Y aura-t-il assez d'ingénieurs en Europe demain ?



Enquêtes et idées pour faire évoluer l'enseignement des STEM en France et en Europe

Table des matières

- P. 3 Préface, par Marc Durando, European Schoolnet
- P. 6 Introduction, par Alexandre Titin-Snaider, Texas Instruments
- P. 8 I Enseigner les STEM en Europe : des opportunités et des défis
- P. 9 II Que sont les STEM ? Pourquoi cet engouement ?
- P. 11 III Enseigner les STEM au quotidien
- P. 16 IV Quelles politiques et actions pour favoriser l'enseignement des STEM ?
- P. 16 V Les politiques européennes
- P. 17 VI En France, de nouveaux programmes clairement orientés STEM
- P. 21 VII Le rôle des industriels
- P. 22 VIII 4 écoles, 4 défis, 4 succès
- P. 27 IX Recommandations pour l'avenir de l'enseignement des STEM en France et en Europe



Directeur de la publication : Texas Instruments Education Technology : Alexandre Titin-Snaider - Janvier 2020 Comité éditorial : Isabelle Cussac, Marthe Pariset, Carlos Coelho, Marc Durando.

Cet ouvrage est publié sous les termes et conditions d'Attribution 4.0 International https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/ Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification CC BY-NC-ND



Préface

Marc Durando, Executive director - European Schoolnet

Nous sommes confrontés actuellement à une transformation importante de notre société liée aux développements technologiques et à l'importance des compétences numériques. Des études de L'OCDE révèlent que plus de 10% des emplois risquent de disparaître prochainement et que plus de 35% des emplois vont être radicalement transformés. D'autres études (source – the future laboratory) indiquent que 65% des étudiants aujourd'hui occuperont des emplois qui n'existent pas encore. Enfin d'ici à 2030 9 emplois sur 10 vont requérir une maitrise des compétences numériques. Des enquêtes internationales révèlent aussi que 44% de la population en Europe (âge 16-74) ne maîtrisent pas les compétences numériques de base. La véritable question est donc de s'interroger si nous nous dirigeons vers un nouveau clivage social. Dans ce contexte, il est essentiel que nos institutions de formation et nos systèmes éducatifs puissent préparer au mieux les étudiants et les enseignants pour ces changements économiques et sociaux très rapides.

Ce problème de compétences numériques ne peut être abordé de manière isolée et doit s'inscrire dans une réflexion plus globale, car les compétences numériques sont un sous-domaine des compétences en Sciences, Technologies, Engineering et Maths plus communément appelé STEM.

Les données PISA montrent qu'en 2015, seulement deux états membres vont atteindre le benchmark défini par la Commission européenne. Si PISA se préoccupe d'analyser la performance dans le domaine des STEM, il convient de noter que l'un des enjeux tout aussi important est aussi d'analyser l'intérêt des jeunes par rapport à ces disciplines, et une performance élevée en matière de résultats dans le domaine des STEM dans un pays n'amène pas nécessairement à un plus grand niveau d'intérêt au niveau des jeunes.

La situation du désintérêt des jeunes pour suivre des études scientifiques et techniques et ultérieurement occuper des emplois dans ce domaine des STEM n'est pas récente. En 2007, le rapport Rocart - L'enseignement scientifique aujourd'hui - une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe 1 - mentionnait : «Ces dernières années, de nombreuses études ont mis en évidence un déclin inquiétant de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et mathématiques. Malgré les nombreux projets et programmes d'action mis en œuvre pour inverser cette tendance, les signes d'amélioration demeurent

1 https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf

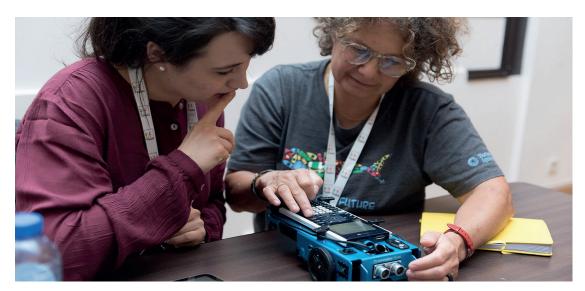
modestes --- Il apparaît que l'origine du déclin d'intérêt pour les études scientifiques réside en grande partie dans la façon dont les sciences sont enseignées dans les écoles».

La situation de l'enseignement des sciences dans les écoles en Europe fait ressortir trois caractéristiques qui se retrouvent dans la majeure partie des pays :

- Les programmes restent très chargés : de plus en plus de sujets et de domaines sont ajoutés, alors que très peu sont enlevés.
- Nous restons au niveau pédagogie sur une pédagogie traditionnelle s'appuyant sur le « factual recall », alors que peu d'initiatives soutenant les démarches d'investigation (Inquiry-based science education IBSE) sont développées. L'enseignement des sciences basé sur la démarche d'investigation a montré son efficacité à accroître l'intérêt et les niveaux de réussite des enfants et des étudiants, tant au niveau primaire que secondaire, tout en renforçant la motivation des professeurs.
- Enfin, l'une des questions principales de l'enseignement aux STEM concerne la pertinence du contenu. Les élèves ont du mal à voir dans quelle mesure les enseignements s'articulent par rapport aux défis actuels de notre société (Changement climatique, énergie,).

Adresser le problème de l'éducation dans les STEM au niveau européen doit se faire d'une manière holistique et cela fait maintenant plus d'une dizaine d'années que European Schoolnet (www.eun.org) comme réseau de 34 Ministères de l'Education en Europe travaille sur cette problématique. Nous pouvons identifier quatre domaines majeurs de développement.

• Le premier axe concerne le développement professionnel des enseignants : il importe de pouvoir soutenir les enseignants au niveau de la mise en place de pédagogies innovantes, d'encourager les futurs enseignants dès leur formation initiale à enseigner les sciences d'une manière différente, et accorder une attention toute particulière aux enseignants du primaire, sachant que grand nombre d'entre eux n'ont pas nécessairement de prédilection pour ce domaine particulier des STEM. Nous avons besoin d'enseignants hautement qualifiés, motivés et reconnus.



- Le deuxième axe concerne la mise en place de stratégies STEM au niveau de l'école à un niveau global. Il importe de soutenir les responsables d'établissements pour mettre en place une telle stratégie globale en matière d'enseignement des sciences au sein de l'établissement. Des initiatives comme le STEM School Label https://www.stemschool-label.eu/ sont importantes dans ce contexte, sans oublier aussi la prise en compte de l'ensemble des conseillers d'orientation, car cette profession a besoin aussi de disposer des outils leur permettant d'être au fait sur les métiers actuels et les futurs métiers que la société numérique de demain va requérir. Nous avons besoin d'une pédagogie plus innovante et d'un curriculum créatif impliquant de nouveaux contenus, outils et approches pédagogiques tout en travaillant dans le sens des structures et politiques curriculaires existantes dans différents pays.
- Le troisième axe concerne la coopération avec l'industrie. Il est particulièrement important de pouvoir amplifier l'importance des « rôle models », notamment par rapport aux métiers dans les STEM, mais aussi la contextualisation de l'enseignement des sciences, où les pédagogies s'appuyant sur des applications industrielles permettent de renforcer de manière importante l'intérêt des jeunes pour suivre ce type d'enseignement. Enfin, en Europe, les placements d'enseignants en entreprise restent relativement rares, à l'exception de quelques initiatives isolées, et il conviendrait de renforcer cet aspect. Le rôle et l'engagement de l'industrie sont essentiels. Il importe de pouvoir aussi apporter aux enseignants une meilleure information sur ce qui existe, sur ce que l'industrie fait, et un tel rapprochement ne pourra être que bénéfique pour l'ensemble des parties.
- Enfin, le dernier axe concerne la coopération au niveau des enseignants. Il importe de favoriser les échanges de pratiques, les communautés de pratique entre enseignants, et de permettre à l'enseignant de ne plus fonctionner de manière isolée, mais de partager ses pratiques avec ses pairs.

Dans l'enseignement des sciences, il est nécessaire de modifier l'approche actuelle. On doit passer du comment au pourquoi. Le comment concerne l'application de "recettes" à des problèmes déjà connus, qui font appel essentiellement à la mémoire d'un certain nombre de concepts et de formules, alors que le pourquoi s'oriente beaucoup plus sur le questionnement, sur des problèmes qui ne sont pas encore documentés.

L'ensemble des projets conduits, des réflexions menées n'a en fait que deux objectifs majeurs : 1- accroître l'envie d'apprendre au niveau des élèves et 2- permettre à nos enseignants de redécouvrir la joie d'enseigner.



Marc Durando

Directeur exécutif de European Schoolnet



Introduction

Alexandre TITIN-SNAIDER
Texas Instruments - Education Technology Europe

A l'ère de l'Industrie 4.0, quelle est la maturité des pratiques STEM dans les enseignements en France et en Europe ?

Le développement de l'informatique a bouleversé des pans entiers de nos économies développées pour nous faire entrer dans l'ère de l'industrie dite « 4.0 ». La technologie a fait des progrès considérables et change profondément la manière dont nous évoluons dans notre quotidien désormais composé d'un ensemble de systèmes d'information interconnectés, dont la consommation, l'innovation et l'intelligence se développent à vitesse grand V.

Des grandes évolutions à venir vont émerger de travaux en cours dans des domaines tels que la robotique, les villes intelligentes, l'internet des objets, l'intelligence artificielle, etc. Elles sont sources de création d'emplois et de métiers nouveaux pour lesquels il est critique que nos jeunes et les acteurs de la communauté éducative soient préparés, participent à leur développement, et ce, dans la direction d'une société responsable et inclusive.

Pour être partie prenante de ces grandes évolutions en cours et à venir et faire face à ces enjeux, la collaboration entre le monde économique et les institutions de l'Education, de l'école primaire à l'université, doit continuer à se renforcer pour accélérer l'acquisition par les acteurs de l'Education des compétences nécessaires (compétences métiers et compétences liées au développement de citoyens responsables dans leurs usages du numérique). Il est ainsi essentiel que les acteurs de la communauté éducative se dotent de ses compétences à travers le développement de projets multidisciplinaires qui associent étroitement l'enseignement, la compréhension et la pratique des disciplines mathématiques, scientifiques et technologiques (STEM). L'augmentation en bonne intelligence de ces pratiques au sein de l'école en collaboration avec le monde économique, est et sera un facteur d'attractivité pour nos jeunes à se diriger vers des métiers existants ou nouveaux, tout en étant un vecteur d'innovation, d'entreprenariat et de responsabilisation de nos individus.



Dès 2020, l'Europe pourrait connaître une pénurie comprise entre 700 000 et 900 000 emplois professionnels qualifiés dans le domaine des carrières associées aux STEM². Cela aura pour conséquence d'affecter un ensemble de secteurs industriels, de ralentir le rythme de l'innovation, l'employabilité et la productivité dans les industries connexes. L'articulation entre les impulsions nationales données dans le domaine des STEM en matière d'évolution des programmes scolaires (comme récemment en France) ainsi que la mise en œuvre de l'agenda de la commission européenne en matière de réponse au manque de profils qualifiés en Europe seront déterminants pour l'avenir de nos apprenants. Selon la Commission européenne, la demande de professionnels des STEM et de professionnels associés devrait augmenter d'environ 8 % d'ici 2025, ce qui est beaucoup plus élevé que la croissance moyenne de 3 % prévue pour l'ensemble des professions. L'emploi dans les secteurs liés aux STEM devrait également augmenter d'environ 6,5 % d'ici à 2025. Les recherches montrent qu'il est clairement nécessaire de faire davantage pour inciter les jeunes à étudier les matières liées aux STEM afin de tirer parti des possibilités d'emploi dans ces domaines ³.

Cet ouvrage s'adresse aux acteurs de la communauté éducative qui souhaitent avoir un éclairage sur l'état des STEM en Europe à l'échelle des politiques mais également des pratiques locales. Les expériences partagées s'appuient sur des « cas d'école » utilisant la technologie Texas Instruments et tentent d'illustrer comment elles suscitent l'intérêt des apprenants en leur permettant de connecter les enseignements disciplinaires entre eux et avec le monde dans lequel ils évoluent.



Alexandre TITIN-SNAIDER Texas Instruments - Education Technology Europe

² https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/595889/EPRS_IDA(2017)595889_EN.pdf

³ https://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/statistics-and-indicators/statistics-and-graphs/rising-stems

I-Enseigner les STEM en Europe :

des opportunités et des défis

Fin 2018, 3 780 enseignants de 38 pays, dont une large majorité de pays de l'Union européenne, ont répondu à un vaste questionnaire sur l'enseignement des mathématiques et des sciences. L'enquête a été menée par la communauté éducative Scientix ⁴, sous la coordination de European Schoolnet, le réseau de 34 Ministères de l'Education en Europe et soutenue par Texas Instruments.

Une majorité des données statistiques et leurs conclusions de ce livre blanc sont tirées de deux enquêtes SCIENTIX publiées en anglais :

Education Practices in Europe - Scientix Observation Report, décembre 2018. 5

Education Policies in Europe – Scientix Observation Report, octobre 2018. 6



Ces rapports ont permis de souligner les difficultés que rencontrent les pratiques pédagogiques innovantes dans la majorité des pays européens et leur importance pour valoriser les sciences, les techniques et les mathématiques dans un monde où de plus en plus d'élève se détournent de ces matières, une fois leur scolarité achevée.

Ils montrent combien les initiatives de tous les acteurs – y compris les industriels tels que Texas Instruments – sont essentielles pour faire avancer les pratiques.

- 4 Scientix est l'initiative financée par la Commission Européenne (programme Science et Société DG Recherche) et coordonnée par European Schoolnet www.scientix.eu.
- 5 Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N. & Mihai, G. (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Practices in Europe. Scientix Observatory report. December 2018, European Schoolnet, Brussels http://www.scientix.eu/documents/10137/782005/Scientix-STEM-Edu-Practices-DEF-WEB-Dec-2018.pdf More information, as well as access to all the raw data: http://www.scientix.eu/observatory/stem-education-practices-europe
- 6 European Schoolnet (2018). Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe. Scientix Observatory report. October 2018, European Schoolnet, Brussels. http://www.scientix.eu/documents/10137/782005/Scientix_Texas-Instruments_STEM-policies-October-2018.pdf

II-Que sont les STEM? Pourquoi cet engouement?

La notion de STEM vient de l'idée d'enseigner quatre matières – les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques – de manière interdisciplinaire et concrète.

L'objectif est de permettre aux élèves d'avoir une vision plus globale de leur environnement scientifique, technique et mathématiques pour résoudre des problématiques concrètes. Les devoirs à rendre sont posés sous forme de problèmes réels, à résoudre grâce à l'application des connaissances techniques et scientifiques acquises et toujours remises en pratique. Cet apprentissage se déroule de préférence en groupe, en mélangeant affinités, expériences et personnalités. L'époque où un Léonard Da Vinci pouvait innover seul est révolue ; les génies sont remplacés par des équipes multidisciplinaires qui apprennent les unes des autres. Cette évolution entraîne l'encadrement pédagogique, qui doit recourir à des méthodes qui font appel aux capacités de réflexion et d'autonomie des élèves.

Le goût pour les STEM et l'apprentissage interdisciplinaire et concret gagne en attractivité s'il est enseigné dès l'école élémentaire. Or, contrairement à ce qu'on pourrait penser, malgré le succès du numérique – davantage vu comme un loisir que comme un domaine technologique-, de moins en moins d'élèves choisissent des filières liées au STEM.

"85 % des emplois de 2030 n'existent pas encore." 7

Seuls des élèves multi-spécialistes et habitués à résoudre des problèmes avec un maximum d'autonomie et d'agilité intellectuelle seront à même de s'adapter aux rapides changements qui attendent les futurs professionnels. Pour former les ingénieurs de demain, il faut enseigner aux élèves à penser, dès le plus jeune âge, comme des chercheurs. Diagnostiquer des problématiques, critiquer des expérimentations, trouver des alternatives, construire des enquêtes, évaluer des conjectures, chercher l'information, construire des modèles, débattre avec d'autres élèves et exprimer des arguments cohérents... Ces savoirs et savoir-faire indispensables à une carrière dans la recherche ou l'ingénierie ont le pouvoir d'inspirer les jeunes générations. Mieux connues, mieux transmises, elles auront la capacité d'orienter les talents vers les classes de sciences de l'ingénieur.

Les besoins en scientifiques et ingénieurs capables de relever les défis de demain sont

7 Etude publiée par Dell et l'Institut pour le futur en 2019, reprise par Pôle Emploi

en effet énormes. Selon le Cedefop, l'agence européenne consacrée à la formation professionnelle, 40 % des employeurs affirmaient dès 2014 ne pas trouver de candidats correspondants aux besoins des postes technologiques et scientifiques à pourvoir et prévoyaient un besoin croissant dans les domaines de l'intelligence artificielle, des données ou de la robotique ⁸. A l'exception de certains pays de l'Europe de l'Est, traditionnellement très orientés vers l'ingénierie et les mathématiques, tous les pays européens sont confrontés à la raréfaction de la main d'œuvre technique et scientifique.

Quelques exemples des besoins déjà identifiés :

- Au Royaume-Uni, 100 000 étudiants devraient être formés aux STEM chaque année pour répondre à la demande de main d'œuvre (estimation 2015) ⁹
- En Allemagne, 210 000 emplois liés aux STEM ne sont actuellement pas pourvus 10.
- En France, le seul domaine de l'ingénierie recherche 60 000 collaborateurs par an ¹¹. En plus des métiers traditionnellement difficiles à pourvoir (conducteur de travaux, ingénieur procédés), le numérique fait naître de nouveaux besoins (BIM Manager, expert en cybersécurité, etc.)
- D'ici 2030, le temps passé à utiliser des compétences avancées en technologie devrait augmenter de 50 % aux USA et 41 % en Europe. La demande en compétence dans les technologies de l'information et la programmation informatique devraient enregistrer une croissance de 90 % entre 2016 et 2030 12
- La Fédération européenne d'associations nationales d'ingénieurs (FEANI) alerte déjà sur une pénurie d'ingénieurs, et rappelle que de nouveaux métiers comme la finance, l'énergie solaire ou les technologies à très basse consommation absorbent les diplômés.

De plus, les besoins croissants de main d'œuvre qualifiée sont exacerbés par les départs massifs à la retraite des générations précédentes.



8 https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/news/cedefop-insights-skill-shortages-and-skill-mismatch

9 https://www.stem.org.uk

10 https://www.tagesspiegel.de/wissen/probleme-der-ingenieurausbildung-in-deutschland-dem-ingenieur-macht-man-es-schwer/13396168.html

11 https://www.usinenouvelle.com/article/l-ingenierie-francaise-en-danger-a-cause-du-manque-d-ingenieurs-et-de-techniciens.N798460

12 https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce

III-Enseigner les STEM au quotidien

L'importance croissante des enseignements des STEM en Europe se heurte à trois obstacles : la formation des enseignants, le poids des traditions et le manque de matériel adéquat.

L'enjeu de la formation continue des enseignants

Dans une majorité de pays européens, parmi lesquels la France fait exception, la formation continue des enseignants est soit obligatoire, soit considérée comme un prérequis pour progresser dans sa carrière, et donc organisée par les établissements scolaires. Or, dans les domaines numériques comme dans les pédagogies innovantes liées à l'enseignement des STEM, 65 % des enseignants européens en matières scientifiques n'ont suivi aucune formation. Seuls 15 % d'entre eux ont pu assister à plus de 6 jours de formation ; environ la moitié ont pu suivre entre 2 et 4 jours de formation en deux ans. Cette proportion est particulièrement basse dans les pays où la formation continue n'est pas obligatoire, comme au Danemark par exemple. Or, 64 % des enseignants européens interrogés considèrent que l'absence de formation continue est l'un des freins importants à la mise en place de pédagogies STEM. Souvent volontaires, ils s'auto-forment, en ligne et sur leur temps personnel. 13

Les formations T³, soutenues par Texas Instruments, une exception

Le réseau d'enseignants T³ (Teachers Teaching with Technology) regroupe des enseignants soutenus par Texas Instruments dans le monde entier. Formés aux technologies Texas Instruments, ils accompagnent leurs collègues volontaires via des formations gratuites, en ligne et dans les établissements.

000

En 2019, les enseignants formateurs du réseau T³ ont déjà formé en France plus de 1000 professeurs sur les nouveaux programmes de lycée et la programmation.

Les Journées d'Eté Python Texas Instruments : près de 200 enseignants ont été formés à Python les 27 et 28 août 2019 par les équipes du réseau T³ dans 8 villes de France.

Le poids des traditions

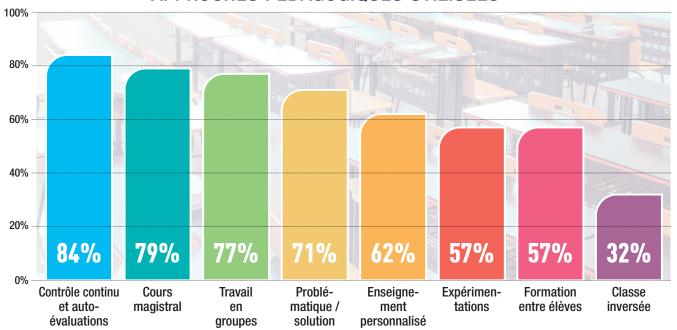
Outre le manque de formation, les nouvelles pratiques pédagogiques sont également freinées par le poids des traditions, qui donnent une place centrale aux mathématiques et au cours magistral d'un enseignant seul devant sa classe. Les TIC (Technologies de l'information et de la communication), autrement dit les « **nouvelles technologies** », ouvrent une fenêtre sur l'avenir. Selon le rapport Scientix, le cours magistral a perdu en importance en classe (-21 % par rapport aux autres matières scientifiques) pour laisser plus de temps à la résolution de problèmes concrets (+24 %) et le travail en groupe (+11 %).

Très tentés par les innovations pédagogiques, les **cours de physique**, **de chimie**, **de sciences de la Vie et de la Terre** privilégient, en parallèle aux cours magistraux et aux contrôles, les expérimentations et les problématiques à résoudre avec des procédés de type essais/erreurs (démarche d'investigation).

13 Etude réalisée auprès de 443 enseignants français de mathématiques en 2018 par l'Institut Générations & Co.

Plus généralement, les enseignants des STEM utilisent majoritairement de multiples méthodes pédagogiques. Ils sont nombreux à proposer des auto-évaluations, des contrôles continus, des travaux en groupe, des enseignements sur mesure et des approches fondées sur sur la démarche d'investigation (voir chapitre «4 écoles 4 défis»). Le contrôle continu est en particulier pratiqué bien plus fréquemment que les contrôles de fin de trimestres. Certaines pédagogies, comme la classe inversée ou de laisser aux élèves le choix des sujets, restent cependant anecdotiques.

APPROCHES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES



Les méthodes pédagogiques utilisant l'expérimentation (+20 %) et le libre choix du champ de recherche (+10 %) augmentent sensiblement si l'enseignement des mathématiques est retranché des statistiques.

Par ailleurs, le nombre d'heures hebdomadaires et le coefficient attribué aux mathématiques lors des examens focalisent l'attention. Les notes aux examens ont une si forte influence sur la future carrière des élèves que ni eux, ni leurs professeurs n'arrivent à résister à cette puissante influence. Comment implémenter des innovations pédagogiques à l'efficacité encore à démontrer dans ce contexte? Comment imaginer des expérimentations interdisciplinaires avec des matières scientifiques – et même artistiques -? Une mauvaise note à un devoir s'appuyant sur des pédagogies innovantes et potentiellement surprenantes pourrait faire chuter la note d'un élève et lui faire rater une place dans une grande école convoitée.

"Pendant les cours de mathématiques, les élèves répondent à plus de contrôles, travaillent moins souvent en groupe, font moins de présentations devant la classe que pendant les autres cours scientifiques, techniques et numériques."

Les enseignants expérimentés innovent

"Est-ce plus facile d'appliquer des pédagogies innovantes en 6e qu'en terminale?" s'est demandé le rapport Scientix. Les élèves européens constatent en tout cas que plus les examens finaux approchent, plus les enseignements traditionnels deviennent dominants. Un élève sur deux a participé à un cours organisé selon le modèle de la classe inversée entre 10 et 13 ans (entre le CM1 et la 5e). Au lycée, il ne s'agit plus que d'un élève sur trois.

Ce sont les générations d'enseignants les plus expérimentés, quel que soit l'âge des élèves, qui sont les plus ouvertes aux innovations pédagogiques et qui osent les appliquer. Les enseignants ayant plus de 30 ans d'expérience, quel que soit leur nationalité, osent innover bien plus et bien plus souvent dans les classes de sciences et techniques que les jeunes diplômés. Ils laissent une plus grande place à l'expérimentation (+21 %), à la résolution de problématiques (+8 %) et se tournent moins vers le cours magistral (-12 %).



Les jeunes générations d'enseignants ont besoin de pouvoir se faire confiance et d'avoir pu expérimenter des pédagogies innovantes dans leur parcours de formation. Faute de ces préalables, ils se cantonnent aux formats de cours traditionnels, sans doute inspirés de ce qu'ils ont eux-mêmes vécus lors de leur formation initiale (lycée et université).



Si l'on ne regarde cependant que l'enseignement des mathématiques, la tradition reprend ses droits, quelle que soit l'expérience du professeur : le cours magistral occupe entre 70 % et 90 % du quotidien des élèves. Le travail en petits groupes est alors la seule pratique qui vient animer différemment la classe.

Un meilleur équipement des salles de classes peut-il faciliter l'innovation pédagogique pendant les cours de STEM et permettre de nouvelles approches pédagogiques de se mettre en place ?

Le manque de matériel

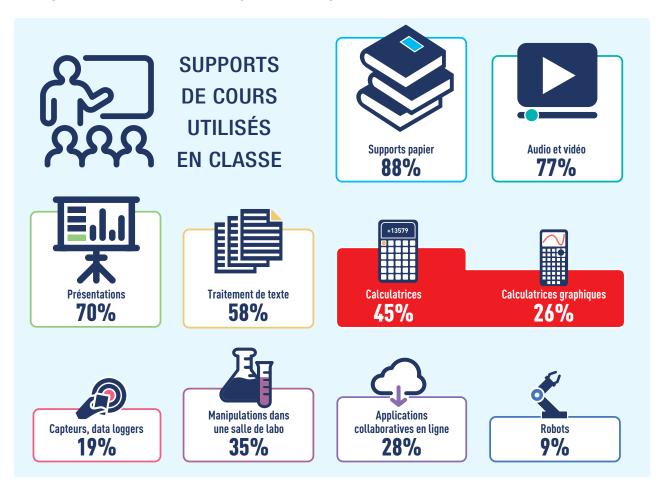
Le **manque d'équipements technologiques** limite l'éventail des choix pédagogiques et ne permet pas d'expérimenter les outils et les sources interactives.

La difficulté d'adapter les salles de classe aux équipements (69 %), le manque de financement (68 %), le manque d'exemples de cours attractifs, qui de plus

n'existent souvent qu'en anglais (67 %) forment également des barrières importantes contre l'innovation pédagogique.

Des accès à internet trop lents ou instables ne permettent pas d'aller chercher des ressources interactives ou sous forme de vidéos sur les plateformes éducatives selon 65 % des enseignants européens.

Enfin, l'absence de support technique pour utiliser des matériels informatiques (de salle informatique) est citée par 73% des enseignants. 63% d'entre eux signalent des ordinateurs en panne ou trop anciens.



Ces constats expliquent qu'en dehors des cours sur les technologies numériques, les enseignants utilisent encore majoritairement... le papier.

Ce sont les enseignants en mathématiques qui recourent le plus aux supports papier, imbattable et vraiment complémentaire à la calculatrice car il permet une écriture très rapide et intuitive, ce que les claviers n'autorisent pas. De leur côté les enseignants des matières numériques multiplient les supports d'enseignement en fonction des matériels disponibles.

Pour autant, il ne suffit pas d'équiper une salle de classe avec de nouveaux équipements pour que les enseignants adoptent des pratiques pédagogiques innovantes. Au niveau européen, le premier frein rencontré par les enseignants est la pression des examens – il faut finir le programme!



Des ressources en français pour les enseignants français

Texas Instruments et le réseau des enseignants T³ développent depuis plusieurs années des ressources adaptées aux besoins des enseignants français, qui prennent les programmes scolaires en compte. Jérôme Lenoir, enseignant formateur T³ a ainsi développé un cahier d'activité Python pour les cours en lycée professionnel.

"Outre leur progressivité, les activités que je propose sont contextualisées et permettent de suivre les lignes directrices stipulées dans les intentions majeures en préambule des programmes. Bivalence, travail expérimental ou numérique, diversité des activités et co-intervention sont les maîtres mots de ce cahier qui permet également à l'apprenant de travailler, tout au long de l'année, les compétences de la démarche scientifique à l'aide de l'algorithmique et la programmation. Les tutoriels vidéo associés à chacune des activités apportent un complément d'information sur le fonctionnement de l'application Python pour la TI-83 Premium CE." explique-t-il.



Ce cahier est téléchargeable gratuitement sur le site education.ti.com/fr.



IV-Quelles politiques et actions pour favoriser l'enseignement des STEM?



Les instances européennes et les ministères de l'éducation de l'Union européenne interviennent à des degrés divers dans la promotion de l'enseignement des STEM. En France, les nombreuses réformes engagées ne contrarient pas - et même encouragent - la progression de l'interdisciplinarité et les expérimentations, mais apportent en même temps leur lot d'incertitudes. Les entreprises, soucieuses de l'employabilité de leurs futurs salariés, apportent leur concours. Parmi ces initiatives privées, Texas Instruments se distingue par le nombre et la continuité des actions engagées.

V-Les politiques européennes

Tous les pays européens ont saisi l'urgence de l'enseignement des STEM. Deux phénomènes ne peuvent plus être minimisés :

- l'explosion de l'économie numérique, la rapidité des changements technologiques et par conséquence le besoin de préparer les citoyens aux changements à venir,
- les études sur les marchés de l'emploi qui, toutes, prédisent une pénurie de main d'oeuvre dans certains secteurs cruciaux comme l'ingénierie et les technologies numériques.

Les pays les plus matures dans la compréhension des défis posés ne limitent pas leurs investissements à l'enseignement du codage informatique et à la formation des développeurs. Les champs actuellement explorés par les start-up couvrent tous les domaines scientifiques, techniques et marketing, de l'amélioration du balai-brosse aux promesses de l'e-santé.

Les politiques européennes déclarent leur soutien sans faille et leur volonté d'investir dans l'avenir de l'enseignement des STEM. Au quotidien cependant, les enseignants sont souvent livrés à eux-mêmes et développent bénévolement et sur leur temps personnel des cours exemplaires. La bonne classification et diffusion de ces derniers se heurte à l'absence d'un soutien public qui en financerait l'organisation et l'administration. Leur seule issue : des plateformes ouvertes maintenues par de bonnes volontés.

L'Union européenne finance de nombreux projets pour favoriser l'enseignement des STEM et en particulier deux initiatives :



Le réseau **European Schoolnet** rassemble 34 ministères de l'Éducation européens et a pour objectif de promouvoir l'innovation dans l'éducation, et de transmettre les meilleures pratiques aux institu-

tions, aux écoles, aux enseignants, aux chercheurs et aux entreprises partenaires. Concrètement, cette association fournit des supports pédagogiques aux enseignants et aux élèves afin de les former aux technologies nécessaires dans un siècle tourné vers le numérique.

Vient s'y ajouter une communauté pour l'éducation aux sciences en Europe, qui facilite la communication et le partage des savoirs et des meilleures pratiques, **SCIENTIX**. Scientix est financé par la Commission européenne (programme Science et Société) et coordonnée par European Schoolnet.





Complémentaire à Scientix, la STEM Alliance permet aux entreprises partenaires de mettre leurs outils et leurs ressources à la disposition du monde éducatif public et privé.

Ce partenariat entre Ministères de l'Education et entreprises offre une plateforme européenne d'échange permettant de contribuer au développement de l'éducation aux STEM en Europe et à la promotion des métiers aux STEM au niveau des élèves.

C'est dans ce contexte que European Schoolnet et **Texas Instruments**, soutenus par Scientix, mènent des enquêtes sur les politiques d'éducation aux STEM en Europe et leurs applications pratiques.

VI-En France, de nouveaux programmes clairement orientés STEM

De nouveaux programmes pour les 15-18 ans

En France, dans la filière générale, la voie vers la diversité des formations STEM passe encore principalement par l'enseignement des mathématiques, 1ères cibles des nouveaux programmes et 1ère matière à travailler l'interdisciplinarité. A sa suite, la physique-chimie et les sciences de la vie et de la terre intègrent progressivement cette nouvelle manière de créer des ponts entre les enseignements. La réforme du baccalauréat et le nouvel enseignement commun à tous les élèves de seconde Sciences Numériques Technologie ont notamment pour objectif d'accélérer cette interdisciplinarité.

L'enseignement professionnel et industriel peut également former une voie d'accès concrète aux emplois technologiques et numériques. Dans leur cas, STEM se lit d'ailleurs plutôt comme

Science, Technologie, Ingénierie et Mécanique. La conception, la mise en service et la maintenance des robots assurera de nombreux débouchés aux apprentis de la filière mécanique.

L'Education nationale, par la voix de son ministre, souligne la valorisation des parcours STEM ¹⁴. La réforme de la voie professionnelle en cours prend d'ailleurs appui sur les innovations pédagogiques en lien avec l'enseignement des STEM. Côté filière générale, le "nouveau bac" pourrait bousculer certaines habitudes. A la fin de la Seconde, les élèves doivent désormais choisir trois spécialités parmi les cinq proposées en matières scientifiques : mathématiques, physique-chimie, sciences de l'ingénieur, sciences de la vie et de la Terre, numérique et sciences informatiques. Le choix de ces trois spécialités, en classe de Première, dont deux seront conservées en Terminale, permet ainsi aux élèves d'affiner leurs appétences.

Or, encore une fois, les traditions sont tenaces. En 2019, 64 % des élèves de Seconde ont choisi les mathématiques, confortablement plébiscitée devant la physique-chimie et les SVT.



Cependant, si la primauté des principales matières de l'ancienne filière S demeure, le nouveau choix en bouquets de spécialités en Terminale permet à 36 % des élèves d'ajouter les sciences de l'ingénieur aux heures de mathématiques et de physique-chimie.

Une place grandissante pour l'algorithmique

Dans un monde largement façonné par les réseaux sociaux, le grand public saisit toute l'importance des algorithmes et de la capacité des futures générations à en manier les tenants et aboutissants. L'algorithmique, c'est-à-dire l'étude et la production de règles et techniques qui sont impliquées dans la définition et la conception d'algorithmes, a été introduite dans les programmes scolaires des collèges et continue son intégration dans les programmes dans les lycées généraux et professionnels. Ces cours s'appuient sur deux langages de programmation open source : **Scratch** au collège et **Python** au lycée.

14 Conférence FrenchSTEM 2018

Pourquoi se servir d'une calculatrice pour enseigner l'algorithmique et la programmation ?

La calculatrice compte de nombreux avantages :

- elle est un véritable outil scolaire
- elle peut être utilisée dans toute salle de classe, contrairement aux ordinateurs placés en salles informatiques. Il en résulte un gain de temps et une grande facilité d'organisation des heures de cours,
- elle est robuste et ne demande pas de maintenance,
- elle se trouve déjà "dans le cartable",
- elle est dédiée à l'enseignement : aucune distraction ne vient perturber l'élève en classe,
- les dernières innovations s'implémentent facilement dans les modèles plus anciens : avec l'adaptateur TI-Python, les élèves de Première équipés avec un modèle plus anciens et les élèves achetant des modèles d'occasion peuvent programmer en Python sans avoir besoin de racheter une calculatrice,
- les calculatrices bénéficient de mises à jour régulières.
- une autonomie inégalée : la calculatrice peut rester une semaine (voire plus) dans le cartable sans avoir à être rechargée!
- un démarrage instantané



La calculatrice, un outil technologique à portée de main des élèves

"Avec la calculatrice TI-83 Premium CE, je peux travailler sur l'apprentissage de l'algorithmique en classe sans avoir à aller en salle informatique et avec le matériel que les élèves ont déjà. C'est une solution beaucoup plus pratique et rapide à mettre en place"

Abir Marina – Enseignante au lycée St Dié des Vosges

Un aperçu des initiatives publiques françaises

Après un premier programme d'équipement des élèves de 5e avec des tablettes en 2015, interrompu en 2017, ce sont désormais les lycées qui sont sur le devant de la scène numérique. Dans le Grand Est, 42 lycées labellisés « **Lycée 4.0** » ont remplacé le papier et les livres par des tablettes et des ordinateurs portables.

Equiper chaque élève d'une tablette ou d'un ordinateur portable n'entraîne pas systématiquement leur réelle utilisation en classe : le parc informatique doit être maintenu et sécurisé, ce qui s'avère dans les faits coûteux et très compliqué. Les problèmes liés à la disponibilité des matériels électroniques vont de pair avec des réseaux de communication souvent défaillants et un sous-dimensionnement de la bande passante..

De plus, l'équipement matériel n'est pas toujours, comme nous l'avons vu, accompagné par la nécessaire formation continue des enseignants. Certaines initiatives, qu'accompagne Texas Instruments, cherchent à favoriser les nouveautés apportées par les STEM:

- «Science on Stage», une initiative qui favorise l'acculturation à la programmation des enseignants en sciences, moins souvent formés que les professeurs de mathématiques.
- L'UNA à Dijon: l'Université Numérique d'Automne est organisée par Réseau Canopé, les rectorats des académies de Besançon et de Dijon et la direction des services départementaux de l'Éducation nationale de la Côte-d'Or. Au programme: innovation par le numérique, collaboration pour de nouvelles pratiques pédagogiques et partage entre pairs d'expérimentations et bonnes pratiques.
- A Nancy, la Journée Académique du Numérique Éducatif favorise l'appropriation du numérique par les enseignants et propose de nombreuses ressources.



Texas Instruments au cœur du "Lycée 4.0"

Interview d'Abdel Yazi, référent numérique du lycée de Fameck, formateur académique, membre du réseau T³ France.

Qu'est-ce qu'un "Lycée 4.0"?

A.Y: « C'est un projet ambitieux lancé par la Région Grand-Est en 2017. L'objectif était de préparer les élèves de plus de 300 lycées à la quatrième révolution industrielle, celle des cyber-systèmes. Une application, Mon Bureau Numérique, doit renouveler le dialogue entre les enseignants, qui disposent de ressources pédagogiques numériques et les élèves, équipés d'ordinateurs portables. En 2019, 182 « Lycée 4.0 » fonctionnent sur ce modèle. »

Quelles sont les limites de ce nouvel environnement d'enseignement ?

A.Y: "Il se heurte à plusieurs difficultés pratiques. Le sous-dimensionnement de la bande passante et des serveurs rend l'accès au Bureau et à internet plus qu'incertains. Il est souvent nécessaire de passer par le partage de connexion de la 4G des téléphones personnels de élèves pour pouvoir faire cours. Les équipements tombent par ailleurs souvent en panne, et s'il existe des personnels dédiés

à leur réparation, leur présence sur place est au mieux hebdomadaire. A ces difficultés matérielles s'ajoute l'arrivée cette année de la réforme du lycée qui multiplie les nouvelles spécialités et donc les nouveaux programmes, dont la programmation et l'algorithmique."

Texas Instruments propose des solutions à ces obstacles ?

A.Y: "Indéniablement! Les enseignants peuvent compter sur les référents T³ qui ont été formés avec une année d'avance aux nouvelles spécialités, et qui sont des interlocuteurs motivés et créatifs. Les équipements Texas Instruments leurs permettent d'avoir toujours un plan B pour continuer les cours. L'enseignant peut par exemple utiliser le microcontrôleur TI-Innovator™ Hub pour programmer des algorithmes pour faire fonctionner des capteurs Grove. Ces équipements communiquent sans internet et permettent d'enseigner en mode essai/erreur, ce qui permet aux élèves de progresser rapidement."

VI-Le rôle des industriels

La relève vient tout d'abord d'associations et d'entreprises qui ont noué des partenariats avec les institutions publiques nationales et/ou européennes. Ces actions, qui permettent de multiplier les ressources à disposition des enseignants dans tous les pays européens, sont diversement accueillies.

"93% des enseignants européens souhaitent impliquer les entreprises"

Si l'Éducation nationale française demeure souvent méfiante, les pays anglo-saxons trouvent les partenariats écoles-entreprises avantageux. Les contacts entre les enseignants et les entreprises permettent d'incarner les parcours professionnels observés lors de stages en entreprise des enseignants, et de contextualiser les enseignements des sciences.

Du côté des entreprises, la prise de conscience du manque de collaborateurs formés aux STEM n'est pas nouvelle et il n'est donc pas étonnant, de retrouver parmi les membres les plus



actifs de la **STEM Alliance** des entreprises technologiques américaines comme IBM et Microsoft, des entreprises dans les biotechnologies comme Amgen, mais aussi les Européens Dassault Systèmes et LEGO. Les élèves et les enseignants bénéficient de la mise à disposition des produits et permettent aux entreprises de garder le contact avec le monde éducatif et les besoins des générations à venir.



Texas Instruments accompagne l'enseignement des STEM à tous les niveaux

Avec ses produits indispensables à tous les cours de mathématiques, dès le primaire et jusque dans l'enseignement supérieur, Texas Instruments accompagne les élèves avec ses calculatrices graphiques toujours améliorées, notamment la TI-83 Premium CE Edition Python et l'écosystème TI-Nspire CX. Dans les dernières années du collège et dans les lycées, le robot TI-Innovator™ Rover vient rejoindre cette famille d'outils développés pour l'enseignement de l'algorithmique.

Après le baccalauréat, les élèves sont amenés à utiliser des kits d'apprentissage au métier d'ingénieur avec par exemple le kit robotique TI-RSLK Max conçu par Texas Instruments. Il contient une soixantaine de composants électroniques utilisés dans l'industrie et une série des supports de cours clés en main pour leurs professeurs.



VIII - 4 écoles, 4 défis, 4 succès



Dans tous les pays européens, l'enseignement des STEM par des pédagogies collaboratives et innovantes est une réalité au quotidien. Le réseau STEM Labs rassemble ainsi un grand nombre d'établissements innovants en Europe qui peuvent compter sur des enseignants ouverts à la multidisciplinarité et aux pratiques concrètes. Enseigner la mécanique automobile à l'aide de la programmation avec un TI-Innovator™ Rover dans un lycée professionnel ou engager une collaboration entre des lycéens néerlandais et portugais : des pratiques quotidiennes dans ces établissements.

Petit tour dans quatre établissements très STEM.



DÉFI : Initier les élèves des cours de maintenance automobile à la programmation

PAYS: France

ÉTABLISSEMENT : Lycée professionnel Henri Senez - Henin Beaumont, cours de sciences-physique

ÂGE DES ÉLÈVES: 16-18 ans

MATÉRIEL:

• Calculatrice TI-83 Premium CE

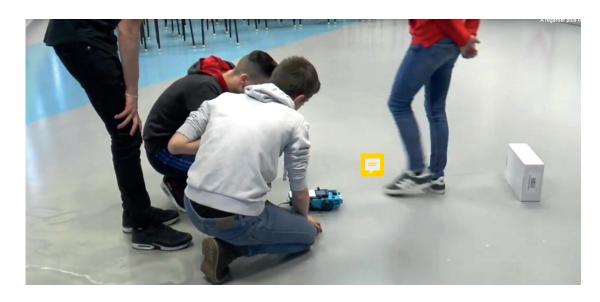
Microcontrôleur TI-Innovator Hub

• Robot TI-Innovator Rover



Les élèves découvrent et utilisent une technologie courante dans le monde automobile : l'active cruise control (ACC), qui adapte la vitesse du véhicule en cas d'obstacle. Pour comprendre toutes informations mathématiques et les paramètres scientifiques qu'une telle programmation exige, les élèves vont programmer avec leur calculatrice TI-83 Premium CE et modéliser la situation à l'aide du robot programmable Rover. L'usage de ce dernier complète les cours préalables de programmation et de calcul géométrique d'un volume, d'une aire, d'une surface.

Ces notions a priori peu enthousiasmantes deviennent concrètes avec les déplacements programmés du Rover. L'objectif pédagogique n'est pas d'obtenir un résultat immédiatement, mais de permettre aux élèves de travailler en toute autonomie, grâce à leur propre calculatrice. Ils essaient, trouvent leurs erreurs, les corrigent et comprennent ainsi toutes les notions abordées.



DÉFI : Résoudre une enquête médico-légale en relevant des indices scientifiques

PAYS: Pays-Bas

ÉTABLISSEMENT : plusieurs dossiers d'enquête accessibles en ligne aux classes scientifiques des

lycées

ÂGE DES ÉLÈVES: 16-18 ans

MATÉRIEL:

• Calculatrice TI-Nspire CX II-T

• Application Vernier EasyData®

Capteurs CBR™ 2

Le producteur Jonathan Wallace a été assassiné dans sa baignoire. Des empreintes de pas venant d'une fenêtre proche pourraient identifier l'assassin... Le programme qui connecte la médecine légale et la calculatrice TI-Nspire a été développé par une enseignante en physique, Cathy Baars.

Les élèves doivent par exemple déterminer si l'espace entre chaque empreinte de pas peut permettre de déterminer la taille de l'assassin. La taille des chaussures est-elle liée à la taille de la personne ? Aux élèves d'aller à la pêche aux informations. Ce scénario leur fait découvrir le modèle mathématique de régression linéaire, programmable sur leur calculatrice.

Un autre dossier d'enquête imagine un accident mortel avec un délit de fuite. Une femme a été renversée par un 4x4 noir. Les élèves vont étudier les traces de pneus et appliquer les théories sur la friction. Ils utilisent une voiture miniature, leur calculatrice TI, l'application Vernier EasyData® et des capteurs CBR™ 2.

Dans chacun de ces exemples, les élèves découvrent les applications concrètes de notions scientifiques et mathématiques et expérimentent une première approche d'un métier.



DÉFI : Comprendre et simplifier le principe de la conduite autonome

PAYS: Allemagne

ÉTABLISSEMENT: Collège de Geschwister Scholl à Löbau (Saxe)

ÂGE DES ÉLÈVES: 14-16 ans

MATÉRIEL:

• TI-Nspire CX II-T

• Microcontrôleur TI-Innovator Hub

Robot TI-Innovator Rover

L'objectif du cours est de conduire une voiture autonome, d'abord tout droit, puis de trouver une place de parking et de garer la voiture. Ce projet permet d'aborder le domaine des ultrasons utilisés par les voitures autonomes, de programmer un démarrage

et un arrêt de la voiture, de mesurer des distances et de programmer une séquence d'ordres pour garer la voiture. Les élèves utilisent à la fois leur calculatrice et des capteurs.

Cet enseignement a reçu la médaille Comenius pour une pédagogie exemplaire et présenté à la chancelière allemande Angela Merkel en exemple d'innovations liées à l'enseignement des STEM.



TI MINT WORKSHOPS



DÉFI : Concevoir un nouveau système de contrôle d'un fauteuil roulant à l'aide d'un capteur de mouvement

PAYS: Portugal

ÉTABLISSEMENT: lycée Oliveira Junior, São João da Madeira

ÂGE DES ÉLÈVES: 15-16 ans

MATÉRIEL:

• TI-Nspire CX II-T

Microcontrôleur TI-Innovator Hub

Robot TI-Innovator Rover

Les besoins spécifiques des élèves à mobilité réduite de cette école ont attiré l'attention des cinq étudiants qui ont conçu le projet « Physique télépathique ». Ils ont conçu un nouveau système de commande de fauteuil roulant basé sur un capteur de mouvement qui rivalise avec les équipements existants. Cet automatisme, peu onéreux, hygiénique, confortable et simple à maîtriser peut de plus inclure des mécanismes d'éclairage automatique et de détection d'obstacles via la création de barrières virtuelles. Les paramètres à respecter lors des déplacements ont été programmés grâce au robot Rover.



Les élèves et leur enseignant (membre du réseau T³) avaient répondu au FCTA Nova Challenge et ont, avec ce projet de "Physique télépathique" gagné un voyage aux Etats-Unis pour visiter un site de la NASA.

IX- Nos recommandations

pour l'avenir de l'enseignement des STEM en France et en Europe

Le rapport Scientix conclut autour de 5 grands axes de recommandations pour garantir l'avenir de l'enseignement des STEM en France et en Europe. Texas Instruments s'y associe et s'emploie au quotidien à les mettre en œuvre, tout particulièrement en France, aux côtés de l'Institution.

- 1 Attirer plus d'élèves et d'enseignants vers les STEM grâce à une approche interdisciplinaire, dès l'école primaire et jusqu'à la formation continue pour mieux anticiper les besoins en compétences.
- 2 Faire tomber les barrières entre les matières grâce à des initiatives concrètes (meilleures pratiques, base de contenus, etc.) en capitalisant sur les points forts de chaque pays européen.
- 3 Évaluer et intégrer des parcours de formation et des innovations pédagogiques : des expériences positives doivent être largement diffusées et partagées, idéalement au niveau européen.
- 4 Développer un cadre européen de références sur l'enseignement des STEM et coordonner les publications de chaque pays pour s'assurer qu'elles répondent aux besoins des enseignants.
- 5 Favoriser une collaboration approfondie entre le monde de l'enseignement primaire et secondaire, les universités et les entreprises pour développer les compétences des enseignants des matières STEM.