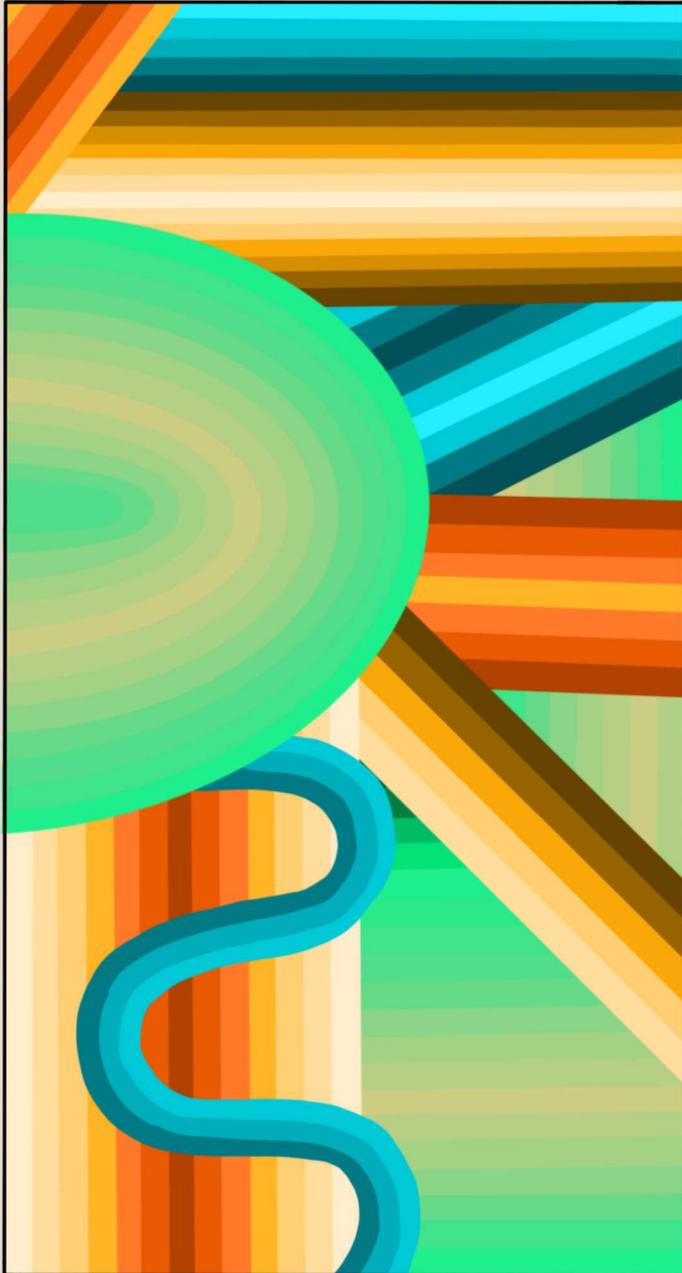


Édition du 3 septembre 2024

L'Électron Libre

Renaissance

Une nouvelle
équipe!



Contactez-nous!
lelectronlibrephhy@gmail.com
[@electron_libre_journal](https://twitter.com/electron_libre_journal)

Merci à toutes celles et ceux d'avoir travaillé fort pour cette relance, j'ai rapidement réalisé l'ampleur du temps requis à la conception d'un journal et ça n'aurait pas été possible sans l'équipe derrière tout ça et sans chaque personne qui s'est donné du temps à la rédaction, ce journal est le vôtre et j'espère qu'il est la promesse de plusieurs à venir.

-Nicolas Simard, Rédacteur en chef

Présentation du comité

Bonjour bonsoir à tous et à toutes, pour ceux qui ne me connaissent pas encore, je suis le rédacteur en chef de l'Électron libre. La plupart des gens m'appellent aussi Nicolas, il se trouve qu'il s'agit de mon prénom, drôle de coïncidence ! Le partage de contenu scientifique à toujours été quelque chose que j'ai grandement aimé faire, parfois au détriment des gens qui se perdent dans mes mots. C'est pourquoi j'ai décidé de relancer l'électron libre, partager du contenu autour du monde de la physique aux gens qui veulent volontairement m'écouter parler ; un rêve. Cependant si on m'avait dit que le plus gros défi aurait été de motiver les gens à écrire, j'aurais peut-être de la misère à le croire et pourtant c'était ma triste réalité. Mais les tristes jours sont partis, car voici la première édition sous la nouvelle direction du journal ; bonne lecture !

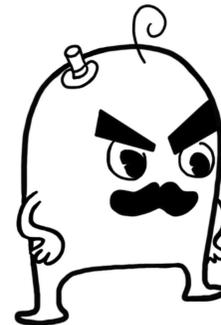
Salut à toi, moi c'est Émile, chef de l'humour dans ce journal. Je tiens de tout mon cœur à ce que la lecture de notre journal soit une expérience autant ludique qu'enrichissante, c'est ma mission ici. J'aide aussi la rédaction de manières nébuleuses, car pour faire une omelette de journal, il faut craquer une coupe d'œufs littéraires... Bonne lecture !

Bonjour à toutes et à tous ! Je suis Marianne, la correctrice en chef de votre journal préféré. Mon rôle ? Traquer les fautes et chasser les coquilles pour vous offrir des articles impeccables. J'interviens le moins possible dans vos créations, je suis là pour vous assister dans votre écriture (syntaxe, grammaire et orthographe) et rendre la lecture fluide et agréable. Si une virgule se balade ou si un accent se cache, je suis là pour remettre de l'ordre. N'hésitez pas à me faire part de vos retours, car ensemble, nous faisons vivre la langue de Molière ! À bientôt dans nos colonnes !

Mes salutations, je me présente, Andrei, informaticien au journal de l'Électron Libre. Je suis responsable de l'entretien et de la maintenance de notre site web. Toutes les nouvelles rubriques, modifications ou ajouts passent par moi. Si vous avez des questions, des commentaires ou des insultes concernant notre site, n'hésitez pas à me contacter. Je serai ravi d'en discuter avec vous dans l'octogone sur la 32e à 22h lundi prochain. Bien à vous !

Bonjour tout le monde ! Je m'appelle Clara et mon but est d'assister Nicolas dans toute la gestion du journal (ben oui, il est chanceux comme ça Nicolas !). Vous me croiserez probablement à la Planck, où j'essaierai très certainement de vous recruter pour écrire un article en même temps que de prendre mon cinquième café de la journée. Gare à vous si vous refusez... Vous ne voulez pas savoir ce qui peut vous arriver dans ce cas-là.

Bonjour les physumiens, je me nomme Alice. Je suis en deuxième année du baccalauréat en physique. Je suis une de vos vice-éditrices, et je suis la gérante du compte instagram, donc toutes les nouvelles viendront de là ! Si vous avez des questions, commentaires ou insultes, vous pouvez m'envoyer un message privé sur instagram, au @electron_libre_journal, ou à l'adresse courriel du journal étudiant : Au plaisir de vous lire, ainsi que de vous offrir du contenu de physique ! Alice :))



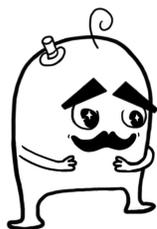
Sommaire

- **CONSEILS** | 10 choses que j'aurais aimées savoir au début de mon bac ; par **Élio**
page 3
- **ENTREVUES** | L'entrevue avec **Cédric** et **Étienne**
page 5
- **ARTICLES** | La passerelle du Mil : un réseau de diffraction acoustique ; par **Mathieu** et **Paul-Édouard**
page 8
- **HISTOIRES** | Enquête : des événements surnaturels surprenants survenus au campus **MIL** ; par **Émile**
page 14
- **CHRONIQUES** | Un stage à **Hawai'i** ; par **Frédéric**
page 19
- **JEUX** | Les mots croisés ; par **Clara**
page 21

10 choses que j'aurais aimées savoir au début de mon bac

par **ÉLIO DESBIENS**

Un nouvel environnement, des nouvelles personnes, des nouveaux cours – plus difficiles qu'avant, des nouveaux professeurs, bref, tout plein de changements en peu de temps. Ça peut être intimidant. Je me rappelle que juste avant mes activités d'accueil j'étais stressé.e de rencontrer de nouvelles personnes et d'apprendre à connaître un nouvel environnement. Je ne savais pas si j'allais aimer les études en physique ou non. Je commence aujourd'hui ma troisième année de bac (apparemment j'ai aimé ça). Après deux ans d'étude et deux stages, j'aimerais partager certaines choses que j'ai apprises lors de mon parcours que j'aurais aimées savoir avant de m'embarquer dans tout ça.



Disclaimer : Je raconte tout de mon point de vue. Tout le monde a un parcours différent, alors ne prends pas tout cet article comme une vérité absolue.

Avant de commencer :

1. Les autres ne sont pas si différents de moi.

En tant que jeune personne queer, j'avais un peu peur de me retrouver dans un environnement d'hommes blancs hétérosexuels pour le restant de mes jours. Heureusement, on ne vit plus dans les années 80, et bien que ce soit toujours une grande partie de la démographie du bac en physique, ce n'est plus une majorité flagrante. Dans ma cohorte, il y avait étonnamment beaucoup de filles comparativement aux années précédentes

(fait confirmé par un prof qui a vu plusieurs générations d'étudiant.es dans ses cours). Et plus que tout, les personnes s'identifiant à la communauté LGBTQ+ ne se font pas rares.

J'ai été honnêtement étonné.e de me retrouver au milieu de personnes qui me ressemblent et m'acceptent. Même les gens qui ne font pas partie de la communauté LGBTQ+ (en tout cas pas ouvertement) font, en général, preuve d'une très grande ouverture par rapport à la nouveauté.

2. Ça va être difficile, mais tout le monde s'entraide.

Contrairement aux domaines de la santé qui sont plus contingents, la physique est un domaine où tout le monde s'entraide (en tout cas, à l'UdeM). J'ai entendu de mes amies en sciences de la santé que pas mal tout le monde travaille de son côté. C'est du chacun pour soi, et que le meilleur devienne médecin. C'est vraiment tout le contraire en physique ! Les places à la maîtrise sont presque illimitées (avec tout de même un gros minimum d'efforts), alors on s'aide à passer au travers du bac, que ce soit entre collègues de cohorte, ou d'ancienne cohorte à nouvelle cohorte.

Ce n'est pas rare de voir un énorme groupe de nouveaux en train de faire un devoir de mécanique classique ensemble. Personnellement, j'adorais ces moments où on s'installait proche de La Planck pour faire nos devoirs ensemble. Faire un devoir de physique de A à Z par soi-même, ce n'est pas évident, alors même pour les gens qui préfèrent travailler seul, c'est possible d'avoir un coup de pouce de ses collègues de classe. Généralement, tout le monde est content de le faire !

3. Les devoirs comptent dans la note finale.

Après coup, ça paraît con comme conseil, mais j'avais tellement aucune idée de comment ça fonctionnait à l'université. Au CÉ-GEP, c'était assez aléatoire si un devoir comptait dans la note finale ou pas. Mais à l'uni, les devoirs comptent, sauf exceptions. Ça va arriver que des profs donnent un devoir pendant les périodes d'exams, mais n'est souvent pas évalué. En effet, dans le département de physique, les professeur.es sont suggéré.es de ne placer aucune remise pendant les semaines d'exams et regardent souvent de l'avis de la classe.

Aussi, les numéros de devoirs sont très très très souvent dans les exams, à quelques variables près. Les devoirs peuvent aussi très bien rehausser la note finale et faire la différence dans le relevé de notes.

4. S'impliquer dans la vie étudiante, ça peut être très bénéfique pour son parcours.

Juste participer aux activités, se faire des ami.es et des contacts, c'est déjà cool. Ça sort un peu de sa bulle d'étude continue. En plus, il y a plein de choses différentes que l'on peut faire dans le cadre de l'association étudiante, et l'asso propose plein d'activités différentes. De quoi satisfaire la majorité des étudiant.es ! Perso, ça m'a motivé.e dans mes études et ça m'a permis de rencontrer des gens chouettes.

Pendant la première session :

5. Travailler trop, c'est comme travailler pas assez.

Donne-toi des pauses. Tu vas voir que ton efficacité va augmenter, et ton niveau de bonheur aussi (je te le souhaite, en tout cas). C'est sûr qu'il faut travailler fort pour obtenir les résultats qu'on veut, mais souvent on estime mal la quantité de travail qu'il faut faire pour obtenir ces résultats. La première session est une bonne occasion pour s'ajuster et trouver le bon équilibre. Mon petit truc personnel pour aider à trouver un certain équilibre de vie dans ce monde fou qu'est la physique est de ne pas consacrer sa fin de semaine en entier aux études. Deux jours sans cours, c'est l'occasion parfaite pour faire une activité avec ses ami.es qui ne sont pas en physique, de lire un livre ou de s'adonner à toute autre activité que l'on trouve plaisante, ce qui me mène au prochain point.

6. Va grimper.

Viens faire du bloc avec nous!!! L'escalade, c'est un sport très apprécié par les physicien.nes. Je dis tout le temps que c'est parce qu'il y a beaucoup de physique dans l'escalade, mais honnêtement ça pourrait être toute autre raison un peu aléatoire. Toutefois, ce n'est sûrement pas une coïncidence.

Bon, l'escalade n'est pas la solution ultime à des études faciles et réussies. Cependant, c'est un excellent choix d'activité à faire hors des cours (avis non biaisé évidemment) et avec ses ami.es. Il y a un centre de bloc (Bloc Shop Mile Ex) à 15 minutes de marche du Campus MIL alors c'est vraiment parfait comme activité à faire après les cours.

Bien que j'aimerais que tout le monde partage ma passion de l'escalade, ce n'est qu'un

exemple d'activité cool à faire pour garder un certain équilibre de vie sain. Laisse aller ton imagination et trouve un trou dans ta semaine pour pratiquer un sport ou une activité créative pour relaxer ton gros cerveau plein de physique et de maths.

Pendant la deuxième session :

7. Les notes, c'est important, mais ce n'est pas tout.

Ta vie n'est pas foutue si tu ne pêtes pas des scores. Tu as besoin de 3.0 pour passer à la maîtrise. On dit qu'il faut avoir 4.0 et plus de cote Z pour avoir des bourses pour la maîtrise. C'est probablement vrai, mais avec ton baccalauréat obtenu, c'est certainement possible de trouver une maîtrise! Il y a des professeur.es et des universités qui ont plus d'argent que d'autres; il suffit de chercher et d'écrire en masse de courriels, peut-être d'avoir un peu de chance, ou bien juste de savoir bien placer ses cartes lors de ses études de premier cycle.

En complément, avoir un stage à la première année, ça aide par la suite certes, mais ce n'est pas la réponse à tout. C'est vraiment plus facile de trouver un bon stage après sa deuxième année parce qu'on a un peu plus de crédibilité et d'expérience.

Petite note sur les courriels pour demander des stages aux professeur.es : pas besoin de lettre de motivation, sauf si c'est explicitement demandé! Le courriel devrait être la lettre de motivation, et il devrait être assez court, les profs sont des personnes occupées et ils,elles n'ont pas nécessairement le temps de lire les longs textes de tout le monde.

8. Ne pas tout le temps se fier sur ce que les autres disent.

On entend ça à chaque année : « Ne fais pas ce cours avec cet

autre cours, tu vas mourir. », « Ce cours est impossible. », « Ce cours est ennuyant/trop facile. »

Mon avis sur ces commentaires-là, c'est qu'il ne faut pas les prendre pour des vérités absolues. Ça peut aider à choisir entre deux cours, mais honnêtement, si tu penses que tu vas aimer le cours, fais-le, peu importe ce que les gens vont te dire. J'avais entendu que faire le cours de matière condensée en même temps que le cours d'astrophysique 1, c'était terrible (en termes d'organisation dans les cours). Mais j'ai un ami qui l'a fait, et il n'a pas trouvé ça si terrible. So do it.

9. Ne pas (trop) écouter l'avis des gens sur les professeur.es.

On s'entend que c'est assez subjectif. On a tous nos préférences en termes d'enseignement. J'ai adoré certain.es professeur.es que d'autres n'ont pas aimés du tout, et vice versa. C'est vrai que souvent, un.e professeur.e fait presque l'unanimité, positivement ou négativement. Ça ne devrait toutefois pas être la base d'un choix de cours, et je ne pense pas qu'on devrait arriver dans un cours avec une idée préconçue de notre appréciation du cours.

10. C'est ok de ne pas savoir ce que tu veux faire dans la vie.

Honnêtement, nous sommes tous un peu perdus. En deux ans, le domaine dans lequel je veux poursuivre mes études a changé au moins trois fois, avec des idées d'orientations vers des domaines complètement pas rapport qui ont duré quelques jours. Au final, je n'ai toujours pas de certitude et je dois commencer mes demandes de maîtrise. Ouf.

Mais c'est ok. On ne signe pas un contrat avec le diable et c'est toujours possible de changer de parcours à un moment ou à un autre. Il ne faut pas avoir peur de le faire, parfois la physique

(ou le domaine choisi) n'est juste pas pour nous. En cas de grands doutes, ça peut aider d'en parler avec ses pairs ou avec des gens qui sont plus avancés dans leurs études de premier cycle ou de

cycles supérieurs.

Bref, ça fait un peu le tour. J'espère que ça aide un tout petit peu. N'hésite pas à m'écrire sur Messenger ou à me trouver à La Planck pour jaser :)) .

L'entrevue
par CÉDRIC
MÉDIAVILLA-RIVARD,
ÉTIENNE POLIQUIN

Durant le tournage du court-métrage à succès *Mini McSween est rendu grand*, plusieurs professeurs de l'Université de Montréal subirent une entrevue. Pour les besoins du cinéma, de nombreux segments pourtant très intéressants desdites entrevues ont dû être coupées et condamnées à gésir dans les froids et hostiles tréfonds d'un disque dur. Lors de l'entrevue, cette question épistémologique en apparence simple fut posée :

« *Que pensez-vous de la vulgarisation scientifique ?* »

Bien qu'absentes du montage final, les réponses étaient variées et révélatrices. C'est donc pour leur donner une chance de briller que cet article se trouve devant vous. Voici ces extraits d'entrevues jusqu'ici inédits :



Richard MacKenzie

Dans le domaine de la physique des particules, il y a bien des tentatives de vulgarisation qui sont, pour les étudiants du bac, la seule chose qu'ils savaient sur le sujet avant d'arriver ici. Est-ce que ce que vous connaissez de ces tentatives de

vulgarisation rend vraiment justice au domaine de la physique des particules ?

Je dirais que non. J'ai peut-être une opinion minoritaire, mais à mon avis, c'est relativement inutile de faire une discussion descriptive de quelque chose où on ne peut pas vraiment comprendre les mathématiques. Je ne suis pas un fan de Québec Science, Scientific American, ce genre de vulgarisation, puisque je trouve, personnellement, que ça manque tellement de détails que c'est [inutile]. C'est le mieux qu'on peut faire, peut-être, avec quelqu'un qui ne connaît pas du tout les mathématiques, mais je pense qu'on perd beaucoup sur la compréhension de la chose. Ce n'est pas quelque chose que je pourrais imaginer faire moi-même, une vulgarisation de, mettons, la théorie des cordes pour les nuls. Ce n'est pas mon style.

Justement, ça, la théorie des cordes, c'est quelque chose dont on entendait beaucoup parler dans tous les trucs de vulgarisation scientifique avant d'arriver ici. Puis là, on arrive l'université, et on dirait qu'il y a presque aucun professeur qui s'y intéresse. Est-ce que c'est du passé, comme théorie ?

C'est un sujet qui a été très populaire, c'est toujours assez populaire, je suppose. Je dirais que la promesse de la théorie des cordes a un peu été perdue au fil des années. Dans le temps de mon PhD, par exemple, la théorie des cordes a été décrite comme la théorie de tout. Et maintenant, on questionne, est-ce que c'est la théorie de quelque chose ? Je pense que les avancées sont très

lentes. On a beaucoup de gens super, super brillants qui ont mis leur carrière totale sur la théorie des cordes. Est-ce qu'il y a toujours une promesse dans cette direction-là ? Je ne sais pas. Il y a une théorie ultime. C'est peut-être la théorie des cordes. Ce n'est peut-être pas la théorie des cordes. Il faut explorer toutes les avenues. Il faut être très bon en mathématiques et très patient si on veut aller dans la théorie des cordes, à mon avis.

Et même là, on prend un risque de mettre des années là-dedans et qu'au final, ce soit une théorie qui n'a servi à rien.

C'est toujours un risque quand on développe une théorie. Et en absence d'interaction, disons, quotidienne ou court terme entre expérience et théorie, c'est toujours facile de développer la théorie. Trouver des aspects super jolis de la théorie, esthétiques, etc. Et est-ce que ça décrit la nature ? On ne sait pas. Ça peut être comme une sorte de cadre théorique très beau, très joli, mais loin de la vraie vie. Donc, c'est un risque.

Surtout qu'il y a eu quasiment 50 ans entre le début du cadre théorique et le début des vraies expériences qui auraient été capables de le découvrir dans ce cas-ci, non ?

Découvrir ?

Les résultats du LHC des dernières années semblent indiquer que la théorie des cordes n'est peut-être pas le bon modèle, ou du moins, n'emmène pas les résultats qu'on voulait pour confirmer la théorie des cordes, si ma compréhension

est bonne. Mais ça, c'est des expériences qui se sont faites dans les dernières années pour quelque chose qui est développé depuis plus de 50 ans.

Oui. Mais je suppose que tu parles de la supersymétrie, qui est un élément central de la théorie des supercordes. Supercordes pour supersymétrie. Mais, la supersymétrie, c'est une symétrie en théorie des champs, qui est un élément de la théorie des cordes. On peut avoir la supersymétrie sans théorie des cordes mais on ne peut pas avoir la théorie des cordes sans supersymétrie, à ce que je sache.

Ce qu'on aimerait découvrir au LHC - on veut découvrir [plusieurs] choses - mais l'une des choses les plus étudiées, c'est la supersymétrie. Et donc, il y a quelques années, on avait beaucoup d'espoir que le LHC, ayant augmenté l'échelle d'énergie, puisse découvrir des partenaires supersymétriques des particules quotidiennes. L'électron, sa partenaire, se nomme le sélectron. C'est une particule de spin zéro. On aurait aimé découvrir ça, mais on n'a rien découvert. Ça ne veut pas dire que la supersymétrie est exclue. C'est toujours possible de modifier la théorie de façon à éviter que la théorie soit éliminée. C'est-à-dire qu'on a une théorie de supersymétrie minimale qui donne des prédictions relativement précises qui n'ont pas été observées, ce qui suggère que la théorie minimale n'est pas la bonne. Et on peut, disons, complexifier un peu le modèle ou en changer certains aspects pour éviter que les expériences l'éliminent. Donc, on adapte le modèle aux observations. C'est un peu contre l'esprit de la physique, puisque ça donne un « moving target ».

Les gens de supersymétrie disent, et ont déjà dit, ça sera définitivement être découvert au LHC. Le LHC roule pendant des années mais on ne voit pas ce qu'ils sont censés voir. Et puis les mêmes gens disent, oh, mais on peut ajouter ceci ou cela au

modèle et ça explique pourquoi on n'en a pas vu, mais vous allez voir ça au prochain accélérateur ! Donc, c'est un peu un acte de foi, parfois, de croire en son modèle. Quand il n'y a pas de prédiction absolument claire et nette qui peuvent être observées ou non. Dans un monde idéal, la prédiction est tellement inscutable que si ce n'est pas observé, le modèle est rejeté. Et souvent, les modèles peuvent être adaptés à toutes observations expérimentales qui sont insatisfaisantes.

Jean-François Arguin

Beaucoup d'étudiants ont écouté bien des documentaires sur YouTube ou à Découverte, par exemple. En embarquant dans un bac en physique, on pense à la théorie des cordes et des toutes les choses complexes qu'on a vu passer dans nos documentaires semi-fiables. Pourtant, à l'université, on n'entend plus parler de ces choses-là. Est-ce que la vulgarisation scientifique est un petit peu déconnectée ?

Oui, plug en passant : on a passé un documentaire, le groupe Atlas, le 28 janvier, sur Découverte. Si vous voulez écouter, c'est disponible en ligne. Vulgarisation, tu veux dire le côté plus flyé de la physique des particules.

Oui.

Dans mon cours de physique subatomique, PHY-2601, deuxième plug, on en parle. J'essaye d'en parler quand même quand le sujet est disponible et quand c'est pertinent ça vient naturellement. Parce que moi, quand j'ai fait mon bac dans les années 90, c'était beaucoup pour le côté flyé, justement, de la physique, et de la physique des particules en particulier. C'est encore ça qui me fascine et qui me fait tripper de nos jours, donc j'essaie d'en parler. Aussi, dans le cours de Relativité 1, PHY-1652, il y a amplement de moments pour parler de

ça.

Donc il y a quand même un peu de discussions davantage métaphysiques.

Oui, mais pas autant qu'il pourrait y en avoir. On se penche rarement sur le côté philosophique de la physique alors que ça pourrait être très intéressant. C'est peut-être parce que, veux, veux pas, on a un manque de temps, les profs, pour passer, par exemple, un an à étudier la mécanique quantique afin d'ensuite pouvoir l'enseigner. On n'a juste pas le temps de faire ça, donc on utilise des manuels, pour nous aider et pour nous guider. Dans les manuels, je remarque qu'il y a peu de discussion philosophique sur qu'est-ce que veut dire véritablement [la physique]. Évidemment, quand on parle de métaphysique ou de choses comme ça, on n'aura jamais la vraie réponse. C'est de la spéculation, mais de la spéculation intéressante.

Donc, semble-t-il que les livres en parlent pas, ou peu, mais je pense qu'il y aurait une ouverture pour ça. Je suis pas spécialiste, peut-être qu'il y en a qui en parlent plus, mais ça serait intéressant d'inclure ça un petit peu. Je sais pas, peut-être y a-t-il des cours à option en philosophie des sciences qui approchent ça un peu.

Y a-t-il des physiciens qui dédient un peu plus de leur temps à penser à la métaphysique ?

Oui. Il y avait, à l'époque, un étudiant avec moi qui était un petit peu plus vieux, Alexandre Guay. Il est carrément devenu philosophe. Il est devenu professeur de philosophie je pense en Belgique. Puis il a vraiment fait le bac, et au moins la maîtrise [en physique]. Je pense que son doctorat est en philo. Puis j'ai aussi un ami qui est professeur à Boston sur l'expérience ATLAS comme moi, mais qui traite vraiment sur la philo. Il a même écrit un article en philo relié à la physique des particules. Donc oui, ça existe, certaines personnes qui font

ça.

Sinon, en lien avec ce que vous faites : Est-ce que quand on va avoir un accélérateur de particules plus long, ça va donner des résultats ?

On a eu quand même des résultats importants avec le boson de Higgs. On a vraiment une particule complètement différente qui n'est pas ni un boson de spin 1, ni une particule de matière. Ça, c'est une découverte majeure qui a valu un prix Nobel l'année après, puis qu'on continue d'étudier.

Mais après 2012 ?

Donc là, nous, qu'est-ce qu'on fait ? Reportage, [troisième] plug de Découverte du 28 janvier, c'est le sujet. C'est sur la détection d'anomalies. Parce que là, mon évaluation du champ de la physique des particules, c'est qu'on n'a pas toujours découvert [...] de nouvelle physique, clairement. Mais on sait qu'elle est là : on sait qu'il y a de la matière sombre, on sait qu'il y a de la symétrie entre la matière et l'antimatière. La théorie du modèle standard n'étant pas satisfaisante, il faut qu'il y ait à un moment donné de la nouvelle physique.

Là, avec le Atlas, on recrée les conditions de l'univers 10^{-10} secondes après le Big Bang. Il y a clairement eu des nouvelles particules, peut-être là, mais à tout le moins avant ça, pour expliquer l'univers connu. Parce qu'on dit que le modèle standard, c'est le code source de l'univers. Pourtant, [si on le simulait], ça ne donnerait pas l'univers observable. Mais là, ce qu'on a fait, au LHC, [...] c'est qu'on a cherché, en se fiant aux théoriciens, les particules qui nous ont dit de chercher, parce que ces particules-là réglaient les problèmes du modèle standard. On ne les a pas trouvées.

Il y a deux possibilités, soit que la

nouvelle physique est à plus haute énergie, et qu'on va avoir besoin d'un plus grand collisionneur, ce qui s'en vient peut-être, ou on n'a pas cherché à la bonne place. Et nous, ce qu'on fait dans le reportage et ce que beaucoup de groupe ici à l'UdeM font, c'est la détection d'anomalies. C'est chercher systématiquement partout dans les données, [ce qui n'a pas vraiment été fait auparavant]. Donc vraiment chercher partout en utilisant l'intelligence artificielle. [Bref], il y a deux possibilités. C'est soit [la nouvelle physique] est cachée dans les données actuelles, ou soit on va avoir un nouvel accélérateur dans le futur.

Dans le fond, pour régler le modèle standard, ce que vous me dites, c'est qu'il faut rajouter d'autres particules.

Ça peut être d'autres interactions, mais les interactions, de toute façon, c'est des particules.

OK. Là, ça paraît que je suis en première année.



Oui, comme l'électromagnétisme, puis l'interaction faible, l'interaction forte, puis la gravité. On n'est pas sûr de la gravité. Il y aurait les gravitons, mais c'est très hypothétique, un peu philosophique. Mais les autres interactions sont tous médiées par ce qui est des particules aussi, quand on regarde vraiment fondamentalement.

Patrick Dufour

En astrophysique, il y a beaucoup de vulgarisation sur les médias sociaux. [...] Pensez-vous que cette vulgarisation est parfois trop sensationnaliste et pas assez réaliste ?

C'est sûr qu'il y a beaucoup de ce qu'on appelle du « clickbait », donc il faut faire attention à ça. Ça peut être intéressant si ça permet au gens de s'intéresser au sujet. On est toujours pour ça, ce n'est pas un problème. Mais oui, il y a beaucoup de clickbaits. Et les gens commencent à avoir des doutes sur ce qui se dit parce qu'il y a des choses farfelues qui sont dites. Il faut trouver le juste équilibre. Comme dans n'importe quoi [...], si on va trop d'un bord on finit par se retrouver de l'autre. Les choses vont finir par se rééquilibrer un jour.

Oui, justement, moi, dans ma jeunesse, je regardais des vidéos sur les trous noirs, et c'est pour cela que je voulais aller en physique. Maintenant, je suis au bac et on ne parle pas de trous noirs. Je n'y pense même plus !

Oui, un des grands dangers de ces trucs là – bon, pas un danger, mais ça donne peut-être la fausse impression que c'est juste des trucs fun, ce qui est vrai, je ne veux pas dire que ce n'est pas vrai. Mais les gens ne sont peut-être mal préparés au fait que, quand tu arrives au baccalauréat, tu vas avoir beaucoup de mathématiques. Si tu pense que ce n'est que faire des belles images, tu te rends compte que oups, ce n'était peut-être pas comment je pensais. Mais si tu es préparé mentalement à savoir qu'il va y avoir beaucoup de mathématiques, et que tu aimes [cela], je pense que le parcours en physique devient comme un jeu à chaque jour.

Avant de passer aux trous noirs, il faut passer par les oscillateurs harmoniques !

Exactement ! Les oscillateurs harmoniques sont partout !

La passerelle du MIL : un réseau de diffraction acoustique
 par MATHIEU VILLENEUVE, PAUL-ÉDOUARD BLANCHARD
 Juin 2024



FIGURE 1 – La section de la passerelle du MIL agissant comme un réseau de diffraction acoustique.

Introduction

Certains utilisateurs de la station Acadie ont peut-être déjà remarqué qu'en traversant la section clôturée de la passerelle Marcelle-et-Jean-Coutu (Figure 1) à pied, leurs pas sont étrangement suivis de brefs gazouillis.

En fait, les architectes chargés de son design ne réalisaient probablement pas qu'ils étaient en train de concevoir un réseau de diffraction plus grand que nature, suffisamment grand pour accommoder les ondes sonores.

Il est facile de comprendre le phénomène lorsque l'on constate que les poutres du garde-fou sont espacées par un intervalle régulier d'une dizaine de centimètres, qui s'avère être du même ordre de grandeur que la longueur d'onde d'un son de quelques milliers de Hertz. Cette géométrie leur confère la capacité d'agir individuellement comme des éléments réfléchissants et, collectivement, comme un réseau de diffraction acoustique.

Comment entendre l'effet ?

La méthode optimale pour entendre l'effet de diffraction est de se placer au centre de la section d'intérêt de la passerelle - afin d'utiliser les deux fronts d'ondes voyageant vers le MIL et vers la station Acadie - et de générer un pulse au niveau du sol, en tapant du pied ou en demandant à un acolyte accroupi de taper des mains. Il est important que la source se trouve au ras du sol afin de pouvoir profiter du meilleur angle de réflexion vers les oreilles, situées plus en hauteur.

Qu'est-ce qu'un réseau de diffraction ?

Selon le principe de Huygens-Fresnel, lorsqu'une onde rencontre un objet solide, chaque point de l'interface entre l'objet et le milieu de propagation agit comme la source d'une petite onde sphérique, que l'on appelle une *ondelette*. Au moment de se recombiner en un front d'onde unique, ces

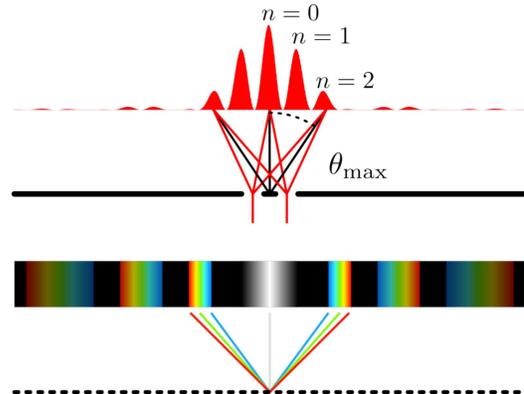


FIGURE 2 – Exemples de patrons de diffraction. Haut : profil d'intensité lumineuse pour une lumière monochromatique et une double fente. θ_{\max} correspond à l'angle d'interférence parfaitement constructive, marquée par une intensité lumineuse maximale (note : ici, seul le θ_{\max} de l'ordre de diffraction $n = 2$ est représenté). Bas : réseau de diffraction et lumière polychromatique. Puisque chaque longueur d'onde possède un θ_{\max} différent, les franges lumineuses prennent l'aspect d'un arc-en-ciel.

ondelettes, qui ont leur point d'origine en des positions différentes, interfèrent l'une avec l'autre de manière à former un patron de diffraction, c'est-à-dire un ensemble de directions de propagation où l'intensité de la lumière est plus faible (interférence destructive) ou plus élevée (interférence constructive).

L'un des cas les plus canoniques du phénomène est l'expérience de la double fente (Figure 2) : deux fentes très minces diffractent une onde lumineuse incidente de manière à faire apparaître un patron de diffraction sur un écran réfléchissant situé un peu plus loin. En augmentant significativement le nombre de fentes et en réduisant leur espacement, on obtient un réseau de diffraction, l'un des dispositifs les plus importants en spectroscopie en raison de sa capacité à séparer efficacement le spectre de la lumière incidente.

Notons aussi que les fentes peuvent être remplacées par des éléments réfléchissants ; on parle alors de réseau de diffraction en réflexion plutôt qu'en transmission.

Explication qualitative du phénomène

En progressant le long de la passerelle, le front d'onde est successivement réfléchi par les poutres de métal. Or, le délai entre l'instant d'incidence de l'onde sur une poutre et les suivantes introduit une certaine différence de phase relative entre chaque réflexion. En se recombinant sur le chemin du retour vers l'observateur, les réflexions ainsi déphasées les unes par rapport aux autres interfèrent ensemble de manière à créer un patron de diffraction dont l'origine

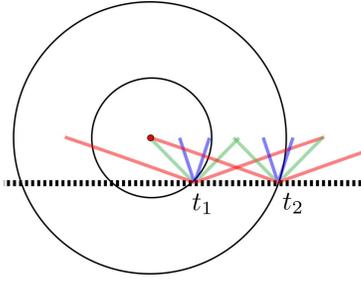


FIGURE 3 – Schéma qualitatif de l'effet de diffraction. Le front d'onde (cercles noirs) voyage le long du réseau et forme un patron de diffraction à l'emplacement du point d'impact (motifs multicolores ; chaque couleur correspond à une fréquence). Puisque le point d'impact se déplace à la vitesse du son, l'observateur intercepte différentes fréquences aux instants t_1 et t_2 . Il en résulte un glissement des fréquences entendues vers le bas. Note : la forme des patrons de diffraction n'est pas réaliste.

se situe au point d'impact entre l'onde incidente et le garde-fou. Puisque la position du point d'impact n'est pas fixe, l'observateur intercepte successivement différentes parties du patron de diffraction. Il en résulte un glissement des fréquences entendues vers le bas.

Le mécanisme est représenté schématiquement à la Figure 3.

Deux modèles

Nous entreprenons maintenant de trouver une relation exprimant l'évolution temporelle des fréquences entendues suite à l'émission d'un son de claquement. Deux méthodes différentes sont utilisées : une première, basée sur la condition d'interférence constructive appliquée à un réseau unidimensionnel (communément appelée « loi de Bragg »), et une seconde, plus rigoureuse, reposant sur la transformée de Fourier de la convolution d'un pulse sonore et de la fonction de réponse de la passerelle.

Le modèle simple

On conçoit ici chaque poutre de métal comme l'élément d'un réseau de diffraction en réflexion. On peut assez facilement montrer, à partir d'arguments géométriques (voir la Figure 4), que pour un espacement d entre chaque élément du réseau, le n ème ordre de diffraction pour une longueur d'onde λ est lié aux angles d'incidence θ_i et d'interférence parfaitement constructive θ_{\max} par la relation¹ :

$$n\lambda = d(\sin \theta_i + \sin \theta_{\max}) \quad (1)$$

Dans le cas de la diffraction sur la passerelle, dont la géométrie est illustrée à la Figure 5, on considère l'onde incidente comme un pulse spatialement cylindrique (la géométrie étant ici réduite à deux dimensions) d'une durée infiniment courte. On suppose également que la source sonore et l'observateur se trouvent au même endroit, conduisant à

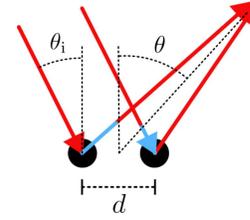


FIGURE 4 – Représentation schématique du déphasage menant à de l'interférence entre deux ondes (de longueur d'onde λ) réfléchies par des particules espacées d'une distance d . Les angles d'incidence et de sortie sont respectivement θ_i et θ . Les sections bleues sont les différences de longueur de parcours donnant lieu au déphasage. L'interférence parfaitement constructive est associée à l'angle de sortie θ_{\max} et survient lorsque la différence de distance parcourue atteint $n\lambda$, où n est un entier. On peut montrer que la condition d'interférence constructive s'énonce $n\lambda = d(\sin \theta_i + \sin \theta_{\max})$.

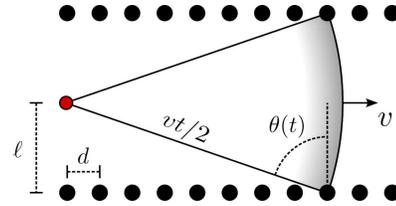


FIGURE 5 – Représentation de la géométrie du problème. Les poutres métalliques sont espacées d'une distance d et l'émetteur-récepteur se trouve à une distance perpendiculaire ℓ du garde-fou. L'angle d'incidence θ augmente à mesure que le pulse avance à la vitesse v . L'émetteur-récepteur est séparé du point de réflexion par une distance $vt/2$, où t est le temps d'aller-retour du pulse et est égal à son instant de réception.

l'égalité $\theta_i = \theta_{\max} = \theta$. L'équation (1) devient :

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2)$$

Enfin, puisque le pulse se propage dans l'espace à la vitesse du son v , on peut relier θ avec le temps t d'aller-réflexion-retour par la relation :

$$\theta(t) = \arccos \left(\frac{2\ell}{vt} \right) \quad (3)$$

Avec $\lambda = v/f$ ainsi que l'identité trigonométrique $\sin(\arccos x) = \sqrt{1-x^2}$, la substitution de l'équation (3) dans l'équation (2) donne finalement la fréquence entendue au n ème ordre de diffraction en fonction du temps :

$$f_n(t) = \frac{nv^2 t}{2d\sqrt{v^2 t^2 - 4\ell^2}} \quad (4)$$

La Figure 6 porte en graphique les quatre premiers ordres de l'équation (4) pour les valeurs numériques du tableau 1.

Les failles du modèle simple

Bien que l'équation (4) reproduit fidèlement le glissement des fréquences vers le bas, le modèle simple présente trois failles majeures.

1. Communément appelée « loi de Bragg »

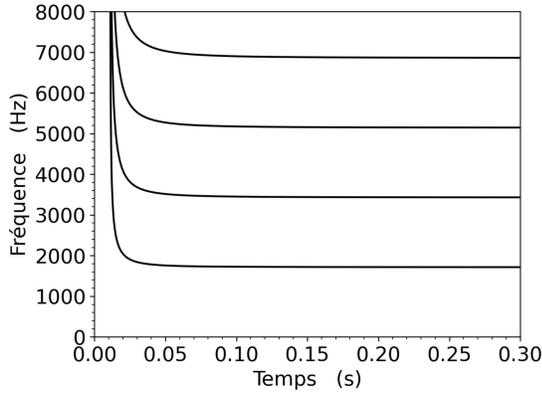


FIGURE 6 – Les quatre premiers ordres de l'équation (4) pour les valeurs numériques énoncées dans le texte. Le glissement en fréquence caractéristique s'opère dans les 50 premières millisecondes et n'implique que la première quinzaine de mètres parcourus par le front d'onde.

Les deux premières, assez évidentes, sont que l'amplitude sonore n'est jamais considérée et que la géométrie demeure bidimensionnelle. La troisième, un peu plus subtile, est qu'il donne une relation exacte entre la fréquence et le temps, qui forment pourtant un couple de variables conjuguées par une transformée de Fourier. Or, un signal très localisé dans le temps se traduit par une distribution très délocalisée dans les fréquences et vice-versa. Il est donc impossible d'associer une valeur précise de fréquence à une valeur précise de temps.

Autrement dit, l'équation (4) viole le principe d'incertitude temps-fréquence qui, dans le cadre du traitement de signal, s'énonce par la limite de Gabor :

$$\sigma_f \sigma_t \geq \frac{1}{4\pi} \quad (5)$$

où σ_f et σ_t sont les écarts-types respectifs des distributions fréquentielles et temporelles.

Le modèle simple se plaçait dès le départ dans la perspective du domaine fréquentiel; le signal était implicitement conçu comme une distribution (constante) de fréquences. Nous élaborerons dans ce qui suit un modèle qui reste dans le domaine temporel et qui a comme objectif d'obtenir un signal réaliste d'amplitude en fonction du temps. Le concept de fréquence ne se sera introduit qu'à la toute fin, indirectement, au moment de calculer la transformée de Fourier du signal.

Le modèle convolutif

Les ondes acoustiques sont de petites variations longitudinales de la pression atmosphérique, que l'on notera p . Elles obéissent à l'équation d'onde $c^2 \nabla^2 p = \ddot{p}$ qui, en coordonnées sphériques, admet comme solution générale $p(r, t) = p_0 e^{i(kr - \omega t)} / r + c.c.$, c'est-à-dire une onde sphérique.

Il en découle que toute onde progressive sphérique peut s'écrire comme le produit d'un certain profil $\phi(r - ct)$ et d'une amplitude décroissante en $1/r$:

$$p(r, t) = p_0 \frac{\phi(r - ct)}{r} \quad (6)$$

2. Nous supposons ici que la réflectance acoustique du métal est de 1 sur l'ensemble du domaine fréquentiel.

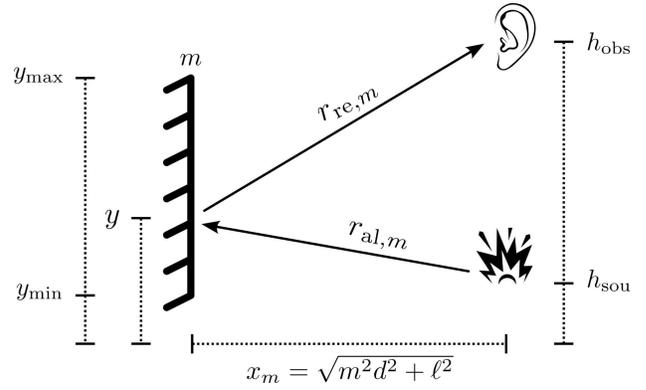


FIGURE 7 – Géométrie de la réflexion sur une poutre. Les paramètres sont les suivants (gauche à droite). y_{\min} et y_{\max} : hauteurs des deux extrémités de la poutre. y : position verticale du point de réémission d'une ondelette (agissant ici comme la variable). m : indice de l'élément du réseau (la $m^{\text{ième}}$ poutre). r_{al} et r_{re} : distances d'aller et de retour du pulse réfléchis au point y . x_m : distance horizontale entre la source et la poutre (voir la Figure 5). h_{obs} et h_{sou} : hauteurs de la source et de l'observateur.

Le point de départ du modèle convolutif est de considérer le pulse acoustique initial comme une telle onde sphérique. En se propageant le long de la passerelle, ce pulse est réfléchi par les poutres métalliques dans toutes les directions. Le principe de Huygens-Fresnel nous inspire ici à concevoir chaque point de réflexion comme la source ponctuelle d'une petite ondelette sphérique de même profil que l'onde originale. C'est en additionnant ces ondelettes réfléchies par chaque point du réseau que nous parviendrons à reconstruire le signal d'amplitude en fonction du temps. Pour ce faire, il faudra trouver à quel moment les réflexions successives du pulse initial parviennent à l'observateur et quel type de transformation s'applique à leurs amplitudes.

Notons ici que le modèle convolutif se base sur la théorie de la réponse linéaire, qui est un sujet assez avancé de la physique et dont l'idée générale est de décrire comment un système réagit à un signal d'entrée pour produire un signal de sortie. Il est donc normal que des concepts tels que la fonction de réponse et la convolution soient étrangers à certains lecteurs. Ces sujets sont toutefois étudiés en profondeur dans le cours de troisième année « Électromagnétisme avancé » (PHY 3442) dans le contexte de la réponse d'un milieu diélectrique à la radiation électromagnétique incidente.

La fonction de réponse de la passerelle

Soit r_{al} et r_{re} , les distances respectives d'aller et de retour parcourues par l'onde au cours d'un trajet reliant sa source, une particule solide réfléchissante et l'oreille de l'observateur. Comme l'indique l'équation (6), l'amplitude de l'onde est réduite d'un facteur $1/r_{\text{al}}$ suite à son parcours jusqu'à un point de réflexion. L'ondelette réémise de ce point possède donc une amplitude initiale $^2 p_0 / r_{\text{al}}$ et finale $p_0 / (r_{\text{al}} r_{\text{re}})$, le trajet du retour ayant ajouté un facteur $1/r_{\text{re}}$ supplémentaire. La valeur de t associée à sa réception par l'observateur est quant à elle $t = (r_{\text{al}} + r_{\text{re}}) / v$.

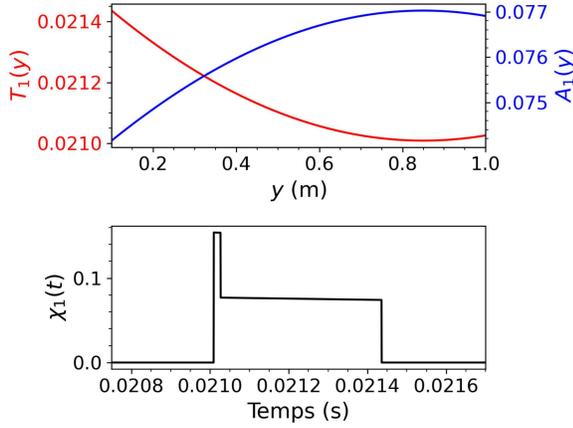


FIGURE 8 – Haut : courbes de $A_m(y)$ et $T_m(y)$ pour $m = 1$. On voit bien que deux valeurs de y distinctes existent pour $0.0210 \leq T_m \leq 0.02105$. Bas : fonction de réponse $\chi_m(t)$ pour $m = 1$. La protubérance au côté gauche démarque les valeurs de t pour lesquelles les ondelettes émises de deux positions y différentes parviennent à l'observateur en même temps.

Nous considérons donc chaque poutre métallique comme un continuum vertical de particules réfléchives, dont la géométrie est représentée à la Figure 7. Il devient alors possible de définir, pour chaque poutre d'indice m , le délai de réception $T_m(y)$ de l'ondelette réfléchie du point y ainsi qu'une certaine fonction $A_m(y)$ exprimant son amplitude relative p/p_0 perçue par l'observateur. Ces deux fonctions s'écrivent :

$$A_m(y) = \begin{cases} (r_{al,m} r_{re,m})^{-1} & \text{si } y_{\min} \leq y \leq y_{\max} \\ 0 & \text{autrement} \end{cases} \quad (7)$$

$$T_m(y) = \frac{r_{al,m} + r_{re,m}}{v} \quad (8)$$

avec (voir les Figures (5) et (7)) :

$$r_{al,m} = \sqrt{x_m^2 + (y - h_{\text{sou}})^2} \quad (9)$$

$$r_{re,m} = \sqrt{x_m^2 + (h_{\text{obs}} - y)^2} \quad (10)$$

$$x_m = \sqrt{\ell^2 + m^2 d^2} \quad (11)$$

Cependant, nous nous intéressons ultimement à la construction d'un signal d'amplitude paramétré par le temps, pas à un couple de fonctions distinctes d'amplitude et de temps paramétrées par y . Nous devons donc inverser l'équation (8) pour trouver $y_m(t)$, puis l'insérer dans l'équation (7).

Cette opération nous conduit à obtenir $\chi_m(t)$, la *fonction de réponse* du $m^{\text{ième}}$ élément du réseau. La Figure 8 montre les courbes de $T_m(y)$, $A_m(y)$ et $\chi_m(t)$ pour $m = 1$.

En additionnant la contribution de chaque poutre, on trouve la fonction de réponse totale de la passerelle :

$$\chi(t) = \sum_m \chi_m(t) \quad (12)$$

Calcul numérique de $\chi_m(t)$

$T_m(y)$ est une hyperbole tronquée. Par conséquent, son inverse n'est techniquement pas une fonction, car certaines valeurs de T_m correspondent à deux valeurs de y . L'inversion consiste donc à tout d'abord définir une maille régulière de valeurs discrètes de temps $\{t_i\}$ (espacées de Δt), puis à résoudre numériquement l'équation $T_m(y) - t_i = 0$ pour chaque t_i , en ne conservant que les solutions comprises entre y_{\min} et y_{\max} .

Si deux solutions existent pour un certain t_i , la fonction de réponse doit tenir compte de ces deux contributions. Physiquement, cela signifie que les ondelettes réémises de deux positions y différentes atteignent l'observateur en même temps ; il faut donc additionner les deux amplitudes.

On peut définir la fonction de réponse à l'aide de l'algorithme suivant :

- Deux solutions $y_m^{(1)}(t_i)$ et $y_m^{(2)}(t_i)$ dans l'intervalle $y_m^{(j)}(t_i) \in [y_{\min}, y_{\max}]$:

$$\chi_m(t_i) = A_m(y_m^{(1)}(t_i)) + A_m(y_m^{(2)}(t_i))$$

- Une seule solution $y_m(t_i)$ dans l'intervalle $y_m(t_i) \in [y_{\min}, y_{\max}]$:

$$\chi_m(t_i) = A_m(y_m(t_i))$$

- Aucune solution dans l'intervalle $y_m(t_i) \in [y_{\min}, y_{\max}]$:

$$\chi_m(t_i) = 0$$

Convolution et spectrogramme

La fonction de réponse nous informe sur la transformation appliquée par le réseau sur un signal d'entrée - dans notre cas, le profil d'onde $\phi(t)$ - pour produire un signal de sortie $s(t)$. Puisque le front d'onde incident possède une étendue temporelle non-nulle, il faut tenir compte du fait que l'observateur reçoit simultanément plusieurs parties de l'onde réfléchies par différents éléments du réseau. Par exemple, si Δt correspond au temps requis à l'onde pour traverser la distance séparant les éléments m et $m + 1$, l'observateur entendra les réflexions $\chi_m(t)\phi(t)$ et $\chi_{m+1}(t)\phi(t + 2\Delta t)$ en même temps.

Chaque valeur du signal de sortie est donc l'accumulation d'une infinité d'interactions entre le front d'onde et le réseau, toutes survenues à des positions et instants différents. Cette accumulation prend la forme mathématique d'une *convolution* entre le signal d'entrée et la fonction de réponse :

$$s(t) = (\phi * \chi)(t) = \int_{-1}^{\infty} \phi(\tau)\chi(t - \tau)d\tau \quad (13)$$

Nous obtenons de ce fait un signal d'amplitude en fonction du temps. Une section de ce dernier est présentée à la Figure 9 aux cotés du reste de la procédure de convolution.

Cependant, puisque $s(t)$ ne signifie pas grand chose sans être joué par un haut-parleur, il faut trouver un moyen de le représenter graphiquement comme un spectre de fréquences

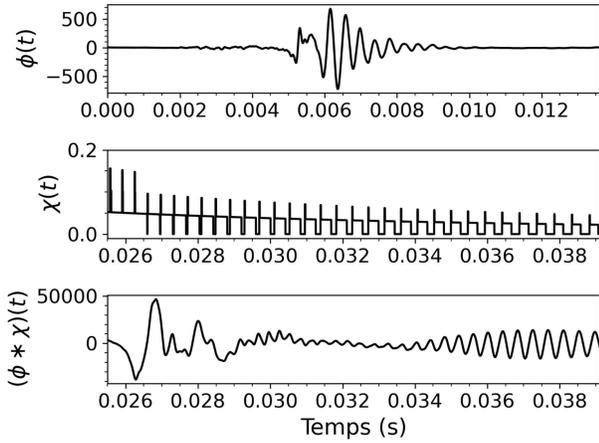


FIGURE 9 – Haut : fichier audio de l'un des huit pulses $\phi(t)$. Milieu : zoom sur une section de la fonction de réponse totale $\chi(t) = \sum_m \chi_m(t)$ de la passerelle. Bas : zoom sur la même section de la convolution $(\phi * \chi)(t)$. Les trois graphiques montrent un intervalle temporel de 14 ms. Sur le graphique du milieu, on constate que pour $t < 0.0265$ s, le front d'onde n'a pas le temps de terminer sa réflexion par l'élément m avant de parvenir à l'élément $m + 1$.

qui évolue dans le temps. Ce résultat peut être obtenu en calculant la transformée de Fourier à fenêtre glissante du signal (STFT : *Short Time Fourier Transform*), définie comme :

$$S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)w(t - \tau)e^{-i2\pi ft} dt \quad (14)$$

où $w(t - \tau)$ est une enveloppe glissante. Contrairement à la transformée de Fourier ordinaire, qui tient compte de l'ensemble du signal simultanément, la STFT opère séquentiellement sur de petits segments du signal, ce qui permet de révéler l'évolution temporelle des fréquences qui composent $s(t)$. Évidemment, en raison du principe d'incertitude temps-fréquence, plus $w(t - \tau)$ est étroite, plus la résolution temporelle est fine ; à l'inverse, plus elle est large, plus la résolution fréquentielle s'en trouve améliorée. Dans notre cas, nous ne nous intéressons qu'à la norme de la STFT, c'est-à-dire à $|S(t, f)|$, qui porte le nom de *spectrogramme*.

Afin d'assurer un maximum de réalisme, plusieurs clapements de mains ont été enregistrés pour faire office de profils d'onde. Les enregistrements ont été effectués au milieu d'un parc urbain relativement calme, à plus de 50 mètres de toute structure bétonnée susceptible de causer des échos à moins de 300 ms des pulses ; les huit meilleurs ont ensuite été retenus pour le reste de la procédure.

Avant de convoluer les huit $\phi(t)$ avec la fonction de réponse, il a été nécessaire d'augmenter artificiellement le taux d'échantillonnage des enregistrements, la résolution temporelle-fréquentielle de la STFT permise par le taux standard de 44.1 kHz s'étant avérée insatisfaisante. Les fichiers audio ont donc été interpolés pour atteindre un taux d'échantillonnage de 2.0 MHz, puis légèrement lissés à l'aide d'un filtre Savitzky-Golay. La fonction de réponse $\chi(t)$ a par la suite été générée avec un pas de temps de 0.5 μ s (l'inverse du taux d'échantillonnage de 2.0 MHz) puis convoluée avec les enregistrements (Figure 9), donnant huit différents signaux

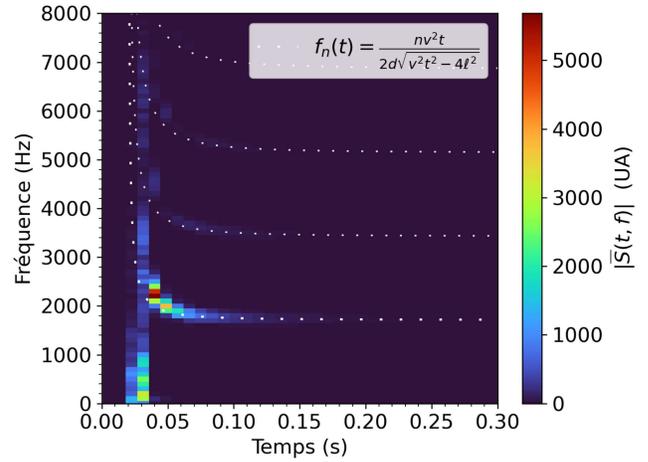


FIGURE 10 – Moyenne des spectrogrammes des huit pulses. Les traits pointillés suivent la courbe analytique du modèle simple (équation (4)). La zone chaude autour de $t = 0.03$ s et $f = 0$ Hz est en fait l'ordre zéro de la diffraction, c'est-à-dire l'écho du pulse réfléchi vers l'observateur sans subir d'interférence.

$s(t)$. Les spectrogrammes de chacun de ces signaux ont été calculés avec une fenêtre $w(t)$ de type Hann d'une longueur de 20 000 points de temps.

La moyenne des spectrogrammes (Figure 10), $|\bar{S}(t, f)|$, constitue le résultat final du modèle convolutif.

On constate sur la Figure 10 que les courbes de $f_n(t)$ (équation (4)) suivent de près les zones chaudes du spectrogramme moyen, mais que seule la diffraction d'ordre 1 contribue significativement au signal.

Conclusion

Les deux modèles présentés dans cet article fournissent des résultats similaires, le plus important étant le glissement des fréquences vers le bas lors du premier dixième de seconde suivant la génération du pulse. Le premier modèle, basé sur la condition d'interférence constructive, permet de dériver les caractéristiques essentielles du phénomène de diffraction de manière simple et analytique. Le modèle convolutif fournit quant à lui un haut degré de réalisme.

La comparaison des deux modèles permet en fait de sonder la nature même de la diffraction au delà du contexte du phénomène acoustique entendu sur la passerelle du MIL. En effet, la diffraction est la plupart du temps expliquée au moyen de concepts tels que la longueur d'onde et le déphasage. Or, elle émerge naturellement du modèle convolutif, qui demeure tout le long dans le domaine temporel et n'utilise jamais de tels concepts.

Il va sans dire que nous nous penchons ici que sur la modélisation théorique du phénomène ; la seule confirmation de la validité des modèles provient de la comparaison des résultats représentés aux figures 6 et 10 avec l'observation auditive directe. La suite naturelle expérimentale serait donc de tenter de mesurer l'effet directement au moyen d'instruments audio plus sophistiqués que des microphones de téléphones intelligents.

Valeurs numériques

Le tableau 1 contient les valeurs des constantes numériques utilisées dans l'ensemble des calculs.

v	343 m/s
d	0.1 m
ℓ	3.5 m
y_{\min}	0.2 m
y_{\max}	1.2 m
h_{sou}	0.0 m
h_{obs}	1.7 m

TABLE 1 – Valeurs numériques utilisées dans les calculs.

Enquête : des événements surnaturels surprenants survenus au campus MIL

Un reportage d'ÉMILE DESCHAMPS

Jean Charest, l'esprit frappeur du MIL. Personne ne sait quand il est né, la vraie question est plutôt : quand est-il mort ? Comment est-il mort ? Pourquoi est-il mort ? Quelle est sa couleur préférée ? Ce sont ces questions qui nous ont poussé à investiguer le sujet, armés de notre curiosité et de prudence, avec comme seule piste des rumeurs racontant que la mort du revenant aurait à voir avec le MIL lui-même. . .

La légende raconte que depuis sa mort tragique, son esprit est resté attaché au bâtiment. En guise de vengeance, il se glisse près des gens et, dès que par mégarde ceux-ci regardent ailleurs, il tape sur leur épaule et disparaît aussitôt sans laisser de trace. Ses victimes se retournent ensuite dans sa direction, croyant naïvement que quelqu'un les a interpellées ; mais quel choc vivent-elles à la réalisation qu'il n'y a personne en vue ! Certaines ne s'en remettent pas et doivent être conduites d'urgence à un prêtre qui les exorcise de toute trace du poltergeist. Plusieurs n'osent pas revenir au MIL en raison de leurs épaules trop frêles, d'autres ont des épaulettes pour s'en protéger, mais personne à ce jour n'a réussi à esquiver son toucher maléfique.

À travers cette enquête, nous avons interrogé témoins et experts, nous sommes allés sur le terrain et après un travail acharné, nous avons fini par révéler une partie du mystère entourant le fameux fantôme. . .

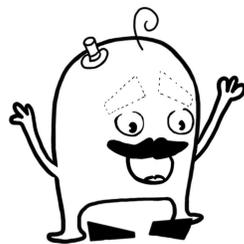
20 juillet 2024 - La première visite des lieux

Huit jours après que cette histoire ait atterri sur notre bureau, nous allons pour la première fois au campus MIL où notre contact, Pauline*, a été victime de Jean Charest alors qu'elle dînait avec ses collègues. Elle nous a expliqué que son histoire est loin d'être unique,

car parmi les visiteurs fréquents du lieu, plusieurs prétendent recevoir un toucher fantomatique au moins une fois par semaine.

Nous allons donc rejoindre Pauline devant l'entrée principale de l'aile B du bâtiment, d'où elle nous fait visiter les lieux. Aussitôt à l'intérieur, nous remarquons l'inquiet sur les visages, les regards évitants, et l'absence totale de conversations de couloir. Pauline nous assure que ces comportements sont attribuables à la faune de l'aile B composée principalement de scientifiques, et non au fantôme. À vrai dire, les gens semblent habitués à sa présence, munis d'une résistance routinière à son influence néfaste.

C'est rendu dans une certaine cage d'escaliers prémonitoire que je perçois pour la première fois ce sentiment qui allait me hanter pour le reste de mon investigation. Dès que je referme la porte derrière nous, des frissons me parcourent le dos en guise de mauvais présage. Alors que nous suivons Pauline, je tourne malencontreusement ma tête vers la gauche pour parler à Nicolas lorsque, d'un coup, le temps s'arrête et je sens un toucher sur mon épaule droite, me signifiant que quelqu'un veut me parler dans cette même direction. Sans que je réalise ce qui m'arrive, ma tête se tourne par elle-même. Je ne vois personne, et je comprends alors, figé par une terreur invisible, que Jean Charest est bel et bien réel, et qu'il est venu m'accueillir dans sa demeure pour me signifier que je n'y suis pas le bienvenu. Je m'évanouis.



21 juillet 2024 - Une réalisation

À mon réveil, ma tête est remplie d'un brouillard de pensées. Je suis dans un lit à l'urgence, un bandeau enroulé autour de ma tête et une infirmière à mes côtés qui prend des notes en m'observant. On m'explique que je suis tombé dans les escaliers à la suite d'un choc trop grand qui m'a fait perdre connaissance, et que je souffre maintenant d'une commotion mineure. Je suis chanceux de m'en être autant bien tiré selon le médecin, mais moi je ne crois pas à la chance. Je sais que Jean Charest n'a pas essayé de me tuer, il m'a simplement averti : si je retourne au MIL, je ne serai pas aussi chanceux une deuxième fois ; il faudra donc abandonner l'enquête ou vivre avec les conséquences de mon affront.

Je m'extirpe de l'hôpital aussi vite que possible et aussitôt dans le bus, j'appelle Nicolas pour lui annoncer qu'il devra abandonner tous les projets qu'il avait ce soir même pour m'aider à bâtir un plan d'action qui nous mènera à percer les mystères du spectre toucheur.

24 juillet 2024 - Le premier plan en exécution

Après trois jours de planification, les premiers préparatifs sont faits : cette fois-ci, nous allons pénétrer le bâtiment équipés des épaulettes de football les plus épaisses que j'ai pu trouver. En plus, cette fois-ci, nous apportons notre amie Marianne en guise d'appât pour notre fantôme, pour ensuite essayer de capter sa présence à l'aide d'un détecteur de fantômes haut de gamme (l'Électron Libre a un budget assez important, heureusement) alors qu'il visera cette étudiante sans défense.

Le soir venu, notre trio s'infiltré dans le MIL alors que ses habitants

désertent les lieux. C'est le moment parfait, car un soir d'été comme celui-là, le spectre a peu de victimes à viser et on aura plus de chances de l'attirer vers nous. Nous nous installons dans la même cage d'escalier où j'avais senti le toucher glacial pour la première fois, essayant de maximiser nos chances. Après avoir allumé détecteur, caméra, micro, lampe UV et capteur d'ondes quantiques, nous sommes en position, Nicolas et moi armés d'épaulettes, observant une Marianne à l'affût de tout signe d'une quatrième présence.

L'attente est interminable. Nous sommes tous crispés, les six sens alertes, sans mot et sans mouvement, retenant même nos pets et nos étournements, car nous savons que le fantôme ne reste pas longtemps sur place après avoir frappé. À vrai dire, je suis presque en état de transe lorsque Marianne lève subitement la tête pour nous signifier qu'il se passe finalement quelque chose d'anormal. Aussitôt, le détecteur de fantômes se met à sonner et l'air devient glacial pendant une seconde, pas plus. Aussi vite qu'elle est apparue, la sensation d'effroi disparaît. Nous nous précipitons sur Marianne pour lui éviter une commotion, puis sur nos appareils pour enregistrer tout ce qui vient de se passer. Enfin, croyons-nous, voilà une chance de prouver définitivement l'existence de l'esprit frappeur !

Un peu après, dans notre voiture, nous regardons attentivement la vidéo afin de voir si Jean Charest laisse une trace tangible lors de son passage, mais malgré nos efforts, nous ne décelons rien de plus que notre détecteur de fantômes qui sonne frénétiquement. Pas un pixel remarquable dans la vidéo, pas un bruit anormal dans l'audio, pas une onde quantique en vue. Je décide alors de changer d'approche. Si on veut en apprendre plus, il va falloir user de ruse et se renseigner plus assidûment sur le sujet.

1^{er} août 2024 - Des recherches et des culs-de-sac

La semaine suivant notre expérience sur le terrain est un enchaînement désordonné de diverses recherches, culs-de-sac et pistes prometteuses. De son côté, Nicolas s'est distancé de l'enquête pour s'attarder à d'autres projets, comme son travail par exemple. Mais je n'ai rien à faire de ces broutilles, car une seule énigme occupe mon esprit en ce moment : pourquoi Jean Charest agit-il ainsi ? Ce simple questionnement m'a mené dans un abysse sans fond de questions qui émergent sans cesse des réponses que je déniche. J'en ai même oublié un peu cet article, mais maintenant que je suis sorti de ce trou noir d'information, voici un résumé de mes trouvailles.

Je me suis d'abord informé au sujet des phénomènes surnaturels pour orienter mes recherches. Heureusement, le cas de Jean Charest n'est pas le seul en son genre, et plusieurs chasseurs de fantômes ont documenté des cas de bâtiments hantés qui s'apparentent au mien. Selon la plupart des experts en matière de fantômes et autres apparitions spectrales, lorsqu'une âme reste attachée à un bâtiment spécifique pour tourmenter ses occupants, c'est qu'il y a eu un événement majeur dans sa vie lié à ce bâtiment, le plus souvent en lien avec sa mort. De plus, les exorcistes préfèrent habituellement laisser le fantôme venir à eux à travers des rituels obscurs qui permettent d'entrer en communication avec lui, mais je n'ai trouvé nulle part des détails sur ces sorts qui semblent réservés aux initiés. Il va donc falloir que je trouve un exorciste prêt à m'aider.

Imbu de ce savoir, j'ai compris que peu importe qui était ce spectre avant sa mort, il avait probablement un lien le rattachant au lieu qu'il ne quittait plus maintenant. Cependant, je n'ai trouvé nulle part d'information concernant quiconque s'appelant Jean Charest, ayant un lien avec le MIL, et qui est décédé. Le seul Jean Charest qui res-

sortait de mes recherches était un philanthrope qui avait financé la construction du campus il y a des années, mais celui-ci n'avait pas encore quitté ce monde.

J'ai par la suite élargi mes recherches, ignorant si le nom qu'on attribuait à ce démon était vraiment le sien. Fouillant dans les archives de la faculté des arts et des sciences de l'université, je n'ai trouvé personne qui a étudié, enseigné ou travaillé dans un département scientifique et qui y est mort depuis l'inauguration du bâtiment. Quant aux autres employés et étudiants fréquentant les lieux, aucun n'avait connu sa fin près de là. J'ai ensuite essayé de trouver une quelconque information dans les archives médiatiques mentionnant un accident grave au MIL, mais cela ne m'a pas mené plus loin. Enfin, j'ai eu l'idée de m'attarder aux ouvriers qui ont construit le bâtiment car, après tout, ce dernier est plutôt récent et j'aurais peut-être des chances de trouver des informations pertinentes à ce sujet. J'ai réussi à savoir quelle compagnie avait fourni le plus de main-d'œuvre au chantier, je les ai donc contactés pour leur demander s'ils pouvaient m'accorder une entrevue. J'en ai aussi profité pour tenter de contacter la direction de l'université pour savoir si des informations étaient cachées du public. Si oui, je vais tout faire pour les obtenir.

Finalement, après huit jours de recherches intensives, j'ai pu trouver une soi-disant exorciste qui était prête à m'aider. J'ai des réserves à son sujet puisque jusqu'à récemment, j'associais les exorcistes à des charlatans, mais je dois quand même la rencontrer demain.

2 août 2024 - La rencontre avec l'expert

J'arrive chez l'exorciste à 8h du matin, dans un bâtiment anodin de Parc-Extension au milieu des appartements et des restaurants. Christophe*, mon contact, m'accueille dans un vestibule où même la lumière du jour craint d'entrer. Il

me prie de le suivre, pour rencontrer sans plus tarder l'exorciste en question. À l'intérieur, mes yeux inadaptés ne voient que la lueur de la bougie de mon guide, qui m'emmène vers sa collègue dans un silence brisé seulement par le craquement du plancher sous nos pas. Autour de moi, je ne perçois que des ombres qui laissent deviner des pièces adjacentes, mais dont le contenu m'échappe. Nous arrivons finalement au bout du long couloir qui mène à un bureau plus intrigant qu'inquiétant.

La lumière ne provient encore que des bougies, mais elles se comptent ici dans les dizaines, jonchant les murs de la pièce et le sol barbouillé d'inscriptions runiques. Au centre se trouve un autel qui se révèle en réalité être une pile de vieux livres, sur lequel était déposé un immense grimoire dans lequel est plongé notre exorciste, si concentrée qu'elle ne remarque pas mon arrivée. La figure recroquevillée devant moi pourrait être prise pour une gargouille tant elle est repliée sur son livre, complètement recouverte par une vieille guenille noire qui accumule la poussière à vue d'œil. Elle marmonne en lisant frénétiquement ligne après ligne de son manuel de sorcière, sirotant parfois une tasse qui, à la lueur de chandelle, semble remplie de goudron.

Je lance une salutation timide, qui provoque la surprise immense de la goule et une tasse presque renversée sur ses livres. Elle me toise en se relevant de peine et de misère de sa position de rocher, et ne me quitte du regard que pour s'étirer les articulations dont le craquement retentit partout dans l'appartement lugubre. Après s'être finalement relevée, elle tire sur une chaînette qui pend du plafond et soudainement, la pièce s'illumine d'une lumière froide issue de néons vrombissants.

Au travers de ses nombreuses plaintes sur ses maux de dos et d'yeux et de ses instructions à Christophe pour qu'il lui apporte un

déjeuner, j'apprends de l'exorciste qu'elle s'appelle en réalité Flora* (et non Grimoria la Grande, comme sa page Facebook l'affirme fièrement) et qu'elle est formée à l'école d'exorcisme de Saint-Jérôme, une de meilleures de toute l'Amérique du Nord (et responsable en partie de la réputation si particulière de la petite ville). Elle m'invite à déjeuner avec elle et j'accepte joyeusement, la suivant jusque dans sa cuisine entièrement décorée de comptoirs et d'armoires noirs. Je m'assois dans une chaise comiquement haute et lui explique enfin mes problèmes de fantôme.

Heureusement, la jeune dame accepte de m'aider et d'aller au MIL pour tenter de communiquer avec l'esprit, mais malheureusement pour la direction de l'électron libre, son taux horaire sous-entend que son temps est très précieux et qu'il va falloir agir efficacement une fois sur place. Elle me donne rendez-vous quelques jours plus tard pour faire ses préparatifs, et je repars donc, plus confiant que jamais, pensant déjà aux questions que j'aurai pour le poltergeist qui me hante depuis trop longtemps déjà.

5 août 2024 - Le deuxième plan en action

Le lundi soir suivant, je retrouve l'exorciste et son collègue (ou bien son partenaire, je ne comprends pas bien leur relation...) près du MIL pour un caucus. Elle me met en garde, afin que que j'agisse comme il le faut pour que le spectre puisse tomber dans le piège qu'elle va lui tendre et ainsi se prêter à mon interrogatoire. J'enfile ensuite un collier auquel est attaché un énorme talisman qui me protégera du toucher maléfique tout le long du rituel. Enfin, nous sommes prêts au moment de vérité.

À l'intérieur du bâtiment, nous déterminons que le meilleur endroit pour ne pas se faire déranger par un employé est le stationnement le plus profond, qui est vide à cette heure-ci. J'aide Flora à installer son

matériel, puis je me range sur le côté pour la voir préparer un cercle de sel en murmurant des incantations cryptiques. Ensuite, notre trio se place à l'intérieur, s'asseyant autour d'un vase de jade hexagonal recouvert de runes et de motifs hypnotisants. Nous joignons nos mains (celle de Christophe est désagréablement moite) et Flora récite une prière, suivie d'appels répétés pour attirer l'attention d'un fantôme. J'attends ainsi plusieurs minutes avant de remarquer un faible vent glacial qui semble souffler vers le milieu du cercle. Le vent s'arrête subitement lorsque j'entends un grondement provenant du vase. J'aperçois un mince sourire sur les lèvres de mes comparses.

Enfin, j'ai réussi! J'ai une occasion inespérée de communiquer avec l'esprit, et aussitôt que l'exorciste m'affirme que je peux lui adresser la parole, je cache mon enthousiasme pour sortir mon calepin et prendre note de tout ce qui va sortir de l'échange.



Jean Charest est bizarrement silencieux au premier abord, mais quand je lui pose finalement ma première question, la médium lui ordonne de répondre et une voix émane abruptement du vase. Le fantôme parle avec un accent critique-ment québécois et avec une voix rauque qui sent la cigarette à travers le voile de la mort. Il ne répond à aucune question, cependant, affirmant à répétition qu'on ne veut que l'expulser des lieux « comme les autres salauds de la ville ». Je martèle la promesse qu'on n'est là que pour lui parler, et après quelques minutes de ce manège, il se décide finalement

à nous écouter sérieusement. Plusieurs choses sortent de cet échange que je ne relaterai pas entièrement, mais voici les éléments clés de mon « entrevue » avec le revenant :

D'abord, Jean Charest n'est pas son vrai nom (en réalité, personne ne sait vraiment d'où vient ce surnom); il s'appelle Jean Chagnon et est natif de Montréal, né en mille-neuf-cent-longtemps. Sa couleur préférée est le bleu. Selon ses dires, il a habité de sa retraite à sa mort dans une maison située sur le site de l'ancienne gare de triage où se situe présentement le MIL (j'ai vérifié par la suite et il existait bel et bien un petit développement construit à la place d'anciens chemins de fer qui n'a vécu que le temps que l'Université de Montréal acquière le site en 2006, après quoi les habitants de ces quelques maisons ont dû déménager). Cependant, un seul est resté, et c'était Mr. Chagnon, qui refusait de céder sa maison malgré les innombrables plaintes et avis de la ville et de l'université. Il n'a jamais quitté sa maison par la porte à partir du moment où il s'est mis à craindre qu'on ne vienne la démolir pendant son absence. Il comptait sur un tunnel secret qui débouchait de l'autre côté des rails pour faire une épicerie de temps en temps ou voler des fils de cuivre pour financer ladite épicerie.

C'est dans ce même tunnel qu'il a connu son sort, à l'époque de la construction du campus, alors qu'on effectuait des travaux d'excavation directement au-dessus de lui et qu'un coup de pelle en trop provoqua l'effondrement de son passage souterrain. Jean ne se souvient de rien à partir de ce moment jusqu'à ce qu'il reprenne conscience des années plus tard, à l'inauguration du MIL. Il n'était alors qu'une ombre de lui-même, condamné à errer dans le bâtiment qui le retenait prisonnier, comme il l'a appris en essayant de sortir pour retrouver sa demeure. Sa maison, malheureusement pour lui, avait été démolie peu de temps

après sa mort; le fantôme l'avait réalisé rapidement en voyant à quel point le site avait changé depuis son dernier souffle.

Depuis son réveil, l'esprit de Jean Chagnon essaie désespérément de se sortir de sa prison de verre et d'acier, mais le seul moyen qu'il a d'agir autrement que d'errer sans but est de tenter la communication avec les vivants. Malheureusement pour lui, malgré ses efforts, il n'arrive à rien sauf à faire peur aux gens, et ça le désespère. Ainsi, le fantôme s'est résigné à hanter sans but le MIL, n'ayant aucun espoir de se sortir de son châtement éternel.

Après nous avoir dit ces dernières lignes, l'esprit se tait pour de bon, et Flora m'affirme qu'on n'en tirera plus rien et qu'il vaut mieux le libérer. Je referme mon calepin rempli de notes et nous ramassons tout pour nous éclipser par la suite sans laisser de trace. J'ai d'autres rencontres planifiées dans les jours suivants et ces nouvelles informations recontextualisent celles-ci considérablement.

9 août 2024 - Une entrevue révélatrice

Les jours suivant mon expérience surnaturelle, je les passe surtout à débriefer Nicolas sur tout ce qui s'est passé et à remettre de l'ordre dans le dossier à la lumière de toutes mes découvertes. Aujourd'hui, cependant, nous allons éclairer un aspect qui me titille énormément, à savoir l'emplacement actuel du cadavre du vieux Jean. J'ai réussi à obtenir une entrevue avec un des contremaîtres qui était présent au début du chantier du MIL. Il a fallu pousser énormément et même que je me présente aux bureaux de son employeur trois fois avant que quelqu'un ne cède et veuille me parler sous prétexte que j'écris un article sur l'histoire du MIL. Si quelqu'un sait quoi que ce soit à propos de la dépouille, c'est soit lui, soit un de ses collègues.

Vers l'heure du midi, nous entrons dans le bureau de Jamel*, ce-

lui qui a accepté de me parler, et je remarque tout de suite son air subtilement inquiet, suspicieux pour quelqu'un qui est supposément là pour parler d'un simple contrat de travail passé. Après quelques questions sur le chantier en général pour le mettre à l'aise, mes suspicions se révèlent fondées dès que je passe à la véritable raison de ma présence. Je lui demande s'il sait quoi que ce soit sur un certain Mr. Chagnon qui aurait causé du trouble au début du chantier. Sa réponse est immédiatement de me demander comment je sais que cet homme existait. Je suis extrêmement surpris de voir qu'il croyait que l'existence du vieil homme était un secret bien gardé, puisqu'en soi, cette histoire n'a rien de suspect. Je lui réponds prudemment que j'ai été mis au courant en lisant un vieil article archivé sur internet. Après une pause réflexive, le costaud bonhomme commence son récit. Il me dit qu'au début de son contrat, on l'a averti que la seule maison encore debout sur le site de construction ne pouvait pas être touchée tant que la ville n'arrivait pas à évincer son seul habitant. Les ouvriers ont quand même commencé les travaux d'excavation et de préparation pour avoir le moins de délais que possible une fois le problème réglé. Sur le lieu de travail, la maison était presque mythique, tant on racontait de fables et d'histoires sur son propriétaire. À un moment, personne n'osait s'en approcher trop par peur de représailles, car on connaissait l'aversion du vieil homme pour les travaux.

Un jour, plus personne n'a entendu ou vu quoi que ce soit en provenance de la maison. Après quelques semaines sans signe de vie, tout le monde a cru que le grincheux était enfin mort dans son isolement, mais là encore personne n'osait vraiment regarder de plus près à cause du mythe entourant le bâtiment. Après un mois de silence environ, la police a fouillé la maison sans jamais trouver de corps; ils ont fini par déclarer Jean Chagnon disparu et la

ville, sautant sur l'occasion, a enfin ordonné la destruction de sa maison.

Après ce récit, Jamel nous explique que l'histoire se finit là, mais ayant parlé au défunt, je sais qu'il en cache plus. Je choisis mes mots attentivement pour n'en révéler pas plus qu'il faut, et je demande innocemment si vraiment personne n'a retrouvé de trace du vieil homme après coup. Cachant mal son intrigue devant mon insistance, il réitère que ses collègues et lui n'ont plus entendu parler de l'histoire après la disparition, ce à quoi je réponds qu'une source fiable m'a informé que l'ermite avait creusé un tunnel sous le chantier et que ses quelques voisins qui étaient au courant savaient que le tunnel s'était écroulé lors des travaux. Aussitôt, toute illusion de bonhomie s'efface du visage de mon interlocuteur. Il commence par m'insulter en disant que je suis venu pour détruire sa réputation, mais je le rassure longuement que je cache son identité dans tous mes documents. Il réfléchit, puis me dit en me fixant d'un regard rempli de remords qu'on avait bel et bien retrouvé le corps sur le chantier.

Le lendemain du jour où on a vu le dernier signe de vie de la maison, un travailleur qui creusait non loin de là avec sa pelle mécanique a vu une partie du terrain s'effondrer devant lui. C'était un événement bien étrange, et il a obtenu l'aide de ses collègues pour étudier cette cavité qu'ils ont découvert comme étant un tunnel qui menait directement vers la fameuse maison. Jamel faisait partie de cette équipe de recherche, et il était donc là quand ils ont retrouvé le corps du vieil homme, enfoui sous une partie du terrain qui s'était effondré sous le coup de pelle. Il m'avoue avec culpabilité qu'il a été complice dans les actions entreprises par un autre contremaître, qui affirmait que cette affaire, si elle était révélée au public, compromettrait non seulement le chantier en cours, mais la compagnie pour la-

quelle ils travaillaient tous. Les gens présents ont donc fait un pacte verbal de ne jamais mentionner cet événement à quiconque, pas même à leurs proches, et d'enfouir le corps du vieux bonhomme sous les fondations du MIL (une compensation financière a aussi été donnée aux gens présents pour acheter leur silence).

Cette histoire est incroyablement révélatrice, non seulement pour le cas de Jean Chagnon, mais aussi par rapport à la corruption de l'entreprise de construction qui ne pardonnerait pas de voir cette affaire divulguée ici. Heureusement, nous n'avons divulgué ni nos vraies identités, ni le journal pour lequel nous travaillons, et de toute manière, j'ai garanti à Jamel que son employeur ne verrait jamais cette information (la portée de l'électron libre a ses limites, après tout).

Après nous être assurés de ne pas nous faire suivre, nous sortons du bureau et je pars directement après pour aller chez l'exorciste en lui annonçant mon arrivée imminente pour tenter d'éclaircir une bonne fois pour toutes les choses. En chemin, je décide aussi d'interrompre tout contact avec la direction de l'université pour l'instant, car il vaut mieux garder l'affaire discrète avant d'avoir plus d'informations et de preuves.

* * *

Arrivé chez Flora, je n'ai pas le temps de cogner que Christophe m'ouvre déjà la porte et m'emmène vers une Flora surexcitée qui attend avidement les nouveaux morceaux de l'histoire. Je lui révèle ce que je sais maintenant du destin charnel du défunt, mais en plein milieu de mon récit elle se met subitement à fouiller dans sa bibliothèque en ignorant complètement la fin de mon histoire.

Je vais donc l'attendre dans la cuisine avec son collègue, qui me sert le thé dans un ensemble de vaisselle de très mauvais goût (les tasses sont en forme de têtes d'insectes et la théière est une araignée

qui éjecte le thé comme une toile). En lui parlant, j'apprends qu'il est simplement le colocataire de Flora, et qu'elle doit travailler de la maison parce qu'un bureau coûte bien trop cher de nos jours. Il apprécie quand même sa présence et l'aide même dans ses travaux car il a développé une fascination pour l'occulte à force de cohabiter avec une exorciste.

Sa colocataire nous interrompt finalement pour nous résumer sa nouvelle théorie. Selon elle, la raison pour laquelle le fantôme est emprisonné dans le bâtiment est que son corps est prisonnier comme lui, comme je m'en doutais. Cependant, ce genre de situation n'arrive pas dans tous les cas où un corps est coincé comme tel. Il a fallu que des gens commettent l'acte de l'emprisonner et que personne ne lui offre de rituel funéraire avant de l'enterrer. Enfin, ce qui a scellé son sort, c'est l'entêtement de l'esprit à rester sur place pour protéger sa maison. Il n'a jamais été prêt à mourir et même lorsqu'il ne restait plus rien à défendre, Jean Chagnon n'a jamais fait sa paix. Malheureusement, lui faire accepter son sort ne suffirait pas à le sauver maintenant. Après que la fantomisation a eu lieu, il est impossible de libérer un esprit sans d'abord libérer le corps y étant rattaché de sa prison physique et lui offrir une forme de sépulture (même une crémation ou une fosse commune ferait l'affaire).

C'est ainsi que Flora nous affirme que l'histoire se termine pour nous, car aller plus loin impliquerait de défaire les fondations du MIL, sans même savoir où exactement le corps se situe. J'ai de la misère à accepter cela, car voilà maintenant des semaines que je me dédie à cette affaire sans relâche, mais il faut accepter les faits et admettre que mon enquête a touché à sa fin et que plus d'acharnement ne donnerait rien de plus. Je quitte donc mes nouveaux amis pour retourner à la direction de l'électron libre, pensant à tout ce que je viens d'apprendre et aux

implications (légalles, entre autres) de cet article que vous lisez en ce moment, qui est le fruit de tout cet effort. J'ose au moins espérer que celui-ci va changer la mentalité de mes lecteurs, qui ne blâmeront plus le fantôme pour leurs malheurs, mais plutôt les gens qui l'ont emprisonné là, sans scrupules et sans remords...



Conclusion - Une enquête inachevée

Je n'aurais jamais cru qu'une histoire qui m'apparaissait si anodine voilà un mois m'aurait amené si loin. En chemin, j'ai été introduit au curieux monde de l'occulte qui nous entoure plus qu'on ne le pense et j'ai découvert des secrets enfouis aux répercussions encore inconnues (en date de publication, une enquête du SPVM est en cours entourant la compagnie dont il est question dans l'article, et cette affaire n'en est qu'une parmi une liste de cas de bâtiments hantés construits par ces gens).

Je ne suis pas retourné au MIL depuis la fin de mon enquête, car j'appréhende légèrement mon retour dans ce lieu qui reste toujours hanté par un fantôme que je sais maintenant être plus tourmenté que tous ces gens qui ressentent sa présence triste et froide. Je ne sais pas s'il n'y aura jamais une autre issue à cette affaire, mais comme les choses se présentent à l'heure actuelle, l'esprit frappeur du MIL hantera ce lieu aussi longtemps qu'il restera debout. Il ne reste qu'à espérer que l'histoire ne se répètera pas lors de l'édification du MIL 2...

*Tous les noms mentionnés dans cet article sont fictifs pour protéger la vie privée des gens impliqués

Un stage à Hawai'i par FRÉDÉRIC BEAUDET

À mi-altitude entre les eaux du Pacifique et le sommet du Mauna Kea, j'ai passé le mois de juillet à compléter un projet de stage aux bureaux du Canada-France-Hawai'i Telescope (CFHT). Laissez-moi vous raconter mon expérience, du point de vue scientifique, mais aussi sur les relations particulières qui unissent les observatoires et les communautés locales et leur importance pour le futur de l'astronomie à Hawai'i.



J'ai eu la chance cet été d'être un des vingt stagiaires d'été de l'iREx et de travailler sur un projet avec David Lafrenière. Dans le cadre de ce stage, on m'a aussi offert de passer un mois au Canada-France-Hawai'i Telescope (CFHT) à Hawai'i sur Big Island, pour un deuxième projet de stage, complètement séparé du premier, d'une durée d'un mois. Ce projet, supervisé par Luc Arnold, astronome résident au CFHT, avait pour but de visualiser

l'évolution de la correction des lignes d'absorption telluriques par le pipeline de réduction des données de l'instrument SPIrou. SPIrou étant un spectropolarimètre à très haute résolution, il est important d'avoir une excellente connaissance des lignes spectrales qui sont absorbées par l'atmosphère terrestre, afin de mieux identifier les lignes d'absorption de l'étoile qui nous intéresse. Lorsqu'on connaît très précisément la position des lignes d'absorption de l'étoile, on peut ensuite mesurer leur décalage (blueshift/redshift) d'une observation à l'autre, et déterminer si une planète orbite autour de l'étoile ; c'est ce qu'on appelle la méthode des vitesses radiales.

Mon projet se déclinait en deux parties. La première était d'observer comment notre connaissance des lignes telluriques s'est améliorée depuis 2018 (première lumière de SPIrou), et à quel point nos observations continuent à se préciser après plus de cinq ans d'observations. La deuxième partie était de créer des séries pour les vitesses radiales calculées par le pipeline pour différentes étoiles, à différents semestres, et selon différents paramètres (principalement le temps et la vitesse propre de la Terre). Cette deuxième partie soulevait plusieurs pistes d'exploration supplémentaires, car les séries de vitesses radiales en fonction de la vitesse de la Terre présentent toutes du bruit corrélé qui aurait dû être effacé par le pipeline de réduction des données. Ma dernière semaine de stage a tenté d'explorer certaines explications à ces bruits corrélés, mais sans succès ; peut-être un projet pour un.e futur.e stagiaire. Pour plus de détails sur SPIrou et le pipeline de réduction des données, je vous invite à consulter les papiers de Jean-François Donati (2020), Neil Cook (2022) et Étienne Artigau (2022).

Il ne serait toutefois pas juste de dire que l'opposition aux télescopes et aux observatoires est universelle

sur Big Island. En effet, le peuple hawaïen ayant historiquement toujours été un peuple navigateur, les étoiles et le ciel nocturne revêtaient une importance particulière dans la culture hawaïenne. Ainsi, pour plusieurs hawaïens, les télescopes sont vus comme une manière de se rapprocher du ciel, de raffermir le lien sacré unissant les humains et les étoiles. De plus, il faut mentionner l'aspect économique des observatoires, qui apportent leur lot d'investissements dans l'économie de Big Island, ainsi qu'un flot constant de visiteurs et de travailleurs. Il reste certain que pour assurer un avenir éthique et humain à l'astronomie sur Big Island, la communauté scientifique devra apprendre de ses erreurs et renforcer ses liens et ses collaborations avec les communautés locales. En effet, en 2018 et 2019, la proposition de construction du Thirty Meter Telescope (TMT), qui serait devenu l'un des plus grands et plus imposants télescopes au monde, fut l'étincelle qui déclencha une série de protestations et manifestations de la part des communautés hawaïennes. En plus d'ultimement bloquer la construction du télescope (le projet est techniquement toujours sur la table, mais son avenir est extrêmement incertain), les manifestations de 2019 ont mené à la création d'un nouvel organe de direction du sommet du Mauna Kea, le Mauna Kea Stewardship and Oversight Authority, dont l'objectif est d'assurer une gouvernance plus équitable et éthique du Mauna Kea.



Mon séjour à Hawaïi m'a permis de constater qu'il reste beaucoup de travail pour rebâtir les ponts entre la communauté astronomique et la population hawaïenne, et la balle est dans le camp des astronomes. Des ini-

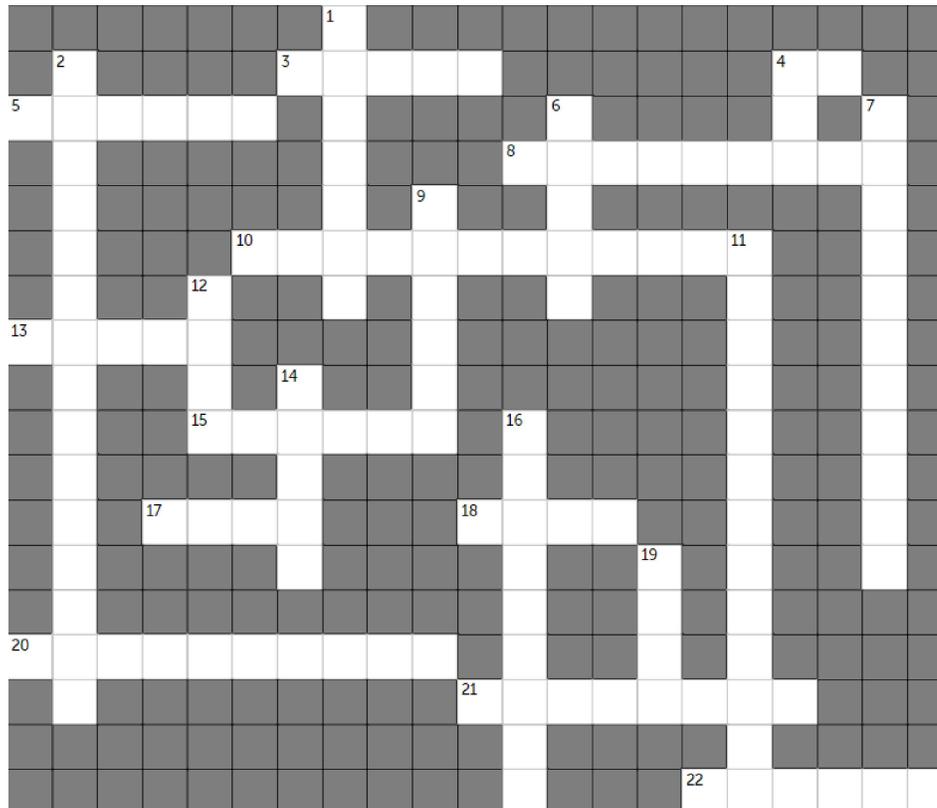
tatives sont déjà en place, par exemple, le CFHT s'est engagé à offrir gratuitement des visites guidées de son télescope à des personnes habitant sur Big Island, afin de donner un accès privilégié aux personnes locales à leur propre montagne. Plusieurs pensent toutefois que la communauté scientifique devrait en faire plus, notamment les astronomes qui « utilisent » la montagne en utilisant les observations astronomiques qui y sont faites, même si les astronomes ne se déplacent pas nécessairement à Hawaïi. S'éduquer et soutenir les revendications des populations locales est un premier pas important et nécessaire afin de créer un véritable esprit de collaboration entre la communauté astronomique et la population hawaïenne — le CFHT pense d'ailleurs exiger de toutes les personnes qui obtiennent du temps d'observation sur leurs télescopes d'écouter des vidéos de formation sur l'importance du Mauna Kea. Je me suis aussi fait conseiller un livre qui permet d'en apprendre plus sur l'historique et le contexte de l'astronomie à Hawaïi, soit *La montagne aux étoiles — Enquête sur les terres contestées de l'astronomie* par Pascal Marichalar, un sociologue français qui relate l'histoire de l'astronomie à Hawaïi, mais aussi à travers le monde, ainsi qu'un regard sur les manifestations contre le TMT. Je prévois de demander à la bibliothèque de l'Université de Montréal qu'elle se procure ce livre, qui pourrait devenir une référence plus qu'intéressante pour toutes les personnes qui s'intéressent à l'astronomie. Je pense d'ailleurs que ce sujet devrait être abordé dans le parcours en physique, et pas nécessairement seulement dans les cours d'astronomie, puisque le colonialisme en sciences ne s'arrête pas à Hawaïi.

En résumé, mon séjour à Hawaïi m'a permis d'en apprendre beaucoup sur tout le travail derrière les observations astronomiques, entre l'acquisition des premiers photons et l'obtention de résultats réduits et utilisables. Si mon séjour fut surtout mémorable grâce aux rencontres et expériences que j'ai pu vivre sur l'île, j'en ressors surtout avec une meilleure compréhension de l'impact de l'astronomie sur les communautés de Big Island (et c'est sans parler des impacts environnementaux sur le Mauna Kea). J'ose croire que la communauté astronomique peut apprendre du passé et devenir un modèle de cohabitation sur Big Island, afin d'assurer un avenir profitable à toutes et tous.

JEUX

LES MOTS CROISÉS

par Clara Léveillé



Vertical

- 1 En début mars
- 2 Richard, Hugo, Arthur, Pierrot et compagnie
- 4 Petite soirée organisée par les CVEs où on fait de l'...
- 6 Amplification de lumière par une émission stimulée de radiation
- 7 Créature mythique pouvant surprendre les esprits les plus logiques
- 9 Thème du 30 août
- 11 Selon Mackenzie, c'est la base de la théorie des cordes
- 12 Station fréquentée par les étudiants venant de la Rive-Nord
- 14 Théorème utilisé pour un potentiel périodique
- 16 Compagnie de photonique québécoise
- 19 Particule plus massive qu'un électron

Horizontal

- 3 Loi de...
- 4 Quand on va se retrouver pour élire les adjoints et adjointes au CA
- 5 Université où on ne sait pas ouvrir les portes
- 8 Mercredi
- 10 Matrices avec des valeurs propres réelles
- 13 Lundi
- 15 Directrice de la Planck
- 17 Ce qui unit les physicien.nes, hors de l'école
- 18 Thérèse-Lavoie
- 20 On y observe un réseau de diffraction
- 21 Quand les valeurs propres se répètent
- 22 Galaxie possédant des extensions de gaz ionisé en forme de filaments, créées par des interactions gravitationnelles