

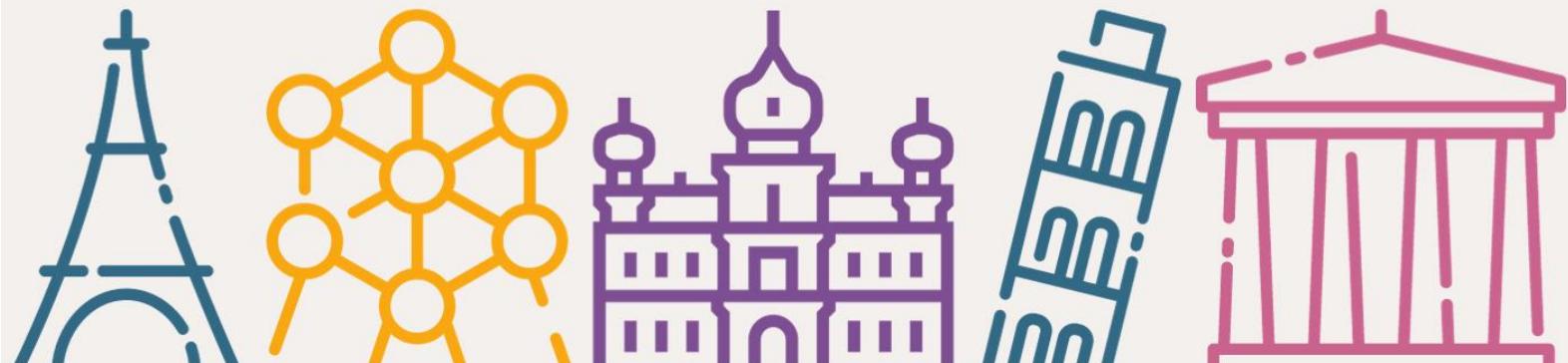
VISIT MATH



Cofinancé par
l'Union européenne

Comment nos villes peuvent contribuer à l'enseignement des mathématiques

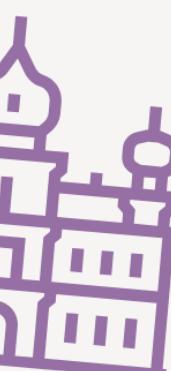
GUIDE





Contenu

Contenu	1
1. Introduction	2
2. Comment les mathématiques et l'architecture sont-elles liées et utilisées dans l'éducation ?	6
2.1 Les liens entre architecture et mathématiques	6
2.2 L'utilisation de l'architecture dans l'apprentissage des mathématiques	17
3. Les avantages de l'utilisation d'approches alternatives dans l'éducation, comme la ludification et les livres électroniques, pour tous les types d'apprenants	23
3.1 Ludification et livres électroniques pour apprendre les mathématiques	23
3.2 Inclusion	30
4. Autres ressources complémentaires	38
4.1 Les rallyes mathématiques	38
4.2 Les sentiers mathématiques	40
4.3 Des voyages mathématiques et culturels	41
4.4 Les chasses au trésor	43
4.5 Les jeux de piste	44
4.6 Les escape games	45
5. Conclusion	47
Références bibliographiques	50
Références visuelles	55



1. Introduction

Ce guide souhaite apporter un éclairage sur l'apport que peut avoir le patrimoine architectural européen dans l'apprentissage des mathématiques par le biais d'une approche innovante. En ce sens, il est important dans un premier temps de voir la place et le niveau actuel des apprenants européens dans cette matière, pour ensuite savoir de quelle façon devront être orientées les actions en termes d'apprentissage des mathématiques.

Ce que disent les études à ce sujet dresse un constat plutôt négatif de la situation. En effet, selon les résultats de l'enquête PISA de 2018 (OCDE résultats PISA, 2018), les performances moyennes dans la compréhension des mathématiques et des sciences pour la plupart des pays européens sont assez faibles. Pire encore, elles ont même tendance à ne pas progresser. Toujours selon l'enquête PISA de l'OCDE, il a été observé en 2019 qu'environ 1 élève sur 4 n'a pas le niveau de base en sciences (22 %) ou en mathématiques (24 %) (OCDE résultats PISA, 2019), ce qui traduit des lacunes.

Dans le même temps, il existe un écart important entre les filles et les garçons, en effet, les filles ont dans l'ensemble un niveau équivalent à celui des garçons mais peu d'entre elles ambitionnent une continuité d'études dans ces domaines et préfèrent s'orienter vers une filière littéraire ou en biologie. Cela s'explique notamment par des stéréotypes ancrés dans notre société qui font croire aux filles, à tort, qu'elles seraient moins douées ou non légitimes pour faire carrière dans des domaines scientifiques en général (Libération newspaper Feb 2021). Un autre point qui explique ce phénomène d'auto-censure des filles est qu'il existe peu d'exemples de femmes dans ces filières.

Cet état des lieux est préoccupant surtout lorsque que l'on considère que les matières de la science, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM), sont amenées à occuper une place de plus en plus grande dans la société et dans les métiers du futur. En effet selon le groupe de réflexion IFTF, l'Institut pour le futur, de par l'évolution technologique, de nombreux métiers sont amenés à disparaître aux profits de nouveaux qui n'existent pas encore et qui seront principalement en lien étroit avec les nouvelles technologies ("Carrières d'avenir" IFTF, 2023).

Quels sont donc **les freins** rencontrés par les élèves concernant l'apprentissage de ces matières et plus particulièrement des mathématiques ? Plusieurs choses rentrent en compte et il est essentiel de voir cela plus en détail.

Les élèves éprouvent souvent du désintérêt pour les mathématiques et cela s'explique notamment par le fait d'une part, qu'ils pensent que les notions apportées ne servent à rien et ce raisonnement fait également échos à des préjugés ancrés depuis longtemps comme par exemple : « si on est nul en maths, c'est normal », « à quoi ça sert de faire des maths ? »

Une autre raison, est que les matières **STEM en général** et plus particulièrement les mathématiques **apparaissent souvent comme abstraites et difficiles à apprendre**. Pour les apprenants, les mathématiques ont une utilité trop distante de la vie réelle.

De plus, il ne faut pas non plus négliger **l'anxiété mathématiques** qui est un obstacle important dans l'acquisition des savoirs. Cela fait alors référence à une question émotionnelle et pas seulement à un aspect cognitif. **Cette anxiété peut conduire à l'évitement de la matière et à la sous-performance.**

Ce manque de motivation pour ces apprentissages peut s'expliquer en partie aussi du fait que **l'approche pédagogique peut être mal appropriée**. Effectivement notre système éducatif traditionnel n'est plus réellement en phase avec l'évolution de notre environnement. **Souvent trop théorique, il manque d'applications pratiques pour transmettre les apprentissages**, rendre ces matières attrayantes et donner le goût d'apprendre aux élèves.

Il est **essentiel également de prendre en considération tous les profils d'apprenants** y compris ceux qui ont des difficultés d'apprentissage qui selon les études, représentent environ 15 à 20 % de la population européenne. Nous savons de par plusieurs études que **la méthode d'apprentissage employée a une influence importante sur les aptitudes, la motivation et la capacité d'apprentissage** (Marylou Britt dans Dumas, 2018).

Notre époque ainsi que les besoins des élèves évoluent sans cesse et il est nécessaire que les méthodes d'apprentissage fassent de même. Dans un monde en perpétuelle évolution, le modèle d'éducation traditionnel se doit de montrer l'exemple en apportant un enseignement pertinent qui permettra aux apprenants d'acquérir des compétences solides dans les matières STEM qui leur serviront tout au long de leur vie personnelle et professionnelle.

Il apparaît comme essentiel, **d'apporter des solutions concrètes qui pourront améliorer la motivation** des apprenants et leurs compétences.

Voici quelques **pistes possibles** pour favoriser l'apprentissage des mathématiques et plus généralement des STEM :

- **Appréhender l'apprentissage de la matière de façon globale** en l'associant à d'autres disciplines comme l'histoire, le patrimoine et l'art qui est un bon outil de réflexion et de créativité mais aussi le support visuel qui permet l'illustration de certaines notions.
- **Mettre en place des expériences pratiques** à l'aide de différents matériaux, qui favoriseront l'engagement des élèves car ils considèrent ces activités créatives comme ludiques et donc attrayantes.
- **Intégrer les nouvelles technologies numériques**. En plus d'être en lien direct avec leur génération, cela donnera un engouement supplémentaire pour appréhender de nouveaux savoirs.
- **Mettre en place des activités par petits groupes** en balade par exemple ou in situ pour aider l'échange, la réflexion, la pensée critique.
- **Sortir du rôle classique de l'enseignant pour être un guide** auprès des élèves. Faire preuve de bienveillance, d'écoute, apprendre à les connaître et les valoriser.
- **Utiliser l'environnement** pour donner du sens aux apprentissages et **utiliser les différentes intelligences**.

Comme le mentionnait le Mathématicien Didier Dacunha-Castelle en 2015, (Cairn info, 2016)

« Les mathématiques concernent beaucoup de domaines mais au collège elles ne semblent pas en prise avec le monde extérieur parce que trop renfermées sur elles-mêmes »

Partant de ces constats, nous souhaitons dans ce guide apporter un éclairage global sur l'apport du patrimoine et de son architecture dans l'apprentissage des notions mathématiques en s'appuyant sur l'apport d'approches pédagogiques innovantes.

C'est en effet l'objectif principal de notre projet VisitMath qui promouvoit et propose des visites mathématiques (numérique ou non) de grandes villes européennes et qui permet aussi de créer sa propre visite mathématique de sa ville, son village, son école...

Dans un premier temps nous aborderons les liens existant depuis l'antiquité entre l'architecture et les mathématiques, mais également nous montrerons dans quelle mesure le patrimoine grâce à une approche pratique peut rendre l'abstrait concret et ainsi susciter de l'engouement auprès des apprenants.

Dans un second temps, nous porterons l'attention sur les bénéfices de l'utilisation d'approches alternatives dans l'éducation comme par exemple, l'apport du jeu et des outils numériques, qui peuvent permettre d'améliorer la motivation des apprenants ainsi qu'une meilleure acquisition des savoirs en particulier mathématiques.

Enfin, dans un souhait d'apprentissage pour tous, nous montrerons l'intérêt significatif de ces approches pour l'inclusion afin de permettre à tous les profils d'apprenants et notamment ceux souffrant de difficultés d'apprentissage, d'accéder à ces savoirs mathématiques de façon flexible et adaptée.

Pour finir, nous mettrons l'accent sur des exemples de visites mathématiques qui existent déjà dans des villes européennes afin de partager nos sources d'inspiration et de fournir des exemples d'initiatives similaires.

2. Comment les mathématiques et l'architecture sont-elles liées et utilisées dans l'éducation ?

2.1 Les liens entre architecture et mathématiques

Le projet VisitMath vise à créer des approches innovantes et pratiques de l'enseignement des mathématiques en explorant notre environnement, nos paysages et nos villes à travers l'architecture européenne. Il permet aux élèves de comprendre et d'apprécier les mathématiques différemment en leur donnant un aspect plus concret et augmente leur engagement en mettant en évidence la diversité et la richesse de l'architecture européenne.

L'architecture et les mathématiques sont étroitement liées, et ce depuis des siècles. Les mathématiques ont joué un rôle crucial dans la création de certaines des structures les plus emblématiques du monde, des temples anciens aux gratte-ciel modernes. Une question évidente se pose alors : **Quel est le lien entre les mathématiques et l'architecture ?** C'est ce à quoi nous allons répondre dans cette section. Elle fournira un aperçu du **contexte historique** de cette relation entrelacée et discutera de l'utilisation de principes mathématiques tels que la géométrie, **la symétrie et la proportion** dans la conception architecturale.

2.1.1 Contexte historique

Comment les civilisations anciennes ont utilisé les mathématiques dans l'architecture

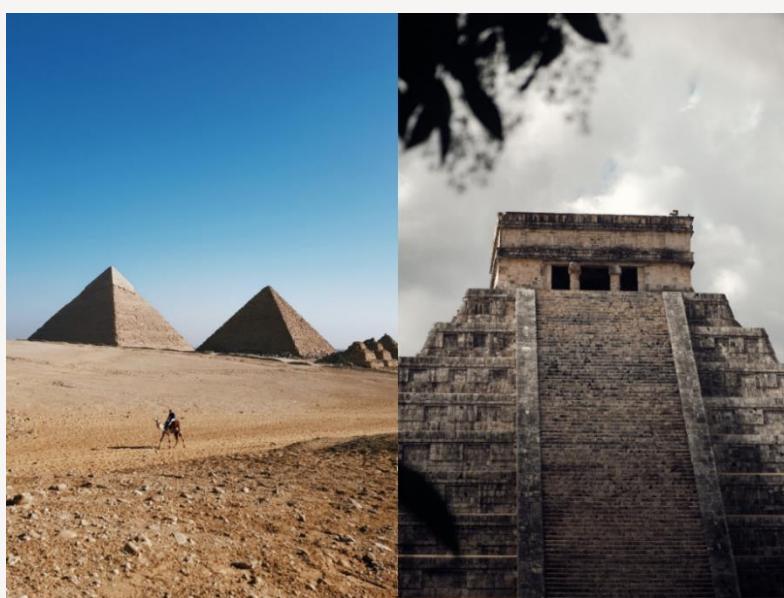
"L'une des contributions durables des cultures anciennes à la vie moderne est l'architecture, à la fois en termes de monuments conservés et d'influence sur les bâtiments contemporains dans le monde entier" (Cartwright, 2019).

L'utilisation des mathématiques dans l'architecture remonte aux **civilisations**

anciennes. Elles ont servi d'outil pour créer des structures à la fois esthétiques et solides, comme les pyramides, les temples et les monuments. De la culture égyptienne à la culture maya, les mathématiques ont joué un rôle important dans la construction de ces anciennes merveilles architecturales.

Les Égyptiens de l'Antiquité ont apporté une contribution importante aux mathématiques. La construction des pyramides, en particulier, nécessitait des connaissances mathématiques avancées et de la précision. Par exemple, les Égyptiens utilisaient un système de mesure appelé "coudée", basé sur la longueur du bras d'une personne, pour assurer la cohérence de leurs constructions. La coudée (qui se divise en paumes, pouces, etc.) est probablement l'une des premières unités de mesure de la longueur connues.

Les Mayas (civilisation précolombienne d'Amérique centrale) possédaient le système mathématique le plus sophistiqué de toutes les civilisations anciennes des Amériques. En effet, ils ont été parmi les premiers à mettre en œuvre le concept du zéro, ce qui leur a permis de calculer de grands nombres. Les Mayas utilisaient le système vigésimal, ce qui signifie que leur système de numération était basé sur le chiffre 20, et qu'ils comptaient avec leurs doigts et leurs orteils. Leur système de chiffres leur permettait de faire des prédictions astronomiques extrêmement précises, en suivant les mouvements du soleil, de la lune, des étoiles et des planètes. Les connaissances des Mayas en mathématiques et en astronomie leur ont permis de construire des monuments, tels que les célèbres temples.



1 Photo de Martin Widenka sur Unsplash | Photo de Cody Hiscox sur Unsplash

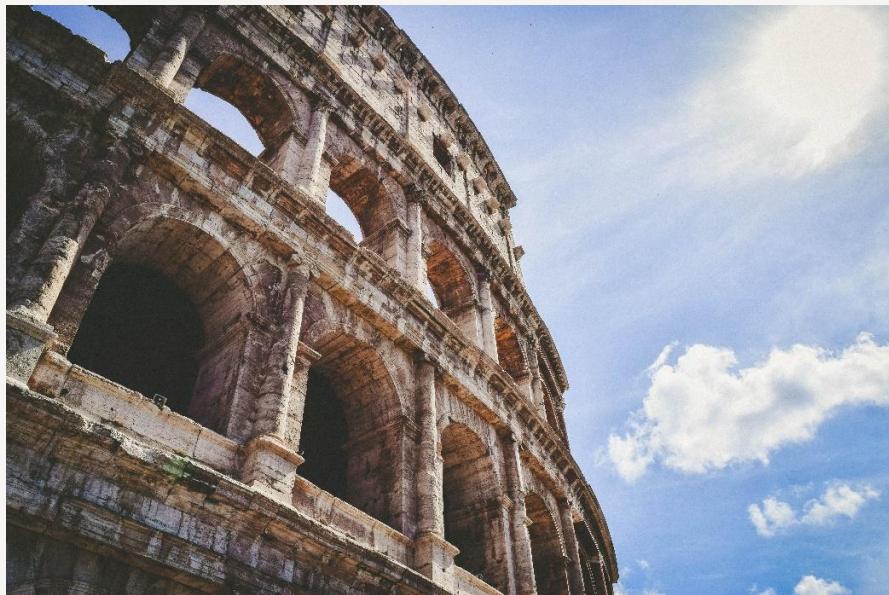
L'utilisation des mathématiques dans l'architecture est donc une contribution importante des cultures anciennes à la vie moderne. Comme nous venons de voir les connaissances mathématiques avancées et la précision des civilisations anciennes ont permis la création de structures impressionnantes qui existent encore aujourd'hui, telles que les pyramides égyptiennes et les temples mayas. Ces constructions continuent d'inspirer les pratiques modernes, montrant que l'héritage de ces civilisations perdure même des milliers d'années plus tard.

Étude de cas : Les Grecs et les Romains

Les Grecs et les Romains ont été deux des civilisations antiques les plus influentes en ce qui concerne l'utilisation des mathématiques dans l'architecture.

Les Romains

Les architectes romains de l'Antiquité étaient en mesure de créer des structures esthétiques, solides et durables en utilisant des principes et des calculs mathématiques.



2 Photo de Jace & Afsoon sur Unsplash

L'un des principaux concepts mathématiques utilisés dans l'architecture romaine antique est la géométrie. Les Romains avaient une connaissance approfondie de la géométrie et l'utilisaient largement dans la construction de leurs bâtiments. Par

exemple, l'utilisation de l'arche, l'une des caractéristiques de l'architecture romaine, a été rendue possible par le développement de la géométrie. L'arche est une structure incurvée capable de supporter un poids important. Il a été largement utilisé dans les constructions romaines, notamment les aqueducs, les ponts et les amphithéâtres.

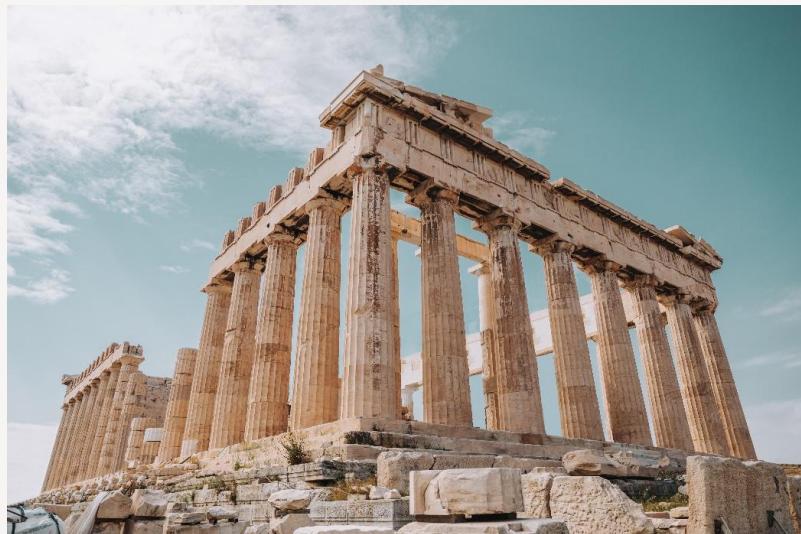
En outre, les Romains utilisaient également des calculs mathématiques pour garantir l'intégrité structurelle de leurs bâtiments. Par exemple, l'arche était conçue à l'aide de calculs mathématiques pour s'assurer qu'elle puisse supporter le poids du bâtiment situé au-dessus d'elle.

L'utilisation des mathématiques a joué un rôle crucial dans la conception et la construction de l'architecture romaine antique. De l'utilisation de la géométrie à l'examen minutieux des proportions, en passant par l'utilisation de calculs mathématiques pour garantir l'intégrité structurelle, les Romains s'appuyaient fortement sur les principes mathématiques pour créer des bâtiments esthétiquement agréables, structurellement solides et durables.

Les Grecs

Les Grecs ont utilisé les mathématiques en architecture pour concevoir et construire certaines de leurs structures les plus emblématiques. Ils ont utilisé des principes mathématiques pour créer des bâtiments beaux et structurellement solides à l'instar des Romains.

Les architectes grecs utilisaient les mathématiques pour s'assurer que leurs bâtiments étaient symétriques et proportionnés. Les Grecs pensaient que la symétrie et la proportion étaient des éléments clés de la beauté et de la perfection et ils ont intégré ces principes dans leurs conceptions. Ils utilisaient une variété de concepts mathématiques pour réaliser la symétrie et la proportion dans leur architecture, y compris l'utilisation du nombre d'or, un rapport mathématique trouvé dans la nature qui est considéré comme esthétiquement agréable.



3 Photo de Spencer Davis sur Unsplash

L'un des exemples les plus célèbres de l'utilisation des mathématiques dans l'architecture grecque est le Parthénon, construit au Ve siècle avant notre ère. Les architectes qui ont conçu le Parthénon ont utilisé des principes mathématiques pour s'assurer que le bâtiment soit parfaitement symétrique et proportionné. Par exemple, la distance entre les colonnes du Parthénon a été soigneusement calculée pour créer une illusion de perfection, de sorte que le bâtiment semble parfaitement droit vu de loin.

Un autre exemple de l'utilisation des mathématiques dans l'architecture grecque est le temple de Zeus Olympien, qui a également été construit au 5e siècle avant notre ère. Le temple a été conçu pour être l'un des plus grands bâtiments du monde antique, et les architectes ont utilisé des principes mathématiques pour s'assurer de la solidité structurelle de l'édifice. Par exemple, les colonnes du temple ont été soigneusement espacées et inclinées pour que le poids de l'édifice soit uniformément réparti.



4 Photo de Yang Yang sur Unsplash

Les Grecs et les Romains ont été deux des civilisations antiques les plus influentes en ce qui concerne l'utilisation des mathématiques dans l'architecture. Ces deux civilisations ont utilisé des principes mathématiques pour créer des bâtiments beaux et structurellement solides, laissant un héritage durable dans l'architecture moderne.

2.1.2 La géométrie dans l'architecture

La géométrie et les motifs jouent un rôle important dans l'architecture depuis des siècles. Ils ont été utilisés pour créer des bâtiments visuellement étonnantes et structurellement solides. Les formes et les motifs géométriques peuvent également être utilisés pour créer des tracés intéressants et complexes.

Le rectangle est l'une des formes géométriques les plus utilisées en architecture. L'utilisation de rectangles permet de construire des bâtiments avec des lignes droites et des angles droits, ce qui peut contribuer à créer un sentiment de stabilité et de symétrie, comme dans les gratte-ciel par exemple.



5 Photo de Sean Pollock sur Unsplash

Le cercle est une autre forme géométrique couramment utilisée en architecture. Par exemple, on peut voir des cercles dans la conception de dômes, d'arcs et de colonnes. L'utilisation de cercles peut contribuer à créer un sentiment d'unité et d'harmonie et fournir un soutien structurel.

Outre la création de bâtiments visuellement étonnantes, l'utilisation de la géométrie en architecture peut également contribuer à améliorer la fonctionnalité et l'efficacité d'un bâtiment.

D'une manière générale, l'utilisation de la géométrie dans l'architecture a été une constante au cours de l'histoire. L'utilisation de ces principes de conception a permis de créer certains des bâtiments les plus beaux et les plus emblématiques du monde.

Étude de cas : Casa Batlló



6 Gaudi, Photo de Sara Darcaj sur
Unsplash

La Casa Batlló de Barcelone, en Espagne, est un bon exemple de l'utilisation de la géométrie et des motifs dans l'architecture européenne.

Sa façade présente une série de lignes ondulantes et de formes organiques inspirées des courbes et des contours des formes naturelles. Ces formes et motifs irréguliers créent une impression de fluidité et de mouvement.

L'une des caractéristiques les plus frappantes du bâtiment est l'utilisation de carreaux de céramique colorés, disposés en mosaïque sur la façade. Les carreaux sont disposés selon une série d'échelles qui se chevauchent, ce qui crée une impression de profondeur et de texture, et reflète le jeu d'ombre et de lumière sur la surface du bâtiment.

La Casa Batlló n'est qu'un des nombreux exemples de l'utilisation innovante de la géométrie et des motifs dans l'architecture.

2.1.3 La symétrie dans l'architecture

La symétrie est un autre principe de conception utilisé en architecture depuis des siècles. Il s'agit de l'idée que les deux moitiés d'un bâtiment doivent être égales en taille, en forme et en proportion. Les bâtiments symétriques sont souvent considérés comme agréables à l'œil et créent un sentiment d'équilibre et d'harmonie.

La symétrie n'est pas seulement utilisée dans les grands bâtiments célèbres. Elle est également utilisée dans les bâtiments de tous les jours, tels que les maisons et les immeubles de bureaux. L'utilisation de la symétrie dans ces constructions peut créer

un sentiment de calme et d'ordre, ce qui est important pour créer un environnement de vie ou de travail confortable.

Étude de cas : Château de Versailles

Un exemple célèbre de symétrie en architecture est le château de Versailles en France et son parc. Ce palais a été construit au XVII^e siècle et est connu pour sa grandeur et son opulence.



7 Photo d'Armand Khoury sur Unsplash

Le château est de conception symétrique, avec un axe central qui traverse tout le bâtiment. L'utilisation de la symétrie dans le château de Versailles lui donne un sens de l'ordre et de l'équilibre, ce qui était important à l'époque baroque. La façade principale du bâtiment est divisée en trois parties symétriques, avec des fenêtres, des colonnes et d'autres éléments décoratifs identiques.



8 Photo de Mathias Reding sur Unsplash

2.1.4 Les proportions dans l'architecture

En architecture, les proportions font référence à la relation entre les différents éléments d'un bâtiment, tels que sa hauteur, sa largeur et sa profondeur. Il s'agit d'un aspect fondamental de la conception architecturale, et l'utilisation de proportions bien équilibrées peut grandement améliorer l'attrait esthétique et la fonctionnalité d'un bâtiment.

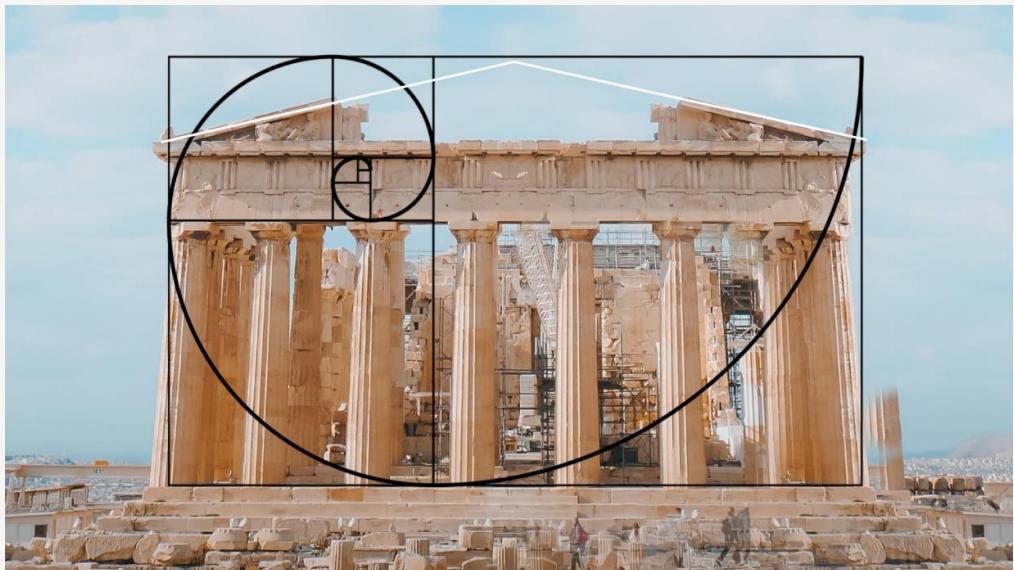
Par exemple, un bâtiment avec des fenêtres bien proportionnées peut offrir un équilibre optimal entre la lumière naturelle et la ventilation, tandis qu'un bâtiment avec des fenêtres mal proportionnées peut entraîner des problèmes de chauffage et de refroidissement.

Outre leurs avantages fonctionnels, les proportions ont une signification symbolique et émotionnelle en architecture. Par exemple, l'utilisation de certaines proportions peut évoquer un sentiment de stabilité, de force et d'ordre, tandis que d'autres peuvent créer un sentiment de mouvement, de fluidité et de dynamisme.

Étude de cas : Le nombre d'or

Les principes mathématiques qui sous-tendent la conception proportionnelle sont souvent basés sur le nombre d'or. En bref, le nombre d'or (environ 1,618), également connu sous le nom de phi (ϕ), est un concept mathématique qui décrit la relation entre deux quantités. On le retrouve dans de nombreux motifs et formes de la nature, de l'art et de l'architecture.

En architecture, le nombre d'or semble être utilisé depuis l'Antiquité dans la conception pour créer des bâtiments à l'apparence harmonieuse et équilibrée. La proportion se retrouve dans divers éléments de l'architecture, tels que les proportions des fenêtres, des portes et des colonnes, ainsi que dans l'agencement de bâtiments entiers.



9 Représentation du nombre d'or, Photo de Pat Whelen sur Unsplash

Les notions mathématiques - telles que la géométrie, la symétrie et les proportions, entre autres - constituent sans aucun doute la base de toute construction architecturale. La relation entre les mathématiques et l'architecture est intimement liée depuis des siècles, comme en témoignent les civilisations anciennes telles que les Égyptiens et les Mayas. Les Grecs et les Romains ont également utilisé des principes mathématiques pour créer certaines des structures les plus emblématiques de leur époque. Nous ne pouvons qu'apprécier les contributions des civilisations anciennes et continuer à nous inspirer de leur héritage dans l'architecture moderne et les mathématiques.

Le projet VisitMath vise à approfondir cette relation en utilisant l'architecture européenne pour enseigner les mathématiques d'une manière plus pratique et plus attrayante, en permettant aux élèves d'apprécier la diversité et la richesse de l'architecture européenne tout en comprenant les principes mathématiques qui la sous-tendent.

2.2 L'utilisation de l'architecture dans l'apprentissage des mathématiques

2.2.1 La motivation liée à l'approche pratique des mathématiques.

Les mathématiques ne sont-elles plus motivantes ? En 2018, l'enquête **PISA** a montré que plusieurs pays européens comme la France, l'Italie, l'Espagne ou la Finlande rencontraient des difficultés dans l'enseignement des STEAM (Sciences, Technologies, Ingénierie -Engineering en anglais-, Arts et Mathématiques). Les élèves n'obtiennent pas les mêmes résultats qu'auparavant selon les normes de l'enquête, ou se situent même en dessous du score moyen de 500 points. L'enquête **TIMSS** 2019 a observé le même phénomène en Belgique et au Danemark, entre autres. En outre, l'enquête PISA a estimé qu'environ 24 % des jeunes dans le monde n'avaient pas les connaissances minimales en mathématiques.

a. Le contexte théorique

Il est prouvé qu'une approche pratique des mathématiques présente deux avantages principaux : elle accroît la motivation des élèves et améliore également leurs résultats dans cette matière. Cette théorie est développée depuis un certain temps : John Dewey (1859-1952) a plaidé tout au long de sa carrière en faveur d'une **pédagogie davantage basée sur l'expérience**, qui se concentrerait autant sur la théorie que sur la pratique. Une approche plus pratique des mathématiques montrerait aux élèves que ce qu'ils apprennent a une application dans le monde réel - et que les mathématiques peuvent aussi être amusantes ! Étant donné que peu d'élèves s'intéressent aux mathématiques à ce jour, les chercheurs ont tendance à souligner l'importance de promouvoir cette matière dans notre vie quotidienne. Selon Abramovich (2019), la motivation vient de l'action et de la familiarité de l'apprenant avec le sujet étudié. Proposer à un élève un exercice autour d'un élément qui lui est familier - des bâtiments locaux par exemple - permet de lever la difficulté de l'abstraction.

b. Les moyens pour motiver les élèves

L'approche pratique des mathématiques devrait être convaincante pour les élèves sur les deux niveaux de motivation : la motivation extrinsèque et la motivation intrinsèque. L'aspect ludique du projet incitera les élèves à vouloir réussir et gagner le jeu, tout en les intéressant suffisamment à la matière pour qu'ils veuillent en apprendre davantage par pure curiosité.

La motivation passe en effet par le sens de l'utilité que les élèves trouveront à faire telles ou telles activités. Les mathématiques sont souvent considérées comme trop abstraites par les adolescents ; leur montrer qu'il existe de nombreuses applications dans le monde réel peut potentiellement les faire changer d'avis (DfE, 2020). Ancrer **les mathématiques dans la vie quotidienne** a un impact positif sur la perception de la matière par les élèves, car certains apprenants sont perdus lorsqu'on ne leur donne que des exemples abstraits. Cependant, cette approche pratique ne doit pas devenir une distraction pour les élèves, qui doivent réaliser ce qu'ils ont appris une fois le jeu terminé. En effet, l'un des principaux risques de l'approche pratique est de ne maintenir l'intérêt des apprenants que pendant la durée du cours (Abrahams et Sharpe, 2010). Pour ce faire, il faut rappeler à tous les élèves pourquoi les sujets qu'ils étudient sont importants et où ils peuvent être trouvés, par exemple en architecture.

La motivation et les résultats sont étroitement liés. Les adolescents ont besoin **d'objectifs clairs** et d'outils pour les atteindre, ainsi que **de méthodes d'apprentissage et d'enseignement claires**. Notre méthode veillera à ce que tous les adolescents disposent de suffisamment d'informations pour expérimenter, en même temps, l'approche pratique de l'utilisation des mathématiques dans la ville, et un ensemble d'objectifs clairs qui les guideront vers une récompense, gagner le jeu.

L'accomplissement final, par exemple réussir la chasse au trésor, sera obtenu après une série d'exercices à plus petite échelle qui visent à maintenir la motivation des adolescents (OCDE, 2017). Notre objectif est que les élèves se rendent compte qu'ils ont réussi plusieurs exercices de mathématiques qui se sont déroulés dans le monde réel, ce qui, nous l'espérons, maintiendra leur motivation pour le reste de l'année scolaire.

c. L'égalité des sexes et la vie professionnelle



10 Elèves travaillant sur des exercices de mathématiques,
Grabowska (n.d.)

L'approche pratique et ludique devrait également contribuer à lever certains obstacles à l'enseignement scolaire traditionnel. Tout d'abord, une méthode alternative peut contribuer à inclure davantage les filles en leur montrant ce qu'elles peuvent réaliser en étudiant les programmes STEAM, ainsi qu'en leur donnant des exemples de femmes qui travaillent dans ce domaine. Cette approche pourrait également contribuer à réengager les garçons qui développent souvent une attitude de défiance à l'égard de l'autorité de l'enseignant. (OCDE, 2017).

Enfin, cette approche peut également aider les élèves à **choisir une carrière dans le domaine des STEAM** à l'avenir. Étant donné que de nombreux enfants ne considèrent pas les mathématiques ou la physique comme intéressantes, les pays européens ont actuellement du mal à recruter des ingénieurs en raison du manque de candidats. En France, une étude a montré que 25 % des postes d'ingénieurs restaient vacants en raison du manque de candidats (Studyrama, 2022). Ce problème est également visible en Italie (EURES, n.d.) ou en Belgique (Manpower, 2019). En donnant aux adolescents davantage d'occasions de voir ce que les mathématiques peuvent créer et en promouvant l'intérêt pour les STEAM, nous espérons les motiver pour postuler à ces emplois.

2.2.2 Pourquoi l'architecture peut-elle être engageante ?

Dans l'utilisation de l'approche pratique des mathématiques, nous nous concentrerons sur ce que l'on peut trouver dans la ville, c'est-à-dire l'architecture dans la plupart des cas. En effet l'architecture offre plusieurs avantages à notre approche : elle est visible et palpable, elle est faite de mathématiques et peut inspirer des applications dans de nombreux domaines des mathématiques tels que l'arithmétique et la géométrie, et elle peut fournir suffisamment de matériel pour relier les mathématiques à d'autres disciplines. Comme nous l'avons déjà dit, l'approche pratique est attrayante en soi, mais l'architecture peut être utilisée pour accroître considérablement l'intérêt des élèves pour le sujet.

a. L'architecture et les mathématiques à l'école

En effet, il y a une nette différence entre l'apprentissage des mathématiques par le biais d'exercices stéréotypés portant sur des quantités irréelles de pastèques à la caisse d'un supermarché et l'observation des bâtiments qui nous entourent. On peut facilement imaginer des exercices portant sur la tour de Pise ou le Parthénon. En réalité, de nombreux autres bâtiments, rues ou installations peuvent être utilisés pour l'apprentissage des mathématiques, même dans des zones moins touristiques. En outre, si les élèves ont aimé l'idée, les enseignants peuvent encore s'appuyer sur l'architecture pour créer d'autres exercices de mathématiques : l'essentiel de ce défi consiste à s'assurer que les élèves considèrent qu'il s'agit de mathématiques appliquées et non d'une situation imaginaire. L'un des principaux avantages de l'utilisation de l'architecture dans les cours de mathématiques est la variété des sujets qui peuvent être étudiés. **La géométrie** est bien sûr un sujet d'étude évident : les angles et la symétrie entre les différentes parties d'un monument (les jardins du château de Versailles par exemple) viennent à l'esprit, mais **l'arithmétique** peut également être utilisée. Les plus jeunes pourront découvrir **les mesures** (hauteur, longueur, volume) avec des bâtiments ou des routes, tandis que les plus avancés

pourront approfondir **le nombre d'or** et le rapport d'or, en prenant le Parthénon comme référence. comme certains disent.



11 La ville de nuit, Pasaric (n.d.)

b. L'enseignement transversal

Comme indiqué précédemment, la possibilité d'un contenu pluridisciplinaire peut rendre les mathématiques plus intéressantes : l'architecture se prête très bien à ce type de contenu. Si l'on pense d'abord à l'histoire (lorsqu'on parle de monuments spécifiques construits à une certaine époque), d'autres sujets peuvent être abordés. Par exemple, un lien avec l'économie peut être fait pour étudier les fractions et les pourcentages, la géographie peut également être utilisée pour étudier les statistiques. Et n'oublions pas l'art et les possibilités de dessins mathématiques ou une étude plus poussée des ondes sonores dans un théâtre par exemple pour relier les mathématiques, la physique et la musique. L'architecture pouvant servir de pierre angulaire à de nombreuses activités autour des mathématiques, les enseignants auront la possibilité de trouver une variété de moyens pour toucher l'ensemble de leurs élèves.

c. L'architecture est omniprésente

L'utilisation de l'architecture dans les cours de mathématiques peut également tenir compte de l'environnement scolaire. En effet, lorsqu'on pense à l'architecture, les premières images qui viennent à l'esprit sont les bâtiments célèbres des grandes villes. Pourtant, l'architecture est présente partout, même dans les villages et à la campagne par exemple. Ainsi, les écoles rurales peuvent participer à l'expérimentation du projet en étudiant l'aménagement de leur environnement et en découvrant leur architecture locale. Et si l'environnement n'est pas assez intéressant ou trop redondant, les élèves eux-mêmes peuvent devenir acteurs et imaginer ce qu'ils pourraient créer, ce qui leur donne le rôle d'architectes en herbe ! (Philippot, 2019). Comme nous l'avons dit précédemment, cette approche concrète aura un impact positif sur la motivation des adolescents puisqu'ils pourront comprendre plus facilement les concepts mathématiques.

3. Les avantages de l'utilisation d'approches alternatives dans l'éducation, comme la ludification et les livres électroniques, pour tous les types d'apprenants

3.1 Ludification et livres électroniques pour apprendre les mathématiques

3.1.1 L'importance des jeux dans notre vie quotidienne

En tant que matière, les mathématiques ne sont généralement pas considérées comme particulièrement attrayantes. Elles sont souvent considérées comme purement théoriques, avec peu ou pas d'applications dans la vie réelle - un problème que nous avons abordé dans la partie précédente - mais il faut plus qu'une simple amélioration de la matière. La manière de l'enseigner doit également être adaptée, afin que les apprenants puissent mieux comprendre le sujet.

a. Le contexte pédagogique

En effet, la théorie de la pédagogie a progressivement évolué d'un enseignement basé sur la théorie vers un enseignement davantage basé sur la pratique, l'apprenant devenant de plus en plus actif en classe (Abramovich, 2019). L'objectif de cette méthode est de faire en sorte que l'apprenant essaie des choses et échoue, l'enseignant agissant parfois davantage comme un « filet de sécurité », une ressource que l'élève peut consulter si les choses deviennent trop difficiles. Cependant, cette méthode d'enseignement ne fonctionne que si le groupe est déjà motivé pour accomplir la tâche, et c'est là que les cours de mathématiques rencontrent parfois des

difficultés. Lorsque l'enseignant agit comme **un facilitateur** (le style d'enseignement le plus "libre"), les élèves sont laissés à eux-mêmes et doivent progresser avec peu d'aide. Si le sujet n'est pas passionnant, cette méthode risque de ne pas aboutir à un résultat très productif. C'est la raison pour laquelle ce projet a pour but de gamifier (anglicisme de ludifier) les cours de mathématiques sur le thème de l'architecture.



12 Jeu de société Cities : Skylines, Thames and Cosmos, 2019

b. Comment créer un cours pertinent basé sur le jeu

Pourquoi des jeux ? Tout d'abord, les jeux rendent les élèves acteurs de leur apprentissage. L'enseignant n'étant pas en position de contrôle, les apprenants sont plus libres d'agir et d'essayer de nouvelles choses. Contrairement aux exercices plus traditionnels, les jeux se veulent plus convaincants - ils doivent être amusants. Les élèves doivent oublier qu'ils travaillent au fur et à mesure qu'ils progressent dans les étapes du jeu : les processus du jeu doivent être perçus comme étant plus qu'une excuse pour pratiquer un sujet spécifique. L'approche ludique ne doit pas être un « élément » qui pourrait s'adapter à n'importe quel type d'exercice, mais plutôt un ensemble de mécanismes qui s'adaptent à des situations spécifiques. Cependant, il n'existe pas de recette parfaite pour créer un jeu parfait : la conception du jeu peut être descendante (penser d'abord au cadre que vous voulez donner) ou ascendante (penser d'abord aux sujets que vous voulez mettre en pratique). Il n'en reste pas moins qu'un jeu doit être amusant en premier lieu, et qu'avoir un sujet intéressant ne suffira pas à convaincre les joueurs (Mark Rosewater in GDC, 2016). Le contenu doit être organisé de manière à créer un environnement que les joueurs voudront revivre.

Faire adhérer les apprenants à un système de jeu ne requiert pas exactement les mêmes paramètres que faire adhérer les gens à un tout nouveau jeu puisque les élèves doivent aller à l'école : l'objectif est de les faire participer pour créer une expérience amusante mais pas de les convaincre qu'ils doivent le faire pendant un certain temps. Néanmoins, pour s'assurer qu'ils apprécient la leçon ludifiée, une certaine forme de **compétition** doit avoir lieu, soit entre les joueurs eux-mêmes (chacun est seul ou en petits groupes, contre les autres), soit contre le jeu (collaboration pour résoudre un problème) (Karin Tsai à la GDC, 2021).

Cependant, comme il y a autant de profils de joueurs que d'élèves (et cela fait beaucoup !), certains aspects du jeu doivent être pris en compte avant qu'il ne commence afin de maintenir la motivation de chacun. L'objectif est de créer une atmosphère joyeuse et de ne pas dévaloriser les joueurs. Le but d'un jeu étant de gagner, ceux qui n'y parviennent pas ne doivent pas être mis à l'écart. Comparer les joueurs entre eux, par exemple, peut conduire à du ressentiment (Nicholson, 2013) : si tous les succès et les échecs sont affichés sur un écran public, le résultat le plus probable sera le manque de motivation de ceux qui se trouvent derrière les trois ou quatre premiers joueurs (Lundin & Melkersson, 2022). Cependant, l'aspect compétitif de cette méthode tend également à motiver de nombreux élèves, alors que l'approche par classement ne fait pas toujours l'affaire. Il appartient aux « maîtres du jeu » de trouver un juste milieu pour motiver tous les apprenants à participer et à faire de leur mieux.



13 Une manette de jeu,
juicy_fish (n.d.)

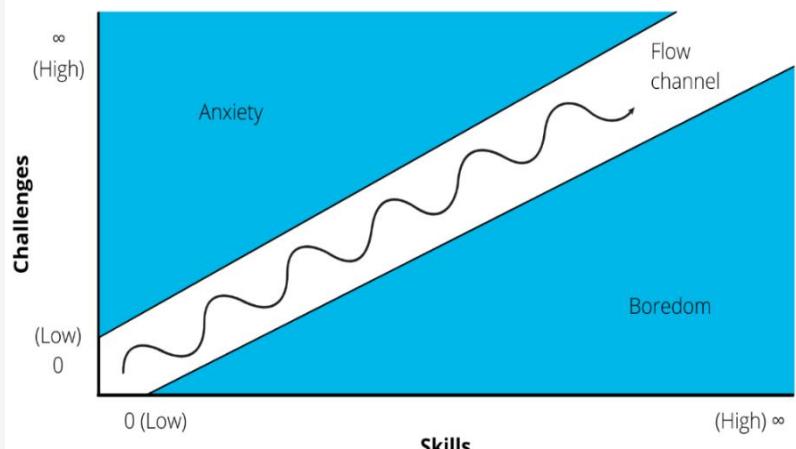
c. La structure du jeu

Alors, comment créer une structure de jeu efficace ? Tout d'abord, les élèves doivent savoir comment le jeu fonctionne. Un tutoriel, ou une activité /action facile, peut mettre les joueurs en mouvement : les règles doivent être claires dès le départ. Ensuite, la difficulté doit être progressive : dans le cas d'un exercice de mathématiques, la première question doit être assez facile pour ne pas décourager le joueur et devenir de plus en plus difficile. Si les questions sont liées, c'est

évidemment un grand avantage pour la cohérence. Au fur et à mesure que les élèves répondent, le jeu doit les guider vers la fin.

Atteindre la fin du jeu **doit avoir un sens**. C'est pourquoi les récompenses sont importantes : elles favorisent la motivation. La récompense doit être intéressante et donner aux apprenants un sentiment d'accomplissement lorsqu'ils l'atteignent, ce qui les motivera à l'avenir. Toutefois, la collecte de récompenses fréquentes avec des mises à jour régulières de la progression peut impliquer davantage les élèves. La mise à jour doit être significative et encourageante ("Félicitations, vous avez atteint...") et les élèves doivent savoir quand ils ont atteint l'objectif final.

En ce qui concerne la difficulté, le jeu doit être **stimulant**, ni trop facile, ni trop difficile. Cela créera le bon niveau d'engagement, car les jeux faciles ne sont pas pris au sérieux et les jeux difficiles peuvent être décourageants : le fait d'être bloqué (surtout au début du jeu) peut conduire au désengagement, à la tricherie ou à l'abandon. Bien qu'il y ait plusieurs types de joueurs (certains joueurs aiment les jeux difficiles où ils échouent encore et encore avant de réussir, d'autres aiment les jeux faciles qui leur permettent de faire autre chose en même temps), ce jeu doit correspondre à tout le monde en même temps et donc être "intermédiaire". Mihaly Csikszentmihalyi a défini le niveau de difficulté parfait d'une tâche donnée dans son livre *Beyond boredom and anxiety* (Au-delà de l'ennui et de l'anxiété) en 1975. **Le flux**, comme il l'appelle, est ce qui motive quelqu'un à accomplir une tâche donnée. Ce flux est le niveau de plaisir, qui ne peut se produire que si le jeu est suffisamment stimulant, mais pas trop. Bien que cet état dépende du joueur, l'enseignant doit veiller à planifier son jeu de manière à ce que toutes les personnes impliquées prennent du plaisir à y jouer.



14 La théorie du flux de Mihaly Csikszentmihalyi dans le cadre du projet Gaming for skills

d. Les mathématiques dans la formation à la citoyenneté

Les jeux permettent aux apprenants d'acquérir des compétences supplémentaires, en particulier lorsqu'ils jouent en groupe. Lorsque les mathématiques traditionnelles sont souvent basées sur des exercices individuels avec peu ou pas de communication, les jeux peuvent permettre aux élèves de travailler en groupe et de partager leurs idées. De cette manière, ils exercent leurs **compétences comportementales (non techniques)** en même temps que leurs compétences mathématiques (compétences techniques). Les compétences non techniques sont des "aptitudes liées à la manière de travailler et d'interagir avec d'autres personnes" (Herrity, 2023). Elles ne sont généralement pas enseignées à l'école et consistent en des compétences de communication, de travail en équipe, de gestion des tâches ou de résolution de problèmes, parmi beaucoup d'autres. Elles nous définissent en tant qu'employés et citoyens, et sont de grands atouts à l'école et au travail. Les élèves ne se rendent généralement pas compte qu'ils exercent ces compétences lorsqu'ils travaillent en groupe, mais les rendre acteurs de leur propre apprentissage a toujours un impact positif sur eux. Ce type d'activité peut les aider à mieux se connaître et à mieux connaître leurs camarades de classe !

3.1.2 Les guides de visite

a. Qu'est-ce qu'un guide ?

Un manuel d'instructions ou guide de visite, est manuel qui donne des informations aux visiteurs sur un lieu, comme une ville ou un pays" (Cambridge Dictionary). Son objectif est de montrer les parties importantes d'un lieu que les gens veulent visiter ou de montrer des détails sur une structure.



15 Guide d'escalade de Kalimnos, 2006

Dans notre cas, le guide présentera **les lieux** que les élèves sont censés visiter et leur

fournira des indications sur la façon de s'y rendre. Ils peuvent également contenir **les énigmes** mathématiques que les élèves devront résoudre pour accéder à l'étape suivante. Bien entendu, le rôle d'un guide n'est pas de tout révéler sur le lieu, mais plutôt d'être un outil complémentaire qui enrichira l'expérience de la visite. Il a plus un rôle d'information attractive qu'un rôle descriptif.

b. Pourquoi les guides de visite sont-ils utiles ?

Comme mentionné précédemment, les guides présentent les principales attractions de la ville. Leur rôle est de sélectionner ce qui est important pour guider le touriste vers cet endroit. Dans le cas d'une chasse au trésor se déroulant dans un "monde ouvert", un lieu presque sans frontières, le guide doit agir comme un moyen de garder les apprenants sur la bonne voie. Il agit comme une salle d'évasion sur papier ou un maître de jeu de rôle (RPG role playing game en anglais), en quelque sorte : les joueurs doivent être guidés pour profiter de l'expérience, sinon ils risquent de se perdre. Et comme certaines villes peuvent être assez vastes, avoir une ligne directrice sera utile aux élèves !

De plus, les guides fournissent généralement des informations sur les lieux à visiter. Ils aideront les élèves à **s'immerger** davantage dans leur chasse au trésor : cela ne doit pas ressembler à un travail scolaire typique, comme s'ils répondaient à des questions ou résolvaient des problèmes. L'aspect culturel du guide est primordial pour que chacun passe un bon moment à pratiquer ses compétences en mathématiques. Dans les petites villes ou à la campagne, lorsqu'il n'y a pas de monuments majeurs, essayez d'ajouter des **faits amusants** ou de mettre en évidence des **choses intéressantes à faire** dans les environs. Quelle est l'histoire du lieu ? Y a-t-il de belles boutiques dans le coin ? Un café ou un restaurant qui mérite d'être mentionné ? Que font les gens ici ? Peut-on faire de la randonnée ou du vélo dans les environs ? Y a-t-il un paysage à voir ? Toutes ces idées peuvent vous aider à mettre en avant votre petite ville et à la rendre plus attrayante pour les élèves !

Le guide peut être utilisé comme outil pédagogique. Il doit être conçu dans une optique de résolution de problèmes, de sorte que les élèves doivent pouvoir l'utiliser

lorsqu'ils répondent à des questions, soit en le lisant pour trouver des informations, soit en écrivant dessus. Il peut également contenir des indices sur la façon de résoudre des problèmes ou des conseils à donner par l'enseignant.

c. L'avantage d'utiliser un livre électronique ou ebook

Les eBooks (anglicisme de livres électroniques) sont des textes numériques qui peuvent être lus sur des appareils électroniques (une tablette par exemple). Bien que le contenu reste le même, les livres électroniques peuvent permettre une expérience plus amusante et inclusive.



16 Un utilisateur de eBook,
Cameron (n.d.)

Le premier avantage majeur est le fait que les livres électroniques sont interactifs. Écrire sur une feuille de papier peut devenir contraignant, surtout lorsque le contenu doit être effacé et réécrit. Les élèves peuvent écrire des annotations sur le document, les supprimer et en ajouter sans interférer avec sa lisibilité. Ils peuvent également **effectuer une recherche directement** dans le document : un guide de chasse au trésor peut contenir de nombreuses étapes et les élèves peuvent s'y perdre. La fonction de recherche les aidera à trouver plus rapidement ce qu'ils recherchent. Ensuite, cela permet également aux enseignants de stocker plus d'informations, ou d'en cacher certaines jusqu'à ce que le bon moment soit venu. L'interactivité dans un

livre électronique peut inclure le fait de cliquer sur des éléments pour révéler des informations, de déplacer des éléments d'un endroit à un autre ou même, si nécessaire, d'ajouter du son !

De plus, comme les livres électroniques sont un support numérique, les enseignants et les élèves peuvent télécharger des photos ou des vidéos sur leur appareil. Pour certains exercices spécifiques sur la symétrie par exemple, ils peuvent prendre une photo de la structure du bâtiment et répondre à l'exercice sur leur eBook. Comme nous l'avons mentionné précédemment, le premier rôle d'un guide est de montrer des informations sur des lieux importants : ici, les informations peuvent être étayées par des contenus externes, renforçant ainsi le sentiment d'une visite pédagogique plutôt qu'un simple cours de mathématiques.

L'inclusivité est faite par la possibilité pour l'utilisateur de **zoomer** ou de **modifier la luminosité de l'écran** (Digital Unit, 2022). Ceci est particulièrement important pour les personnes malvoyantes, mais peut s'avérer utile même pour explorer l'extérieur en hiver par exemple, lorsque la nuit tombe. Les élèves qui ont du mal à lire les informations affichées peuvent également écouter les directives puisque la transcription audio est disponible sur ces appareils.

De tels paramètres doivent être pris en compte lors de la conception de contenus accessibles à tous. En effet, l'utilisation de livres électroniques dans ce projet fait partie de notre engagement à inclure tous les enfants dans le contenu ludique.

3.2 L'inclusion

Qu'est-ce que cela signifie d'être inclusif? L'inclusion, notamment dans l'enseignement, ne consiste pas seulement à adapter des supports à tous les profils d'élèves pour accéder à ces supports et pouvoir tout suivre. Il veille également à ce que les élèves rencontrant des difficultés sachent utiliser ces matériels. De plus, l'inclusion consiste également à changer la façon dont les choses sont organisées à l'école pour répondre aux besoins des apprenants sans que les autres élèves ne soient gênés dans leur apprentissage. Il s'agit essentiellement de **rendre l'apprentissage**

flexible, et cela nécessite une réflexion constante sur la pratique de l'enseignant et la manière dont les élèves acquièrent les connaissances.

Le projet VisitMath vise à rendre les matières STEM, en particulier les mathématiques, accessibles à tous les élèves. Il abordera l'inclusion sociale en s'assurant que personne n'est laissé pour compte. Que les élèves qui se sentent généralement moins confiants et engagés dans les sciences ou les mathématiques, comme les enfants ayant des troubles spécifiques d'apprentissage (SLD en anglais), par exemple, ou tout élève rencontrant des difficultés en mathématiques et les sciences, se sentent à leur place et à l'aise. Il permettra une éducation complète et inclusive.

On pense que les personnes atteintes d'un trouble spécifique des apprentissages « Dys » (SLD en anglais) représentent environ 9 à 12 % de la population totale (Association Européenne de Dyslexie, n.d.) et naviguent au cours de leur vie, dans un monde largement inapproprié. La proportion d'élèves qui pourraient avoir des difficultés à suivre les apprentissages du fait de matériels non adaptés, est donc plus élevée que ce à quoi la plupart des gens s'attendrait. L'enseignement devant être accessible à tous les élèves, nous nous efforcerons d'adapter au maximum nos outils et nos contenus.

3.2.1 Que sont les troubles spécifiques des apprentissages ?

Tout d'abord, il est important de comprendre que les troubles spécifiques des apprentissages ne découlent pas d'une déficience physique, d'un trouble émotionnel ou d'un désavantage de nature économique, environnementale ou culturelle. Ces troubles ont une **cause neurobiologique** affectant la façon dont le cerveau traite l'information : comment il reçoit, intègre, retient et exprime l'information. Cela peut **perturber le développement cognitif des capacités d'apprentissage**, telles que lire, écrire, parler, faire des mathématiques ou planifier et coordonner des tâches motrices.

Voici les différents troubles spécifiques des apprentissages tels qu'ils sont habituellement listés :

- **La dyslexie** entraîne des difficultés en lecture et en compétences de traitement linguistique. Ce trouble dysfonctionnel est le plus fréquent, et il n'est pas rare qu'il en chevauche un autre. Concrètement, cela affecte la capacité de l'élève à apprendre à lire et à écrire. Ces compétences sont déjà difficiles à acquérir, mais avec la difficulté cognitive de déchiffrer un texte en plus, ils doivent redoubler d'efforts pour apprendre.
- **La dysgraphie** est un trouble d'apprentissage spécifique qui affecte la capacité d'une personne à écrire de manière lisible et cohérente. Elle affecte la motricité fine et la capacité d'organiser les pensées et les idées en langage écrit.
- **La dyscalculie** affecte la capacité d'une personne à comprendre les nombres et à apprendre les faits mathématiques. Les élèves dyscalculiques perdent souvent le fil en comptant, se trompent de chiffres pendant les opérations et ont du mal à mémoriser et à se souvenir des procédures et des règles mathématiques, entre autres. Ils peuvent également avoir des difficultés à dire et à estimer le temps.
- **La dysphasie** concerne le développement du langage oral et peut affecter les aspects réceptifs et/ou expressifs. En d'autres termes, cela se traduit par des difficultés à parler et à comprendre les mots parlés.
- **La dyspraxie** cause des problèmes de coordination, de mouvement, de langage et d'élocution. Il affecte généralement la motricité fine et le contrôle musculaire (y compris le contrôle des yeux), entraînant des problèmes de mouvement et de coordination, en particulier les mouvements œil-main, le langage et la parole.
- **Le Trouble du Déficit de l'Attention avec/sans Hyperactivité (TDAH)** est un trouble neurodéveloppemental caractérisé par une inattention, une hyperactivité et une impulsivité excessives, omniprésentes, et gênantes dans de multiples contextes.

Très souvent les difficultés "dys" coexistent au sein d'un même apprenant. Par exemple, l'Association Européenne de Dyslexie considère que 20 à 40 % des **personnes atteintes de dyslexie souffrent également de dyscalculie** (Association Européenne de Dyslexie, n.d.).



17 Source: Canva

L'identification des enfants ayant des troubles spécifiques des apprentissages est primordiale afin de pouvoir leur apporter un accompagnement adapté. Un trouble « Dys » non identifié rendra les apprenants plus fragilisés car leurs difficultés ne seront pas prises en compte par les enseignants, les professionnels de l'éducation ou les parents. Il n'y a donc aucune garantie qu'ils reçoivent les soins appropriés ou qu'ils aient la possibilité d'aller à l'école avec des méthodes ou des outils adaptés.

Plus tôt cette identification est faite, plus tôt il est possible de travailler avec les apprenants pour pallier leurs difficultés, trouver des mécanismes d'adaptation pertinents, établir un dialogue avec les écoles, etc.

3.2.2 Quel est l'impact à l'école ?

Le premier véritable problème que chacun de ces troubles « Dys » pose aux élèves est qu'ils doivent faire un effort supplémentaire à tout moment pour suivre le rythme car leur cerveau est en permanence en mode double tâche. Souvent, un trouble d'apprentissage spécifique peut être observé lorsqu'il y a une incapacité à automatiser un type de tâche que la plupart des enfants et des personnes ont automatisé rapidement ou tôt.

Les environnements de classe peuvent souvent être oppressants pour les élèves « dys ». Ce sont généralement des endroits bondés et animés avec beaucoup de distractions.

Chaque trouble « Dys » peut engendrer un ensemble de défis :

- Avec la **dyslexie**, le cerveau prend plus de temps pour relier les lettres et les mots à d'autres types de connaissances, ce qui peut affecter la fluidité de la lecture, le décodage, la compréhension de la lecture, le rappel, l'écriture, l'orthographe et parfois la parole. De plus, à l'école, les apprenants dyslexiques peuvent avoir des difficultés à prendre des notes, manquer d'engagement dans la lecture et l'écriture, mal comprendre les instructions, etc. Comme la plupart de notre système éducatif actuel repose sur les compétences en lecture et en écriture, un trouble cognitif affectant ces domaines peut être un véritable défi.
- La **dysgraphie** entraîne des difficultés à se souvenir de combinaisons orthographiques spécifiques, de l'orthographe en général, d'aménagement spatial sur papier, à séquencer des phrases en mots, à composer ou à penser et écrire simultanément, ainsi qu'une tendance au chevauchement des lettres, des mots et des espacements incohérents. La dysgraphie se manifeste surtout par une écriture manuscrite illisible.
- La **dyscalculie** a de nombreuses conséquences sur la vie quotidienne. Concrètement, les élèves dyscalculiques ont du mal à manipuler les nombres en général, c'est-à-dire l'argent, le temps, la quantité, la distance, etc. l'anxiété des maths. Apprendre les STEM avec la dyscalculie est donc encore plus difficile.
- Les élèves **dysphasiques** montrent généralement des difficultés à parler et à comprendre les mots parlés, ce qui peut être un défi dans les exercices oraux et les présentations souvent nécessaires en classe. Cela peut prendre la forme d'une difficulté à séquencer les phrases en mots lorsqu'elles sont entendues. Cela peut donner l'impression d'écouter une langue étrangère et de ne pas savoir quand un mot se termine et quand le suivant commence. Les personnes dysphasiques présenteront généralement des difficultés à construire la structure d'une phrase ou d'une histoire.

- La **dyspraxie** affecte la capacité à effectuer des tâches qui nécessitent une motricité fine ou globale, comme lacer ses lacets, écrire ou faire du sport. Les personnes atteintes de dyspraxie peuvent également avoir des difficultés avec la conscience spatiale, la perception et l'organisation, ce qui rend difficile la réalisation des activités quotidiennes.
- Concrètement, le **Trouble du Déficit de l'Attention avec/sans Hyperactivité (TDAH)** implique des difficultés à rester assis, à se concentrer et à faire abstraction des stimuli extérieurs (bruit, lumière, etc.). Les étudiants ayant un TDAH sont également plus susceptibles de bavarder en classe, ou d'oublier leur matériel à la maison.

LE DÉFIS DES TROUBLES DYS

- Comptage
- Opération Mathématiques
- Décomposition de nombre
- Memorisation



3.2.3 Les avantages de l'inclusion

Non seulement les élèves « Dys » sont intelligents, pleins de potentiel et méritent une éducation adaptée, mais ils ont aussi un regard unique sur les concepts et la vie du fait de la façon dont ils vivent leur environnement. Les différences individuelles entre élèves sont source de richesse et de diversité. Par conséquent, il est nécessaire d'être ouvert au dialogue afin que nous puissions explorer ce qu'ils peuvent offrir en termes d'idées, de perceptions et de réflexions originales. Après tout, l'apprentissage des STEM encourage les multiples façons d'aborder les idées et les problèmes, ainsi que la pensée originale.

Opter pour des méthodes alternatives pour inclure les élèves « dys » ou tout apprenant en difficulté leur permet de développer les compétences nécessaires pour s'épanouir dans leur vie personnelle et professionnelle à venir. Ils pourront fonctionner dans une société qui n'est pas intrinsèquement adaptée à leurs besoins et acquérir des outils pour les aider à naviguer avec plus de confiance dans la vie. Ils se sentiront également plus intégrés au sein du groupe et pourront s'épanouir tant sur le plan personnel qu'académique ou professionnel.

3.2.4 Comment adapter le matériel pédagogique en général

Il existe plusieurs techniques et de petites adaptations raisonnables qui peuvent être faites et profiteront à tous dans la classe sans entraver le processus d'apprentissage général :

- **La structure** : Il est toujours préférable de commencer la leçon par une explication précise de l'activité, de définir des directives explicites et de diviser les tâches en petites étapes claires si nécessaire. L'utilisation d'éléments visuels pour illustrer les concepts et les puces pour structurer les étapes est conseillée. Assurez-vous de donner suffisamment de temps pour chaque tâche et que tous les élèves comprennent ce qu'ils doivent faire à l'avance.

- **L'environnement** : Il doit être silencieux, mais avec suffisamment de stimuli multisensoriels pour permettre un apprentissage en profondeur. Les stimuli doivent être pertinents pour la leçon, sans aucune distraction inutile. L'espace doit être dégagé et non encombré pour aider à l'orientation spatiale des élèves et à leur concentration. Il est également conseillé d'éviter le recours à de longs mouvements oculaires et d'apporter un soutien particulier aux apprenants ayant des tâches impliquant la gestion de l'espace.
- **Les tâches** : Il est préférable de multiplier les types d'exercices pour entraîner les élèves à traiter différentes situations en se concentrant sur une tâche à la fois. Pour tous les exercices, il est toujours préférable de se concentrer sur la logique plutôt que sur la mémoire. Surtout pour toutes les tâches impliquant la motricité fine, essayez de réduire le nombre de tâches d'écriture et évitez les manipulations difficiles afin que les élèves puissent se concentrer sur le contenu des leçons plus que sur l'exécution d'une tâche de soutien complémentaire.
- **Les supports écrits** : Comme la lecture est généralement une source de défi, il est conseillé d'utiliser une police adaptée pour les consignes écrites, comme Arial, Century Gothic ou OpenDys. L'espacement doit être de 1,5 entre les lignes, dans une taille de police comprise entre 12 et 14. Le texte ne doit pas être justifié mais plutôt aligné à gauche. Le texte doit également être divisé en paragraphes courts et en phrases claires.

Enfin pour conclure sur cette partie, il est évident que des approches innovantes peuvent jouer un rôle essentiel pour inclure un éventail et une variété d'élèves plus larges. En effet, elles privilégient une approche d'apprentissage plus flexible, accessible et compréhensible, maximisant les chances de proposer une méthode d'apprentissage faisant appel aux points forts de chacun, permettant ainsi un apprentissage plus fluide, durable, et valorisant pour l'apprenant car améliore son estime de lui/d'elle-même ; c'est précisément l'objectif du projet VisitMath.

4. Autres ressources complémentaires

Afin d'apporter un complément d'information à ce guide, nous souhaitons partager les initiatives qui s'inscrivent dans une même idée de démarche, à savoir la découverte patrimoniale, mathématiques et culturelle en Europe par le biais de jeux de piste variés.

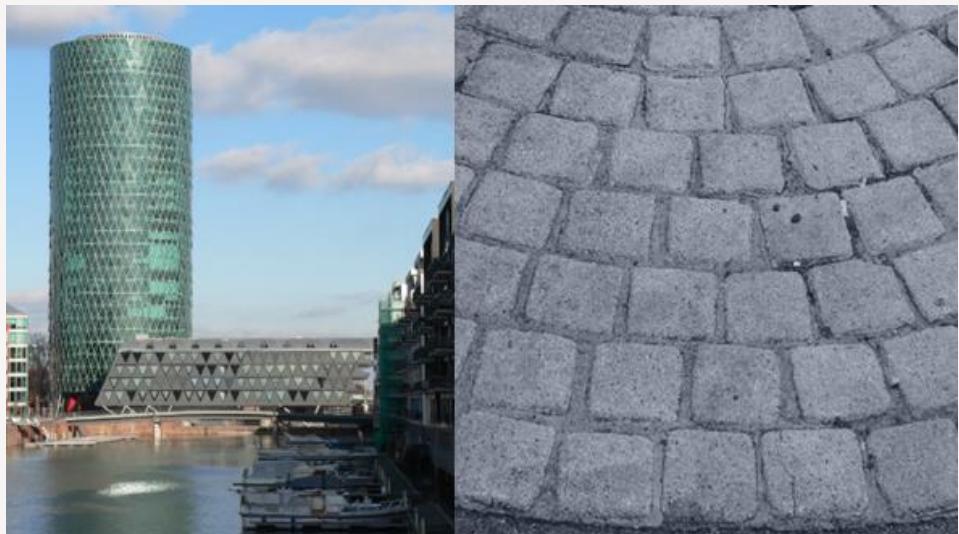
Différents formats sont proposés, en voici quelques exemples :

4.1 Les Rallyes mathématiques

Ces rallyes ou trails existent depuis 1980 et se déroulent sous forme de marche à travers la ville ou la campagne ou bien dans l'établissement scolaire, permettant aux élèves de découvrir le contexte environnant tout en résolvant des problèmes mathématiques. Un moyen de faire découvrir aux élèves des expériences de la vie réelle qui viendront en complément des notions abordées dans leur programme scolaire. Habituellement les notions qui y sont abordées fond appell aux connaissances en géométrie et au calcul par exemple la hauteur d'un édifice ou bien le volume d'eau d'un plan d'eau. Ils peuvent être adaptés au niveaux des élèves ainsi on peut inclure des résolutions de problèmes plus complexes comme les fractions ou les statistiques.

4.1.1 MathCityMap (Projet ERASMUS+)

Ce projet créé en 2012 continue d'évoluer au fur et à mesure des années. L'idée est de soumettre des énigmes que les élèves devront résoudre en se déplaçant dans différents endroits. Une application mobile a été déclinée, ce qui permet la géolocalisation des élèves en temps réel.



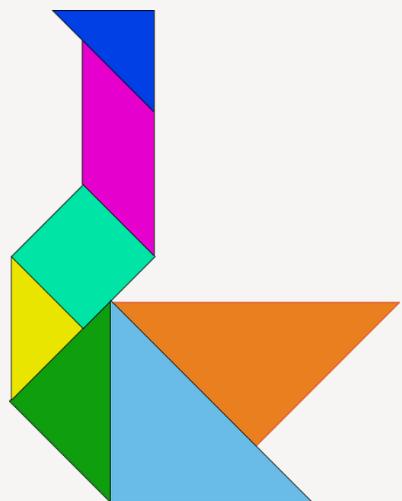
18 La tour Westhafen, crédit photo Wikipedia / Pavement sur une vieille route en France, crédit photo Freepik

En amont, le professeur aura défini les modalités de **réponse aux questions posées** (par exemple un intervalle, un nombre de réponses fixe ou bien une réponse multiple), ainsi que le niveau requis pour pouvoir résoudre les énigmes situées sur le parcours.

Si plusieurs groupes effectuent le même parcours en même temps, ils peuvent voir le score des autres équipes, ce qui permet de mettre en jeu de la compétition entre groupes. Ils peuvent également communiquer en direct via l'application avec leur professeur.

4.1.2 IREM de Lille (**Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques**)

Cet institut en partenariat avec des acteurs locaux organise depuis plusieurs années le Rallye mathématiques des collégiens. Il débute dans plusieurs établissements scolaires et se termine par une finale académique. Les équipes doivent résoudre des énigmes dans un temps imparti. Les énigmes sont variées et correspondent à tous les niveaux du cursus collège.



19 Puzzle Vectoriel, crédit photo Freeimages.com

4.2 Les balades mathématiques

4.2.1 M@ths en-vie

Dans le souhait de développer la pédagogie non formelle dans la résolution de **problème mathématiques**, l'association M@ths'nCo propose par le biais de ce dispositif créé en 2016, d'ancrer les mathématiques au réel des élèves. **Ce collectif est composé de professeurs et de formateurs** chacun utilisant les outils pour

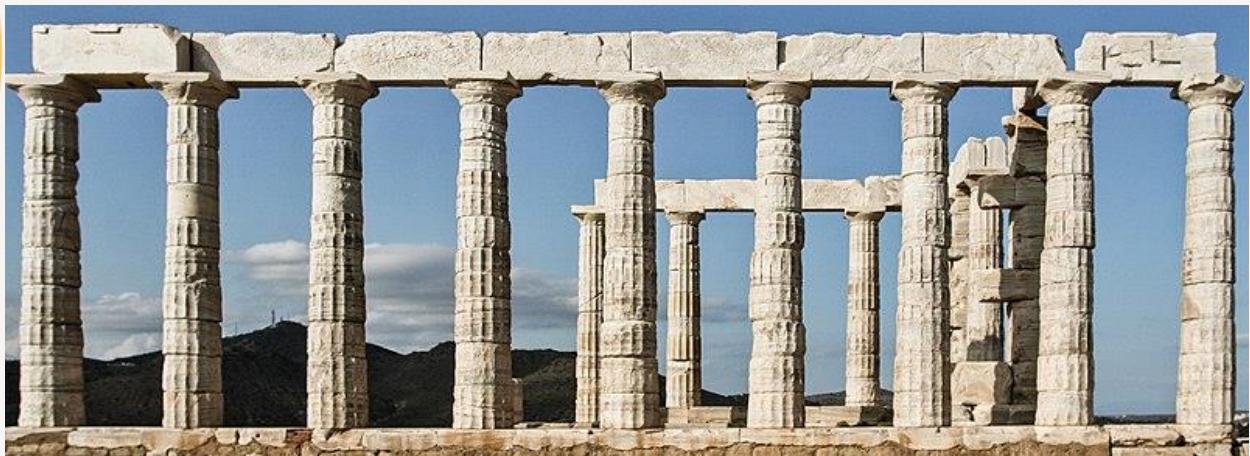


20 Les mathématiques en ville, crédit photo Adobe Stock

engager les élèves dans une vision active d'apprentissage des mathématiques. Ces acteurs mutualisent ensuite leur savoir et leur retour d'expérience dans ce collectif. Les professeurs sont amenés à organiser des balades mathématiques avec des petits groupes d'élèves. Les notions abordées sont variées : les chiffres visibles sur des panneaux de signalisation, les formes géométriques, les droites grâce aux lignes tracées au sol... Autant de choses à faire découvrir en dehors de la classe pour un lien direct avec l'environnement familiers des élèves.

4.3 Des voyages mathématiques et culturels

Certaines structures touristiques proposent aux étudiants notamment de parcourir l'Europe ainsi que d'autre pays.



21 Temple de Poseidon, crédit photo Wikipedia

C'est le cas de **WorldSrides** qui propose des voyages éducatifs pour les étudiants. Un moyen pour eux d'apprendre la culture, l'histoire, le patrimoine, en expérimentant à travers la découverte de différents pays.

Leur offre propose notamment un voyage STEM en Grèce pour les lycéens.

Découvrir la culture de ce pays et **se familiariser avec les principes mathématiques et ses innovations** mais aussi participer à des activités culturelles et même créer leurs propres jeux olympiques.

4.3.1 Objectif Science International

Cette association propose depuis 1992 des **séjours de vacances en famille**, des formations ou des sorties scolaires scientifiques variés pour tous et pour tous niveaux. **Accompagnés par des éducateurs scientifiques**, les participants peuvent s'immerger dans des aventures uniques.



22 Homme en tenue de scientifique, crédit photo Freepik

Les activités proposées sont en lien direct avec des projets de recherches scientifiques, les partenaires affiliés mettent à disposition du matériel de technologie de pointe. Un moyen ludique de s'investir dans la recherche scientifique, puisque l'ensemble des données récoltées sont ensuite partagées avec les chercheurs professionnels.

4.3.2 Des séjours éducatifs

La plateforme "sejours-educatifs.org" de la ligue de l'éducation en France propose **une large gamme de séjours en France et à l'étranger de la maternelle au lycée**. Des thématiques très diverses y sont proposées, comme la science et l'expérimentation, ou encore les développements et avancées scientifiques en architecture, le développement durable, l'histoire, la citoyenneté, etc.

4.3.3 Monument Tracker

Cette application **disponible sur smartphone**, permet de repérer les édifices aux alentours.

Elle porte sur l'intérêt d'apprendre sur des monuments dignes d'intérêt et leur

histoire grâce à la géolocalisation mais aussi sur le jeu.

L'utilisateur peut choisir en amont ces centres d'intérêt ou bien se laisser guider par l'application qui envoie une notification à l'approche d'un lieu mémorable.

Ensuite Monument Tracker propose plusieurs choix :

- Des audioguides contés par des comédiens.
- Des commentaires écrits par des journalistes.
- Des jeux, sous forme de quizz, de challenges ou même des concours.
- Des visites thématiques.

Cette application **répertorie plus de 75 destinations à travers le monde** et propose une version offline donc il n'est pas nécessaire d'avoir du réseau internet, il suffit juste de télécharger la carte de la ville avant.

L'application peut être un appui pour l'apprentissage de certains concepts mathématiques qui peuvent être ajoutés durant la visite dans la ville.

4.4 Des chasses au trésor

4.4.1 MyCityHunt

De façon autonome grâce à un simple **smartphone**, tout le monde peut accéder directement sur internet à une des activités proposées.

Cette structure offre un large choix d'activités dans de nombreuses villes de France et d'Europe qui **propose une immersion dans les villes grâce à la mise en place d'un scénario qui favorise l'immersion grâce à l'imaginaire du jeu de rôle.**

Le centre de la ville devient alors un vrai terrain de jeu pour les participants. C'est le cas notamment dans la ville de Toulouse au sud de la France, où cette chasse au trésor est présentée grâce à l'histoire d'un manuscrit très ancien comportant des dessins et des lettres énigmatiques qui mèneront vers un trésor caché quelque part dans la ville. Une fois un rôle attribué à chaque participant et muni de l'application

sur smartphone, la chasse peut commencer !

4.4.2 Chasses au trésor

Cette structure **regroupe des chasses au trésor existantes connues dans plusieurs pays**. Elles sont classées en quatre catégories selon si elles sont permanentes, temporaires ou en lien avec un événement particulier.



23 Le coffre au trésor crédit photo ludeek.com

Les thèmes sont très variés et **certaines proposent même de vrais trésors à gagner** sous forme d'argent ou de lots plus ou moins important selon le niveau de difficulté des énigmes à trouver.

4.5 Les jeux de piste

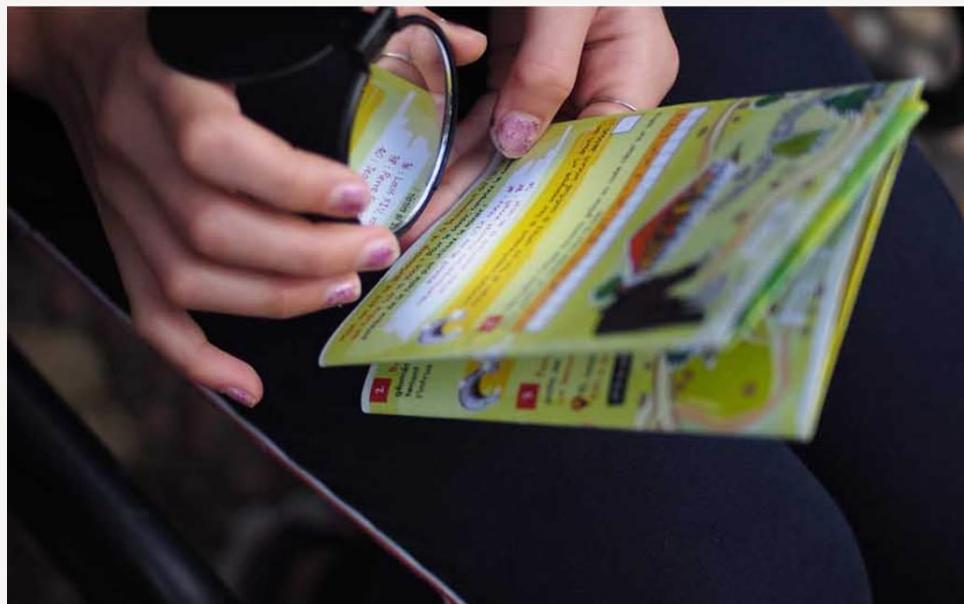
4.5.1 Bello Monte

À travers les ruelles de la **Bastide de Beaumont-de-Lomagne** en Tarn-et-Garonne (France), les petits et grands enfants peuvent répondre aux énigmes mathématiques et

historiques tout au long d'un parcours pour espérer aboutir à l'énigme ultime et ainsi accomplir leur mission. Proposé par l'Office intercommunal de la Lomagne Tarn-et-garonnaise et composé en 5 étapes, **ce jeu de mathématiques et patrimoine donne la possibilité d'arpenter la patrie du mathématicien Pierre de Fermat, tout en résolvant des énigmes mathématiques.**

Une pochette composée d'accessoires complémentaires comme une corde à 13 noeuds, une boussole, un miroir... aideront les participants à relever le défi.

Ce jeu se fait principalement en petit groupe et chacun peut être investi d'une des missions étapes, de prendre note des réponses ou bien d'être en charge des accessoires du sac-aventure.



24 The magic irons of Bello Monte in Beaumont-de-Lomagne, credit photo Malomagne.com

4.6 Les escape games

4.6.1 S'CAPE

Ce site internet **propose un très large choix d'escape games sur de nombreux sujets** allant de l'histoire en passant par la littérature, les sciences, le sport, les

mathématiques... Également, il est possible et même préconisé, de choisir la catégorie correspondante à un niveau, une discipline et à une spécialité.

Par exemple :

- niveau « collège »,
- discipline ou phase d'apprentissage « sciences » « révisions ».

Sa base de données est très fournie et peut convenir à un large choix de participants.

Voici un exemple pour un public de lycéens en sciences et techniques pour découvrir et approfondir des notions sur un thème particulier :

« Alan Turing et les marais salants »

Scénario :

Alan Turing a découvert un message codé où il est fait mention d'une bombe cachée dans cette usine. Localisez-la et désactivez-la.

Les élèves vont devoir faire des fouilles dans une usine désaffectée puis, devront retrouver un code perdu au milieu d'autres éléments....

Au fil de l'enquête, il y a des codes à trouver, des cadenas à ouvrir, des chiffres binaires à convertir...

Les énigmes du jeu sont de niveau variable ce qui permet de donner confiance aux participants et de rendre l'activité attrayante et stimulante.

Vous avez aimé notre sélection de circuits ? Retrouvez-les et bien d'autres sur internet !

5. Conclusion

La réputation des mathématiques comme matière "abstraite" ou "superflue" est-elle justifiée ? Dans ce guide, nous avons donné plusieurs éléments de preuve qui suggèrent tout le contraire. Les mathématiques sont, en effet, tout autour de nous, dans les immeubles devant lesquels nous passons ou dans les rues où nous marchons. Les enseignants peuvent aider les élèves à remarquer les concepts dans leur environnement. Tout ce que nous, les apprenants, avons à faire, c'est **d'être attentifs**.

Mettre en évidence l'omniprésence des mathématiques dans notre vie de tous les jours présente plusieurs avantages : premièrement, en supprimant le stéréotype du sujet comme étant trop abstrait, nous pouvons replacer les mathématiques dans notre réalité. Les mathématiques existent depuis l'Antiquité, peut-être même avant, pourtant cette matière est considérée de nos jours comme peu intéressante. Elle avait même été retirée des lycées français entre 2019 et 2023, sauf pour les élèves qui souhaitaient la prendre en option. Globalement, le niveau mathématique européen était en baisse, selon l'enquête TIMSS de 2019.

Mais les mathématiques sont au cœur de nombreux emplois liés au STEAM. Les STEAM font également partie des priorités européennes : car les mathématiques permettent la pensée analytique et aident à développer des compétences non techniques telles que la résolution de problèmes et la curiosité générale. Dans le même temps, de nombreux pays européens ont du mal à trouver des ingénieurs qualifiés sur le marché du travail, comme l'indiquent les récents rapports EURES (le réseau européen de services de l'emploi). Ce manque de force vive, ainsi que les inégalités de représentation entre les femmes et les hommes parmi les apprenants et les travailleurs STEAM, nous ont aidés à rédiger ce guide dans l'espoir qu'il sera utile à de nombreuses personnes et donnera aux élèves le goût des mathématiques.

L'architecture est partout, ou plutôt, tout ce que nous construisons est de l'architecture, ce qui rend l'étude des bâtiments et de l'urbanisme beaucoup plus « réelle ». Et, puisque l'architecture existe depuis de nombreux siècles, chaque élève peut être intéressé par cette approche. Qu'ils soient friands de **théâtres de la Grèce**

antique, de palais de la Renaissance ou de gratte-ciel modernes, tous vos apprenants pourront voir mentalement ce que l'architecture peut aider à construire. Les exercices liés à ce sujet deviennent alors des applications concrètes des concepts mathématiques. Que le cours porte sur la symétrie, la géométrie ou les proportions, tous les sujets sembleront beaucoup plus réalistes pour vos élèves et les motiveront ainsi à réussir.

Bien que les mathématiques apparaissent plus concrètes avec l'exemple de l'architecture, certains élèves peuvent encore trouver cette approche ennuyeuse. Apporter une approche ludique entend convaincre ceux qui ne le sont pas encore. En rendant les mathématiques plus amusantes, nous visons à convaincre une plus grande partie d'élèves de continuer à apprendre sur le sujet dans leurs études supérieures et dans leur carrière professionnelle. L'approche ludique vise à les motiver pour qu'ils soient plus performants en classe sans même s'en apercevoir. De plus, l'ajout de contenu numérique aidera à inclure les apprenants qui ont des difficultés en classe, par exemple, **les élèves avec des troubles Dys**.

Les différents problèmes rencontrés par les élèves qui ont des troubles spécifiques des apprentissages ne sont pas souvent abordés à l'école. Ces apprenants ont besoin d'une aide supplémentaire pour réussir leurs cursus et fournir cette aide fait partie de l'objectif que l'on s'est fixé lors de la conception de ce guide. En effet, pourquoi ne rendrions-nous pas les mathématiques amusantes pour tout le monde ? L'approche numérique et **l'utilisation des livres électroniques** en particulier peuvent aider les élèves qui ont des difficultés, notamment dans l'affichage des informations, dans l'organisation de leurs cours de manière adaptative. Avoir une police lisible, un contenu facilement accessible et une façon claire d'organiser les tâches rendra leur temps à l'école plus agréable.

Enfin, pour plus de diversité, nous avons mis à votre disposition une liste de plusieurs activités existantes qui sont déjà axées sur les mathématiques ou qui peuvent être adaptées pour répondre à vos besoins en tant qu'enseignant. Encore une fois : les mathématiques peuvent être amusantes, alors pourquoi ne pas résoudre des énigmes, profiter de promenades mathématiques récréatives ou même... faire une chasse au trésor autour des mathématiques ?

Que vous cherchiez de nouvelles idées pour vos prochains cours de mathématiques ou que vous essayiez de trouver un moyen d'adapter vos cours à tous les élèves, nous espérons que ce guide vous aura été utile ! N'hésitez pas à lire nos autres guides si vous souhaitez en savoir plus sur la façon de lier l'architecture, les mathématiques et toute autre matière scolaire à travers des chasses au trésor et bien d'autres jeux !

Références bibliographiques

- Abasi, A. U., Ado, I. B. (2014). *Effect of Practical Approach on Basic 7 Mathematics Students' Interest and Performance in Fraction in Uyo Akwa Ibom State of Nigeria*. <https://core.ac.uk/download/pdf/234636341.pdf#:~:text=Practical%20approach%20is%20a%20situation%20in%20which%20teachers,patterns%20in%20mathematics%20leading%20to%20rules%20and%20formulae>.
- Abrahams, I., Sharpe, R. (2010). Untangling what teachers mean by the motivational value of practical work. *Association for Science Education*. https://core.ac.uk/display/29175721?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Abramovich, S. Grinshpan, A.Z. Milligan, D.L. (2019). Teaching mathematics through concept motivation and action learning, *Education Research International*, 19. <https://doi.org/10.1155/2019/3745406>
- Abramovich, S. Grinshpan, A.Z. Milligan, D.L. (2019). Teaching mathematics through concept motivation and action learning, *Education Research International*, 19. <https://doi.org/10.1155/2019/3745406>
- Best, J. (2019). *The Value of Games and Gamification with Mathematics*. <https://www.mathletics.com/blog/educators/value-of-games-in-mathematics/>
- Cairn Info. *Orientation scolaire et professionnelle des filles et des garçons au collège*, (2016) from <https://www.cairn.info/revue-les-sciences-de-l-education-pour-l-ere-nouvelle-2016-1-page-91.htm>
- Cambridge Dictionary. (n.d.). Guidebook. In *Cambridge Dictionary.org*. Retrieved April 6, 2023, from <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais/guidebook>
- Cameron, J.M. (n.d.). Figure 16. Pexels. <https://www.pexels.com/fr-fr/photo/internet-etre-assis-technologie-ipad-4145151/>
- Cartwright, M. (2019, August 27). *Architecture in the Ancient World (Collection) – World History Encyclopedia*. <https://www.worldhistory.org/collection/56/architecture-in-the-ancient-world/>

- Cartwright, M. (2013, January 6). *Greek Architecture*. World History Encyclopedia. https://www.worldhistory.org/Greek_Architecture/
- Cartwright, M. (2018, March 14). *Roman Architecture*. World History Encyclopedia. https://www.worldhistory.org/Roman_Architecture/
- Chasses-au-trésor. *Chasse au trésor mathématique*, March 2018 from Chasse au trésor mathématique 2018 - Chasse au trésor (chasses-au-tresor.com)
- Climb Kalimnos. (n.d.). *Climb Kalimnos 3rd edition* (2006). <https://climbkalymnos.com/new-guidebook-revisiting-the-history-of-kalymnos-guidebooks/>
- Condroyer, C. (2022). Enquête IESF 2022 : bilan sur la situation des jeunes ingénieurs diplômés. *Studyrama*. <https://grandes-ecoles.studyrama.com/ecoless-d-ingenieurs/actualites/enquete-iesf-2022-bilan-sur-la-situation-des-jeunes-ingenieurs-diplomes-10514.html>
- Department for Education (2020). *Principles and practice: Motivationg and engaging students in further education maths*. https://www.et-foundation.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/CfEM_Motivation-and-Engagement_Handbook.pdf
- Digital Unite (2022, July 13). *What is an EReader?*. <https://www.digitalunite.com/hobbies-interests/reading-learning/what-ereader>
- EURES (n.d.). *Labour market information : Italy*. https://eures.ec.europa.eu/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-italy_en
- European Dyslexia Association. *What is dyslexia*. (n.d.). Retrieved 21 March 2023, from <https://eda-info.eu/what-is-dyslexia/>
- Fédération Française des DYS. *Troubles DYS*. (2008, October 13). Retrieved 08 May 2023, from <https://www.ffdys.com/troubles-dys>
- Gaming for Skills (n.d.). *Game balancing theory*. https://www.gaming4skills.eu/wp-content/uploads/2022/01/Creator21_EN.pdf
- GDC. (2016, May 2). 'Magic: the Gathering': 20 Years, 20 Lessons Learned. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=QHHg99hwQGY>
- GDC. (2021, December 8). Lessons from 'Duolingo': How to Make Learning Hard Things Easy. [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=i7_8TODHWRs&list=PL2e4mYbwSTbaXCp0QL8Pxr8PduktnXr4f&index=42

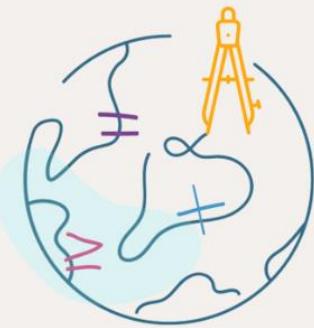
- Gill, E. (2020). *What is Your Teaching Style? 5 Effective Teaching Methods for Your Classroom*. <https://resilienteducator.com/classroom-resources/5-types-of-classroom-teaching-styles/>
- Grabowska, K. (n.d.). Figure 10. Pexels. <https://www.pexels.com/fr-fr/photo/bureau-mathematiques-crayon-table-6958537/>
- Herrity, J. (2023, March 17). *What Are Soft Skills? (Definition, Examples and Resume Tips)*. LinkedIn. <https://www.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/soft-skills>
- IFTF 2023. *Careers of the future* (2023, February 13) from <https://elabedu.eu/careers-of-the-future/>
- Juicy_fish. (n.d.). Figure 13, "Game". FlatIcon. https://www.flaticon.com/fr/icone-gratuite/manette-de-jeu_1729449?term=game&page=1&position=7&origin=search&related_id=1729449
- Lavoué, E. (n.d.). *Impact de la ludification des séquences de cours sur la motivation*. <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/impact-de-la-ludification-des-sequences-de-cours-sur-la-motivation.html>
- Le Cam, M., Salles, F. (2020). *Note d'information n°20.47*. Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance (DEPP). <https://www.education.gouv.fr/timss-2019-mathematiques-au-niveau-de-la-classe-de-quatrieme-des-resultats-inquietants-en-france-307819>
- Libération. *Les femmes ne s'intéressent pas aux sciences ? Vraiment ?,* (2021, February). https://www.liberation.fr/idees-et-debats/tribunes/les-femmes-ne-sinteressent-pas-aux-sciences-vraiment-20210210_ULZNLP7N25EWJLTLKKWXQKYANU/
- Lundin, J., Melkersson, J. (2022). *Gamification: Badges vs leaderboards as a motivational tool for university students learning a second language*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1670386/FULLTEXT02>
- M@ths en-vie. *Ancrer les mathématiques au réel !* from <https://www.mathsenvie.fr/le-grand-rallye-mths-en-vie-pour-la-semaine-des-mathematiques-2021/>

- MacTutor History of Mathematics Archive. (2000). *Mayan mathematics*. Retrieved 27 March 2023, from https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/HistTopics/Mayan_mathematics/
- Manpower (2019). *45% des employeurs belges éprouvent des difficultés à remplir leurs postes vacants*. <https://www.manpowergroup.be/fr/2020/01/29/45-des-employeurs-belges-eprouvent-des-difficultes-a-remplir-leurs-postes-vacants/>
- MathCityMap. *Popular mathtrails* from <https://mathcitymap.eu/en/>
- McCray, B. (2013). *How to market a small town*. SmallBizSurvival. <https://smallbizsurvival.com/2013/03/how-to-market-a-community.html>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- myCityHunt. *Jeux de piste numériques* from <https://www.mycityhunt.fr/>
- Nicholson, S. (2013). *Exploring Gamification Techniques for Classroom Management*. <https://scottnicholson.com/pubs/gamificationtechniquesclassroom.pdf>
- Objective Science International. *Voyages scientifique* from <https://www.vacances-scientifiques.com/>
- OECD (2017). *Students' motivation to achieve. PISA 2015 results (Volume III): Students' well-being*. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264273856-9-en.pdf?expires=1680527650&id=id&accname=guest&checksum=E6220632A5316B9D2534966C682EB3A8>
- OECD (2018). *PISA 2018 results: Combined executive summaries*. https://www.oecd.org/pisa/Combined_Executive_Summaries_PISA_2018.pdf
- OECD Pisa results. *Résumés*, (2018) from https://www.oecd.org/pisa/PISA2018%20_Resum%C3%A9s_I-II-III.pdf
- OECD Pisa results. *The difficulties of young people in the digital age*, (2019) from La dernière enquête PISA de l'OCDE met en lumière les difficultés des jeunes à l'ère du numérique - OCDE (oecd.org)
- Office de tourisme de Beaumont-de-Lomagne. *Les fers magiques de Bello Monte* from https://tourisme.malomagne.com/fr/fiche/equipement/jeu-de-piste-les-fers-magiques-de-bello-monte-beaumont-de-lomagne_TFO5846140/

- Parlock, J. (2021, December 7). *Magic The Gathering: What Are Top-Down And Bottom-Up Sets?*. Thegamer. <https://www.thegamer.com/magic-the-gathering-top-down-bottom-up-sets/>
- Pasaric, A. (n.d.). Figure 11. Pexels. <https://www.pexels.com/fr-fr/photo/photo-de-batiments-pendant-la-nuit-2603464/>
- Philippot, Y. (2019). *L'enfant qui regarde l'architecture, graines de citoyenneté semées dans les campagnes : expériences pédagogiques de l'architecture en Bretagne*. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02090368/document>
- Ratmelia, B. (2019). *Review and summary: flow by Mihaly Csikszentmihalyi*. NTU Library. <https://blogs.ntu.edu.sg/ntulibrary/2019/06/24/review-and-summary-flow-by-mihaly-csikszentmihalyi/>
- Rossi, C. (2004). *Architecture and mathematics in ancient Egypt*. Cambridge University Press.
- S'CAPE. *Escape games pédagogiques* from <https://scape.enepe.fr/>
- Séjours éducatifs. *La ligue de l'enseignement* from <https://www.sejours-educatifs.org/vv/voyage-scolaire/votre-recherche/>
- TOM.travel - Monument Tracker. *L'application pour repérer les édifices alentours* from <https://www.tom.travel/2016/03/09/monument-tracker-application-reperer-edifices-alentours/>
- Université de Lille. *Rallye mathématiques des collèges* from <https://rallye-irem.univ-lille.fr/>
- Webzine IDELLO 2020. *Aimer les maths*, (2020, October) from <https://webzine.idello.org/anxiete-mathematique-et-reussite-des-eleves-entretien-avec-le-professeur-daniel-ansari/>
- WorldStrides. *Educational Travel & Educational Tours Abroad* from <https://worldstrides.com/>

Références visuelles

1 Photo de Martin Widenka sur Unsplash Photo de Cody Hiscox sur Unsplash.....	7
2 Photo de Jace & Afsoon sur Unsplash.....	8
3 Photo de Spencer Davis sur Unsplash.....	10
4 Photo de Yang Yang sur Unsplash	11
5 Photo de Sean Pollock sur Unsplash	12
6 Photo de Sara Darcaj sur Unsplash.....	13
7 Photo d'Armand Khoury sur Unsplash	14
8 Photo de Mathias Reding sur Unsplash	14
9 Représentation du nombre d'or, Photo de Pat Whelen sur Unsplash.....	16
10 Elèves travaillant sur des exercices de mathématiques, Grabowska (n.d.)	19
11 La ville de nuit, Pasaric (n.d.).....	21
12 Jeu de société Cities : Skylines, Thames and Cosmos, 2019	24
13 Une manette de jeu, juicy_fish (n.d.)	25
14 La théorie du flux de Mihaly Csikszentmihalyi dans le cadre du projet Gaming for skills	26
15 Guide d'escalade de Kalimnos, 2006	27
16 Un utilisateur de eBook, Cameron (n.d.).....	29
17 Source: Canva	33
18 La tour Westhafen, crédit photo Wikipedia / Pavement sur une vieille route en France, crédit photo Freepik.....	39
19 Puzzle Vectoriel, crédit photo Freeimages.com	39
20 Les mathématiques en ville, crédit photo Adobe Stock	40
21 Temple de Poseidon, crédit photo Wikipedia	41
22 Homme en tenue de scientifique, crédit photo Freepik.....	42
23 Le coffre au trésor crédit photo ludeek.com.....	44
24 The magic irons of Bello Monte in Beaumont-de-Lomagne, credit photo Malomagne.com.....	45



Cofinancé par
l'Union européenne

VISIT MATH

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et avis exprimés n'engagent toutefois que leur(s) auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne sauraient en être tenues pour responsables.

Code de projet : 2022-1-FR01-KA220-SCH-000090275



Ce travail est soumis à la licence internationale **Creative Commons Attribution NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License** (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

<https://visitmath.eu/fr>

