VOLUME 9 | NUMÉRO 2 | DÉCEMBRE 2023

L'AXIOMATIQUE

LE JOURNAL DE L'ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS ET ÉTUDIANTES
EN **MATHÉMATIQUES** ET **STATISTIQUE** À L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Constat à la biblio: proportions et questionnements

Chansons mathématiques

3 histoires pour vous convaincre de faire de la géométrie spectrale

SOMMAIRE

L'ÉQUIPE DE L'AXIOMATIQUE

RÉDACTEUR EN CHEF
SIMON TRAN

GRAPHISTES
HAFSATOU ASMAA SALL
PERSEFONI SYROS

CORRECTION
ÉLISABETH SÉGUIN
GABRIELLE RAINVILLE

REMERCIEMENTS
JÉRÉMY PICARD

CHRONIQUEURS
MATHIEU PINEAULT
SILVIA BAHAMONDEZ
KAMEN DAMOV
EVENSON AUGUSTE
ALAIN DIDIER NOUTCHEGUEME
HERVÉ GUIMOND
MARIANNE PELLETIER
HAFSATOU ASMAA SALL

FAÉCUM

CETTE ÉDITION EST RÉALISÉE GRÂCE À L'APPUI FINANCIER REÇU DE **LA FÉDÉRATION DES ASSOCIATIONS ÉTUDIANTES DU CAMPUS DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL**

POUR NOUS JOINDRE

COURRIEL
LAXIOMATIQUE@GMAIL.COM

SITE WEB
WWW.LAXIOMATIQUE.COM

FACEBOOK
WWW.FACEBOOK.COM/LAXIOMATIQUE

RÉDACTION

Salutations cher lecteur,

Tu as entre les mains la dernière édition de l'année 2023. Toutefois, ne t'inquiète pas car l'Axiomatique reviendra pour la session d'hiver. Nos merveilleux chroniqueurs, correcteurs et graphistes sont toujours prêts à donner leur meilleur afin de produire le journal. Si tu souhaites rejoindre l'équipe, sache que nous recrutons des chroniqueurs, des graphistes et une personne pour la correction. Aucune expérience n'est requise et tu auras de l'aide à chaque étape. Écris-nous à laxiomatique@gmail.com.

La session étant sur le point de s'achever, les examens arrivent, et avec eux le stress infernal d'avoir les notes espérées. Toutefois, garde courage car après vient le temps des fêtes. Aussi, sache que tu n'es jamais seul au département. Il y a toujours des activités pour te relaxer et des camarades pour t'épauler. Sur ce, je te souhaite comme toujours, une bonne lecture!

SIMON TRAN,
RÉDACTEUR EN CHEF

LES NOUVELLES DU CLUBMATH

« J'adore les mathématiques et je suis curieux d'apprendre sur des sujets intéressants qui ne sont pas vraiment abordés dans mes cours… » N'allez pas plus loin! Le Club mathématique de l'Université de Montréal est fait pour vous! En effet, à chaque semaine, nous nous retrouvons le mercredi midi pour assister à des conférences captivantes sur de multiples sujets. Cet automne, nous avons été choyés par la qualité de nos conférenciers, qui nous ont parlé de différents sujets palpitants.

C'est Christiane Rousseau, professeure émérite retraitée du DMS, qui a débuté le calendrier du Club math cet automne. Elle a présenté un problème algorithmique sur la surveillance d'une galerie d'art, c'est-à-dire comment optimiser le nombre de caméras de surveillance qu'on doit mettre pour surveiller toute la galerie, peu importe sa forme.

La semaine suivante, nous avons continué avec un problème de marche aléatoire sur certains arbres aléatoires, une conférence offerte par Alexander Fribergh, professeur agrégé du DMS. Il a su expliquer brillamment certains concepts peu intuitifs pour présenter des résultats très intéressants sur la vitesse asymptotique des marches aléatoires biaisées.

Philippe Gagnon, professeur adjoint au DMS, a ensuite présenté une question intrigante sur les jeux de devinettes. Plus particulièrement, il a expliqué comment se servir des statistiques pour gagner aux devinettes à tout coup. Il a utilisé un exemple assez simple pour illustrer un concept qu'il a ensuite généralisé de manière très accessible, grâce à une bonne vulgarisation des distributions statistiques.

Juste avant la semaine de lecture, nous avons eu la chance de recevoir Yvan St-Aubin, professeur émérite retraité du DMS, qui nous a présenté une conférence captivante sur un sujet topologique assez complexe qu'il a réussi à très bien vulgariser, outillé de belles animations. La recherche qu'il nous a présentée avait été découverte parallèlement en même temps (en 1931), mais il faudra attendre 50 ans avant de comprendre qu'il s'agissait du même sujet!

Après une absence nécessaire pendant la mi-session, nous avons repris en force avec une conférence très particulière de Gilles Brassard, professeur titulaire au DIRO, qui nous a parlé des mathématiques constructives. Nous avons dû complètement déconstruire ce que nous connaissions des mathématiques pour tout rebâtir avec une logique différente. Malgré des philosophies très distinctes, nous avons aussi compris que les deux sont vraies, à leur façon.

Nous avons ensuite reçu le seul conférencier d'une autre université, François Bergeron, professeur à l'UQAM, qui est venu raconter une histoire sur la combinatoire. Il a su brillamment expliquer différents problèmes de différentes sphères des mathématiques de manière à relier la solution à la combinatoire.

Pour les deux derniers Club math de la session, nous accueillerons Matilde Lalìn, professeure titulaire au DMS, qui viendra nous parler des nombres p-adiques et, finalement, Maxime Fortier-Bourque, professeur adjoint au DMS, pour la dernière conférence de l'automne.

Au plaisir de vous voir dans les prochaines semaines,

HERVÉ GUIMOND
COMITÉ ORGANISATEUR DU CLUBMATH

LES ANCIEN.NE.S DU DMS, OÙ SONT-ILS ?

Jérémy Picard a fait son baccalauréat en statistique à l'Université de Montréal (2015-2018) après avoir fait un baccalauréat en sciences biomédicales (2012-2015). Il est ensuite entré sur le marché du travail. Il travaille maintenant comme biostatisticien chez Alimentiv Statistics.

Je me suis entretenue avec Jérémy afin d'en apprendre plus sur son parcours scolaire et professionnel.

Qu'est-ce qui t'a amené à faire des études en mathématiques ? Au cégep, Jérémy a de la facilité dans ses cours de mathématiques, mais il m'avoue que ses ardeurs ont été freinées lorsqu'on lui apprend que les mathématiques à l'université « c'est faire des preuves » et que ça, il n'« aime pas ça ». Il décide donc de s'inscrire au baccalauréat en sciences biomédicales. Après un baccalauréat complet, il se sent plus d'attaque et décide de revenir à ses premiers amours. Il s'inscrit alors au baccalauréat en mathématiques et statistique.

Quelles étaient tes implications lors de tes études et qu'en as-tu tiré ? Jérémy a été responsable du café étudiant lors de sa première année au baccalauréat. Il a ensuite été délégué aux affaires académiques et finalement, il a été président de l'AEMSUM lors de sa dernière année. Jérémy me dit qu'il n'était pas impliqué dans la vie étudiante lors de son premier baccalauréat et que son implication auprès de la communauté étudiante mathématique lui a permis « d'avoir un plus grand sentiment d'appartenance à son association étudiante, mais aussi à son université ». De plus, les gens qu'il a rencontrés par l'entremise de ses implications étaient aussi des gens au baccalauréat en mathématiques. « Tu sais qui aller voir quand tu as des difficultés, ils sont déjà passés par là », me dit-il.

Comment tes études en mathématique s'appliquent-elles dans ton travail de biostatisticien ? Évidemment, des études en statistique sont bien utiles dans la vie d'un statisticien, mais je demande à Jérémy ce qu'il croit avoir tiré de ses autres cours de mathématiques (non statistiques) lors de ses études. Il me fait tout d'abord remarquer que lors de son baccalauréat, il a appris à utiliser des logiciels tels que SAS, logiciel qu'il « utilise tous les jours » dans sa pratique. Il a également eu l'opportunité de faire deux stages en industrie lors de ses études mathématiques universitaires. « Pour ce qui est des cours de math pures, comme les cours d'analyse, ça m'a vraiment permis de développer mon esprit critique », me dit-il. Il ajoute : « Au cégep, on tient pour acquises des choses sans jamais les prouver, mais pas ici ».

Quel a été ton cours préféré lors de ton baccalauréat ? « Introduction à la statistique, bien que ça soit plutôt simple, j'ai vraiment aimé ça. Il faut dire que le professeur y était pour beaucoup aussi ! »

MARIANNE PELLETIER
ÉTUDIANTE EN MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES

CONSTAT À LA BIBLIO :

PROPORTIONS ET QUESTIONNEMENTS

Il y a quelques semaines de cela, assise dans une place de la bibliothèque de mathématiques et informatique de l'université, perdue sur un problème de statistique assez nébuleux, j'ai décidé de lever la tête. Le but était initialement de m'éclaircir l'esprit dans l'espoir de finalement trouver la propriété matricielle qui aurait pu régler mes maux de tête. Cependant, le résultat s'est avéré légèrement différent. Certes, j'ai arrêté de penser à la feuille brouillonne devant moi, mais j'ai cependant été frappée par la réalisation que la majorité des étudiants autour de moi faisait partie de la gent masculine.

Je dois l'avouer, je ne suis pas du genre à m'attarder sur ce type de constats. Or, quelques jours plus tard en discutant avec un ami étudiant en criminologie (un programme comportant une majorité d'étudiantes), la même réalisation m'a à nouveau frappée de plein fouet: les femmes en mathématique et statistique semblent être une minorité à l'Université de Montréal.

Bien que les mathématiques soient un domaine majoritairement composé d'hommes, j'ai toujours cru que le rapport femmes-hommes au département tournait autour de 1. Je me suis donc permis d'effectuer quelques recherches concernant les statistiques de l'UdeM.

Selon les statistiques officielles du Bureau du registraire de l'Université de Montréal[1], la proportion de femmes inscrites à l'université (tous programmes confondus) s'élevait à près de 68% pour le semestre Hiver 2023.

Il y a 10 ans de cela, pour le même semestre, on enregistrait un peu plus de 66% de femmes inscrites[2]. Bonne nouvelle! D'après ces statistiques, les femmes ont composé la majorité du corps étudiants de l'université de 2013 à 2023. Or, n'extrapolons pas ces conclusions sur l'équilibre homme-femme au sein du département.

En 2013, les étudiantes inscrites en mathématiques (cela inclut les étudiantes au doctorat, à la maîtrise, au baccalauréat, faisant une majeure ou une mineure en mathématiques ou statistique) étaient au nombre de 217 parmi les 607 étudiants inscrits, soit un peu moins que 36%. Avec la multiplication des bourses destinées spécifiquement aux femmes en sciences et la hausse d'étudiants internationaux, on pourrait croire qu'une augmentation de cette proportion serait imminente. Or, en 2023, ce nombre s'élevait à un peu plus que 34% En effet, aux cours des 10 dernières années, ce taux semble avoir décidé de stagner aux alentours de 35%, ne variant que de quelques unités, voire de quelques décimales d'années en années.

Or, ne nous décourageons pas. Il s'avère que l'UdeM offre une répartition des étudiants beaucoup plus équilibrée que celle de nos voisins du sud. Un article, écrit par Amanda Glazer, étudiante au postdoctorat à l'Université de Californie à Berkley, nous indique que les proportions femmes-hommes au sein des départements mathématiques de 5 prestigieuses universités américaines

(Harvard, MIT, Yale, Princeton et Brown) ne dépassaient pas les 30% (*Undergraduate Mathematics Survey, 2018*).

On pourrait donc se questionner sur les raisons derrières le manque de popularité d'une carrière en mathématiques et statistique chez les femmes. Bien que je ne traiterai pas de ce sujet dans cet article, je recommande fortement la lecture de l'article de Glazer[3] à cet effet.

De retour à ma feuille brouillonne. Après avoir observé la bibliothèque pendant quelques minutes, je n'avais toujours pas trouvé la propriété matricielle qui me manquait. Cela dit, je dois avouer avoir passé les 15 minutes suivantes à me questionner sur qui étaient les *rockstars* féminines des mathématiques. Puis, je suis tombée sur un article de National Geographic : *Ces femmes ont révolutionné les mathématiques*, durant lequel j'ai été agréablement surpris d'en reconnaître plus qu'une.

SILVIA BAHAMONDEZ
ÉTUDIANTE EN ACTUARIAT

CHANSONS MATHÉMATIQUES

Lorsqu'on pense au lien entre les mathématiques et la musique, il nous vient souvent en tête l'aspect théorique de la chose : comment modéliser un instrument pour étudier avec des équations les sons qu'il produit. Ici, je vous invite à voir l'autre côté de cette relation en explorant quelques chansons amusantes ayant pour thème principal les mathématiques. Bonne lecture et bonne écoute!

Calculus Rhapsody
Cette première chanson est le résultat de ce qui arriverait si l'on combinait le vocabulaire du calcul différentiel et intégral avec la fameuse chanson Bohemian Rhapsody du groupe mythique Queen. Cette vidéo, sortie il y a plus de 14 ans et créée par deux étudiants dans le cadre d'un projet scolaire, a été vue par plus de 5 millions de personnes. Même le guitariste du groupe Queen, Brian May (qui a un doctorat en astrophysique), a réagi à cette version de leur chanson selon les créateurs de la vidéo. Dans cette parodie, les concepts de limites, fonctions continues, dérivées et aire sous la courbe remplacent les paroles habituelles de la chanson.

Finite Simple Group (of Order Two)
En tant que mathématicien.ne, quel est le meilleur moyen de proclamer son amour pour l'être cher? Par une chanson d'amour a capella où toutes les paroles sont des jeux de mots avec des notions mathématiques bien sûr! ... Bon, ce n'est certainement pas une méthode infaillible, cependant la chanson Finite Simple Group publiée sur YouTube en 2006 fait exactement cela. Sortez vos manuels car, comme son titre l'indique, celle-ci fait référence à des concepts de théorie des groupes, mais aussi à de l'analyse et de la géométrie!

Références :
Bureau du registraire, Statistiques Hiver 2023 : [1] [2]
Amanda Glazer, Women In Math : [3]

Lobachevsky

L'auteur et interprète de la chanson suivante est Tom Lehrer, un mathématicien de profession devenu un artiste connu pour sa musique humoristique. C'est dans un accent russe forcé que celui-ci chante du point de vue d'un narrateur fictif qui rencontre le grand mathématicien Nikolai Ivanovitch Lobatchevski. Ce dernier lui révèle le « secret » du succès en mathématiques : le plagiat (ni l'auteur de cet article ni le journal n'encourage le plagiat). Pour plus de comédie en musique, je vous invite à visiter le site web de Tom Lehrer sur lequel il indique que ses chansons sont maintenant du domaine public (https://tomlehrersongs.com/).

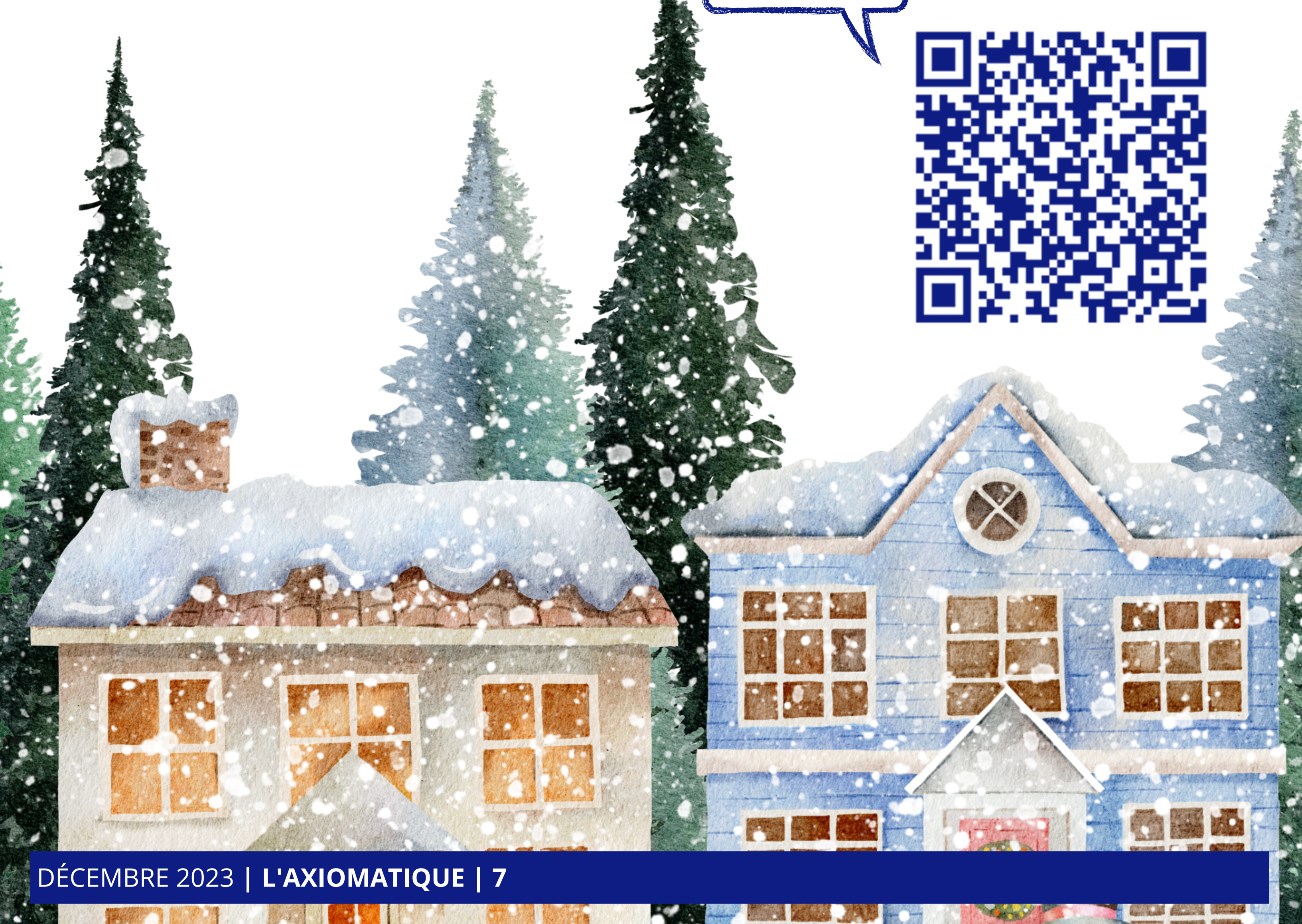
William Rowan Hamilton

Qu'arrive-t-il lorsqu'un mathématicien et physicien irlandais du 19e siècle partage son nom de famille avec l'un des pères fondateurs des États-Unis qui a une comédie musicale en son nom? La réponse à cette question est simple : plus d'une dizaine de créateurs de contenu éducatif scientifique sur YouTube se réunissent pour créer une parodie de la chanson « Alexander Hamilton » (de la comédie musicale du même nom) parlant de William Rowan Hamilton (le mathématicien en question). Celle-ci raconte entre autres la vie du mathématicien, sa découverte des quaternions et puis son impact important sur les mathématiques et la physique.

MATHIEU PINEAULT
MAÎTRISE EN MATHÉMATIQUES

SCANNE-MOI POUR ACCÉDER À LA PLAYLIST

+ une chanson bonus !



3 HISTOIRES POUR VOUS CONVAINCRE DE FAIRE DE LA GÉOMÉTRIE SPECTRALE

Je vais essayer de vous convaincre de faire de la géométrie spectrale grâce à **3 anecdotes**.

1.La musique

La première, c'est la musique.

Dans l'histoire de l'humanité, il semble toujours y avoir eu la musique : pour séduire, pour les hymnes nationaux, et même pour mémoriser. C'est pour cela que beaucoup de religions ont ce qu'on appelle des cantiques : les anciens avaient compris que lire les écritures en les chantant était un bon moyen de les retenir.

Ceux qui jouent de la guitare savent bien que la longueur des cordes et le type de matériaux sont déterminants pour le type de son qui en sort. C'est d'ailleurs essentiellement ce qui fait la différence entre une guitare normale et une guitare basse.

La position de la corde dans le temps est gouvernée par cette équation :

$$\frac{1}{@^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

a contient les propriétés physique du matériau de la corde

$$\frac{1}{a^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u = 0$$

On l'appelle **l'équation de la corde vibrante** ou **équation des ondes**. Ici, u(t,x) représente la hauteur de la corde à l'instant t.

Vous remarquez sans doute que j'ai *forcé* pour mettre le *Laplacien* (Δ) ici. C'est pour deux raisons: Premièrement, l'équation des ondes s'étend en dimension d'espace supérieure (par exemple si vous avez plutôt un tambour ou bien des vagues).

Deuxièmement, parce que le Laplacien aura un rôle clé dans chacune des histoires que je vais vous raconter aujourd'hui ; et il y a une raison physique à cela.

En effet, si je joue de la guitare ici à Montréal, alors à priori il n'y a pas de raison pour que les équations de la physique qui régissent la position des cordes soient différentes de celles que l'on aurai observées à Douala.

Ensuite, il est prouvé que si vous avez un opérateur différentiel linéaire S qui est invariant par translation et par rotation, alors il est essentiellement une combinaison linéaire de Laplaciens.

$S(\varphi \circ T) = S(\varphi) \circ T \ \forall T \ Translation\ ou\ rotation \Rightarrow \exists a_1, \cdots, a_n : S = \sum_{k=1}^{n} a_k \Delta^k$

Pour revenir à notre guitare ; une fois qu'on la joue, elle émet des sons à une certaine fréquence.

Les fréquences (qui se mesurent en Hertz) sont en gros le nombres de vibrations émises par la corde par seconde. Elles sont uniquement déterminées par a et l.

Et tout l'enjeu d'une partie de la géométrie spectrale ici, sera d'étudier jusqu'à quel point, avec les yeux fermés, rien qu'en écoutant de la musique, on peut déduire les caractéristiques de la guitare.

2. La chaleur

La deuxième histoire que je veux vous raconter aujourd'hui concerne la manière dont se répand la chaleur. La nourriture aussi est fondamentale dans l'histoire de l'humanité.
Si vous cuisinez vous-même, vous avez sans doute déjà au moins une fois été émerveillé par la manière dont se diffuse régulièrement la chaleur sur la marmite du point central jusqu'aux extrémités.

Dans des conditions raisonnables, la manière dont se diffuse la chaleur est régie par cette équation:

$$\frac{1}{D}\frac{\partial u}{\partial t} - \Delta u = 0$$

D contient les paramètres de conduction thermique du matériau de la marmite

On l'appelle équation de la chaleur ; mais il serait sans doute plus juste de l'appeler équation de diffusion thermique, parce que la fonction u qu'on cherche ici ne représente pas la température mais plutôt des variations de température. Au même titre, en électricité, on s'intéresse surtout à la différence de potentiel entre deux bornes.

Je précise que cette équation s'applique sous des conditions raisonnables, parce qu'elle n'est pas valide en cas de variation de températures trop extrêmes. Vous avez par exemple, ce qu'on appelle l'effet Mpemba ; et vous pouvez vérifier vous-même que l'eau chaude refroidit plus vite que l'eau froide.

Cela serait du au fait que les particules d'eau chaude sont beaucoup trop instables, alors que l'eau froide pourrait rester dans un état intermédiaire métastable, que les physiciens appellent la *surfusion*, faisant ainsi échouer l'équation de diffusion.

Une question qu'on peut se poser ici est la suivante : quelle est l'influence de la forme de la marmite sur la manière dont se diffuse la chaleur ?
Grâce à la géométrie spectrale, on peut comprendre ce que la forme d'une marmite nous dit sur la manière dont elle conduira la chaleur. Et vice versa : en sachant comment se diffuse la chaleur dans la marmite, on peut déduire certaines informations géométriques de la marmite telles que : son volume, la longueur de son bord, et même le nombre de trous dans la marmite ou bien le nombre de composantes du bord.

C'est quand même remarquable. On peut tout de suite imaginer une pléthore de situations dans lesquelles ceci pourrait s'appliquer en industrie.

3. Le téléphone

Alors, on est passé des ordinateurs en noir et blanc, avec leurs invites de commande qui mettaient deux heures à ouvrir une application, à ces petits rectangles de verre que nous avons dans nos poches et qui sont plus puissants que les ordinateurs utilisés par la Nasa pour aller sur la lune.
Je veux me focaliser sur un seul composant clé de nos smartphones : les transistors.

Le transistor c'est un dispositif qui permet deux choses : amplifier le signal, et bloquer le passage du courant.

Vous savez sans doute que les ordinateurs fonctionnent grâce aux séquences de 0 et de 1. 1 signifie le passage du courant, et 0 signifie le non -passage du courant. Les transistors constituent donc un élément clé intervenant même déjà dans les premiers ordinateurs.

Pour avoir un ordinateur plus rapide, il fallait plus de transistors, et des transistors qui réagissaient plus vite.

Il y a donc eu avant les années 2000 une course aux armements pour l'ordinateur avec le plus de transistors. Seulement, celle-ci entrainait deux problèmes immédiats. Le premier c'est que les ordinateurs chauffaient trop malgré les ventilateurs qu'on pouvait intégrer. Le deuxième, c'est que mécaniquement les ordinateurs devenaient de plus en plus gros. Du coup, augmenter mécaniquement le nombre de transistors était une solution non pratique.

Il y a en revanche une solution plus pratique.

La solution serait de diminuer la taille des transistors, s'il le faut jusqu'à une échelle atomique. On parle là d'échelle quantique.

La physique quantique est la science qui nous permet d'étudier les entités quantiques.

Le problème maintenant, c'est que les objets du monde quantique se comportent de manière contre-intuitive. Par exemple, les physiciens nous expliquent que des particules quantiques pourraient être dans deux endroits en même temps.

Leur dynamique est modélisée par l'équation suivante :

Constante de Planck

$$i\frac{\partial \psi_t}{\partial t} + \frac{\hbar}{2m}\Delta\psi_t = 0$$

Masse

C'est l'**équation de Schrödinger** : la variable qu'on cherche est une densité de probabilité, où

$$\int_A |\psi_t(x)|^2 dx$$

nous donne la probabilité que les particules se trouvent dans la région A à l'instant t.

Puisqu'il y a un Laplacien qui intervient dans cette équation, la géométrie spectrale peut intervenir et nous donner une bonne compréhension de la mécanique au niveau quantique.

C'est tout pour mes trois histoires.

II. Les fondations mathématiques de la Géométrie Spectrale

Comme on est entre nous, on peut essayer de voir concrètement ce que c'est la géométrie spectrale. Je ne prétends pas être à 100% rigoureux, mais j'espère que cette présentation vous motivera à faire plus tard un vrai cours de géométrie spectrale.

Imaginez que vous ayez une matrice symétrique réelle. Alors, vous pouvez diagonaliser cette matrice.

Donc toute l'information de la matrice A est contenue dans ses valeurs propres et fonctions propres.

Et, d'ailleurs, vous savez qu'en analyse de données c'est comme cela qu'on repère les directions qui ont le plus d'information : la première fonction propre qu'on appelle premier axe factoriel indique la direction dans laquelle nous avons le plus d'informations.

Une question naturelle qu'on pourrait se poser est : que se passe-t-il si on remplace R^n par un autre espace avec produit scalaire, mais cette fois-ci de dimension infinie ?

Les premiers espaces auxquels on pense sont l^2 (l'espace des suites de carrés sommable), et $L^2(\Omega)$ (si vous avez fait un peu de mesure, il s'agit de l'espace des classes de fonctions définies sur Oméga de carré sommable). Il est de dimension infinie, parce qu'il contient au moins les polynômes (si Ω est borné).

Ceci tombe bien parce qu'on peut définir d'une bonne manière le Laplacien comme un opérateur sur $L^2(\Omega)$. Laplacien qui rappelons le, contient toute l'information physique d'un objet.

Du coup, en « diagonalisant » le Laplacien, on aurait toute l'information physique entre nos mains grâce à quelques nombres (une suite qui tend vers l'infini ici) ; et quelques fonctions (les fonctions propres).

On pourrait définir de manière très réductrice la géométrie spectrale comme « l'art de diagonaliser le Laplacien » ; de tirer l'information géométrique qui y est contenue.

III. Les questions de la G.S

Cela étant dit, au quotidien le géomètre spectral s'intéresse aux problèmes suivants :

- Problèmes inverses : peut-on entendre la forme d'un tambour ? On dit aussi de manière plus savante : quels sont les invariants spectraux ?
- Comparaison des spectres : peut-on comparer les spectres de différents problèmes faisant intervenir le Laplacien sur le même domaine ?
- Quelle est la structure des fonctions propres ? L'étude des zéros des fonctions propres est liée à beaucoup d'autres domaines des maths comme la théorie des nombres.
- Optimisation de forme : y a-t-il des formes géométriques particulières qui, à volume égal, donnent toujours les meilleures valeurs propres (meilleures au sens plus petite ou plus grande)?

On pourrait se demander si tout n'a pas été déjà fait dans ce domaine. Qu'est-ce qu'on cherche encore ?

En fait, les questions spectrales sont assez vieilles, mais les résultats en optimisation de forme sont assez récents. L'enjeu n'est pas le manque d'intérêt, mais la difficulté des problèmes. Ces questions sont faciles à énoncer, mais les résultats sont difficiles à prouver.

Nous espérons dans l'avenir parvenir à résoudre beaucoup plus de problèmes ouverts dans ce domaine passionnant.

Excellent mois de décembre à vous.

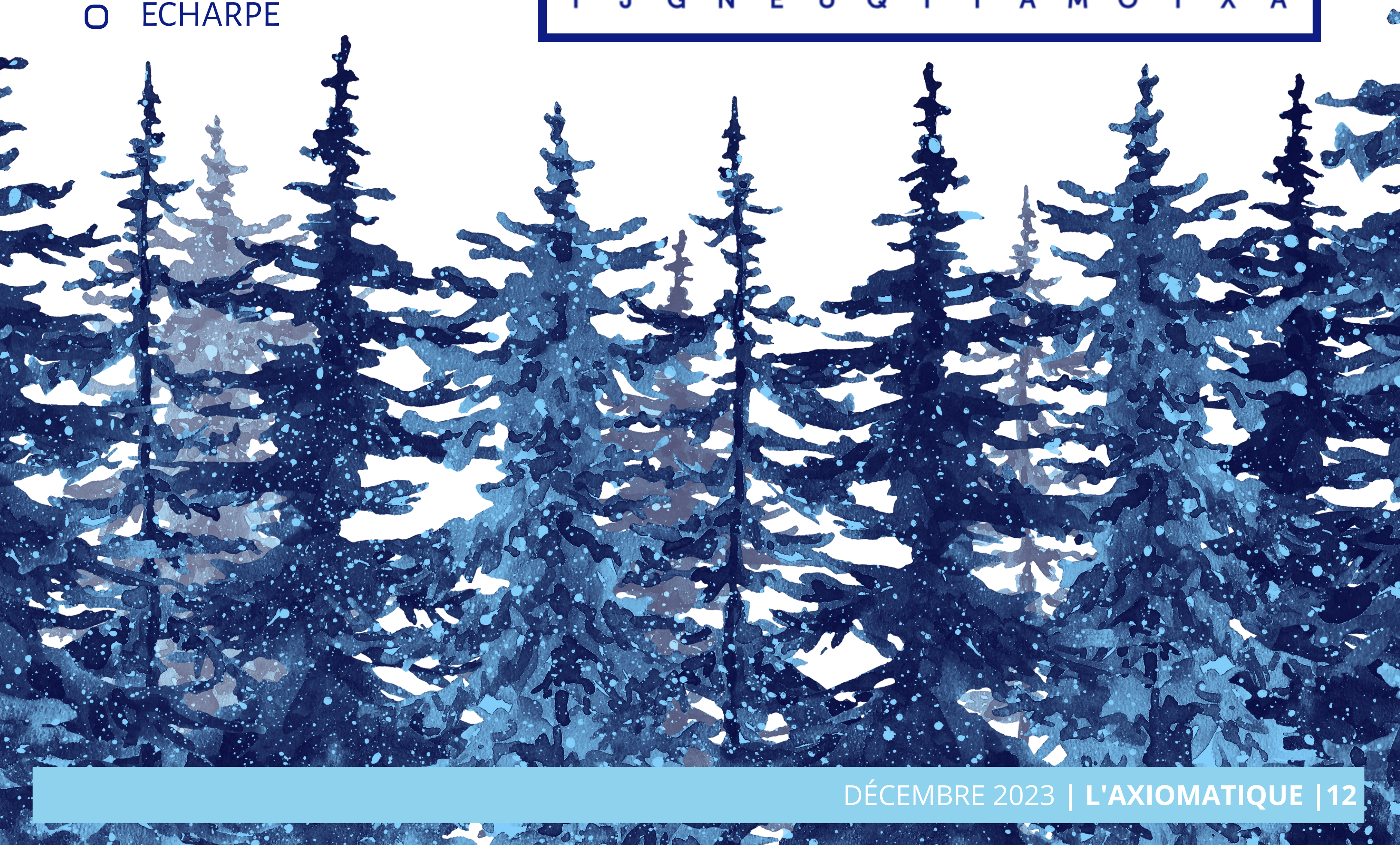
ALAIN DIDIER NOUTCHEGUEME
DOCTORANT 4E ANNÉE EN GÉOMETRIE SPECTRALE
RESONSABLE DU PÔLE JOURNAL DE L'AECSMS

MOTS CACHÉS

Pour les réponses, visitez : www.laxiomatique.com

- ▢ INFORMATIQUE
- ▢ SAPIN
- ▢ BONNET
- ▢ MATHÉMATIQUES
- ▢ AEMSUM
- ▢ HIVER
- ▢ CLUBMATH
- ▢ FAECUM
- ▢ CHANSONS
- ▢ NEIGE
- ▢ DMS
- ▢ FROID
- ▢ AXIOMATIQUE
- ▢ ÉCHARPE

K	S	S	E	U	Q	I	T	A	M	É	H	T	A	M
W	A	N	T	V	T	E	N	N	O	B	T	K	Z	T
E	B	D	T	M	W	E	J	T	D	O	J	Y	E	Y
E	Q	I	N	U	L	K	O	V	L	Z	R	L	Q	B
U	M	F	X	C	Z	Q	V	D	S	H	G	N	E	U
Q	U	H	P	E	R	E	F	X	I	M	E	K	S	U
I	S	Z	Z	A	H	J	P	V	N	I	D	C	N	Z
T	M	M	S	F	T	W	E	R	G	H	S	B	O	Z
A	E	N	E	F	A	R	U	E	A	A	O	X	S	G
M	A	X	R	Y	M	I	F	Y	P	H	F	S	N	R
R	C	G	W	H	B	N	R	I	J	R	C	K	A	O
O	K	V	U	D	U	F	N	H	O	H	S	É	H	A
F	K	P	F	H	L	N	S	I	G	I	S	X	C	D
N	Z	D	O	Y	C	W	D	L	R	G	S	X	S	Y
I	J	G	N	E	U	Q	I	T	A	M	O	I	X	A



TOHU-BOHU

C'est comme le sudoku, mais dans une réalité alternative…

	C		B	A			D	
	A	F		G	D	E		
D		B	C					F
	I			C	A			
			F			C	G	D
C				B	G		A	
	E	H		D			F	
F			A		B			H
I	B				H		C	A

P'tit indice :

Sans exagération, c'est exactement la même chose qu'un sudoku. La divergence réside en l'apparence des «chiffres», qui comme vous l'avez compris, sont lettres (de A à I).

TOUT LE MONDE A

VOUS PASSEZ PAR DES MOMENTS DIFFICILES?
PARLONS-EN.

TOUTLEMONDEADESBAS.CA
#TLMADESBAS

DES BAS

FAÉCUM Université de Montréal ageefep