



máthēma

REVUE DE
VULGARISATION
MATHÉMATIQUE

N° 01



Image de couverture

Commande envoyée à ChatGPT Plus : Créer une image sur fond noir où on voit les nombres de 0 à 9 en teinte de gris qui semblent dispersés pêle-mêle. Le coin supérieur gauche doit rester vide (noir).

Rédaction, montage et infographie : Maxime Savary

NUMÉRO DANS CE

Mot de Maxime	02
Google ou les mots sous un autre angle	03
Il était une fois... la multiplication par jalousie	08
Des chiffres et des lettres	11
Monsieur ! J'ai oublié...	14
À lire et à écouter	18
Le défi	20

MOT DE MAXIME



Depuis un bon moment, l'idée de lancer une publication dédiée aux mathématiques germait dans mon esprit. Cet élan de créativité a longtemps été freiné par le doute : Y aura-t-il de l'intérêt ? Quelle sera la perception des étudiants et des collègues ? Est-ce trop de tracas pour rien ?

Et puis vient un moment où l'on se dit que tout ça, ce sont de mauvaises raisons de ne pas agir. Qu'il faut se lancer au lieu de regretter.

Alors voilà... c'est ainsi que depuis quelques mois déjà se prépare la première édition de **máthēma**. Pourquoi ce nom, d'ailleurs ? Il me fallait un titre à la fois court et évocateur du monde des mathématiques. Passionné par l'origine des mots, je me suis naturellement tourné vers l'étymologie du terme mathématique. Issu du grec, mathématique provient de **máthēma**, qui signifie science, connaissance. À ses débuts, le mot ne se limitait donc pas à l'étude des nombres, mais englobait l'apprentissage sous une forme plus vaste. Ce sens originel résonne fortement avec mes propres valeurs et ma vision de l'éducation.

Les ambitions de la revue sont modestes : il est prévu de publier trois éditions par an : en septembre, en janvier et en avril. La revue sera courte, les sujets variés et l'intention toujours centrée sur l'aspect pratique. Le contenu ne sera pas celui d'une revue scientifique, mais plutôt d'un bulletin accessible au plus grand nombre.

Est-ce que **máthēma** vivra un ou dix ans ? Nul ne le sait. Mais tant que le plaisir de l'écrire sera là, la revue le sera aussi.

Je vous souhaite une lecture enrichissante ! N'hésitez pas à me faire part de vos commentaires.

Que **máthēma** prospère longtemps !

Maxime Savary, professeur de mathématiques

Vendredi soir, 19h30. Vous avez faim. Faim pour un hamburger ou... quelque chose du genre. Vous prenez votre téléphone cellulaire et tapez « *restaurants hamburger* » sur Google.

Sans surprise, quelques restaurants spécialisés dans la galette carnée s'affichent d'abord.

Puis, d'autres offres apparaissent : hot-dogs, tacos, fajitas, ...

Ces choix vous semblent logiques par rapport à votre requête initiale. Vous finissez même par opter pour un restaurant mexicain où vous pourrez déguster un taco au boeuf garni de vos accompagnements préférés. Après tout, nous ne sommes pas si loin de votre envie initiale.

Mais la question se pose : **comment Google a-t-il su vous présenter des offres différentes de votre demande de départ, tout en respectant une certaine proximité avec elle ?** Car, même en faisant défiler à nouveau les nombreuses options présentées, vous remarquez qu'aucune ne concerne un plat de pâtes carbonara ou encore une assiette de poulet Général Tao. Comment Google arrive-t-il à reconnaître la similarité entre certains mots et la divergence avec d'autres ?

Possède-t-il un nombre incalculable de listes de mots apparentés ?

Est-ce seulement une question de priorité publicitaire ?

La réponse à cette question réside dans la technique dite du *word embedding* ou son équivalent français, le plongement lexical.

Cette technique est désarmante de simplicité et tout étudiant ayant suivi un cours d'algèbre linéaire et de géométrie vectorielle possède les qualifications pour en comprendre les rouages.

LE WORD EMBEDDING

Pour illustrer le concept, nous allons reprendre certains des mots cités plus haut, soit *hamburger*, *hot-dog*, *tacos* et *carbonara*. La clé de la technique consiste à définir un certain nombre de caractéristiques qui peuvent qualifier ces mots. Ensuite, on quantifie la présence de cette caractéristique sur une échelle de 0 (pas du tout) à 1 (complètement).

Dans notre cas, prenons les caractéristiques suivantes

► **Repas de type fast-food**

Indique si le repas est typiquement servi dans des restaurants rapides.

► **Repas de type sandwich**

Désigne si le repas est considéré comme un sandwich.

► **Présence de viande**

Mesure dans quelle mesure le plat est centré sur la viande.

► **Coût élevé**

Évalue si le repas est généralement considéré comme coûteux.

► **Nécessite des ustensiles**

Indique si le repas nécessite l'utilisation de couverts pour être consommé proprement.

Chaque mot est ensuite converti en un vecteur (ici à 5 dimensions) quantifiant les différents aspects. Cela pourrait donner quelque chose comme :

$$\begin{aligned}\vec{v}_{burger} &= (1, 1, 1, 0.3, 0.2) \\ \vec{v}_{hot-dog} &= (1, 0.8, 1, 0.2, 0.1) \\ \vec{v}_{tacos} &= (0.8, 0.5, 0.8, 0.3, 0.2) \\ \vec{v}_{carbonara} &= (0.1, 0, 0.7, 0.7, 1)\end{aligned}$$

Évidemment, ces nombres peuvent être sujets à débat et certains seront offusqués de voir un hot-dog considéré comme un représentant de la famille des sandwiches ! Libre à vous de faire les adaptations nécessaires.

Un important pas a été franchi : les mots sont devenus des vecteurs et ont ainsi pénétré le monde des mathématiques. De là, une vaste gamme d'outils peuvent permettre de les manipuler. La méthode qu'utilise Google (ou ChatGPT, par ailleurs) est le calcul de l'angle entre les vecteurs (et donc entre les mots). **Ainsi, plus deux vecteurs sont séparés par un angle faible, plus les mots qu'ils représentent sont considérés comme apparentés.**

Le calcul de l'angle entre ces vecteurs s'effectue à l'aide des deux définitions du produit scalaire (voir encadré).

UN EXEMPLE DE CALCUL

Le produit scalaire possède deux définitions : $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos(\theta)$ et $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n$.

Puisqu'il est aisé de calculer les normes de chacun des vecteurs avec la formule de Pythagore et que le résultat du produit scalaire s'obtient rapidement en utilisant la somme des produits des composantes de même rang, on peut assez aisément isoler la valeur de l'angle entre chacun des vecteurs.

Par exemple, si l'on veut comparer le mot **burger** et le mot **carbonara**, on utilisera leurs vecteurs respectifs, soit $\vec{v}_{burger} = (1, 1, 1, 0.3, 0.2)$ et

$\vec{v}_{carbonara} = (0.1, 0, 0.7, 0.7, 1)$.

La norme du premier est $\sqrt{3,13}$ et celle du second est $\sqrt{1,99}$.

Le produit scalaire est $1(0,1) + 1(0) + 1(0,7) + 0,3(0.7) + 0,2(1) = 1,21$.

Ainsi, $1,21 = \sqrt{3,13} \sqrt{1,99} \cos(\theta)$. Ne reste alors qu'à isoler l'angle

$$\theta = \arccos\left(\frac{1,21}{\sqrt{3,13} \sqrt{1,99}}\right)$$

On obtient ainsi un angle de 61 degrés.

En appliquant ce processus à chaque duo de vecteurs, on obtient :

DUO DE REPAS	ANGLE OBTENU
BURGER VS HOT-DOG	7,01°
BURGER VS TACOS	11,95°
BURGER VS CARBONARA	61,00°
HOT-DOG VS TACOS	10,16°
HOT-DOG VS CARBONARA	63,29°
TACOS VS CARBONARA	54,71°

Ces angles montrent que les plats plus similaires en termes de caractéristiques (comme *hamburger* et *hot-dog*) ont de petits angles entre leurs vecteurs, indiquant qu'ils sont physiquement proches dans l'espace vectoriel. À l'inverse, les plats très différents (comme *carbonara* par rapport à *hamburger* ou *hot-dog*) ont de grands angles entre leurs vecteurs, indiquant une grande disparité dans leurs caractéristiques.

C'est donc sur cette base que votre recherche Google vous présente des résultats si apparentés et laisse de côté ceux qui s'éloignent trop, au propre comme au figuré, les uns des autres. Évidemment, dans la pratique, on utilise plutôt des centaines de caractéristiques pour définir les mots, permettant ainsi une bien meilleure finesse dans la comparaison entre ceux-ci.

Cette technique a l'avantage de pouvoir s'appliquer dans tous les contextes et pour tous les mots auxquels vous pouvez penser, que ce soit pour décrire des sports, des films ou encore des races de chiens. La force de cette méthode est immense et sa beauté réside dans la simplicité et l'accessibilité des concepts mathématiques qui la sous-tendent.

Comme quoi même les concepts vus au collégial peuvent révolutionner la vie quotidienne des internautes de la planète.

IL ÉTAIT UNE FOIS...

LA MULTIPLICATION PAR JALOUSIE

Cette rubrique historique présentera tantôt un personnage marquant du monde des mathématiques, tantôt une ancienne méthode de calcul tombée dans l'oubli. Pour ce numéro, j'ai choisi de vous présenter une technique de multiplication qui allie simplicité et commodité visuelle.

ORIGINES

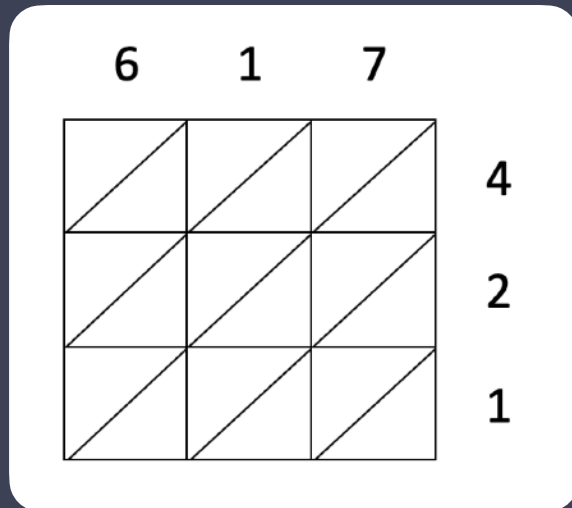
La méthode de multiplication par jalousie remonte à près de 2 000 ans et a été utilisée en Inde et en Chine. Son nom évoque la similitude entre les lignes qui composent la grille de calcul et les lattes vitrées de ces fenêtres jadis dites *gelosia*. Ces lattes de verre (*voir image*), lorsque adéquatement inclinées, permettent à l'amant jaloux d'observer du haut de son appartement l'élue de son cœur qui s'affaire sur la place publique et ce, sans être vu, d'où le nom de fenêtre à jalousie.



Il s'agit d'une technique de multiplication simple et plutôt visuelle.

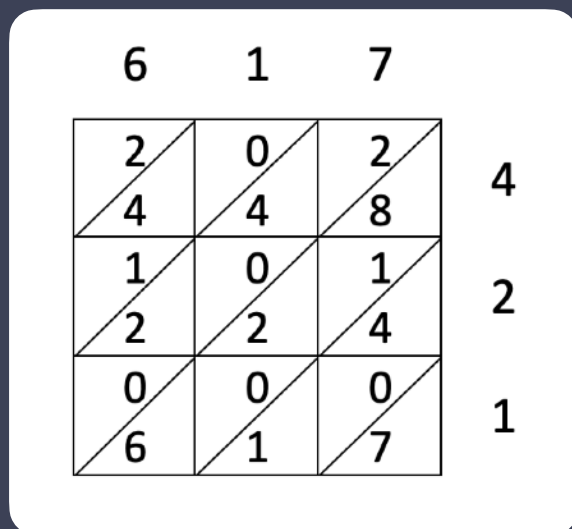
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Illustrons son fonctionnement avec l'opération 617×421 .



Il nous faut d'abord créer une grille de 3 cases par 3 cases. L'un des deux nombres se verra attribuer la portion supérieure des cases, l'autre nombre prendra la portion de droite.

Chaque case est ensuite divisée par une diagonale.



On effectue alors la multiplication de chaque nombre du haut avec chaque nombre de droite, le résultat étant ensuite placé dans la case correspondante (les dizaines dans la portion supérieure gauche et les unités dans la portion inférieure droite).

	2	0	2
	4	4	8
	1	0	1
	2	2	4
	0	0	0
	6	1	7

Enfin, chaque diagonale est prolongée et, en débutant par les jalousies les plus à droite, on fait la somme des nombres qui se situent dans un même "chemin" diagonal. Dans l'exemple, il n'y a qu'un 7 dans la première jalousie. On inscrit donc 7. La seconde jalousie se compose de 4, 0 et 1, ce qui totalise 5, qui est aussi inscrit dans le prolongement de la jalousie. Dans la troisième, on retrouve

8, 1, 2, 0 et 6, pour un total de 17. 7 est alors inscrit dans le prolongement et la dizaine est ajoutée à la jalousie suivante (en rouge sur l'image).

On procède de cette façon jusqu'à avoir épuisé toutes les jalousies. À ce moment, le résultat de la multiplication devrait apparaître (en vert sur l'image).

Ainsi, $617 \times 421 = 259\,757$.

Évidemment, vous pouvez adapter la grille en fonction de la taille des nombres à multiplier. Rien n'oblige la grille à posséder le même nombre de lignes et de colonnes.

Bonne multiplication !

ORIGINE DES MOTS MATHÉMATIQUES

DES CHIFFRES ET DES LETTRES

Les mathématiques sont un langage et celui-ci est constitué d'un vocabulaire riche. À chaque parution, nous nous intéresserons aux origines de trois mots du langage mathématique.

VECTEUR



L'origine du terme "vecteur" remonte au mot latin "vector", signifiant "celui qui transporte". Historiquement, jusqu'au 16^e siècle, un vecteur était celui qui guidait un véhicule ou un navire, incarnant donc la figure du transporteur. Aujourd'hui, on parle parfois d'une personne en tant que "vecteur de changement" pour évoquer son rôle inspirant et sa capacité à mouvoir les autres, à provoquer des évolutions. Ce terme a

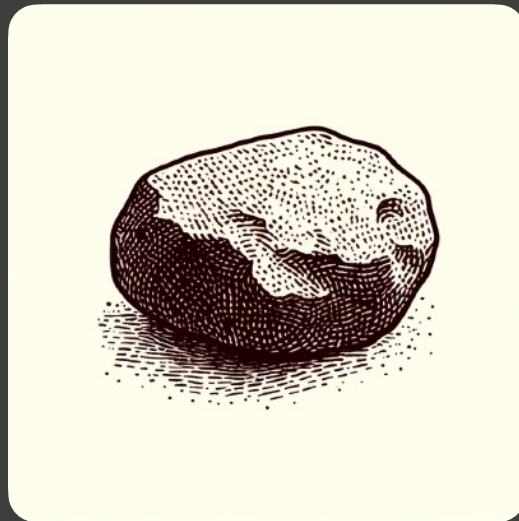
été adopté dans le domaine des mathématiques au cours du 19^e siècle pour qualifier un élément doté d'une magnitude et d'une orientation, ayant la faculté de déplacer un point d'un endroit à un autre dans un espace donné.

Dans l'univers du design graphique, les professionnels privilégient l'utilisation d'images vectorielles pour une raison précise : ces images peuvent être étendues à n'importe quelle dimension sans jamais perdre en netteté. Cela est dû au fait que leurs contours sont définis par des vecteurs, qui se prêtent facilement à l'extension par multiplication scalaire. Cette propriété les distingue des images matricielles, composées de pixels individuels qui, eux, ne se prêtent pas à un agrandissement sans altération de la qualité.

CALCUL

Le terme "calcul" trouve ses racines dans le mot latin "calculus", qui se traduit par "petite pierre".

Cette appellation prend son sens dans le cadre des opérations mathématiques de l'Antiquité, période durant laquelle on se servait effectivement de petites pierres pour compter et effectuer des calculs.

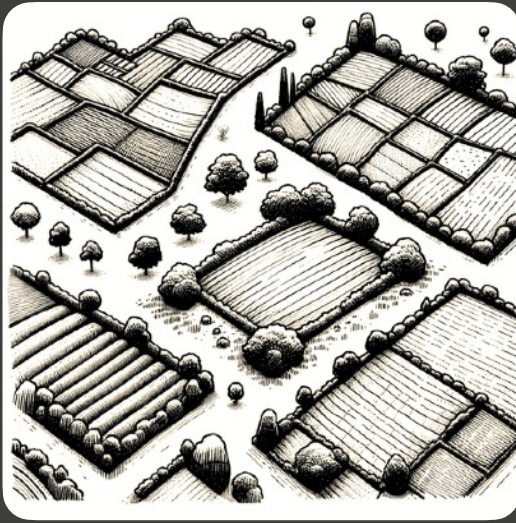


Avant même l'apparition de l'écriture, ces "calculi" jouaient un rôle prépondérant. Chez les Mésopotamiens, par exemple, des pierres de formes normalisées représentaient des valeurs numériques spécifiques : 1, 10, 60, 600, 3 600 et 36 000. Ces pierres étaient parfois insérées dans des sphères d'argile pour tenir compte des détails d'un accord.

Au fil du temps, cette pratique a évolué vers la représentation graphique des pierres, jetant ainsi les bases de l'écriture. C'est de cette manière que les premiers symboles écrits ont vu le jour.

Dans un contexte plus moderne et familier, on remarque l'utilisation de l'expression calculs rénaux pour désigner des pierres aux reins, qui peuvent causer une grande douleur à ceux qui en souffrent.

GÉOMÉTRIE



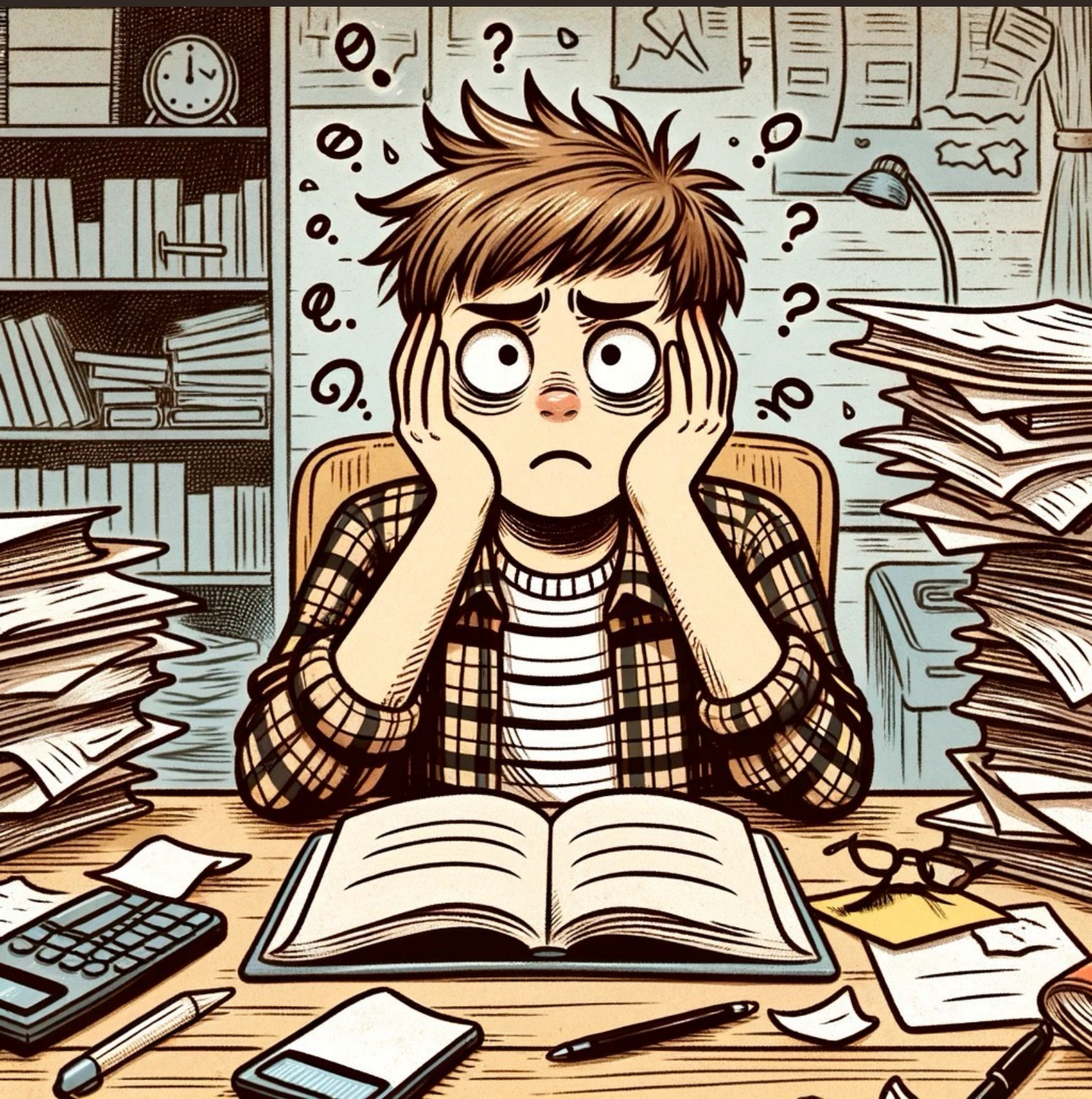
Le mot "géométrie" se décompose en deux éléments issus du grec : "geo", qui évoque la terre (comme dans les termes "géographie" ou "géologie"), et "metron", se rapportant à la mesure.

Par conséquent, la géométrie signifie essentiellement la mesure de la terre. Cette définition tire ses racines des méthodes traditionnelles d'arpentage et de démarcation des terrains. La nécessité de mesurer les terres s'avérait cruciale pour les sociétés agricoles, en particulier en Égypte où les crues annuelles du Nil gommaient les frontières des terrains, imposant leur redéfinition.

De cette exigence pratique et récurrente a émergé progressivement une compréhension des propriétés des formes, conduisant à une étude formelle à la manière des anciens Grecs, s'éloignant ainsi de l'aspect purement terrestre initial.

PÉDAGOGIE

MONSIEUR... J'AI TOUT OUBLIÉ !



Ah, la mémoire, cette capacité essentielle et si souvent sollicitée par les étudiants qui jonglent avec plusieurs cours chaque session. Il est étonnant de constater combien peu parmi nous comprennent réellement le fonctionnement de la mémoire et les stratégies pour améliorer notre capacité à retenir l'information. Pour transformer l'apprentissage en quelque chose de plus significatif que de simples sessions intensives de mémorisation, il est crucial de revisiter nos méthodes de rétention de l'information. Explorons donc ce fascinant processus mental.

DEUX TYPES DE MÉMOIRES

Comprendre la mémoire implique de saisir qu'elle opère en deux étapes : la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. Pour qu'une information atteigne votre mémoire à court terme, il est essentiel de lui accorder de l'attention. Ainsi, contrairement à une idée reçue, notre cerveau n'enregistre pas automatiquement tout ce qu'il perçoit. Par exemple, si mon esprit vagabonde ou si je suis absorbé par mon téléphone, l'information présentée m'échappe, rendant impossible sa mémorisation à court terme.

À l'inverse, une information convenablement captée et encodée grâce à notre attention rejoint alors la mémoire à court terme. J'aime imaginer cette dernière comme un seau que l'on remplit sans cesse de nouvelles données. Ce seau, toutefois, a une capacité limitée et ne peut se remplir indéfiniment. À partir d'un certain point, il déborde. Ainsi, avec le temps, les informations en mémoire à court terme disparaissent, remplacées par de nouvelles. D'où l'importance de transférer les informations pertinentes vers la mémoire à long terme.



DU COURT VERS LE LONG TERME

Il y a plusieurs techniques pour faciliter le passage de l'information de la mémoire à court terme à celle à long terme, toutes basées sur la réactivation de l'information avant qu'elle ne s'efface. Le temps joue un rôle clé dans l'efficacité de ces méthodes. Voici quelques suggestions :

Résumer un cours en fin de journée

Une stratégie efficace est de résumer les points clés d'un cours le jour même. Par exemple, après un cours sur le produit scalaire, je pourrais noter quelques éléments essentiels :

- Le produit scalaire donne un nombre.
- Il y a deux façons de le définir.
- Son résultat est nul pour des vecteurs perpendiculaires.
- Il aide à calculer l'angle entre deux vecteurs.

Ces quelques lignes capturent l'essentiel d'une heure de cours, filtrant l'information superflue et assurant votre préparation pour la suite.

Discuter du cours

Pour ceux qui préfèrent une approche plus sociale, discuter des points saillants d'un cours avec une autre personne peut être tout aussi bénéfique. Cela ressemble au moment où, enfant, on vous demandait ce que vous aviez appris à l'école.

Faire ses exercices

En mathématiques, réaliser des exercices peu après avoir appris un nouveau concept est une manière efficace de l'ancrer dans la mémoire à long terme. Cela signale à votre cerveau l'importance de l'information, car elle est régulièrement sollicitée pour résoudre des problèmes.

C'est aussi pourquoi il est très difficile et bien moins efficace de se plonger dans ses exercices une semaine ou plus après avoir appris une information. Ce n'est pas que vous n'êtes pas intelligent, mais plutôt que l'information ne se trouve même plus dans le seau de notre mémoire à court terme, vous obligeant à réencoder l'information comme si c'était la première fois que alliez à sa rencontre.

À éviter

Lorsqu'un étudiant a négligé son étude et qu'un examen est imminent, il arrive qu'il s'impose un blitz d'étude dans les 48 heures qui précèdent l'examen. C'est ce qu'on appelle le *cramming*. Cette méthode hautement contre-productive cherche à surcharger la mémoire à court terme, espérant maintenir son contenu jusqu'à l'examen. Cette stratégie mène souvent à une faible rétention d'information et alimente le sentiment d'aller à l'école pour recracher du contenu à l'évaluation, alors qu'il s'agit en fait de la conséquence d'une bien mauvaise technique d'étude.

EN CONCLUSION

Il existe de nombreuses méthodes pour favoriser la rétention et un réel apprentissage (les répétitions espacées, par exemple) et je vous encourage à vous y intéresser. Néanmoins, les quelques conseils prodigués ici sont déjà une base solide pour quiconque est désireux de renforcer son processus d'apprentissage et de reprendre le contrôle sur son éducation plutôt que de la subir.

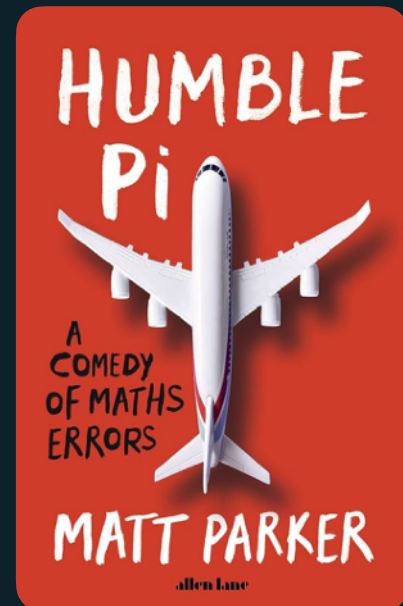
SUGGESTIONS POUR LES PLUS CURIEUX

À LIRE ET À ÉCOUTER

Lors de chaque parution, je suggérerai un livre mathématique digne d'intérêt ainsi qu'un podcast ou une vidéo qui m'a particulièrement plu. Si vous avez des suggestions, n'hésitez surtout pas et faites-en part à maxime.savary@clafleche.qc.ca

HUMBLE PI DE MATT PARKER (ANGLAIS SEULEMENT)

Le livre "**Humble Pi - When math goes wrong in the real world**" de Matt Parker explore les implications réelles des erreurs mathématiques dans divers contextes. Ancien enseignant devenu auteur et vidéaste, Parker s'adresse à ceux qui doutent de l'utilité des mathématiques dans la vie quotidienne. Il souligne notre difficulté à appréhender les grands nombres et notre tendance à les évaluer logarithmiquement plutôt que linéairement.



Parker regroupe les erreurs mathématiques en plusieurs catégories. Il décrit des erreurs temporelles qui ont failli causer des catastrophes aériennes, empêché la participation de la Russie aux Jeux Olympiques de 1908 et pourraient provoquer des pannes informatiques en 2038. Les erreurs d'ingénierie ont mené à des problèmes structurels et des accidents mortels, tels que l'effondrement d'une passerelle à Kansas City en 1981. Les erreurs de données ont causé des dysfonctionnements et des failles de sécurité dans les systèmes informatiques, et les approximations géométriques ont mené à des désastres et à des confusions.

Parker évoque également les erreurs de comptage simples et les malentendus concernant les probabilités. Il aborde les erreurs de calcul dans les contextes de haute technologie, comme les transactions financières et les jeux vidéo, où de petites erreurs peuvent avoir des conséquences énormes.

Il critique les erreurs dues aux arrondissements numériques et les confusions liées aux unités de mesure, soulignant la nécessité d'une précision accrue dans un monde technologique avancé.

Dans son analyse, Parker plaide pour une plus grande humilité et reconnaissance des erreurs en science et en technologie, suggérant que l'apprentissage par les erreurs est crucial pour éviter des catastrophes futures. "Humble Pi" sert de rappel divertissant quant au fait que les mathématiques jouent un rôle crucial dans notre compréhension du monde, soulignant l'omniprésence de cette discipline dans notre quotidien.

PODCAST MATHS EN TÊTE



À chaque deux semaines, Alexandre Morgan, professeur de mathématiques français de niveau lycée, livre un court podcast d'une dizaine de minutes sur un sujet mathématique. Il couvre très large et, ce qui nous plaît énormément, il vulgarise très bien.

Entre autres thèmes abordés, on retrouve les années bissextiles, le paradoxe des anniversaires, les maths derrière les Pringles ou encore les modèles mathématiques utilisés par les compagnies aériennes pour faire de l'overbooking (de la surréservation).

Cherchez simplement Maths en tête dans votre lecteur de podcast préféré.

LE DÉFI

BIENTÔT LES FLOCONS !

Lors de chaque parution, un défi sera proposé. Il nécessitera parfois des connaissances que vous devriez normalement avoir acquises dans l'un ou l'autre de vos cours de mathématiques du collégial. Pour celui-ci, quelques notions sur les suites et séries (calcul intégral) vous seront utiles, bien qu'elles ne soient pas strictement nécessaires.



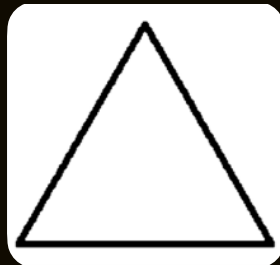
Saviez-vous que l'on peut créer des flocons... mathématiques ?

L'un d'eux, en particulier, s'appelle le **flocon de Koch** et fait partie de la grande famille des fractales, ces présentations visuelles intrigantes dont la structure se répète indéfiniment, même lorsque nous les observons dans l'infiniment petit.

Alors, ce flocon mathématique... comment le crée-t-on ?

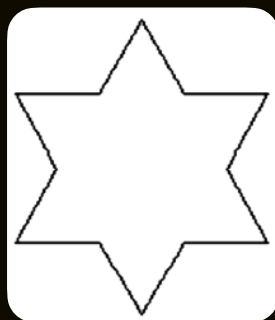
Partons d'un triangle équilatéral dont les côtés mesurent 1 cm de longueur.

C'est l'itération 1.



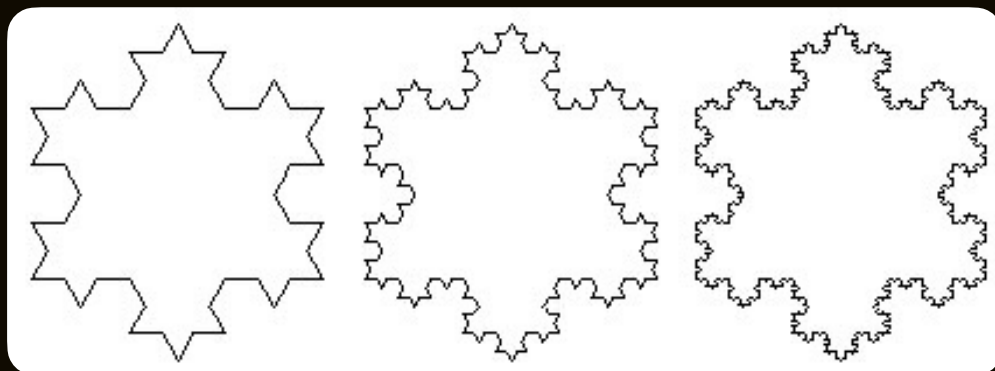
Effaçons le tiers central de chacun des côtés et remplaçons celui-ci par deux segments de $\frac{1}{3}$ cm de longueur afin de former de nouveaux triangles équilatéraux (dont la base sera toutefois absente).

C'est l'itération 2.



Répétons ce processus une troisième fois avec chacun des traits qui composent le flocon

Et encore... et encore...



L'image ci-contre présente les itérations 3, 4 et 5. On voit bien que cela prend de plus en plus l'apparence d'un joli flocon.

Le défi est le suivant :

Le périmètre du premier flocon est évidemment de 3 cm. Toutefois, à chaque nouvelle itération, le périmètre du flocon s'en trouve modifié et augmente.

Quel sera le périmètre lors de la 10e itération ?

La réponse se trouve à la page suivante.

SOLUTION DU DÉFI

Pour résoudre ce défi, il est nécessaire de calculer les périmètres de quelques itérations.

Nous avons déjà que le flocon 1 a un périmètre de 3 cm. Ainsi, $P_1 = 3$.

Pour le second flocon, nous avons ajouté 6 segments de $1/3$ cm, mais avons également retranché 3 tiers centraux. Au final, le périmètre a augmenté d'un cm. Ainsi, $P_2 = 4$.

Pour le troisième flocon, 24 segments de $1/9$ cm ont été ajoutés, mais 12 tiers centraux ont été retirés. Le périmètre a donc augmenté de $4/3$ cm. Ainsi, $P_3 = 16/3$.

Créons la suite $\{P_1, P_2, P_3, \dots\}$ des périmètres des flocons :

$$\{3, 4, 16/3, \dots\}$$

Il s'agit d'une suite où chaque terme est égal au précédent multiplié par un facteur de $4/3$.

De manière générale, $P_i = 3 \left(\frac{4}{3}\right)^{i-1}$.

Ainsi, le périmètre du 10e flocon sera donné par $P_{10} = 3 \left(\frac{4}{3}\right)^{10-1}$, ce qui nous donne environ 39,95 cm.