps pédagogique permet ainsi d'installer une démarche itérative : collecter des données, entraîner le modèle, tester, analyser les résultats, identifier les limites, enrichir les données et recommencer. Cela contribue également au développement d'une culture technologique et critique de l'IA, montrant que les performances d'un système d'intelligence artificielle sont liées à des choix humains et à la qualité des données qui ont servi à son apprentissage.

Objets connectés

La séquence toulousaine intitulée « [Comment piloter la main du Minotaure ?](#) » décrit une démarche de projet centrée sur l'étude, le pilotage et l'amélioration d'un système technique inspiré d'une machine de spectacle vivant : la main articulée du Minotaure Astérion (compagnie *La Machine*). À partir d'une maquette fonctionnelle, les élèves analysent la mission du système, identifient les fonctions et solutions techniques, puis caractérisent ses chaînes d'information et d'énergie. Ils testent ensuite le lien entre les valeurs d'entrée (signal analogique du *joystick*) et de sortie (angle du servomoteur), avant de construire une fonction de mappage permettant d'exploiter au mieux la course du capteur tout en respectant les limites mécaniques de la main. Dans un second temps, les élèves conçoivent une solution de pilotage alternative plus intuitive et sécurisée, à l'aide d'un capteur de flexion : ils prennent des mesures, modélisent en 3D des bagues adaptées à leur doigt et au capteur, les fabriquent par impression 3D, puis testent et programment la main.

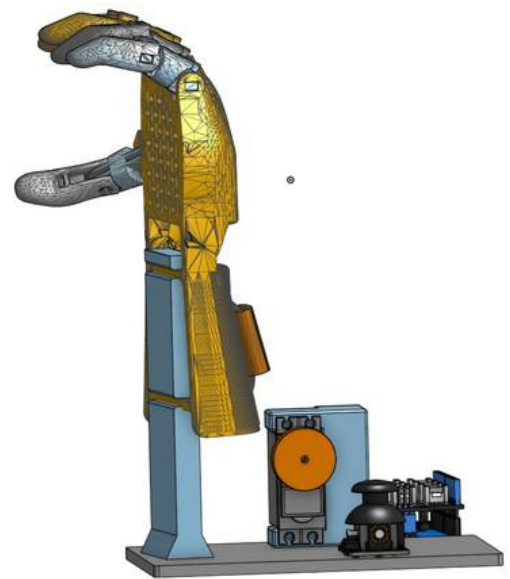


Figure 13 : Modèle 3D de la main du minotaure

Également conçu par l'académie de Toulouse, le projet « Jeu vidéo » s'articule en trois séquences et engage les élèves de 4^e dans la conception d'un système pluri-technologique. Il s'agit d'équiper des maquettes réelles de capteurs (vélo, skateboard, etc.) et de programmer l'interface humain/machine. En interagissant avec cette maquette réelle, le joueur agit directement sur l'environnement virtuel du jeu vidéo.

Dans la première partie, les élèves répondent à la problématique « [Comment organiser nos idées et notre projet ?](#) ». Pour cela, ils s'approprient le cahier des charges d'un jeu vidéo. Au cours du déroulé, un outil de planification collaboratif sur tableur au sein de l'ENT, enrichi de cellules conditionnelles, permet à l'équipe de répartir les tâches, de désigner des élèves ressources et de suivre l'avancement du projet en temps réel. L'utilisation d'un espace de stockage sécurisé par mot de passe et structuré par des profils d'accès constitue une pratique intéressante pour que les élèves puissent organiser leur travail.

Dans la deuxième partie, articulée autour de la question « [Comment développer mon jeu vidéo ?](#) », les élèves recherchent des images et des sons ou extraits musicaux en vérifiant les droits associés (choix des licences Creative Commons), tout en mesurant les implications juridiques du droit d'auteur. Le numérique joue un rôle central dans la modularité du projet : les élèves programment des parties indépendantes de leur jeu (gestion du joueur, des obstacles, des scores et des vies) puis exportent individuellement leurs lutins

sous forme de fichiers numériques pour les centraliser et les assembler dans le dossier collaboratif partagé.

Dans la troisième partie, les élèves abordent la problématique « [Comment adapter le programme Scratch pour le joystick ou les simulateurs ?](#) ». La plus-value du numérique réside dans l'expérimentation concrète de la chaîne d'information : à l'aide d'une interface programmable et d'un multimètre, ils mesurent un signal analogique issu d'un joystick ou d'un capteur d'inclinaison, puis analysent sa conversion en numérique sur 10 bits pour piloter les mouvements du joueur à l'écran. Enfin, la séquence élargit la perspective technologique en analysant l'évolution historique des supports de jeux (de la cartouche NES 8 bits jusqu'aux consoles connectées de dernière génération) et l'impact de l'évolution des valeurs numériques sur la puissance de calcul.

Autre contexte, celui de l'activité « [Mangeoire connectée](#) » au cours de laquelle l'élève découvre comment une mangeoire à oiseaux est devenue un objet connecté.

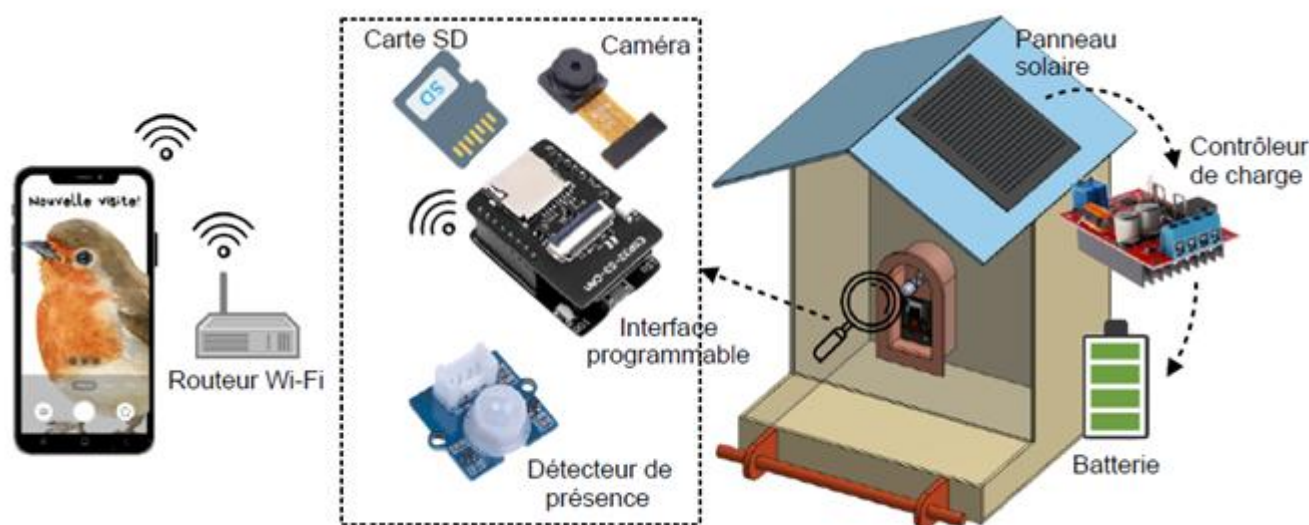


Figure 14 : Visualisation du dispositif

La première séance part d'une interrogation : « Quels sont les constituants ajoutés à la mangeoire connectée et comment fonctionnent-ils ? ». En observant une maquette (ou son modèle numérique), les élèves déterminent le besoin auquel répond l'objet par rapport à une mangeoire classique. Une frise interactive leur permet ensuite de repérer les inventions et innovations liées à la photographie, à l'informatique et aux réseaux, puis de compléter leur propre version. Ils terminent en listant, dans un document, les fonctions techniques attendues et les solutions techniques retenues.

La deuxième séance répond à la question : « Comment le système peut-il prendre automatiquement des photos ? ». Après avoir complété la chaîne d'information, les élèves programment le détecteur de présence pour simuler une prise de vue à l'arrivée d'un oiseau. Ils vérifient ensuite à l'aide d'une feuille de calcul que la carte mémoire offre une capacité suffisante selon la qualité et le nombre de prises de vues.

La dernière séance aborde enfin le problème de « Comment dimensionner l'alimentation en énergie de mon système ? ». Une fois la chaîne d'énergie complétée, les élèves calculent la capacité de batterie requise et comparent trois panneaux solaires (temps de recharge, dimensions). Ils choisissent enfin dans un catalogue un contrôleur de charge et une batterie, en justifiant chacun de leurs choix. Le numérique apporte ici une réelle plus-value. Grâce au *vibe coding*, l'enseignant conçoit une frise centrée uniquement

sur les fonctions et les inventions liées à l'objet étudié. Le tableur permet d'automatiser les calculs de stockage et d'énergie. L'élève construit lui-même ses formules.

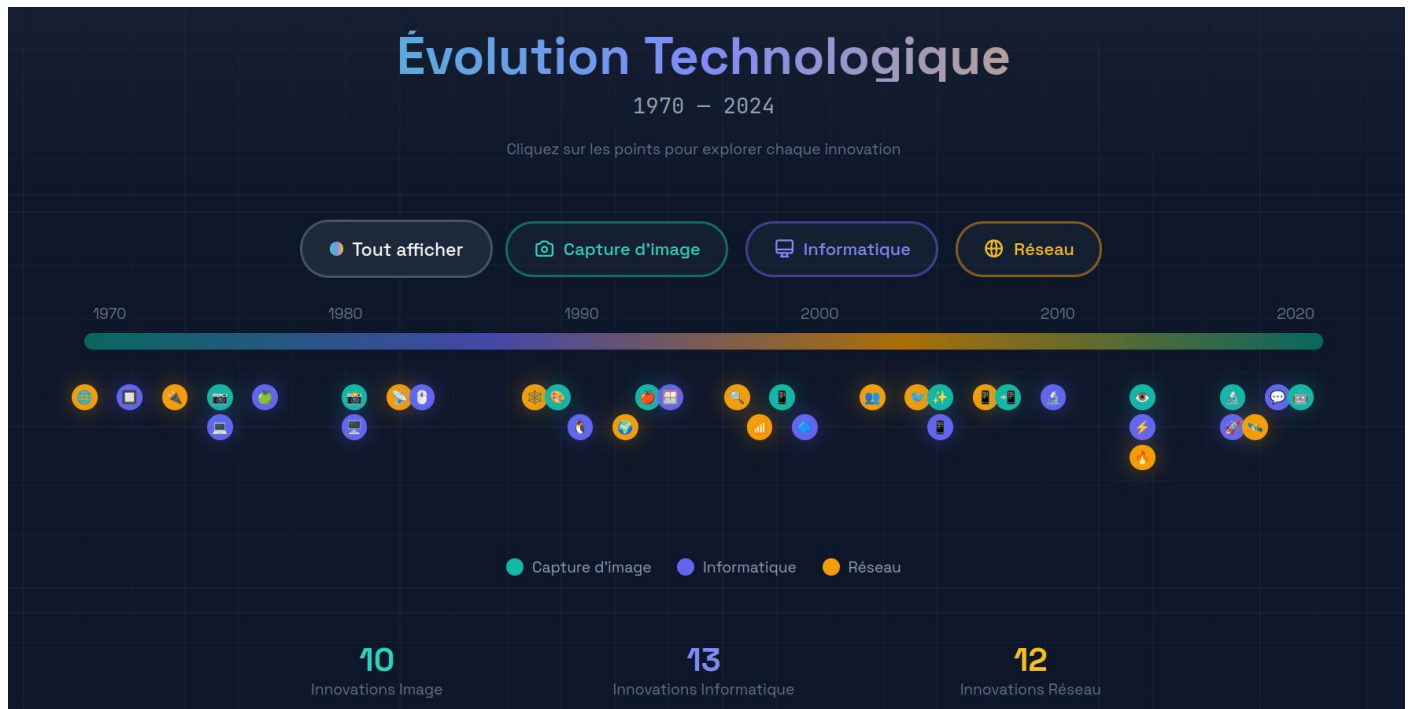


Figure 15 : Frise chronologique interactive conçue par l'académie de Toulouse

Une « Étude du robot-pompier Colossus » destinée aux élèves de 5^e engage un processus centré sur l'analyse et la compréhension d'un système automatisé réel utilisé en situation d'intervention. Les élèves y étudient le fonctionnement du robot Colossus à partir d'une vidéo et d'une documentation technique, en identifiant ses caractéristiques (résistance au feu, franchissement d'obstacles, étanchéité, autonomie, déplacement), ses composants (bouclier, lance à eau, caméras, batteries, moteurs et chaînes, phares) et leurs fonctions techniques associées.



Figure 16 : Shark Robotics, robot pompier Colossus, CC BY-SA 4.0 [Wikimedia Commons](#)

La séquence aborde ensuite le pilotage à distance : les élèves comparent différentes solutions de communication sans fil (RFID, Bluetooth, wifi, radiofréquence) et justifient le choix le plus adapté au robot Colossus, avant de mettre en œuvre concrètement une liaison Bluetooth entre une carte programmable émettrice (télécommande) et une carte réceptrice reliée à un robot pédagogique, en programmant l'envoi et la réception de commandes.

Dans un second temps, les élèves conçoivent un bouclier pour le robot, en proposant une ou plusieurs représentations cotées de la pièce à modéliser, avant de tester l'ensemble du dispositif sur un parcours simulant une intervention sur le parvis de Notre-Dame : le robot doit avancer dans la zone dangereuse, éclairer l'espace en présence de fumée, pousser les obstacles encombrant le passage, puis atteindre la zone d'intervention et allumer une lumière bleue pour simuler l'envoi d'eau.

Réparabilité

Dans cette séquence « [Comment utiliser l'intelligence artificielle de manière responsable pour aider à comprendre, réparer et améliorer des objets techniques ?](#) » (académie de Nancy-Metz), l'élève joue le rôle d'un technicien de service après-vente qui doit diagnostiquer, réparer puis valider le fonctionnement de deux objets techniques. L'IA générative l'accompagne tout du long, mais toujours avec un regard critique.

Dans la première séance, l'élève observe le système sans le démonter, remplit un tableau d'observations, puis photographie l'objet et le soumet à l'IA. Il compare les hypothèses de l'IA (batterie, interrupteur, moteur, engrenage, fil) avec ses propres constats, les classe en « probable / peu probable » et comprend que l'IA ne peut pas confirmer une panne sans test.

La deuxième séance permet de compléter la chaîne d'énergie et de demander à l'IA comment tester chaque élément. L'élève juge si les méthodes sont réalisables avec le matériel de la classe (multimètre, par exemple), les valide avec le professeur, puis réalise les tests et localise la panne.

Dans la troisième séance, l'élève interroge l'IA sur la méthode de réparation, les outils et les précautions à prendre. Il suit les étapes (démontage, remplacement ou réparation, remontage), note les difficultés rencontrées, puis vérifie le résultat et juge l'utilité des conseils de l'IA.

La dernière séance permet à l'élève de vérifier le fonctionnement du système réparé, de comparer les hypothèses de l'IA avec la panne réelle. Il compare ensuite réparer et remplacer selon quatre critères (coût, temps, déchets produits, impact sur l'environnement), puis explique dans quels cas l'IA est utile et pourquoi ses réponses doivent toujours être vérifiées.

Dans ce scénario, l'IA est utilisée avec différentes approches. Elle sert d'abord à formuler rapidement des hypothèses de panne à partir de photographies, puis à construire des protocoles de test et à rechercher une méthode de réparation, avec les outils et les précautions nécessaires. Elle devient ensuite un objet d'étude : en confrontant ses réponses aux mesures et aux manipulations, l'élève constate qu'elle propose des pistes mais ne peut ni tester ni démonter, et développe ainsi son esprit critique. Enfin, l'usage de l'IA s'inscrit dans une démarche de réparabilité et de développement durable : elle aide à réparer plutôt qu'à remplacer, à condition que le technicien vérifie et valide toujours le résultat.

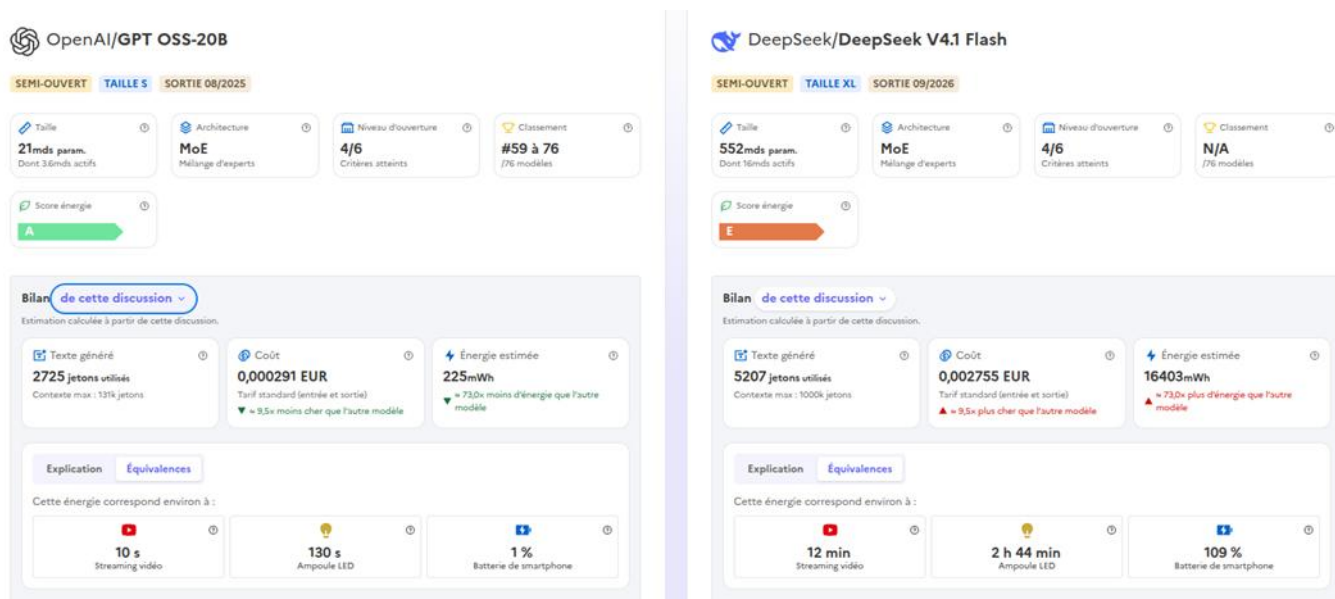


Figure 17 : Utilisation de Compar:IA pour mesurer l'empreinte écologique des questions posées aux IA

BIBLIOGRAPHIE

ABC Learning Design Active, blended, connected and beyond, 2026. [en ligne]. UCL Press.

[Consulté le 1 octobre 2026]. CC BY-NC. Disponible à l'adresse :

<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10222069>

BARBOT, Baptiste, BESANÇON, Maud, CASSOTTI, Mathieu, CAMARDA, Anaëlle et LUBART, Todd, 2022. Le développement de la créativité chez l'enfant et l'adolescent. In : *Le Développement Neurocognitif de la Naissance à L'adolescence* [en ligne]. Elsevier. pp. 147-156. [Consulté le 1 octobre 2026]. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9782294774027000138>

BESANÇON, Maud, 2006. *Le développement de la créativité : influence de l'environnement scolaire et influence du développement des facteurs cognitifs* [en ligne]. Thèse de doctorat. Paris 5.

[Consulté le 1 octobre 2026]. Disponible à l'adresse : <https://theses.fr/2006PA05H052>

BESANÇON, Maud, FENOUILLET, Fabien et SHANKLAND, Rebecca, 2015. Influence of school environment on adolescents' creative potential, motivation and well-being. *Learning and Individual Differences* [en ligne]. octobre 2015. Vol. 43, pp. 178-184. [Consulté le 11 octobre 2026]. DOI 10.1016/j.lindif.2015.08.029. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1041608015001946>

DRANE PACA. Taxonomie de Bloom révisée. [en ligne]. [Consulté le 1 octobre 2026]. Disponible à l'adresse :

<https://bloom-1fc2a6.forge.apps.education.fr>

OECD, 2026. *Reimagining Teaching in an Accelerating World* [en ligne]. OECD Publishing.

[Consulté le 11 octobre 2026]. International Summit on the Teaching Profession. Disponible à l'adresse :

https://www.oecd.org/en/publications/reimagining-teaching-in-an-accelerating-world_d0edfe8c-en.html

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES. Pensée créative. OCDE

[en ligne]. [Consulté le 1 octobre 2026]. Disponible à l'adresse : <https://www.oecd.org/fr/topics/sub-issues/creative-thinking.html>

**Cahier ÉduNum proposé par la direction du numérique pour l'éducation
Bureau de l'accompagnement des usages et de l'expérience utilisateur (DNE-TN3)**

✉ [Contact courriel](#)

Vous recevez cette lettre car vous êtes abonné aux Cahiers ÉduNum Technologie

Souhaitez-vous continuer à recevoir les Cahiers ÉduNum Technologie ?

[Abonnement / Désabonnement](#)

À tout moment, vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression des données qui vous concernent (articles 15 et suivants du RGPD).

Pour consulter nos mentions légales, [cliquez ici](#).

ISSN 2739-8986 (en ligne)