



## STEM ET INCLUSIVITÉ : ENGAGEMENT ET BONNES PRATIQUES

### Équité et de l'inclusion au sein du projet SteamCity

Une analyse réalisée par Carme Grimalt Álvaro, Université autonome de Barcelone



Cette analyse vise à recueillir des suggestions pour accroître l'inclusivité et l'équité des résultats du projet SteamCity, en tenant compte des participants finaux. Bien que des recommandations générales soient proposées pour différentes sources d'inégalité et d'exclusion (par exemple, le niveau socio-économique, le genre, l'orientation sexuelle, les croyances religieuses, les handicaps physiques ou intellectuels, l'origine ethnique), une attention particulière sera accordée aux pratiques inclusives en matière de genre.



## CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le consortium a conçu un ensemble de 25 protocoles d'enquête et d'expérimentation destinés aux classes, dont la version anglaise a été révisée et disponible ici : <https://github.com/SteamCity/inquiries/tree/main/all-inquiries>. Les protocoles SteamCity sont conçues pour être pratiques, axées sur des problèmes et engageants. Ils visent à relier des concepts scientifiques et technologiques abstraits à des problématiques concrètes, favorisant ainsi l'esprit critique, la créativité et la résolution collaborative de problèmes chez les élèves.

L'approche générale de ce rapport s'articule autour de deux axes fondamentaux : promouvoir l'intégration et favoriser la justice sociale au sein de l'enseignement des STEAM. En mettant l'accent sur les applications pratiques et les défis concrets, ces activités d'investigation visent à rendre les STEM accessibles et pertinents pour un large éventail d'apprenants, les encourageant à se considérer comme des acteurs du progrès scientifique et technologique.

### Promouvoir l'intégration

Chaque élève a des besoins éducatifs particuliers et des besoins très spécifiques, ce qui rend difficile l'examen de chaque cas individuel dans ce rapport. Par conséquent, les suggestions d'intégration s'appuient sur le cadre de **conception universelle pour l'apprentissage (CUA)**. Ce cadre offre une approche flexible de l'élaboration des programmes scolaires, visant à répondre aux besoins de tous les apprenants, en minimisant les obstacles et en maximisant les opportunités d'apprentissage. À partir de ce cadre, chaque utilisateur est invité à ajouter des exigences spécifiques si nécessaire.

Les trois principes fondamentaux de l'CUA sont :

1. **Fournir plusieurs moyens de représentation** : lorsque cela est possible, présenter les informations et le contenu de différentes manières pour s'adapter à divers styles d'apprentissage et préférences sensorielles, tels que des formats (texte visuel, explications audio, versions linguistiques simplifiées), des aides visuelles supplémentaires (diagrammes, cartes conceptuelles, images, etc. pour illustrer des concepts complexes), des glossaires et des échafaudages, et/ou un support multilingue.
2. **Proposer de multiples moyens d'action et d'expression** : Lorsque cela est possible, proposer aux apprenants des moyens variés de démontrer ce qu'ils savent et maîtrisent leurs compétences, comme des regroupements variés (travailler individuellement, en binôme, dans des groupes différents...) et des options de réponse flexibles, permettant aux élèves de démontrer leur compréhension à travers différents supports.
3. **Proposer de multiples moyens d'engagement** : STEMuler l'intérêt et la motivation pour l'apprentissage en exploitant les centres d'intérêt des apprenants, en leur offrant des choix et en favorisant la collaboration. Par exemple, promouvoir l'apprentissage collaboratif et le feedback, entre autres. Cet aspect est également lié aux suggestions concernant la promotion de la justice sociale dans l'enseignement des STEAM.

## Promouvoir l'équité et la justice sociale dans l'enseignement des STEM

Les groupes minoritaires dans l'enseignement des STEM, en raison de facteurs tels que le genre, le contexte socio-économique, l'origine ethnique, etc., sont souvent perçus comme négatifs. Si un individu ne se sent pas identifié aux STEM – c'est-à-dire connecté non seulement aux personnes qui s'y consacrent, mais aussi aux pratiques auxquelles il est invité à participer – il est beaucoup moins susceptible de s'engager, de réussir ou d'envisager les sciences comme une option d'avenir.

Ces recommandations visent à garantir que l'objectif ne se limite pas à la promotion de vocations professionnelles. S'il est important d'assurer la diversité parmi les futurs professionnels des STEM, la recherche souligne également l'importance de garantir un développement adéquat des compétences STEM pour tous les élèves et leur capacité à apprécier les pratiques STEM tout au long de la scolarité obligatoire. Cela signifie que tous les élèves, qu'ils souhaitent devenir scientifiques ou ingénieurs, devraient être capables de comprendre le monde qui les entoure d'un point de vue scientifique, de participer à des débats éclairés et de profiter de la culture scientifique. L'un des facteurs les plus influents dans la construction de ces identités est la comparaison que les étudiants établissent entre leurs attributs personnels et ceux socialement attribués au domaine des STEM et à ses professionnels. Cette représentation sociale est fortement stéréotypée et profondément ancrée dans la perception des étudiants. De nombreuses études montrent, entre autres, que les activités ou disciplines STEM sont considérées comme très difficiles (notamment la physique, selon Archer et al., 2017, ou l'informatique, selon Wong (2017)) et déconnectées du monde réel. Ces caractéristiques influencent l'image du professionnel des STEM, perçu comme travailleur, dévoué et sérieux, très intelligent, doté d'une compréhension approfondie du contenu, voire d'un talent inné, et qui prend un profond plaisir à pratiquer ou à apprendre les STEM (Archer, 2013). Cela les conduit souvent à être perçus comme excentriques, particuliers, obsédés par leur travail, socialement maladroits et hors norme (Archer et al., 2013 ; Wong, 2017).

Afin de promouvoir une plus grande justice sociale, les considérations générales suivantes devraient guider la mise en œuvre des protocoles SteamCity :

- **Montrer la pertinence des STEM dans la vie quotidienne** : Il est fondamental que les élèves voient l'utilité et l'application des sciences au-delà de la salle de classe, en reliant les concepts abstraits à leur réalité.
- **Favoriser des expériences de réussite significatives** : Il est essentiel que les élèves réussissent dans les activités STEM. Cela ne signifie pas que tout doit être facile, mais plutôt qu'ils doivent avoir l'occasion de surmonter les difficultés et de constater les résultats de leurs efforts. Il est nécessaire de décomposer les recherches complexes en étapes plus petites et plus faciles à gérer, permettant aux élèves de réussir à chaque étape.
- **Utiliser l'évaluation formative et sommative** : Utiliser l'évaluation non seulement pour noter, mais aussi pour fournir un retour constructif qui aide les élèves à progresser et à croire en leurs capacités. Une évaluation plus inclusive et métacognitive peut avoir une influence très positive sur la construction de l'identité STEM (Tan et al., 2013).
- **S'attaquer au manque d'auto-efficacité chez les filles** : Les recherches montrent que de nombreuses filles, malgré d'excellentes performances en STEM, affichent un faible sentiment d'auto-efficacité (Archer et al., 2013 ; Chan, 2022). Il est fondamental que les éducateurs les encouragent activement, rendent leurs réussites visibles et remettent en question l'idée selon laquelle l'excellence en STEM est innée ou exclusive à un sexe. Il est nécessaire de souligner que l'effort et la persévérance sont essentiels (OCDE, 2023).
- **Reconnaître le rôle crucial de la reconnaissance** : En tant qu'éducateurs, notre soutien explicite et notre valorisation des compétences STEM des élèves peuvent avoir un impact considérable sur leur identité. Si la communauté perçoit un jeune comme « travailleur » ou « brillant » en STEM, il développera plus facilement une identité STEM positive. Veiller à ce que les réussites des filles en STEM soient reconnues et célébrées de manière égale, et pas seulement celles des garçons. Là encore, cela est particulièrement important pour les filles issues de groupes qui, malgré leurs performances, se sentent peu reconnues dans ce domaine. Des recherches montrent qu'un manque de reconnaissance peut conduire au déni d'identités moins fortes, perpétuant ainsi l'exclusion (Archer et al., 2018 ; Riedinger et Taylor, 2016).
- **Remettre en question l'image stéréotypée des STEM** : Œuvrez activement à démanteler l'idée selon laquelle les STEM sont « très difficiles » ou « déconnectés du monde ». Des activités pratiques, la résolution de problèmes concrets et une connexion avec l'environnement peuvent contribuer à changer cette perception.
- **Favoriser la compatibilité avec d'autres modes de vie** : Aidez les élèves à comprendre que leurs intérêts pour les arts, les langues ou le sport ne sont pas incompatibles avec les STEM. En effet, de nombreuses professions futures seront hybrides et exigeront des connaissances dans différents domaines.



## CONSIDÉRATIONS SPÉCIFIQUES

Pour chaque protocole, un examen spécifique a été réalisé afin de garantir une équité et une inclusion maximales. Cette analyse détaillée doit appliquer les recommandations générales au contexte particulier de chaque protocole. Ce processus comprend :

- **Application de la liste de contrôle CUA** : examen systématique de chaque protocole par rapport aux trois principes CUA (représentation, action et expression, engagement) pour identifier les domaines à améliorer ou à adapter.
- **Possibilités de remise en question des stéréotypes** : identification de la manière dont chaque protocole peut activement remettre en question les stéréotypes courants en STEM, que ce soit par son contenu, les activités proposées ou les points de discussion suggérés. L'analyse du langage, des exemples et des activités de la recherche vise à identifier les stéréotypes ou préjugés sexistes potentiels, afin de garantir des scénarios et des personnages neutres sur le plan du genre ou une représentation diversifiée des genres.
- **Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM** : évaluation de la mesure dans laquelle chaque protocole est liée à divers contextes ou origines culturelles, ou si elle peut être adaptée pour être plus culturellement adaptée. évaluation du lien étroit entre l'protocole et la vie quotidienne et les enjeux sociétaux.

L'application de ces critères permettra d'intégrer des considérations spécifiques à chaque protocole, garantissant ainsi que le projet SteamCity incarne véritablement son engagement en faveur de l'intégration et de la justice sociale. Les pages suivantes présentent les recommandations les plus pertinentes pour chaque considération spécifique, en fonction de la nature et de l'évolution des protocoles.

### Protocole – L'Odyssée de l'IA



#### Application de la liste de contrôle CUA

Cette activité fait appel à l'observation. Les enseignants devraient envisager de proposer d'autres méthodes d'acquisition d'informations aux élèves ayant des difficultés d'observation, comme des données pré-collectées, des descriptions détaillées ou des ressources multimédias. De plus, des conseils devraient être fournis aux élèves sur la manière d'obtenir des informations concernant la propriété des capteurs, les finalités de la collecte de données et leur utilisation, en particulier dans les contextes où ces informations ne sont pas facilement accessibles. Les enseignants pourraient suggérer des bases de données publiques fiables ou des ressources des collectivités locales comme sources.

#### Stéréotypes : opportunités difficiles

Les enseignants devraient encourager les élèves à examiner de manière critique leurs idées préconçues sur les personnes impliquées dans l'utilisation et le traitement des données des capteurs urbains. Cela implique de remettre en question les représentations biaisées, comme le stéréotype de l'homme blanc derrière un ordinateur. Organiser une visite d'un centre de données ou inviter divers professionnels du secteur à intervenir pourrait contribuer à remettre en question ces stéréotypes. Les enseignants peuvent également insister sur le caractère collaboratif de la visite des données et sur l'importance du travail d'équipe pour l'identification et l'analyse des capteurs, en soulignant que les STEM exigent de solides compétences interpersonnelles.

#### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Les enseignants devraient envisager l'applicabilité de ce protocole à des élèves issus de milieux géographiques divers, notamment ruraux ou semi-ruraux, en explorant la présence et les types de capteurs dans ces environnements. De plus, les discussions devraient aborder les biais inhérents aux technologies de reconnaissance et de détection faciales, ainsi que les stratégies visant à atténuer les erreurs d'identification, notamment chez les groupes marginalisés. Les enseignants devraient également encourager les élèves à discuter de la manière dont l'emplacement des capteurs pourrait refléter les tendances sociales ou économiques de leur ville, favorisant ainsi une réflexion critique sur les inégalités urbaines et la répartition équitable des technologies.



### **Application de la liste de contrôle CUA**

Lors de l'utilisation du jeu de grille 6x6, les enseignants devraient proposer divers formats d'interaction, comme dessiner le tableau au sol pour l'apprentissage kinesthésique ou fournir des cartes physiques aux élèves pour marquer les obstacles. Pour les élèves malvoyants, des adaptations telles qu'un contraste visuel accru, des éléments de jeu plus grands ou des interactions sonores avec les objets (dans les versions humaines et IA du jeu) devraient être envisagées afin de faciliter la participation et la compréhension des processus d'essais-erreurs.

### **Stéréotypes : opportunités difficiles**

Dans la réflexion finale, il est important de reconnaître le facteur humain derrière le développement de l'IA, notamment les programmeurs et les superviseurs. Les enseignants devraient insister sur la nécessité d'une modération humaine dans l'apprentissage autorégulé de l'IA, en soulignant que le développement de l'IA est un processus collaboratif qui bénéficie de contributions humaines diversifiées. Les enseignants peuvent également remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « très difficiles » en soulignant que le processus d'essais-erreurs, au cœur de l'apprentissage humain et automatique dans ce protocole, est une méthode d'apprentissage naturelle et efficace, rendant des concepts complexes accessibles par des tentatives itératives.

### **Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM**

Lors de la discussion finale, les enseignants devraient encourager les élèves à envisager divers contextes d'adaptation (par exemple, de nouveaux environnements scolaires, d'autres pays) afin de s'adapter à la diversité de leurs expériences. Cette approche aide les élèves à identifier les cas où l'apprentissage renforcé se produit dans différents contextes, favorisant ainsi une meilleure compréhension de son applicabilité. Les enseignants devraient animer des discussions comparant l'intuition et l'adaptabilité humaines à l'apprentissage automatique, encourageant ainsi les élèves à reconnaître que la diversité des modes de pensée et de résolution de problèmes (y compris ceux issus de formations STEM non traditionnelles) est précieuse et contribue à l'innovation.



### Application de la liste de contrôle CUA

Pour les activités impliquant des composantes auditives, les enseignants devraient fournir des représentations visuelles des ondes sonores ou des spectrogrammes afin que les élèves malentendants puissent également participer efficacement aux tâches d'identification des sons. Les enseignants devraient proposer plusieurs moyens de représentation pour l'identification des oiseaux, notamment des images d'oiseaux ou des descriptions écrites de leurs caractéristiques, afin de s'adapter aux différents besoins d'apprentissage.

### Stéréotypes : opportunités difficiles

Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « déconnectés du monde réel » en soulignant comment les outils d'IA pour la reconnaissance du chant des oiseaux contribuent directement aux efforts de conservation concrets et aident à surveiller la biodiversité urbaine, démontrant ainsi l'impact concret de la technologie. La cartographie des observations ornithologiques peut servir à estimer les populations d'espèces, en lien avec des sujets biologiques tels que l'équilibre des écosystèmes. Les discussions peuvent aborder la manière dont les déséquilibres (par exemple, une surpopulation d'oiseaux) peuvent entraîner une augmentation de la transmission de maladies, des nuisibles, des dommages aux infrastructures ou un déséquilibre écologique. Relier ces sujets biologiques permet aux élèves de comprendre l'objectif de l'activité au-delà du développement d'outils d'IA, de développer un sens de la gestion environnementale et de démontrer comment la technologie sert des objectifs collectifs et personnels.

### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Les enseignants doivent tenir compte de la diversité des environnements urbains d'où sont originaires les élèves, notamment les villes côtières abritant d'importantes populations de mouettes. Les discussions peuvent explorer comment les quartiers urbains à faible statut socio-économique peuvent présenter une richesse spécifique réduite, entraînant une « pauvreté biologique » et une STEMulation sensorielle réduite. De plus, les enseignants doivent tenir compte des variations saisonnières des populations d'oiseaux dues aux schémas migratoires, comme la présence d'hirondelles à différentes périodes de l'année, afin de garantir la pertinence du protocole quelle que soit la période de mise en œuvre.

## Protocole – Bot Buddy Adventure



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Étant donné que l'application de cette activité peut bénéficier considérablement aux personnes malvoyantes, les enseignants devraient explorer des stratégies pour impliquer ces élèves dans le processus de conception, comme l'intégration d'un assistant IA pour faciliter le codage du chatbot. Pour que le produit final soit pertinent et utile pour divers utilisateurs, leur implication dans le processus de développement est cruciale.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants devraient inclure des exemples de situations d'urgence, comme se rendre dans un centre de santé ou un commissariat, afin de mettre en avant les applications pratiques des chatbots. Un temps dédié devrait être consacré à la discussion sur les implications éthiques de la reconnaissance vocale et du stockage de données, notamment en matière de confidentialité. Il est également conseillé d'obtenir le consentement des parents pour la participation des élèves à des activités impliquant des données personnelles. Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont réservés aux individus « très intelligents » dotés d'un « talent inné » en soulignant que le processus itératif de test et d'amélioration du chatbot, y compris la gestion des erreurs et l'amélioration de la précision, est un élément clé du travail en STEM, qui repose sur la persévérance et la résolution de problèmes, et non pas uniquement sur un talent inné.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Lors de la conception de chatbots, les enseignants doivent tenir compte des besoins spécifiques de populations diverses, telles que les élèves issus de milieux socio-économiques variés, les personnes âgées ou les locuteurs non natifs. Cette approche met en évidence l'impact social de la technologie et son rôle dans la création d'environnements urbains plus inclusifs pour tous les citoyens.

## Protocole – Défi des détectives de la ville



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Pour faire face à la complexité potentielle des situations de crise pour certains élèves, les enseignants devraient proposer des situations simplifiées dès la formation initiale et/ou un accompagnement spécifique. Ce soutien devrait permettre aux élèves d'élaborer progressivement leurs propres protocoles pour gérer les situations critiques en situation d'urgence.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Pour renforcer l'applicabilité et la pertinence des solutions proposées, les enseignants devraient encourager les élèves à relier les résultats de l'activité aux implications potentielles pour leur propre ville. Les discussions devraient porter sur les enseignements tirés de la simulation et aboutir à l'élaboration de suggestions d'amélioration à l'intention des administrations concernées.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Pour les élèves issus de milieux socioéconomiques défavorisés qui peuvent percevoir les espaces publics et administratifs de manière négative, les enseignants devraient envisager d'intégrer des espaces non formels (par exemple, associations de quartier, ONG) qui correspondent davantage à leurs expériences. Cela favorise un environnement d'apprentissage plus inclusif et plus accessible.



## Protocole – Données vs. Contexte : le défi citoyen



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Pour atténuer le caractère abstrait du travail avec des ensembles de données variés, les enseignants devraient envisager d'organiser et de présenter les données aux élèves, de la plus simple à la plus complexe, afin de faciliter la réussite progressive du défi. De plus, les enseignants devraient proposer aux élèves diverses méthodes d'interaction avec les données, comme l'utilisation de supports visuels (tableaux blancs, post-it, feuilles A3), afin de répondre à la diversité des styles d'apprentissage et d'expression.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Lors de l'analyse des carrières axées sur les données décrites dans la description de l'activité, les enseignants devraient engager des discussions avec les élèves sur les implications concrètes de ces rôles. Il convient de s'attacher à remettre en question les stéréotypes courants en soulignant la diversité des individus représentés dans ces professions (par exemple, « Aviez-vous imaginé un ingénieur de données de cette manière ? Comment l'avez-vous imaginé ? »). Les enseignants peuvent également souligner que la « littératie des données » et « l'analyse critique des données », au cœur de ce protocole, sont des compétences développées grâce à des activités pratiques et ludiques, rendant la science des données accessible et agréable à tous les élèves, quelles que soient leurs aptitudes innées perçues.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Les enseignants devraient envisager de fournir un exemple concret d'activité réalisée pour l'étape 3 (données versus contexte, en insistant sur l'importance de la contextualisation). Cette approche peut renforcer la pertinence de l'activité en démontrant son application pratique.

## Protocole – Decibel Detective



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Les enseignants doivent reconnaître que les élèves malentendants peuvent ne pas être gênés par le bruit, mais qu'ils peuvent avoir des difficultés à comprendre les messages. Des adaptations doivent être envisagées pour garantir une communication claire des consignes et des informations.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants devraient animer des discussions sur le rôle des professionnels responsables de l'isolation acoustique des bâtiments (par exemple, architectes, architectes techniques, consultants en acoustique). Les élèves devraient être encouragés à se représenter ces personnes, en remettant en question les stéréotypes et en soulignant la diversité et l'équité au sein de ces professions. Les enseignants peuvent également insister sur le caractère collaboratif de la conception et de la réalisation de l'étude de bruit, en soulignant que la recherche scientifique implique le travail d'équipe, la communication et la compréhension des expériences humaines.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Les enseignants devraient encourager les élèves à rechercher des solutions aux problèmes de bruit identifiés, en privilégiant notamment les matériaux d'isolation efficaces pour les murs et les fenêtres. Il pourrait être envisagé d'impliquer les élèves dans une campagne visant à obtenir des financements pour l'isolation des salles de classe afin d'améliorer le bien-être. Les discussions devraient également aborder les implications plus larges des niveaux sonores élevés, comme la corrélation entre le bruit extérieur de la circulation et la pollution de l'air intérieur, et son impact potentiel sur les capacités cognitives et mentales des élèves.



### **Application de la liste de contrôle CUA**

Pour garantir une participation équitable, les enseignants doivent non seulement favoriser la formation d'équipes aux compétences et aux domaines de connaissances variés, mais aussi attribuer des rôles spécifiques aux élèves. Ces rôles (par exemple, fournisseur de contexte, preneur de notes, stratège en communication, analyste conceptuel des problèmes) doivent garantir que tous les participants contribuent de manière significative aux projets du groupe. Les enseignants doivent fournir des schémas visuels et des guides étape par étape pour l'assemblage Roobokart et la structure du code C++, ainsi que des explications orales et des possibilités d'expérimentation pratique, afin de répondre aux différents styles d'apprentissage.

### **Stéréotypes : opportunités difficiles**

Il est crucial que ces rôles assignés soient reconnus comme des contributions tout aussi précieuses au développement du projet, car la reconnaissance est essentielle pour développer l'identité STEM des élèves. Dans la mesure du possible, les enseignants devraient favoriser la rotation des rôles entre les membres du groupe afin que chaque élève acquière de l'expérience dans différentes tâches. Les discussions peuvent explorer différents styles de leadership (par exemple, démocratique ou autoritaire), en examinant comment ces styles influencent les sentiments des élèves et leur participation aux prises de décision du groupe, en soulignant notamment que les filles s'épanouissent souvent dans des environnements plus démocratiques. Les enseignants peuvent également souligner que la résolution collaborative de problèmes au sein du hackathon, y compris le débogage et l'amélioration itérative du code Roobokart, met en avant la persévérance et le travail d'équipe comme des compétences STEM essentielles, et pas seulement l'excellence individuelle.

### **Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM**

Les enseignants doivent s'efforcer de configurer la simulation de ville intelligente de manière à ce qu'elle ressemble au plus près à la ville ou au village de leurs élèves. Cette approche permet d'appliquer facilement les résultats du hackathon à des scénarios réels, renforçant ainsi la pertinence de l'activité et son potentiel d'amélioration de la qualité de vie des élèves. Les enseignants doivent encourager les discussions sur la manière dont la conception de véhicules autonomes et la réglementation de la mobilité peuvent répondre aux défis urbains concrets, tels que la réduction de la pollution, l'amélioration de l'accessibilité des transports publics pour tous les citoyens et la promotion d'un urbanisme équitable, reliant ainsi les solutions d'ingénierie aux enjeux de justice sociale.





<p><b>Application de la liste de contrôle CUA</b></p>	<p>À leur entrée au lycée, les élèves ont souvent entendu et utilisé le terme « énergie » dans divers contextes, des disciplines scientifiques à la vie quotidienne, et même dans des domaines comme la magie. Malgré son utilisation répandue, nombreux sont ceux qui n'en saisissent pas le sens précis, notamment en physique. Cela donne lieu à des idées fausses courantes, regroupées en trois grandes catégories (López-Simó et Couso, 2024).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De nombreux étudiants considèrent l'énergie comme un fluide qui imprègne et traverse les objets physiques, notamment les tubes, les câbles et autres conduits. Ce fluide imaginaire peut être stocké et transféré, restant inactif puis réactivé pour une occasion spécifique, par exemple dans les piles ou les aliments énergétiques. Cette idée a une origine socioculturelle et provient souvent de représentations fictives de pouvoirs et de rayons.</li> <li>• L'énergie est souvent considérée comme synonyme de vie et d'activité. On dit que les étudiants ont « beaucoup d'énergie » parce qu'ils sont actifs, tandis que les personnes âgées en ont « peu ». Cette vision vitaliste engendre des idées fausses, comme croire que les objets inanimés manquent d'énergie ou associer l'énergie uniquement au mouvement.</li> <li>• Certains perçoivent l'énergie comme une force motrice à l'origine du changement, comparable au « flux des choses ». Cependant, la physique souligne que l'énergie n'est pas la cause du changement, mais un moyen de le décrire et de le quantifier en comparant les états « avant » et « après ».</li> </ul> <p>Pour un apprentissage efficace, les éducateurs doivent encourager les élèves à exprimer ces conceptions existantes, puis les guider pour comprendre les limites de ces points de vue, en se concentrant sur les changements observables plutôt que sur les valeurs absolues ou les forces causales.</p>
<p><b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b></p>	<p>L'étape 3 présente un exercice de projection captivant, incitant les élèves à explorer les conséquences de l'absence d'une source d'énergie spécifique. Tout en soulignant efficacement notre dépendance à diverses formes d'énergie, cette activité pourrait, par inadvertance, nourrir une vision négative de l'avenir. Étant donné que certains élèves peuvent ressentir de l'éco-anxiété, potentiellement alimentée par la perception des STEM comme principale cause des problèmes environnementaux (en raison de la dépendance historique aux combustibles fossiles pour le développement technologique), les enseignants devraient conclure l'activité par une discussion cruciale. Cette discussion devrait souligner le rôle essentiel des STEM dans la solution, en présentant des exemples d'innovations durables telles que les technologies solaires avancées, les solutions de stockage d'énergie et l'énergie marémotrice et houlomotrice. De plus, il est important de préciser que l'adoption limitée de ces innovations n'est pas uniquement un problème lié aux STEM. Au contraire, des contraintes économiques et sociétales freinent souvent leur mise en œuvre généralisée. Illustrer ce point avec des exemples historiques issus de la science, tels que les théories de Barbara McClintock sur les « éléments transposables » ou les travaux d'Ignaz Semmelweis sur les « particules cadavériques » et le lavage des mains, peut fournir un contexte précieux sur la manière dont les idées révolutionnaires se heurtent aux barrières sociétales et institutionnelles, et pas seulement scientifiques.</p>
<p><b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b></p>	<p>Ce protocole vise à intégrer des enjeux énergétiques clés : l'impératif de justice énergétique et la promotion d'une transition énergétique conciliant les besoins environnementaux, sociaux et économiques. Il est particulièrement crucial que les discussions avec les étudiants sur des questions de recherche complexes – telles que « Quelles inégalités et injustices sociales sont créées ou reproduites par les choix énergétiques contemporains ? » et « Comment concilier les impératifs environnementaux, sociaux et économiques dans les transitions énergétiques ? » – aillent au-delà des réponses théoriques. Ces questions ont des conséquences directes sur nos modes de vie.</p> <p>Pour aider les élèves à saisir cette complexité, éviter les simplifications excessives et garantir que l'analyse dépasse le cadre purement théorique, les enseignants pourraient envisager de les impliquer dans la dynamique de classe. Des jeux comme « A 10 tornes del col·lapse » (en catalan) ou « Stratégie de transition énergétique durable » peuvent compléter avantageusement le protocole. Il est également important qu'en plus de réfléchir aux différentes sources d'énergie, les élèves abordent des questions telles que : « Qu'avez-vous ressenti pendant le jeu ? », « Pensez-vous que la situation présentée est plausible ? », « En réalité, comment pourrions-nous contribuer à atténuer le problème de la rareté des ressources ? », « Que devons-nous apprendre pour apporter des solutions ? », « Pensez-vous que la population est consciente du problème ? », etc.</p>



### Application de la liste de contrôle CUA

Les enseignants pourraient envisager de problématiser l'étape 1 (Décrypter le mix énergétique) afin de démontrer aux élèves l'importance d'analyser la logique du système électrique pour comprendre le fonctionnement de leur pays. La récente panne d'électricité du 28 avril 2025, bien documentée, qui a touché la péninsule ibérique (Espagne et Portugal), peut constituer une étude de cas concrète et riche pour analyser les défis du mix énergétique. De plus, elle peut permettre aux élèves d'approfondir les aspects techniques, économiques et sociétaux. Ils pourront ensuite analyser le mix énergétique de leur propre pays et tenter d'anticiper les conséquences possibles d'un scénario similaire.

### Stéréotypes : opportunités difficiles

Le développement et l'application expérimentale de modèles de transition énergétique dans différents scénarios représentent une entreprise conceptuellement exigeante et abstraite. Les enseignants pourraient conclure l'activité par une discussion sur les acteurs responsables de l'élaboration de ces modèles et de l'expérimentation de solutions potentielles au sein de chaque pays. Il est important de souligner que ce processus est complexe et multidimensionnel, impliquant un large éventail d'acteurs plutôt qu'une seule entité. Cet écosystème collaboratif nécessite une coopération interdisciplinaire poussée pour construire des modèles aussi complexes, soulignant ainsi la nature intrinsèquement collaborative du développement des STEM.

### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Afin de souligner la dimension de justice sociale, les enseignants sont encouragés à animer une discussion de clôture centrée sur des aspects cruciaux tels que l'impact des sources d'énergie sur la santé et la répartition équitable des bénéfices de la production énergétique. Par exemple, l'analyse des impacts sur la santé peut explorer la proximité fréquente des centrales électriques à combustibles fossiles, des mines et des raffineries avec des communautés à faibles revenus et des communautés de couleur. La pollution générée par ces installations est liée à une incidence élevée d'asthme, de cancer et d'autres disparités en matière de santé parmi les résidents, soulevant ainsi la question du racisme environnemental. À l'inverse, l'accent mis sur la répartition équitable des bénéfices souligne que la justice énergétique englobe non seulement la réduction des dommages, mais aussi la garantie d'un accès équitable aux avantages de la transition énergétique. Cela inclut la promotion de projets d'énergie renouvelable communautaires dont les bénéfices bénéficient directement aux populations locales, ou la mise en œuvre de programmes réduisant les coûts énergétiques pour les ménages à faibles revenus grâce à des améliorations de l'efficacité énergétique. Un tel débat peut naturellement inciter les élèves à examiner les mécanismes démocratiques dont disposent les citoyens pour influencer les choix énergétiques, comme le précise le protocole.



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Les enseignants devraient fournir aux élèves diverses ressources à analyser à l'étape 1 (par exemple, des articles, des vidéos, des images). De plus, il convient de proposer aux élèves diverses méthodes pour présenter leurs protocoles de vérification des faits, notamment des formats traditionnels comme la création d'affiches et les présentations orales, ainsi que des outils numériques créatifs.</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « déconnectés du monde réel » en reliant explicitement l'activité « FactBusters » aux problématiques concrètes des fausses nouvelles et de la désinformation, démontrant ainsi l'importance de la culture scientifique pour une citoyenneté éclairée et la gestion des défis sociétaux complexes. Si le développement de l'esprit critique est primordial, il est également utile d'aborder l'évolution des informations et des preuves scientifiques. Cette approche reconnaît que la connaissance scientifique n'est pas toujours objective, neutre et immuable, remettant ainsi en question les stéréotypes sur l'activité scientifique sans pour autant saper la confiance dans la méthode scientifique.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Les enseignants doivent tenir compte du fait que les mythes vérifiables à l'aide du matériel scolaire peuvent être simplistes. Il convient de développer les compétences des élèves en matière d'évaluation de la qualité des preuves, en leur permettant d'appliquer divers critères pour vérifier les informations trouvées sur Internet. Le questionnaire C.R.I.T.I.C. (Oliveras et al., 2013), conçu pour guider l'analyse critique des actualités scientifiques, peut s'avérer un outil précieux pour l'élaboration de protocoles de vérification des faits : <a href="https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2011.586736">https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2011.586736</a></p>



### Application de la liste de contrôle CUA

Compte tenu de l'importance de la collecte de données sur le terrain dans ce protocole, les enseignants devraient proposer une certaine flexibilité dans les modalités de regroupement (par exemple, travail individuel, binômes, groupes diversifiés). Cela garantit le confort des élèves, simplifie les aspects logistiques des déplacements et permet de couvrir une zone urbaine plus vaste.

### Stéréotypes : opportunités difficiles

Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « déconnectées du monde » en soulignant comment l'activité « Gardiens des fleurs » contribue directement aux efforts concrets de préservation de l'environnement, démontrant que la recherche scientifique peut s'appliquer aux écosystèmes locaux et avoir un impact tangible sur la biodiversité. Cette activité englobe des contenus issus de l'ingénierie/technologie, des mathématiques et des sciences, ce qui peut susciter des niveaux d'intérêt variables selon le sexe. Lors des travaux de groupe, les enseignants doivent favoriser la rotation des rôles afin de garantir des opportunités de participation équitables dans tous les domaines d'activité. Un accompagnement supplémentaire peut être nécessaire pour l'étape 3 (analyse des données), par exemple en fournissant des exemples de différentes tendances de données à des fins de comparaison, en utilisant des analogies pour clarifier les concepts statistiques et en présentant les données sous différents formats graphiques afin de garantir que les élèves disposent des outils nécessaires à leur réussite.

### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Bien que des exemples soient fournis dans le protocole, les enseignants devraient envisager d'intégrer une phase d'application finale afin de promouvoir l'idée que les STEM sont non seulement essentiels à l'analyse des problèmes, mais aussi à l'élaboration de solutions. Ce projet peut être enrichi par la construction d'hôtels à insectes ou de jardins à pollinisateurs afin d'accroître les populations de pollinisateurs en milieu urbain. Les discussions doivent aborder explicitement les raisons de l'impact environnemental sur les populations de pollinisateurs, en s'appuyant sur les connaissances des élèves sur le vivant et les écosystèmes. Cela favorise les liens avec les apprentissages antérieurs et d'autres disciplines, conduisant à une compréhension plus intégrée du problème et des STEAM.



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Pour améliorer la compréhension par les élèves de concepts abstraits tels que la perméabilité à l'air et la diffusivité thermique, les enseignants devraient minimiser l'utilisation excessive de formules mathématiques dans les définitions. Ils devraient plutôt utiliser des supports visuels (par exemple, des dessins, des schémas, des images, des images thermiques) pour favoriser la compréhension des concepts de transmission thermique.</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Lorsque les élèves travaillent en groupe, les enseignants devraient encourager la rotation des rôles (par exemple, animateur, rédacteur, manipulateur) afin de garantir des chances équitables de participation à l'activité. Compte tenu des différentes étapes expérimentales de ce protocole, la pré-définition et la rotation des rôles sont faciles à mettre en œuvre. Les discussions ultérieures devraient porter sur l'expérience des élèves dans différents rôles et sur leurs contributions spécifiques aux efforts de l'équipe, remettant en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « très difficiles » en démontrant que des sujets complexes peuvent être abordés par des étapes faciles à gérer, conduisant à des résultats positifs.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Les enseignants devraient envisager d'impliquer les élèves dans une campagne visant à améliorer la rétention de chaleur dans les bâtiments publics ou leurs écoles. Cette initiative peut permettre aux élèves de percevoir les STEM comme un outil d'analyse des problèmes et de mise en œuvre de solutions, au service d'un objectif collectif. Les enseignants devraient encourager les élèves à discuter de l'impact disproportionné d'une mauvaise isolation et de l'inefficacité énergétique sur les populations vulnérables (par exemple, les ménages à faibles revenus confrontés à des factures d'énergie élevées ou à des problèmes de santé liés aux températures extrêmes), favorisant ainsi une réflexion critique sur l'accès équitable à un cadre de vie confortable et sain.</p>



### **Application de la liste de contrôle CUA**

Les enseignants devraient proposer aux élèves diverses méthodes pour présenter leurs résultats à différentes étapes, notamment des infographies, des storyboards, des récits visuels, des résumés vidéo ou des animations, en plus des cartes mentales. Ce protocole peut être efficacement lié à l'investigation « SoundSquad : Cartographie sensible des bruits », en prolongement ou en prélude au protocole « La grande évasion sonore : protocole sur le son du silence », établissant ainsi des liens interdisciplinaires.

### **Stéréotypes : opportunités difficiles**

Les enseignants devraient insister explicitement sur le lien entre technologie et santé, ce qui peut particulièrement intéresser les élèves qui se sentent généralement désintéressés de la technologie, perçue comme centrée sur les machines. Souligner l'importance des sciences de la santé peut accroître l'engagement des élèves et modifier leur perception de l'ingénierie et des technologies. Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « obsédés par le travail » ou « socialement maladroits » en soulignant que la compréhension des sciences du sommeil, un sujet directement lié au bien-être personnel, implique une réflexion et une collaboration interdisciplinaires, démontrant ainsi que les STEM peuvent être appliquées pour améliorer la qualité de vie et qu'il s'agit d'un domaine qui valorise une compréhension holistique.

### **Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM**

Les enseignants doivent tenir compte du fait que la qualité du lit peut également influencer la qualité du sommeil des élèves. Le protocole doit prévoir l'inclusion d'indicateurs supplémentaires adaptés au contexte des élèves ou à ceux qu'ils souhaitent étudier. Les enseignants doivent encourager les élèves à explorer comment la pollution urbaine (lumière, bruit, température) et les habitudes technologiques (utilisation des écrans) peuvent affecter de manière disproportionnée la qualité du sommeil dans différentes communautés (par exemple, les quartiers où la pollution lumineuse et sonore est plus élevée, ou où l'accès aux technologies est variable), en favorisant les discussions sur la justice environnementale et l'accès équitable à un sommeil réparateur.



## Protocole – Mesure de CO2 en intérieur



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Bien que la fourniture de codes visuels et détaillés pour des applications spécifiques soit bénéfique, les enseignants doivent donner la priorité à l'engagement des élèves dans la compréhension de la fonction principale des blocs de programmation utilisés.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants doivent reconnaître et valoriser les contributions de tous les membres du groupe, y compris ceux qui ont principalement participé aux processus de conceptualisation ou de documentation, plutôt qu'à la programmation directe. Ils peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « déconnectées du monde réel » en soulignant que la construction et l'utilisation d'un détecteur de CO2 ont un impact direct sur l'apprentissage et le cadre de vie immédiats des élèves, démontrant ainsi comment les outils scientifiques peuvent être utilisés pour améliorer la santé et le bien-être au quotidien.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Les enseignants devraient encourager les élèves à discuter des variations importantes de la qualité de l'air intérieur selon le type de bâtiment (par exemple, écoles anciennes et nouvelles, espaces publics et privés) et de ses implications pour un accès équitable à des environnements d'apprentissage et de vie sains, en favorisant la prise de conscience des disparités environnementales. En conclusion, il convient d'aborder la complexité des situations où l'air extérieur peut également être pollué, incitant les élèves à réfléchir aux compromis entre les niveaux de CO2 intérieur et la présence d'autres polluants externes en cas de ventilation. Ce problème peut être explicitement lié au protocole de « Qualité de l'air extérieur et météo ».

## Protocole – Qualité de l'air extérieur et météo



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Pour aider les étudiants qui rencontrent des difficultés avec le raisonnement abstrait, il peut être utile de fournir des exemples visuels de modèles temporels dans les données (étape 3 – analyse des données) et des illustrations spécifiques de variables ou de facteurs de confusion qui peuvent influencer les variables dépendantes et indépendantes.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « déconnectés du monde réel » en soulignant comment la construction et le déploiement d'une station de surveillance de la qualité de l'air extérieur répondent directement à un problème environnemental local, démontrant ainsi l'impact immédiat et tangible des STEM sur la santé et le bien-être des communautés. Des discussions sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé devraient être intégrées afin de souligner le lien entre technologie et sciences de la santé.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Dans la mesure du possible, les enseignants devraient encourager les élèves à comparer les données collectées avec les données officielles sur la pollution afin d'évaluer leur fiabilité. Cette comparaison peut également renforcer la contribution des élèves à l'utilisation de leurs données pour agir. Les enseignants devraient encourager les élèves à étudier comment la pollution atmosphérique affecte de manière disproportionnée certains quartiers ou communautés de leur ville ou du monde, favorisant ainsi le débat sur la justice environnementale et plaidant pour une qualité de l'air équitable pour tous les citoyens.



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Pour susciter l'engagement des élèves, les enseignants peuvent envisager de fournir des exemples graphiques de diverses sources d'énergie afin de les aider à analyser leur consommation énergétique. Ces visuels doivent établir un contexte pertinent ou servir d'amorce narrative, par exemple en illustrant le parcours de l'énergie du réveil à l'endormissement. Cette approche permet de relier immédiatement des concepts énergétiques abstraits à leur quotidien. De plus, il est fortement recommandé de concrétiser l'« Étape 3 - Explorer les leviers de la sobriété » dans un contexte concret et précis, qui résonne auprès des élèves. L'environnement scolaire offre un cadre idéal pour cela. L'analyse doit aller au-delà de la simple consommation énergétique du bâtiment scolaire (par exemple, éclairage, chauffage, climatisation, déplacements des élèves). Cette étape 3 peut être présentée comme un projet mené par les élèves, leur permettant de mener des activités d'investigation, de communiquer leurs conclusions et de suggérer de manière critique des actions possibles pour améliorer la sobriété énergétique au sein de leur communauté scolaire. De plus, pour tenir compte de la diversité des styles d'apprentissage, les enseignants devraient proposer aux élèves différentes méthodes pour communiquer les résultats des étapes 3 et 4 (audit des habitudes énergétiques personnelles).</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Afin d'élargir les perspectives des élèves, les enseignants sont encouragés à démontrer que les audits énergétiques et la promotion de la sobriété énergétique ne sont pas de simples exercices académiques, mais constituent un domaine professionnel à part entière au sein des STEM. Cet effort transcende les exigences scolaires, mobilise un large éventail d'acteurs, des organisations non gouvernementales et des entreprises privées aux agences gouvernementales, et nécessite une implication plus large. Mettre en avant la nature intrinsèquement interdisciplinaire des équipes d'audit énergétique, qui intègrent des expertises issues de domaines tels que l'architecture, l'ingénierie, la gestion de l'énergie et les sciences de l'environnement, peut efficacement remettre en question les perceptions stéréotypées des carrières dans les STEM. Cette approche souligne de manière cruciale la demande de profils professionnels diversifiés dans les STEM et souligne le lien direct entre l'ingénierie et les disciplines technologiques et la poursuite d'objectifs concrets et essentiels.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Ce protocole propose une discussion critique centrée sur l'analyse des données énergétiques historiques afin de comprendre les mécanismes qui ont façonné nos modes de consommation actuels. Afin de mettre en avant la perspective essentielle de justice sociale dans cette analyse, les enseignants devraient expliquer comment les décisions et les systèmes énergétiques affectent de manière disproportionnée les différentes personnes et communautés, en soulignant la question fondamentale de l'équité : qui bénéficie de l'énergie et qui en supporte le fardeau ? Pour illustrer concrètement cette trajectoire historique et son impact actuel, les enseignants peuvent présenter des cas précis :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le phénomène « Pas dans mon jardin » (NIMBY) : Expliquez comment l'opposition locale aux nouvelles infrastructures énergétiques, bien que compréhensible, a historiquement conduit à l'implantation de projets énergétiques indésirables (comme des centrales à combustibles fossiles ou des sites d'enfouissement des déchets) dans des communautés moins influentes politiquement, souvent marginalisées. Ces communautés, disposant de moins de ressources pour riposter, supportent de manière disproportionnée les conséquences environnementales et sanitaires, renforçant ainsi les inégalités existantes. Cela démontre comment les choix énergétiques historiques ont laissé des héritages d'injustice environnementale.</li> <li>• Inégalités énergétiques mondiales et exploitation historique : Même si nous analysons la consommation énergétique d'un point de vue européen, il est essentiel de reconnaître que des milliards de personnes, principalement dans les pays en développement, n'ont toujours pas accès à une électricité fiable ni à la gamme d'appareils électroménagers courante dans les foyers européens. Cette disparité flagrante souligne que la justice énergétique ne consiste pas seulement à parvenir à la sobriété énergétique dans les pays surconsommateurs, mais aussi, fondamentalement, à corriger ces profondes inégalités mondiales. Il est particulièrement pertinent d'examiner comment de nombreux pays européens ont historiquement largement bénéficié et continuent de bénéficier des ressources naturelles (y compris celles utilisées pour la production d'énergie) de ces mêmes pays en développement, établissant ainsi un lien clair entre les pratiques coloniales passées, l'extraction actuelle des ressources et la répartition inégale de l'accès à l'énergie et les contraintes qui y sont associées aujourd'hui.</li> </ul>



### Application de la liste de contrôle CUA

Avant de mesurer les données, il est crucial que les élèves prédisent la plage des valeurs attendues. Ce processus, bien que ne se concentrant pas uniquement sur la précision numérique, active les connaissances préalables et encourage leur application à la situation (par exemple, « Compte tenu de ce que vous savez sur cette plante, l'avez-vous déjà vue à cet endroit ? Pourquoi pensez-vous cela ? Quelles valeurs prévoyez-vous de recueillir pour la lumière, l'humidité et la température ? »). Après la mesure, une discussion réflexive doit s'ensuivre, comparant les valeurs recueillies aux prédictions initiales et incitant les élèves à justifier les écarts.

### Stéréotypes : opportunités difficiles

Impliquer un jardinier local ou une association de jardinage dans le projet peut s'avérer très bénéfique. Si les outils d'IA, les ouvrages de botanique et les bases de données spécialisées sont précieux pour identifier les espèces végétales adaptées, intégrer un jardinier démontre que les connaissances en STEM sont également présentes dans ces professions, leur conférant le même statut que les produits STEM traditionnels. Cette approche reconnaît visiblement les contributions de professionnels populaires et de services souvent méconnus (comme les jardiniers) aux STEM, remettant ainsi en question les stéréotypes et démontrant que les STEM existent au-delà du laboratoire.

### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Les élèves devraient être libres de choisir l'emplacement de leur mur végétal. Les discussions devraient aborder la durabilité du projet, notamment les stratégies visant à garantir l'appréciation de la communauté et à prévenir la suppression des plantes des espaces communs. Les enseignants devraient encourager les élèves à discuter de la manière dont les initiatives de végétalisation urbaine peuvent contribuer à lutter contre les inégalités environnementales, par exemple en favorisant l'accès aux espaces verts et en améliorant la qualité de l'air dans les quartiers défavorisés, en favorisant ainsi la compréhension de la contribution de la technologie et des sciences environnementales à des environnements urbains plus équitables.

## Protocole – Signalisation routière de demain



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Les enseignants devraient envisager d'inclure un échafaudage plus détaillé pour aider les élèves à définir leurs panneaux, en particulier à l'étape 1. Par exemple, l'utilisation d'une stratégie de réflexion conceptuelle encouragerait les élèves non seulement à répondre aux exigences technologiques pour produire des signaux plus intelligibles, mais aussi à créer des panneaux qui répondent à un besoin ou à un problème identifié et pertinent à leur contexte spécifique.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants devraient engager une discussion finale avec les élèves sur les applications de ce protocole aux véhicules autonomes, en insistant sur la nécessité d'assurer une analyse et un traitement des données fiables et rapides. Il est conseillé de développer une activité favorisant le développement de l'esprit critique concernant le développement concret des véhicules autonomes, en explorant leur potentiel et leurs résultats concrets. Au-delà de l'accent mis sur l'approche STEAM, il est crucial de souligner le lien entre les développements technologiques et les applications concrètes afin de remettre en question les stéréotypes courants sur l'ingénierie.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Selon l'âge des élèves, leur familiarité avec la signalisation routière peut varier. Les enseignants devraient envisager une activité initiale d'observation de l'environnement afin d'identifier les panneaux fréquemment rencontrés et d'en déduire leur signification. Cela peut aider les élèves à identifier leurs besoins lors de la phase de réflexion sur la conception de leur propre signalisation. Les enseignants devraient également encourager les élèves à réfléchir à l'impact de la conception de la signalisation routière sur les différents usagers de la route, notamment les piétons, les cyclistes et les personnes ayant des capacités visuelles ou cognitives variées, favorisant ainsi les discussions sur la conception inclusive et l'accès équitable à des infrastructures urbaines sûres.

## Protocole – SoundSquad. Cartographie sensible des bruits



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Ce protocole s'apparente à l'investigation « Light vs Zzz » et pourrait servir de précurseur. Les enseignants devraient envisager d'appliquer la cartographie sensible et l'analyse quantitative du son à des groupes spécifiques d'élèves ayant des besoins particuliers, comme les élèves autistes, en s'appuyant sur leur expérience personnelle pour développer cette cartographie sensible, compte tenu de leur sensibilité accrue aux sons.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les enseignants devraient envisager de développer des cartes adaptées à des besoins spécifiques, par exemple pour les parents de nourrissons ou les personnes souffrant de migraines qui ont besoin d'espaces calmes pour faire leurs courses ou effectuer d'autres activités. Mettre l'accent sur le lien entre la technologie et l'amélioration des conditions de vie de ces personnes peut remettre en question les stéréotypes courants selon lesquels les STEM sont purement académiques ou abstraits.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Les discussions devraient explorer la manière dont les paysages sonores varient selon les zones urbaines, en particulier entre les quartiers les plus riches et les moins riches, ainsi que les implications de ces différences pour la justice environnementale et l'impact disproportionné de la pollution sonore sur certaines communautés.



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Compte tenu des différences de rythme d'apprentissage des élèves en matière de développement des compétences en programmation, les enseignants devraient offrir des possibilités flexibles de composition des groupes. Cela peut inclure la formation de groupes d'élèves de niveaux similaires ou, au contraire, le regroupement d'élèves de niveaux différents afin de faciliter l'apprentissage entre pairs et le soutien mutuel.</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Le protocole se concentre sur la conception d'objets intelligents pour une ville intelligente. Si cet objectif séduit de nombreux élèves, les enseignants devraient envisager de l'élargir en leur donnant l'occasion de conceptualiser tout objet (y compris domestique) susceptible de gagner à être « intelligent » (c'est-à-dire intégrant des capteurs et des actionneurs). À cet égard, une première étape de la conceptualisation pourrait consister à convenir d'une mission plus large, par exemple « concevoir des objets intelligents qui améliorent nos conditions de vie », plutôt que de se limiter à « concevoir des objets intelligents qui facilitent ou entravent les véhicules autonomes ». Cette approche remet en question l'idée reçue selon laquelle l'ingénierie et la technologie consistent principalement à inventer de nouveaux objets futuristes. À l'inverse, elle met en lumière l'importance de redéfinir les appareils du quotidien. Ainsi, les enseignants peuvent remettre en question le stéréotype selon lequel les STEM sont « excentriques » ou « singulières » en mettant l'accent sur les aspects pratiques et créatifs de la conception d'objets intelligents qui résolvent des problèmes concrets, démontrant ainsi que l'ingénierie et la technologie visent fondamentalement à améliorer le quotidien de chacun.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Lorsqu'ils impliquent les élèves dans le processus de conception et de codage, les enseignants doivent les inciter spécifiquement à aborder des problèmes liés à leur culture, leur origine ethnique, leur genre ou d'autres contextes personnels (par exemple, concevoir un cadre et un hub numériques intelligents et partagés pour connecter les membres de la communauté). Lors de la présentation de leur dispositif ou de leur solution, les élèves doivent être invités à articuler sa pertinence pour leur communauté, démontrant ainsi la diversité des approches technologiques possibles. Cette approche souligne l'importance cruciale de la diversité des équipes d'ingénieurs pour garantir que les solutions technologiques répondent aux besoins spécifiques d'un large éventail de populations.</p>



### Application de la liste de contrôle CUA

Les enseignants devraient envisager de positionner l'étape 1 comme une phase d'application, à réaliser à la fin du protocole. L'éclairage urbain pouvant être un sujet peu familier pour les élèves, il serait plus judicieux de commencer par des tâches concrètes et simples, comme l'observation de l'éclairage dans leurs rues résidentielles, leurs zones commerciales ou leurs centres commerciaux. Les paramètres clés de l'observation doivent être définis, notamment l'intensité lumineuse, la couleur et les heures d'ouverture. De plus, les discussions doivent explorer les caractéristiques d'un éclairage efficace sous différents angles, englobant les aspects sociaux, les impacts écologiques et biologiques, les principes physiques et les économies d'énergie. Après cette phase d'observation, les élèves peuvent formuler des lignes directrices générales de manière structurée et les comparer à des études de cas menées dans d'autres villes du monde (étape 1 initiale). Cette analyse comparative peut également être utile pour affiner les recommandations qu'ils formuleront aux conseils municipaux ou aux gestionnaires de centres commerciaux à l'étape 3.

### Stéréotypes : opportunités difficiles

Les enseignants devraient inciter les élèves à imaginer les profils des professionnels impliqués dans l'urbanisme, notamment en matière d'éclairage urbain. L'accent devrait être mis sur la nécessité de former des équipes interdisciplinaires, en soulignant que les ingénieurs conçoivent des solutions efficaces, les urbanistes se concentrent sur la sécurité des environnements urbains et les biologistes contribuent à atténuer l'impact de l'éclairage sur les écosystèmes urbains (par exemple, l'attraction lumineuse des insectes affectant les pollinisateurs, la désorientation des oiseaux migrateurs, la modification des habitudes alimentaires des mammifères nocturnes ou les effets physiologiques sur la santé humaine).

### Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM

Les enseignants doivent réviser au préalable le formulaire d'observation et les questionnaires de perception de l'éclairage urbain avec les élèves afin de s'assurer que toutes les questions sont pertinentes à leur contexte et d'identifier les questions qui devraient être supprimées ou ajoutées.



## Protocole – Whisper Walls - Explorer le son du silence



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Ce protocole peut être intégré au protocole « Lumière vs Zzz » comme phase d'application. Pour faciliter la compréhension par les élèves de l'atténuation sonore par différents matériaux, il est conseillé d'utiliser une loupe (numérique) pour illustrer la composition des matériaux. Cela permet de comprendre comment les matériaux poreux absorbent le son tandis que les matériaux denses et durs le réfléchissent et bloquent sa transmission, expliquant ainsi les sensations acoustiques qui en résultent. De plus, des représentations visuelles des ondes sonores peuvent apporter des éléments complémentaires et aider les élèves à développer leur interprétation du phénomène.</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Les enseignants doivent s'efforcer de définir un objectif clair pour les expériences sur l'atténuation du bruit, permettant ainsi aux élèves d'identifier le besoin de leurs activités d'investigation. Si le protocole suggère d'explorer les innovations en matière de barrières antibruit en milieu urbain, un défi plus personnel et personnel (par exemple, la construction d'un espace de répétition pour les activités musicales, la conception de matériaux antibruit passifs pour les casques) peut souligner le lien entre les STEM et la vie quotidienne des élèves, remettant ainsi en question le stéréotype selon lequel les STEM se résument à des projets impersonnels et de grande envergure.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Les enseignants devraient intégrer les expériences sonores quotidiennes des élèves à la discussion. Par exemple, avant une expérience, les élèves pourraient signaler anonymement les sons entendus depuis leur chambre et leur impact sur leur bien-être, en reconnaissant que certains élèves peuvent vivre dans des conditions difficiles. Cela montre que la pollution sonore ne se limite pas aux bruits urbains et inclut les matériaux de construction et les facteurs liés au mode de vie. Ces informations peuvent être utilisées lors des discussions initiales ou lors d'une étape finale où les élèves choisissent des matériaux pour atténuer des bruits spécifiques.</p>

## Protocole – Tri optimisé des déchets



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	<p>Les étudiants n'étant pas forcément experts en programmation d'IA, il est conseillé de fournir des exemples graphiques illustrant les observations à effectuer à l'étape 3 (analyse des interactions entre les neurones du réseau neuronal). L'objectif de cette analyse doit être clair, par exemple l'identification de connexions incorrectes après une mauvaise identification d'image par l'IA.</p>
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	<p>Les enseignants devraient faciliter les discussions avec les élèves sur les individus à l'origine des innovations en IA. Les élèves devraient être encouragés à exprimer leur perception de ces professionnels et à relier leurs qualités à leurs propres expériences (puisque'ils ont également exercé en tant que professionnels de la science des données). Cela permet de démystifier ces rôles et de mettre en évidence la diversité des individus au sein des professions STEM.</p>
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	<p>Les discussions devraient aborder les biais d'identification d'images résultant d'une formation supervisée inappropriée. Les enseignants peuvent s'engager sur cette voie en examinant des cas connus, tels que les taux d'erreur de classification disproportionnés pour les visages foncés ou les cas de mésidentification du genre dus à des systèmes d'IA principalement entraînés à la classification binaire du genre. Cela favorise une réflexion critique sur l'éthique de l'IA et l'équité sociale.</p>

## Protocole – Trees vs. Cars. Classifier les véhicules par arbres de décision



<b>Application de la liste de contrôle CUA</b>	Bien qu'un support soit fourni pour l'élaboration d'arbres de décision, les enseignants devraient envisager de commencer l'activité par une application plus simple et plus accessible, comme « Comment choisir ses vêtements ». L'élaboration d'un arbre de décision étant un concept abstrait, simplifier le processus décisionnel initial peut réduire la charge cognitive, abaisser la barrière d'entrée et permettre aux élèves de se concentrer sur la logique sous-jacente des arbres de décision.
<b>Stéréotypes : opportunités difficiles</b>	Les discussions avec les élèves devraient aller au-delà de l'identification des véhicules autorisés et interdits dans les zones à faibles émissions pour explorer les applications plus larges des arbres de décision. Des liens devraient être établis entre des applications simples (par exemple, gagner à « Qui est-ce ? ») et des applications plus complexes (par exemple, les clés dichotomiques en biologie, les systèmes d'aide au diagnostic en santé, le contrôle qualité en industrie). Une activité d'application pourrait consister à comparer les similitudes et les différences des arbres de décision entre diverses applications afin d'améliorer la compréhension des élèves des facteurs contribuant à l'efficacité des arbres, élargissant ainsi leur perception des applications STEM au-delà des véhicules.
<b>Autres aspects concernant la promotion de la justice sociale dans les STEAM</b>	Étant donné que le protocole est élaboré à partir du cas bruxellois, les enseignants devraient envisager les adaptations nécessaires pour l'adapter à la ville ou au village des élèves. Cette personnalisation peut considérablement améliorer l'engagement des élèves en rendant l'expérience d'apprentissage plus pertinente et plus adaptée à leur contexte local.



### À PROPOS DE L'AUTEUR

Carme Grimalt Alvaro, professeure agrégée de l'Aire de Didactique des Sciences Expérimentales et adjointe au Master Universitaire de Recherche dans la Spécialité en Éducation Scientifique et Mathématique.

Ses recherches se concentrent sur l'utilisation des technologies numériques pour faciliter et améliorer l'enseignement des STEM, la promotion de l'équité et de la justice sociale dans l'éducation scientifique (avec un accent particulier sur les inégalités de genre), et l'utilisation de méthodes de recherche qualitatives pour construire des connaissances.

<https://portalrecerca.uab.cat/es/persons/maria-del-carne-grimalt-alvaro-3>



## BIBLIOGRAPHIE

- Archer, L., Moote, J., Francis, B., DeWitt, J. et Yeomans, L. (2017). La jeune physicienne « exceptionnelle » : analyse sociologique de données multiméthodes auprès de jeunes femmes de 10 à 16 ans pour explorer les tendances sexuées de la participation après 16 ans. *American Educational Research Journal*, 54(1), 88-126. <https://doi.org/10.3102/0002831216678379>
- Archer, L., Nomikou, E., Mau, A., King, H., Godec, S., DeWitt, J., et Dawson, E. (2018). Les élèves subalternes peuvent-ils « parler » science ? Une analyse intersectionnelle des performances des élèves subalternes dans les classes de sciences du secondaire en milieu urbain au Royaume-Uni. *Études culturelles de l'éducation scientifique*, 14(3), 723-751. <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9870-4>
- Archer, L., Osborne, J. F., DeWitt, J., Dillon, J., Wong, B. et Willis, B. (2013). Rapport ASPIRES : Aspirations scientifiques et professionnelles des jeunes de 10 à 14 ans (p. 40). King's College de Londres ; Département de l'éducation et des études professionnelles. [https://kclpure.kcl.ac.uk/ws/portalfiles/portal/64130521/ASPIRES\\_Report\\_2013.pdf](https://kclpure.kcl.ac.uk/ws/portalfiles/portal/64130521/ASPIRES_Report_2013.pdf)
- Chan, R. C. H. (2022). Une perspective sociocognitive sur les disparités entre les sexes en matière d'auto-efficacité, d'intérêt et d'aspirations en sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STEM) : l'influence des normes culturelles et de genre. *Revue internationale de l'éducation STEM*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00352-0>
- López-Simó, V., et Couso, D. (2024). Enseignement de la physique dans l'enseignement secondaire obligatoire. Service des publications. Université autonome de Barcelone. <https://monografies.uab.cat/monografies/catalog/book/MAT0244>
- OCDE (2023). Résultats du PISA 2022 (Volume I) : État des apprentissages et de l'équité dans l'éducation. OCDE. <https://doi.org/10.1787/53f23881-fr>
- Riedinger, K., et Taylor, A. (2016). « Je pourrais me voir comme une scientifique » : le potentiel des programmes extrascolaires pour influencer l'identité des filles en sciences. *Afterschool Matters*, 23, 1-7.
- Tan, E., Calabrese Barton, A., Kang, H. et O'Neill, T. (2013). Désirer une carrière dans les domaines liés aux STEM : comment les collégiennes articulent et négocient leurs identités concrètes en sciences. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1143-1179. <https://doi.org/10.1002/tea.21123>
- Wong, B. (2017). « Je suis bon, mais pas si bon que ça » : l'identité des jeunes diplômés en informatique. *Computer Science Education*, 26(4), 299-317. <https://doi.org/10.1080/08993408.2017.1292604>