



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

CYBERENJEUX

Former à la cybersécurité par la création de jeux

Résumé

CyberEnJeux est un kit d'aide à la création de jeux sur le thème de la cybersécurité créé par le 110 bis, lab d'innovation de l'Education nationale et le laboratoire d'innovation de l'ANSSI en juin 2021.

Afin, d'une part, de tester l'hypothèse qu'un format de création de jeux sérieux pouvait être efficace pour former les élèves à la cybersécurité, et d'autre part de concevoir une ressource pédagogique utile pour les enseignants, l'équipe CyberEnJeux a souhaité éprouver ce kit auprès d'une dizaine d'enseignants volontaires, de tous profils et issus de toute la France, de septembre 2021 à janvier 2022.

L'objectif de cette expérimentation était que les enseignants créent et animent en situation réelle une séquence pédagogique à partir du kit fourni et remontent leurs retours d'expérience, ceci en vue de confirmer ou non l'hypothèse de départ, et d'améliorer le kit le cas échéant.

Le présent bilan vise à restituer les modalités de l'expérimentation menée et les enseignements que l'équipe CyberEnJeux en tire, tant dans la perspective d'une amélioration du kit et de son usage, que dans le cadre général de la formation du plus grand nombre à la cybersécurité.

Sommaire

1. CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION.....	3
A l'origine de la démarche	3
Présentation de CyberEnJeux.....	3
Pour quoi ?.....	3
Pour qui ?.....	3
On y trouve quoi ?	4
Objectifs de l'expérimentation	4
Hypothèses testées.....	4
2. DÉROULÉ DE L'EXPÉRIMENTATION	6
Profil des enseignants et des classes participantes.....	6
Modalités de participation des enseignants et classes concernés par l'expérimentation	6
Formats d'expérimentation	7
Prototypes créés.....	7
Valorisation	7
3. RÉSULTATS DE L'EXPÉRIMENTATION	8
3.1 Evaluation générale de l'atteinte des objectifs.....	8
Sur l'intérêt des enseignants au regard de leurs enseignements pour la formation de leurs élèves à la cybersécurité et pour un format pédagogique innovant (hypothèses 1).....	8
Sur l'utilité des ressources pédagogiques élaborées pour les enseignants et leur restitution aux élèves (hypothèses 2)	9
Sur l'intérêt des élèves pour la cybersécurité (hypothèses 3).....	11
Sur le déroulé de l'expérimentation (hypothèses 4)	12
3.2 Retours additionnels qui ne faisaient pas partie des hypothèses testées.....	13
Concernant le développement des compétences comportementales (<i>soft skills</i>) des élèves	13
Concernant le développement de connaissances transversales des élèves.....	14
Sur les liens créés en établissement à l'occasion de l'expérimentation	14
Concernant la création d'un collectif dédié à l'expérimentation & retours sur la gestion de l'expérimentation.....	14
4. BILAN ET PERSPECTIVES.....	15
Bilan	15
Perspectives.....	16

1. CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION

A l'origine de la démarche

Le projet "CyberEnJeux" a été lancé en 2021 par le laboratoire d'innovation de l'ANSSI (agence nationale de la sécurité des systèmes d'information) et le 110 bis, laboratoire d'innovation du ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports (MENJS).

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un double constat partagé par le MENJS et l'ANSSI :

- La nécessité de faire monter en compétences le plus grand nombre, et en particulier les publics les plus jeunes, dans le domaine de la cybersécurité au-delà de leur sensibilisation au risque numérique dans leurs pratiques personnelles et familiales.
- La nécessité de susciter de nouvelles vocations professionnelles dans le domaine.

Il fait également suite aux travaux liminaires menés avec des contributeurs issus des champs de la cybersécurité et/ou de l'Éducation depuis 2019 et qui ont donné lieu à une proposition de feuille de route intitulée "[Sécurité numérique : former et susciter des vocations](#)" incluant plusieurs axes de travail.

Dans ce contexte, CyberEnJeux a été élaboré incluant plusieurs axes de travail avec pour objectifs principaux de :

- Élaborer des ressources pédagogiques permettant de développer la formation des élèves à la sécurité numérique, au travers d'enseignements adaptés.
- Contribuer à former des enseignants à la cybersécurité afin de leur permettre de guider les élèves dans ces apprentissages.
- Développer des outils d'apprentissage innovants, aptes à intéresser les enseignants et les élèves à la formation à la cybersécurité.
- Dans une moindre mesure, participer à étoffer la cartographie des enseignements, des compétences et des connaissances en sécurité numérique, adaptés à chaque âge¹.

Présentation de CyberEnJeux

Pour quoi ?

- Raison d'être : CyberEnJeux a été prototypé face au constat d'un manque de ressources pédagogiques facilement appropriables sur la cybersécurité.
- L'objectif est l'acculturation à la cybersécurité, et ce au moyen d'une approche ludique et collaborative qu'est la création de jeux sérieux. Ainsi CyberEnJeux ne vise pas la production de jeux parfaitement aboutis et de grande qualité, mais de former les élèves à la cybersécurité et les intéresser à ce domaine par la création de prototypes de jeux.

Pour qui ?

CyberEnJeux est un kit destiné aux enseignants souhaitant acculturer les élèves aux enjeux de la cybersécurité au travers d'une séquence de création de jeux sérieux en milieu scolaire.

CyberEnJeux a été pensé pour les élèves de fin de cycle 4 (collège) et de lycée, en filière générale et technologique comme en filière professionnelle.

¹ Réalisée et mise à jour depuis, cette cartographie a permis d'identifier les référentiels de compétences permettant de former et d'évaluer les élèves sur des compétences en lien avec la cybersécurité.

On y trouve quoi ?

CyberEnJeux inclut :

- des informations pratiques pour guider les enseignants dans la conception d'une séquence pédagogique de création de jeux sérieux avec les élèves ;
- 14 fiches thématiques dédiées à différents enjeux de cybersécurité destinées prioritairement aux enseignants afin de les aider à acculturer leurs élèves à ces enjeux ;
- 14 fiches "objectifs pédagogiques" ayant vocation à être sélectionnées par les élèves en vue de guider la thématique de leur jeu ;
- du matériel de prototypage de jeux et une vidéo de présentation.

Objectifs de l'expérimentation

- Tester en situation réelle le kit CyberEnJeux et mesurer l'impact de son utilisation à l'aune de l'objectif spécifique suivant : tester la pertinence des contenus proposés dans le kit CyberEnJeux (les fiches thématiques de fond sur la cybersécurité mais aussi la documentation relative à la conception de jeux sérieux, les cartes objectifs pédagogiques), dans le contexte des différentes disciplines ou filières représentées (mathématiques, technologie, hôtellerie, etc).
- Évaluer si la participation d'élèves à une session de conception de jeux sérieux contribue à accroître l'engagement des élèves dans l'acquisition de savoirs sur la cybersécurité.
- Observer si/comment les enseignants parviennent à intégrer ce type de séquence dans le programme de travail annuel, et le cas échéant identifier les briques existantes du programme scolaire sur lesquelles s'appuyer,
- Observer comment les enseignants mènent concrètement l'expérimentation et mesurer l'effort investi en termes de préparation, d'animation et d'évaluation,
- Référencer les autres ressources documentaires et contenus de fond (notamment sur la cybersécurité) que les enseignants jugent pertinents lors de leur préparation ou qu'ils présenteraient aux élèves en vue de les sensibiliser et/ou les former au sujet de la cybersécurité.

Hypothèses testées

- **Sur l'intérêt des enseignants au regard de leurs disciplines pour la formation de leurs élèves à la cybersécurité et pour un format pédagogique innovant :**
 - Des enseignants seront intéressés par la possibilité d'acculturer/former leurs élèves aux enjeux de cybersécurité - au-delà de leur seule sensibilisation au risque numérique.
 - Les enseignants qui devraient manifester leur intérêt pour le kit sont ceux dispensant des cours de mathématiques, technologie et sciences numériques et technologie (SNT).
 - Le kit pourrait également intéresser des enseignants dans des disciplines moins attendues pour traiter de la cybersécurité (histoire géographie, etc.) et avec autant de facilité que pour des profils plus attendus et a priori plus acculturés à la cybersécurité.
 - Le kit peut également être utilisé dans le cadre de temps extra-scolaire, en dehors du cadre d'un enseignement.
 - Des enseignants seront également intéressés par la possibilité de mettre en place un format pédagogique innovant au travers de la création de jeux.
- **Sur l'utilité des ressources pédagogiques élaborées au profit des enseignants et leur restitution aux élèves :**
 - Les fiches thématiques sur la cybersécurité sont adaptées aux enseignants et non aux élèves.
 - Les fiches thématiques sur la cybersécurité peuvent aider des enseignants novices à s'auto-former sur les enjeux de cybersécurité et à renforcer les connaissances d'enseignants ayant des savoirs préalables sur le sujet.
 - Les fiches thématiques sur la cybersécurité permettront d'aider les enseignants à

- acculturer/former les élèves aux différents enjeux de la cybersécurité.
 - Les fiches sur les jeux permettront d'aider les enseignants à accompagner les élèves dans la création de leurs jeux.
 - La création de jeux sérieux sur la cybersécurité par les élèves sur la cybersécurité est un moyen efficace pour les former sur le sujet de la cybersécurité.
 - Le matériel de prototypage (cartes vierges, jetons, etc.) est utile et suffisant pour permettre aux élèves de prototyper leurs jeux.
- **Sur l'intérêt des élèves pour la cybersécurité :**
 - La découverte des enjeux de cybersécurité - au-delà de la sensibilisation aux bonnes pratiques individuelles - par le prisme du kit CyberEnJeux suscite ou augmente l'intérêt des élèves.
 - La découverte de ces enjeux par le prisme du kit CyberEnJeux peut concourir à susciter d'éventuelles vocations pour le domaine.
- **Sur les modalités opérationnelles d'organisation d'une séquence CyberEnJeux :**
 - Les indications fournies par le kit sur la conception d'une séquence de création de jeux sont suffisantes pour permettre aux enseignants de la mener avec des élèves de façon autonome.
 - En termes de charge de travail liée à la préparation, mais aussi d'adéquation avec le calendrier scolaire, la séquence peut être menée sur un semestre par un enseignant.

2. DÉROULÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

Profil des enseignants et des classes participantes

- 10 projets menés par 10 enseignants (répartis dans 9 établissements) inscrits à l'expérimentation,
- Sur tout le territoire français : les enseignants sont issus des académies d'Amiens, de Clermont-Ferrand, de Créteil, de la Réunion, de Toulouse et de Versailles.
- Des profils d'enseignants variés :
 - Niveaux : collège et lycée,
 - Disciplines : mathématiques, sciences numériques et technologie (SNT) mais aussi sciences économiques et sociales (SES), technologie, sciences et technologies des services en hôtellerie-restauration et des professeurs documentalistes.
 - La présence, parmi ces enseignants, de référents numériques de leur établissement et de chargés de mission à la Délégation Académique au Numérique Éducatif (DANE) de leur rectorat.
- Les élèves :
 - Environ 280 élèves participants à l'expérimentation.
 - Participation quasi paritaire avec 49% de filles (échantillon de 231 élèves ayant répondu).
 - 10 expérimentations dont :
 - Sur une base obligatoire pour 9 classes mobilisées :
 - 1 classe de 3ème SEGPA durant son cours de sciences,
 - 2 classes de 3ème durant le cours de technologie,
 - 3 classes de 2nde durant le cours de SNT,
 - 1 classe de terminale durant le cours Droit et grands enjeux du monde contemporain,
 - 1 classe de seconde hors temps scolaire classique : participation effectuée lors d'un hackathon d'une journée organisée dans l'établissement scolaire.
 - Sur une base volontaire pour 2 groupes d'élèves :
 - un groupe de 4 élèves de 2nde,
 - un groupe de 11 élèves de 3ème.
 - Enfin, il est à noter que 4 classes de 3ème (soit une centaine d'élèves) n'ont pas participé à l'expérimentation mais ont été sensibilisées aux enjeux de la cybersécurité.

Pour plus de détails, se reporter aux annexes (dans un document séparé, disponible en téléchargement avec la documentation) :

- Annexe 1 : Tableau récapitulatif des participants à l'expérimentation (nom, discipline, établissement),
- Annexe 2 : Tableau descriptif du nombre et niveau scolaire des élèves concernés par l'expérimentation.

Modalités de participation des enseignants et classes concernés par l'expérimentation

- L'expérimentation s'est déroulée de la rentrée des classes de septembre 2021 au 14 janvier 2022.
 - La durée initiale prévue, à savoir de la rentrée à décembre 2021, a été augmentée à la demande des enseignants participants (explications dans la partie 3 du présent rapport "Résultats de l'enseignement").
 - Il est à noter que si l'expérimentation est officiellement terminée (et donc l'accompagnement des participants par l'équipe organisatrice très réduit), 3 enseignants participants n'ayant pas pu conclure à date selon les modalités qu'ils

souhaitaient ont poursuivi l'expérimentation.

- Le temps de préparation et face à élèves investi dans cette expérimentation est très variable d'un enseignant à l'autre, notamment en fonction de ses connaissances préalables sur le sujet de la cybersécurité et/ou des jeux sérieux. Voici quelques chiffres, afin de donner un ordre d'idées :
 - Temps de préparation : à minima 15h de préparation, plusieurs tournent autour des 40h, ceci pouvant aller pour un participant jusqu'à plus de 100h,
 - Temps face à élèves (pour une classe) : 6 à 8h pour les expérimentations les plus courtes, un peu plus de 20h pour les expérimentations les plus longues.
 - Temps autres (de coordination, idéation, d'entretien avec l'équipe organisatrice de CyberEnJeux etc.) : très difficilement quantifiable, nous pouvons simplement porter le chiffre à un minimum de 10h estimées.

Formats d'expérimentation

Les enseignants ont proposé des formats d'expérimentation très variés les uns des autres. Le détail de ces modalités peut être consulté en annexe 3 : Tableau récapitulatif des modalités des expérimentations menées, et en voici ci-dessous une synthèse.

Les expérimentations ont été modulées suivant les caractéristiques suivantes :

- Participation obligatoire du groupe classe ou volontaire des élèves : la majorité des enseignants ont opté pour une participation obligatoire, plus facile à mettre en œuvre d'un point de vue opérationnel.
- Production de plusieurs prototypes de jeux ou d'un seul commun : quasiment la moitié des expérimentations (4 sur 10) ont porté sur la conception d'un seul prototype de jeu par la classe ou le groupe volontaire entier. Pour les 6 autres expérimentations, les élèves répartis en sous-groupes devaient produire chacun un prototype de jeu.
- Expérimentation organisée sur un temps court ou long : quasiment tous les enseignants ont privilégié une expérimentation étalée sur plusieurs séances, là aussi pour faciliter la mise en œuvre opérationnelle de l'expérimentation. La seule exception est celle du hackathon d'une journée consacré au prototypage et test des jeux sérieux des élèves organisée par une enseignante avec sa casquette de DANE.

Prototypes créés

A l'issue de l'expérimentation 41 prototypes de jeux ont été créés, avec des niveaux de développement variables, dont certains très aboutis.

L'ensemble des prototypes créés est disponible en annexe 4.

Valorisation

Les expérimentations dans les établissements ont fait l'objet de valorisation via les réseaux sociaux (notamment Twitter), dans un cas un article de presse ainsi qu'au moins un billet de blog et une vidéo. Ces éléments de valorisation sont référencés en annexe 5.

3. RÉSULTATS DE L'EXPÉRIMENTATION

L'évaluation du déroulement de l'expérimentation CyberEnJeux et de son impact pour les enseignants et leurs élèves au regard des objectifs fixés prend appui sur :

1. L'analyse des résultats d'une série de quatre questionnaires remplis par certains enseignants participants et d'un questionnaire rempli par certains élèves eux-mêmes.
2. Les échanges entre le 110 bis, le laboratoire d'innovation de l'ANSSI et les enseignants à l'occasion de 4 webinaires, dont un webinaire de clôture mi-janvier 2022.

Sans aller jusqu'à la mise en place d'un protocole d'évaluation scientifique en tant que tel, il nous a paru essentiel de pouvoir mesurer les résultats de l'expérimentation par un dispositif suffisamment structuré, ceci afin d'objectiver les enseignements importants à en tirer d'une part, de déterminer les actions d'amélioration du kit CyberEnJeux les plus pertinentes eu égard aux objectifs visés d'autre part.

3.1 Evaluation générale de l'atteinte des objectifs

Concernant la satisfaction globale des enseignants et des élèves ayant participé à l'expérimentation

- Concernant l'appréciation générale de l'intérêt de l'expérimentation du point de vue des enseignants et des élèves
 - "Retour très positif chez les élèves comme les enseignants" / "très enrichissant".
 - D'après les enseignants, les élèves étaient pour la plupart engagés, enthousiastes, impliqués dans l'expérimentation.
- D'après les retours des élèves eux-mêmes dans les questionnaires que nous avons à date, la plupart semblent avoir apprécié l'expérimentation. Ils citent souvent la création du jeu et/ou le travail en groupe comme étant l'élément qui leur a le plus plu. A la question invitant à formuler des retours négatifs, beaucoup ne mentionnent rien en particulier ; certains font part du fait que le sujet de la cybersécurité est complexe à appréhender.

"J'ai aussi apprécié de voir des élèves donner du sens à ce qu'ils/elles faisaient." - retour d'un participant à l'expérimentation

Sur l'intérêt des enseignants au regard de leurs enseignements pour la formation de leurs élèves à la cybersécurité et pour un format pédagogique innovant (hypothèses 1)

- **L'hypothèse d'un intérêt d'enseignants pour la séquence proposée s'est confirmée :**
 - L'appel à volontaires lancé en juillet 2021 par le 110 bis et le laboratoire d'innovation de l'ANSSI a permis de réunir une vingtaine d'enseignants lors d'un premier webinaire d'appel à intérêt. Parmi eux, 11 ont manifesté leur intérêt de participer à l'expérimentation.
 - 10 des 11 enseignants ayant manifesté le souhait de participer ont conduit les travaux préparatoires à l'expérimentation et ont lancé cette dernière en septembre 2021.
 - L'hypothèse d'un intérêt particulier des enseignants en sciences numériques et technologie et de mathématiques s'est confirmée, tout comme l'hypothèse de la possibilité pour des enseignants de disciplines qu'on pourrait penser plus éloignées du sujet au premier abord de se saisir du kit.
 - Les enseignants témoignent aussi de leur intérêt marqué pour l'opportunité de pouvoir expérimenter un format pédagogique innovant comme la création de jeux (l'utilisation de jeux déjà faits étant plus usuelle).
 - L'expérimentation a, en outre, permis d'identifier que les enseignants ayant participé partageaient souvent un intérêt personnel pour les sujets numériques et cybersécurité

et/ou pour le jeu.

- **Concernant la relation de l'expérimentation avec le programme scolaire :**

- L'un des enjeux de cette expérimentation était d'observer comment les enseignants allaient parvenir à articuler la cybersécurité dans leurs programmes de travail respectifs. Sans surprise, ce sont les enseignements de sciences numériques et technologie (SNT) et de technologie qui se sont prêtés le mieux au traitement de la thématique, néanmoins beaucoup d'autres liens, plus ou moins directs, ont pu être fait dans d'autres disciplines.
- **SNT :**
 - Peut se rattacher au Cadre de Référence des Compétences Numériques (CRCN), Domaine 4 : Protection et sécurité, et au niveau 3 de maîtrise par les élèves (Identifier les différents risques numériques. Vérifier l'absence de menace dans un contenu avant action).
 - Permet d'évoquer les thèmes "Internet" (Les repères historiques du thème), "Le web" (Les repères historiques du thème, Sécurité et confidentialité, Paramètres de sécurité d'un navigateur), "Les données" (Les repères historiques du thème).
- **Technologie :** peut s'intégrer à la séquence dédiée aux réseaux informatiques, permettant d'aborder comment circulent les données dans le réseau et plus encore dans le réseau des réseaux (Internet). Connaissances abordées : protocole IP, https, couches, DNS, routage...
- **Option Droit et grands enjeux du monde contemporain :**
 - Peut se rattacher au 1.3 - Les relations internationales et le droit (1.3.1 - L'Union européenne - Notions : règlements, directives / 1.3.2 - Internationalisation du droit - Notions : Conseil de l'Europe).
 - Mais aussi au 2.5 - Création et technologies numériques (2.5.2 - Protection des données à caractère personnel - Notions : données à caractère personnel, droit au respect de sa vie privée, réseaux sociaux, loi « Informatique et libertés », Règlement général sur la protection des données (RGPD) / 2.5.3 - Intelligence artificielle et justice).
- **En 3ème :** peut s'incorporer sans difficultés dans le socle commun du parcours citoyen et le CRCN, mais aussi dans le parcours avenir (relativement à la question de l'orientation).
- Enfin, certains enseignants attirent l'attention sur le fait que la question de **la cybersécurité va au-delà des points** qui peuvent être abordés dans le cadre de **l'Éducation aux Médias et à l'Information (EMI)** (sensibilisation aux données personnelles, cyberharcèlement).
- Il est à noter que plusieurs enseignants ont fait le choix de mener le projet **hors programmes scolaires**, et ce dans une approche d'ouverture culturelle/citoyenne.

Sur l'utilité des ressources pédagogiques élaborées pour les enseignants et leur restitution aux élèves (hypothèses 2)

- **Concernant la montée en compétences des enseignants :**

- Sur les compétences en cybersécurité : les enseignants interrogés mentionnent quasiment tous une montée en connaissances sur le sujet de la cybersécurité, grâce aux contenus fournis dans le kit et/ou à des recherches personnelles.
- Sur une nouvelle approche pédagogique se basant sur la création de jeux sérieux : là aussi la grande majorité des enseignants interrogés mentionnent une montée en connaissances, mais plusieurs notent le besoin de devoir consolider ces savoirs.

"Le fait de devoir reformuler certaines ressources fournies et le site cyber malveillance a augmenté mes connaissances dans le domaine"

"Cela m'a permis de réactualiser/réactiver mes connaissances mais surtout forcé à mieux les formaliser"

afin de pouvoir les transmettre de façon claire et précise”

“Les ressources fournies m’ont permis d’adopter un vocabulaire et de m’y tenir pour éviter de rajouter de la confusion”

- **Sur l'acculturation/formation des élèves aux enjeux de cybersécurité à l'appui des fiches thématiques cyber :**
 - Concernant l'acculturation/la formation des élèves à la cybersécurité grâce à l'utilisation des fiches thématiques cyber, parfois données directement aux élèves :
 - Les enseignants constatent une appropriation variable du sujet par les élèves.
 - De même, la séquence menée s'est parfois davantage rapprochée d'une session de "sensibilisation au risque numérique et à l'apprentissage de bonnes pratiques individuelles" que d'une formation aux enjeux de cybersécurité comme domaine d'apprentissage à part entière, qui était l'un objectif de l'expérimentation.

“Une sensibilisation accrue des élèves s’est fait ressentir au fil des semaines”.

“Certains ont fait des recherches de leur propre initiative et sont venus nous voir pour vérifier les informations trouvées.”

“Les élèves parlent maintenant de cybersécurité avec plus de facilité en maîtrisant une partie du vocabulaire technique, en particulier sur les bonnes pratiques.”

- Ce résultat pondéré peut trouver en partie son explication dans le fait que les enseignants n'aient pas tous consacré de temps à l'acculturation/la formation des élèves à l'appui des fiches cyber. Plusieurs témoignent avoir mesuré trop tard l'utilité qu'aurait pu avoir une diffusion du contenu des fiches en amont de la création de jeux et regrettent de ne pas avoir davantage mis l'accent sur la montée en compétences des élèves en amont. Cela aurait sans doute permis d'enrichir leurs connaissances et d'étoffer les jeux créés. Deux pistes d'amélioration possibles sont ainsi identifiées :
 - Expliciter l'utilité et l'usage des fiches thématiques cyber dans la séquence : le kit n'était pas suffisamment clair sur le fait que les fiches thématiques cyber étaient avant tout destinées aux enseignants et qu'une première partie de l'expérimentation devait être consacrée à la formation des élèves à l'appui de ces fiches, avant de passer à la conception de jeux.
 - Fournir des ressources de fond complémentaires pour s'approprier le sujet cyber : les enseignants témoignent également avoir dû aller à la recherche de contenus complémentaires "clé-en-main" (en particulier des vidéos de sensibilisation) afin de, notamment, lancer la séquence.
- S'agissant des thématiques ayant suscité le plus d'intérêt :
 - Les élèves ont le plus progressé sur les cyberattaques (profils des attaquants, types d'attaques, vulnérabilités, finalités) et les bonnes pratiques. Il est toutefois difficile de dire si cela est dû au choix spontané des élèves ou au fait que les enseignants n'aient pas promu plus largement les autres thématiques.
 - D'autres thèmes, plus inattendus, ont été utilisés par des élèves pour leur création de jeux : paix et sécurité internationales, réglementation.
 - Dans certains cas plus rares, des compétences avancées ont été abordées (protocole IP, https, couches, DNS, routage).
- Plus d'informations sur la manière dont les enseignants ont mesuré la progression de leurs élèves en annexe 6.
- **Sur l'utilité de la phase de "création de jeux sérieux" par les élèves :**
 - Le volet "création de jeux" a été globalement très apprécié par les élèves :
 - Les élèves plébiscitent le fait d'apprendre autrement et/ou selon une méthode ludique. La plupart des élèves ne se sont pas ennuyés et ne mentionnent aucun retour négatif sur la forme de la séquence. Un enseignant dit même que les élèves étaient tristes à l'idée de retourner à un mode d'enseignement plus

traditionnel.

- Du point de vue des enseignants, ce n'est pas tant la séquence de création de jeux en tant que telle qui a contribué à renforcer l'acquisition des connaissances relatives à la cybersécurité que sa phase préparatoire. Mais la perspective d'une séquence originale a pu renforcer la motivation des élèves à monter en compétences dans le cadre d'un temps de formation/acclimatation aux thématiques associées.

Une activité qui "sort de l'ordinaire, contribuant à un engagement plus fort de tous les élèves"

- On peut souligner les éléments de retours critiques suivants :
 - Le sujet cyber est compliqué et peu connu au préalable.
 - Le travail en groupe : certains élèves étaient très motivés et d'autres élèves se sont reposés sur eux ("passagers clandestins"). Plusieurs enseignants témoignent que les groupes les plus petits sont ceux ayant le mieux fonctionné de ce point de vue.
 - Le manque de temps pour produire (correctement) le prototype du jeu.
 - Certains élèves ont trouvé la séquence trop longue (durée du projet et/ou de la production du jeu)... quand d'autres ayant participé à une journée de hackathon ont trouvé celle-ci trop courte.
 - La difficulté à créer un jeu. Les enseignants témoignent aussi que le kit ne fournit pas assez de conseils pratiques pour aider les élèves dans le processus de création des jeux.

Sur l'intérêt des élèves pour la cybersécurité (hypothèses 3)

- Pour les enseignants ayant conduit l'expérimentation, les élèves ont manifesté un vrai intérêt pour les enjeux de cybersécurité dans le cadre de la création de jeux. Cet intérêt semble s'accroître avec le temps d'accoutumance au sujet par les enseignants, en particulier lorsque cela a eu lieu avant la phase de création de jeux.
- L'intervention de spécialistes cyber externes semble avoir aidé les élèves à découvrir des métiers.
- Les élèves se sont pris au jeu de créer des jeux sur la cybersécurité et ont eu à cœur de concevoir des jeux pertinents sur le sujet. Des recherches secondaires ont été conduites par certains élèves pour étoffer leur jeu, au-delà des contenus qui étaient proposés dans les fiches thématiques cyber. Cette appréciation positive ne permet toutefois pas d'évaluer précisément l'intérêt réel et durable des élèves pour le sujet.
- S'agissant des vocations, les réponses au questionnaire envoyé aux élèves (85 élèves répondants) permettent de formuler les conclusions suivantes :
 - Une majorité d'élèves n'envisage pas, à la fin de l'expérimentation, une orientation professionnelle dans la cybersécurité. Il est à noter que c'est la classe de terminale en option Droit qui récolte le plus haut pourcentage de "plutôt oui" avec 8,7%, mais aussi de "je ne sais pas" avec 21,7%.
 - Explications avancées par les élèves :
 - en faveur d'un "non" (liste non-exhaustive, et non-représentative de la récurrence) : ils ont déjà d'autres projets d'orientation, ça ne les intéresse pas plus que cela, ils ne se voient pas faire un métier qui demande d'être assis/devant un ordinateur toute la journée, parce qu'ils ne se considèrent pas bons en informatique, car c'est un domaine compliqué, car cela demande de longues études, le sujet est intéressant en soi mais ils ne se voient pas en faire leur métier. En outre, certains publics d'élèves ne sont de fait pas concernés ou difficilement orientables dans ces filières (hôtellerie-restauration, SEGPA).
 - en faveur d'un "plutôt oui" (non-exhaustif, et non-représentatif de la récurrence) : c'est un domaine d'avenir, parce qu'il est important de savoir se défendre au vu du contexte actuel et à venir, "oui c'est trop bien".
 - Commentaire des résultats :
 - La plupart des élèves n'avaient jamais entendu parler de cybersécurité et de carrières dans le domaine. Le fait que certains élèves (jusqu'à 8%) manifestent un

intérêt pour une carrière dans le domaine est un résultat "à chaud" (juste après l'expérimentation) encourageant.

- Le nombre malgré tout important d'élèves ne souhaitant pas poursuivre de carrière dans le domaine peut s'expliquer, outre les explications fournies par les élèves pour deux raisons principales :
 - La participation à une unique expérimentation n'est probablement pas suffisante pour susciter - sauf exception - des vocations pour un domaine inconnu des élèves a priori. Évaluer l'intérêt des élèves pour une carrière dans le domaine de la cybersécurité nécessiterait de suivre ces élèves dans la durée afin de savoir si, à l'aune de leurs futurs choix de parcours d'enseignements supérieurs ou d'emploi.
 - Le kit CyberEnJeux n'incluait aucun contenu réellement dédié aux "carrières" ou aux "métiers" de la cybersécurité. Des enseignants ont souligné ce point et suggéré que le kit évolue en ce sens.

Sur le déroulé de l'expérimentation (hypothèses 4)

- **Concernant la conception de la séquence pédagogique par les enseignants et la participation à l'expérimentation :**
 - Contrairement à l'hypothèse de départ, la conception de la séquence pédagogique n'a pas été aisée pour les enseignants. En cause :
 - Le contenu du kit CyberEnJeux : le kit n'a pas été jugé assez complet pour pouvoir mener une séquence "clés-en-main", ce qui a demandé aux enseignants un travail conséquent pour, par exemple, rechercher des contenus adaptés au niveau des élèves. Les enseignants ont par ailleurs relevé la complexité à concevoir le déroulement de la séquence pédagogique, ainsi que des difficultés dans l'accompagnement des élèves lors de la création de leurs jeux sérieux.
 - La structuration du kit CyberEnJeux : un kit trop long et dont une partie seulement concernait réellement les enseignants.
 - Un processus généralement très chronophage dans la préparation de la séquence, auquel s'ajoutait le temps d'interaction avec l'équipe organisatrice de CyberEnJeux pour effectuer le suivi de l'expérimentation (webinaires avec l'ANSSI et le 110 bis, questionnaires). Le nombre d'heures consacrées à l'expérimentation sur la totalité du projet selon les enseignants va de 20h à 100h (pour un enseignant), entièrement sur la base du volontariat. Pour les enseignants, ce temps pourrait être réduit en "mâchant" davantage le travail de préparation des enseignants (déroulé de la séquence, trouver des ressources pour les élèves, s'auto-former à la création de jeux).
 - Concernant précisément l'investissement des enseignants dans l'expérimentation : l'hypothèse émise s'est confirmée. Quelques enseignants ont indiqué que le dispositif de suivi était un peu trop lourd et chronophage et qu'il était améliorable.
 - Plusieurs difficultés ou imprévus ont été remontés par les enseignants, les conduisant à devoir prendre plus de temps que prévu pour mener l'expérimentation, comme par exemple :
 - Un certain nombre d'élèves n'avaient peu ou jamais joué à des jeux de société, conduisant à devoir leur en faire découvrir avant la phase de création.
 - Le rôle et l'usage attendu des fiches de fond sur la cybersécurité n'étaient pas assez clairs, entraînant un coût de préparation supplémentaire pour les enseignants,
 - N'était fourni qu'un seul kit de matériel de prototypage, conduisant à ce que les élèves créent les prototypes en version papier, ce qui a pris du temps.

"Les enseignants peuvent parfois penser que ce qu'ils proposent ou ce qu'il se passe dans la classe n'est pas satisfaisant mais notre métier est fait d'expérimentation au quotidien et l'expérimentation CyberEnJeux permet en étant formelle de libérer les enseignants de ce ressenti."

- Concernant le calendrier de l'expérimentation :
 - Contrairement à l'hypothèse de départ le calendrier initial de l'expérimentation (septembre-décembre 2021) a été modifié sur demande de plusieurs enseignants, en raison de contraintes opérationnelles diverses (situation sanitaire ayant fait prendre du retard, période de stage des élèves, difficulté à trouver des temps pour faire travailler des élèves volontaires issus de plusieurs classes etc.), repoussant la fin de l'expérimentation à mi-janvier 2022.
 - Malgré cet ajustement, plusieurs enseignants n'ont pas pu la mener à terme dans ces délais et poursuivent donc jusqu'au printemps.
 - Une majorité d'enseignants signalent que la durée de l'expérimentation était trop courte d'une part, mal positionnée dans le calendrier scolaire d'autre part. Ils auraient préféré la faire commencer plus tard dans l'année scolaire, le temps de mieux connaître les élèves et d'amener le sujet de la cybersécurité.

"Si je devais le refaire, je prendrais soit 1 à 2 mois pour balayer l'ensemble du programme de façon plus ou moins approfondie afin que les élèves se sentent un peu plus impliqués et y voit un intérêt ; soit sur une semaine banalisée."

- **Autres retours relatifs à la mise en œuvre de l'expérimentation :**
 - Les enseignants ayant mené l'expérimentation sur la base du volontariat des élèves ne recommandent pas ce procédé :
 - Quand les élèves venaient de différentes classes, il a été très difficile de trouver des temps communs de travail, les conduisant à organiser des séances d'une demi-heure environ pendant la pause déjeuner, un horaire très contraignant pour tous.
 - Cela a de fait demandé des coûts supplémentaires de coordination.
 - Enfin travailler sur des créneaux de 30 min (plutôt 20-25 min effectives en réalité) ne permettait pas d'avancer de manière optimale.
 - Mais l'avantage était de regrouper ainsi des élèves très impliqués et de mêler plusieurs classes.
 - Autres difficultés organisationnelles/administratives remontées par les enseignants :
 - Donner et récupérer les documents relatifs aux droits de diffusion auprès des élèves.
 - Réserver des salles informatiques, ou salles adaptées pour mener le travail en sous-groupes.
 - Collaborer avec des collègues sur le projet (pour le mener en interdisciplinarité) lorsque ceci a été envisagé par certains participants à l'expérimentation.
 - En revanche aucune difficulté n'a été remontée vis-à-vis des directions des établissements, qui ont laissé faire le projet.
 - Deux enseignants indiquent qu'il leur semble compliqué de proposer l'expérimentation à des élèves plus jeunes (classe de 4e minimum), le sujet cybersécurité pouvant se révéler trop complexe pour eux.
 - Un enseignant de SNT fait remarquer que le cadre de ce cours se prête bien à l'expérimentation, car on n'y travaille pas de manière "classique".

3.2 Retours additionnels qui ne faisaient pas partie des hypothèses testées

Concernant le développement des compétences comportementales (*soft skills*) des élèves

- Les élèves ont renforcé leurs compétences relatives à la présentation orale, seul ou par groupe, pour rendre compte de la progression du travail effectué ou pour présenter le travail final, mais également relatives au travail en groupe.
- Ils ont également développé des savoir-être transversaux (l'autonomie, la prise d'initiative, la

gestion du stress, la persévérance, l'estime de soi, la sérendipité, la curiosité).

Concernant le développement de connaissances transversales des élèves

- L'expérimentation a été une occasion supplémentaire pour eux de travailler leurs compétences numériques (cadre de référence des compétences numériques (CRCN), PIX),
- Mais aussi de s'approprier quelques connaissances juridiques (droits d'auteur, RGPD),
- Ainsi que des connaissances sur les mécaniques de jeu (un certain nombre d'élèves n'avaient jamais ou très peu joué aux jeux de société),
- Enfin, certains élèves ont été sensibilisés aux professions, débouchés et à l'insuffisante féminisation de ces métiers.

"Quand en groupe on devait élaborer les règles du jeu" - retour d'un(e) élève de 4ème

"Chercher les informations mais aussi discuter avec les membres du groupe pour créer le jeu qui nous correspondait le plus." - retour d'un(e) élève de terminale

"On a dû réfléchir à de nombreuses façons de donner envie au gens de s'intéresser à notre jeu, trouver des moyens de mettre en forme et conceptualiser nos idées." - retour d'un(e) élève de terminale

Sur les liens créés en établissement à l'occasion de l'expérimentation

- Concernant les liens entre enseignants et élèves : lorsque les élèves ont été sélectionnés sur la base du volontariat, le fait de travailler en mode projet avec un résultat concret a permis de nouer une relation privilégiée avec le petit groupe d'élèves vu régulièrement.
- Concernant les liens entre enseignants :
 - Plusieurs enseignants ont fait l'expérimentation en co-animation. Une enseignante a apprécié cette démarche, permettant *"des apports différents en fonction des disciplines et des expériences de chacun"*.
 - Plusieurs enseignants ont pu collaborer avec succès avec d'autres collègues à des occasions ponctuelles ; d'autres participants auraient souhaité collaborer mais n'ont pas pu, faute de temps.
 - Une enseignante indique que le projet a essaimé dans son établissement, auprès d'une classe de BTS et d'une autre de seconde SNT.

"Le partage avec les équipes ANSSI / 110 bis et les autres participants [était] motivant, voire indispensable pour compenser l'énergie investie".

Concernant la création d'un collectif dédié à l'expérimentation & retours sur la gestion de l'expérimentation

- Les enseignants interrogés ont globalement formulé des retours positifs sur l'animation par l'équipe organisatrice, avec des pistes d'amélioration :
 - La disponibilité en synchrone des participants (emplois du temps différents, participants venant d'académies différentes, donc soumis à des calendriers scolaires différents).
 - La gestion de l'expérimentation en 100% à distance, qui peut présenter des limites dans le suivi.

"[Faire des visioconférences avec l'ensemble des participants] permet de voir la manière dont chacun aborde le kit, en fonction de sa discipline et du niveau".

4.BILAN ET PERSPECTIVES

Bilan

Les objectifs de l'expérimentation ont été remplis :

- CyberEnJeux a été testé en situation réelle dans 9 établissements auprès de 280 élèves et a suscité l'engagement et la satisfaction de l'ensemble des participants (enseignants et élèves).
- Le bon déroulé de l'expérimentation (dans la plupart des cas) et les retours des enseignants ont permis d'observer la manière dont les enseignants ont organisé concrètement CyberEnJeux dans leurs établissements et dans leurs enseignements ainsi que le temps consacré à cette dernière, en vue d'identifier les pratiques ayant le mieux fonctionné ainsi que les axes d'amélioration.
- L'expérimentation a permis de tester la pertinence des contenus fournis – au-delà de la dimension organisationnelle – aux enseignants en vue d'accompagner les élèves durant la séquence, de leur acculturation aux enjeux de cybersécurité à la conception de jeux sérieux.

Le bon déroulé de l'expérimentation a permis de tester les hypothèses posées au départ, toutes validées, au moins partiellement.

- **Le kit CyberEnJeux a pu être déployé par des enseignants dans différentes disciplines** (mathématiques, technologie, sciences numériques et technologie ainsi que dans d'autres domaines d'enseignement comme le droit).
 - Ceci confirme l'hypothèse posée en ce sens, au regard de la transversalité du sujet cyber incarné dans la diversité des thématiques abordées dans les fiches pédagogiques relatives à la cybersécurité.
 - CyberEnJeux a également été utilisé dans le cadre d'une expérimentation en dehors du cadre d'un enseignement particulier, ce qui a suscité de nombreuses difficultés d'organisations, plaçant pour utiliser de préférence CyberEnJeux dans le cadre d'un cours donné.
 - Pour finir, plusieurs référentiels de compétences ont été identifiés par des enseignants dans la perspective d'une évaluation future des compétences des élèves via CyberEnJeux.
- **Les ressources pédagogiques fournies dans le kit CyberEnJeux (fiches thématiques cyber, cartes objectifs cyber, etc.) ont été considérées comme pertinentes et utiles par les enseignants**, en particulier les fiches thématiques sur la cybersécurité et les cartes cyber.
 - Ces contenus ont participé à l'acculturation des enseignants au sujet ou ont permis de renforcer leurs connaissances en la matière.
 - CyberEnJeux a également permis d'aider les enseignants à acculturer les élèves à la cybersécurité dans le cadre de la création de leurs jeux. S'il est difficile d'évaluer finement les connaissances acquises par les élèves, à l'issue de l'expérimentation, l'ensemble des enseignants témoigne que les élèves ont pu découvrir la cybersécurité et plusieurs de ses enjeux grâce à leur participation à CyberEnJeux. Sur ce volet, les deux principaux axes d'amélioration identifiés portent sur :
 - Le besoin, pour les enseignants, de disposer davantage de contenus clé-en-main à montrer aux élèves (ex. vidéos).
 - Le besoin de renforcer le volet « acculturation » aux enjeux de cybersécurité à l'appui des fiches cyber, en amont de la phase de conception de jeux, afin que la séquence ne se limite pas aux seuls enjeux de sensibilisation au risque numérique ou que les élèves ne survolent le sujet avant de se lancer dans la conception de jeux.
 - Sur le volet jeux, le matériel de prototypage a été très apprécié et le format perçu comme innovant et stimulant pour les élèves comme les enseignants. Principal axe d'amélioration, les enseignants ont toutefois souligné le besoin de disposer de davantage de conseils méthodologiques afin d'accompagner les élèves dans le processus de conception de jeux sérieux.

- **CyberEnJeux a participé à faire découvrir le domaine de la cybersécurité aux élèves mais n’a pas contribué à susciter un élan de « vocations » pour le domaine.**
 - Au-delà de l’acculturation des élèves aux enjeux de cybersécurité, la participation de ces derniers à CyberEnJeux a permis de faire découvrir ce domaine, jusqu’alors pour la plupart inconnu.
 - Les résultats du questionnaire adressé aux élèves permettent d’identifier que jusqu’à 8% des élèves d’une classe signalent leur intérêt pour le domaine sur le plan professionnel.
 - L’évaluation de l’intérêt des élèves pour le cyber et en particulier pour une carrière éventuelle dans ce domaine demeure toutefois difficile « à chaud » et mériterait d’être évaluée sur la durée. Il apparaît également que le volet « découverte des métiers de la cybersécurité » aurait mérité d’être davantage développé dans le kit afin de sensibiliser les élèves à l’existence de ces carrières.
- **L’organisation de CyberEnJeux par les enseignants a fonctionné mais a nécessité un fort engagement en temps, notamment du fait de leur participation à l’expérimentation en tant que telle, et en recherches personnelles afin de monter en compétences sur le sujet cyber. Le travail des enseignants pourrait être facilité à l’avenir** en fournissant des indications plus précises concernant le déroulé concret de la séquence pédagogique CyberEnJeux (les grandes étapes, le temps à consacrer à chacune) et des ressources “clé-en-main”. Ce résultat était toutefois attendu, découlant du choix de l’ANSSI et du 110 bis de permettre aux enseignants de tester différents formats de déclinaison de CyberEnJeux dans leurs établissements afin d’identifier les approches ayant le mieux fonctionné.

Perspectives

Compte tenu du bilan positif de l’expérimentation et des enseignements qui en ont été tirés, plusieurs pistes d’action pour la suite ont été identifiées voire ont déjà été amorcées :

- Une mise à jour du kit CyberEnJeux prenant en compte les principaux axes d’amélioration identifiés. Dans ce cadre, un partenariat de l’ANSSI avec l’association OpenSeriousGame sera établi en vue de développer un guide pédagogique à destination des enseignants concernant l’accompagnement des élèves dans la conception de jeux sérieux (conseils méthodologiques, formats types de jeux). Les enseignants ayant participé à l’expérimentation ont proposé d’aider à la relecture de la nouvelle version du kit à l’aune de leur expérience.
- Une phase de diffusion d’environ 200 kits dans les académies. Des acteurs locaux de la cybersécurité (Campus Cyber Régionaux) pourraient également être mis à profit en vue d’aider les enseignants qui décideraient de lancer une séquence CyberEnJeux en apportant une expertise cyber. Une utilisation du kit dans d’autres cadres que celui des établissements scolaires pourrait également être envisagé.