Questionnements sur la recherche mathématique : le regard d'Ivan Illich

Ivan Gentil *

20 novembre 2024

Résumé

Voici le texte d'un exposé donné à lors d'une rencontre mathématique à Rennes en juin 2024 [1]. L'idée d'associer Ivan Illich à la recherche scientifique, ici les mathématiques, n'est pas nouvelle et je vais tenter de le faire dans le cadre d'un workshop de mathématique financé le projet intitulé CONVIVIALITY, financé par l'ANR et porté par Max Fathi. Le titre de ce projet nous ramène immédiatement au livre manifeste d'Ivan Illich : *La convivialité*, point central de ces quelques pages. Illich est un prétexte pour questionner la recherche mathématique et cette conférence est elle aussi un prétexte pour parler d'Illich.

Je remercie chaleureusement mes camarades [2] qui ont accepté que je fasse mon exposé pendant cette rencontre scientifique, mais aussi l'ensemble des collègues qui ont accepté de débattre ensuite sur ce sensible et vaste sujet !

1 Introduction

Voici quelques réflexions qui me sont chères autour de la recherche mathématique. J'associe à ces réflexions quelques auteur·es qui me semblent important·e·s. Et ces quelques pages peuvent être vues comme une sorte de pamphlet, il est question ici d'essayer modestement, de questionner notre communauté et pourquoi pas de la mettre en mouvement vers une autre façon de travailler. Si tu es lecteur de ce texte, j'attends de toi un peu de clémence et pourquoi pas une interaction future sur le sujet !

Connaissez-vous Brillat-Savarin ? Ce n'est pas seulement le label d'un fromage de Bourgogne [3], c'est aussi un célèbre gastronome du 19e siècle. Dans son livre *Physiologie du goût* [4] qui paraît en 1825, il va inventer le mot *convivialité*, un néologisme entre convivium (repas ou festin) et convivialis (nourriture que l'on prend), ce mot désignant donc le plaisir de vivre, manger et boire ensemble. C'est quelque chose que nous comprenons bien dans

*Institut Camille Jordan, Université de la résistance, http://math.univ-lyon1.fr/∼gentil/

1. https ://www.ceremade.dauphine.fr/dokuwiki/anr-conviviality :events :rennes2024
2. Camarades autour d'un groupe de recherche mathématique s'intéressant aux inégalités fonctionnelles. L'exemple mathématique qui revient souvent est l'inégalité de Sobolev logarithmique, tu peux le remplacer par l'exemple mathématique de ton choix !
3. Indication Géographique Protégée (IGP)
4. Ouvrage considéré comme l'un des textes fondateurs de la gastronomie

ce groupe de recherche à travers nos différentes rencontres mathématiques, apéro compris. Le fromage dont il porte le nom (cf. Fig. 1) est plus récent et c'est un hommage à Brillat-Savarin.

FIGURE 1 – Le Brillat-Savarin, le fois gras des fromages

Cela me ramène directement à Ivan Illich. Illich est un penseur majeur, un peu oublié depuis 30 ans, il revient actuellement au devant de la scène. Il va tenter de comprendre le monde qui vient avec un œil visionnaire, parfois perçu comme un prophète. Son manifeste intitulé *La convivialité* me semble être une œuvre essentielle [5]. Dans cet ouvrage, il va ainsi remodeler le terme de convivialité et s'intéresser à l'ensemble de nos sociétés modernes, décrire ces maux et fournir des idées pour imaginer ensemble une meilleure trajectoire. Je propose ici, d'examiner au sein de la recherche mathématique, comment la pensée d'Illich s'y applique et comment son œuvre apporte des pistes de réflexion. Enfin, Ivan Illich m'offre, par ses idées, une porte d'entrée pour essayer de penser la science même si cette dernière n'est pas au cœur de ses écrits.

2 Pourquoi nous devons nous questionner sur la recherche mathématique

Il est question ici de comprendre et de discuter de notre travail de chercheur·e. Dans notre monde technologique, où la science est omniprésente, cela me semble important que nous, mathématicien·ne·s, nous intéressions à ces questions.

Citons Grothendieck dans sa conférence en 1972 (une belle année) au CERN [6] dont le titre est « *Allons-nous continuer la recherche scientifique ?* ». Il pose la question : « *Pourquoi faisons-nous de la recherche scientifique ?* » et continue en disant ensuite, « *La chose extraordinaire est de voir à quel point mes collègues sont incapables de répondre à cette question.* » On ne se pose pas non plus cette question centrale dans la recherche mathématique. Cette conférence, que vous connaissez sûrement, est un moment important pour Grothendieck, il a quitté l'IHES [7] et a essayé de partager ses questionnements sur la recherche. Il était convaincu de l'intérêt de ses questions mais il n'a pas obtenu le soutien espéré de ses collègues et cela l'a perturbé. On peut se poser la question aujourd'hui, et malheureusement je ne suis pas certain que je l'aurais suivi ! Cette question de la finalité de la recherche est encore plus d'actualité à l'ère de l'Anthropocène, ère géologique dont

5. Son premier livre *Libérer l'avenir*, 1971 est d'après Jean-Michel Djian une ode à la liberté de vivre dans une société consentie

6. Allons-nous continuer la recherche scientifique ?, Conférence au CERN, 1972. Conférence que l'on peut trouver sur internet (et aussi sous forme d'un livre). C'est une des rares fois où l'on peut entendre sa voix fluette

7. Nous ne reviendrons pas sur les causes de sa démission de l'IHES qui sont bien connues

Grothendieck n'avait a priori pas conscience en 1972 [8]. Grothendieck n'a pas été compris et s'est trouvé peu suivi, ceci constituant peut-être une des causes de son retrait de la vie publique.

Dans sa conférence, Grothendieck s'intéresse à la recherche scientifique en général même si ses exemples proviennent de son monde, c'est-à-dire le monde des mathématiques. Ces réflexions se posent aussi sur la recherche en sciences humaines. Mais chaque matière a ses particularités, le cas des mathématiques est singulier car elles sont centrales dans le monde scientifique, utilisées par beaucoup de monde (sorte de pierre angulaire des sciences) et elles ne sont qu'une construction de l'esprit. Un cercle ou l'inégalité de Sobolev logarithmique n'existent ou n'ont été créés que dans notre imaginaire !

Essayons d'apporter des éléments de réponse aux questions Grothendieck.

2.1 Recherche mathématique et croissance du PIB

De façon basique, la recherche mathématique participe à l'accroissement du PIB de la France. En effet notre communauté compte environ 6000 personnes en France [9], nous avons des financements, des laboratoires etc. et ce n'est pas seulement pour nos beaux yeux. Ceci est plus joliment dit par Grothendieck dans sa conférence à travers cette question : « *À quoi sert socialement la recherche scientifique ?* ». On parle dans notre milieu, du plaisir à faire des mathématiques même si cela s'avère parfois difficile et de l'intérêt tellement limité de nos résultats dans la société. Bien entendu, savoir que 2 est la constante optimale de l'inégalité de Sobolev logarithmique pour la mesure gaussienne γ peut faire sourire ou faire pleurer : pour toute fonction f assez sympathique,

$$\int f^2 \log \frac{f^2}{\int f^2 d\gamma} d\gamma \leq 2 \int |\nabla f|^2 d\gamma.$$

Si la recherche scientifique pouvait être seulement belle et désintéressée, la société pourrait financer d'autres activités, je cite de nouveau Grothendieck, « *comme de jouer aux billes ou des choses de ce goût-là* ». Mais oui, si la société finance la recherche en mathématique, et beaucoup plus maintenant qu'il y a 50 ans, c'est que les maths rapportent et créent de la valeur ajoutée, un accroissement du PIB. Quand j'ai commencé ma thèse en 1998, rares étaient les personnes qui avaient des contrats (publics ou privés) leur permettant de courir le monde à leur guise. Cet accroissement du PIB, dû aux applications des résultats, est aléatoire et plus ou moins rapide selon les thématiques et la pertinence des travaux. Citons simplement trois exemples - il n'est pas difficile d'en trouver une multitude - où les mathématiques théoriques ou fondamentales sont utilisées en dehors du monde académique.

1. L'introduction des nombres complexes constitue sans doute l'exemple le plus classique. Ils sont introduits au 16e siècle par l'école italienne (probablement volé à Tataglia par J. Cardan) et ont permis, nous le savons tous, de résoudre les équations générales du troisième degré, a priori sans application concrète. Plus tard, c'est devenu le point clé dans les calculs en électricité, énergie sur laquelle est fondée toute société moderne.
2. Godfrey Hardy [10] se posait la même question sur l'influence de sa recherche en théorie

8. Cette ère géologique n'a finalement pas été retenue par la Commission internationale de stratigraphie (ICS)
9. Estimation donnée par l'INSMI
10. Mathématicien britannique, 1877-1947

des nombres et concluait simplement que son impact sur la société était et resterait nul. La cryptographie moderne lui donna tort seulement quelques années après. L'algorithme de chiffrement RSA [11] est basé sur les (grands) nombres premiers, il a été breveté en 1983, ce qui est assez rare en mathématique.

3. La théorie du transport optimal est développée dans des espaces métriques généraux, domaine qui nous intéresse particulièrement pendant cette conférence. Les résultats théoriques obtenus depuis presque 30 ans sont remarquables. Mais n'oublions pas que le transport optimal est largement utilisé dans le domaine de l'image, en effet il permet de définir une métrique entre 2 images et les applications en IA sont, il me semble, extrêmement rapides. Par exemple, les logiciels de changement de visages sont potentiellement basés sur des géodésiques dans l'espace de Wasserstein. Il semble même que la théorie du transport optimal est directement utilisée dans les outils de surveillance de masse comme par exemple la reconnaissance faciale.

Ainsi s'il y a autant d'argent en mathématique c'est que nous servons à quelque chose dans cette société en terme de PIB, en plus de former les jeunes étudiants nous apportons de la croissance économique. Et la croissance du PIB est corrélée aux émissions de CO2 dans l'atmosphère [12]. Est-il nécessaire de rappeler que c'est le point central du dérèglement climatique ? Ce que j'ai énoncé est un fait, il n'y a pas d'idéologie derrière, l'ensemble des pays riches investissent dans les mathématiques pour ces raisons. Néanmoins, et c'est le point important dans ces quelques pages, nous devons aller plus loin dans ces réflexions.

Mais avant cela, il est nécessaire de dire deux mots sur les émissions de carbone et notre façon de travailler. Il me semble clair que les voyages en avion sont problématiques en particulier pour les membres permanent·e·s de notre communauté [13]. Comment justifier auprès des générations futures que nous avons libéré 2 tonnes de CO2 dans l'atmosphère pour expliquer notre résultat mathématique à plus de six mille kilomètres de chez nous ? A priori, aucun résultat ne peut justifier un tel coût carbone.

Mais ceci n'est qu'une *partie annexe* des questionnements sur la recherche mathématique. En effet, dans le raisonnement précédent, c'est le constat que la croissance du PIB et nous savons que cette croissance est corrélée avec les émission de CO2 [14] qui nous incite à nous poser la question de la décroissance, ou - dit d'une façon plus acceptable actuellement - une autre façon de travailler. Mais ce ne sont pas des faits qui doivent diriger nos valeurs mais l'inverse [15]. Par exemple, l'esclavage a été abolie parce que le développement de l'industrie naissante n'était pas compatible avec le maintien de l'esclavage et non parce que cela allait à l'encontre de nos valeurs, l'exploitation de l'homme par l'homme. Nos interprétations des faits témoignent de nos valeurs et ainsi croire en autre chose que la croissance économique est un choix qui ne doit pas être dicté par les faits précédents. Ainsi, ne devons nous pas nous questionner sur la finalité même de la recherche mathématique, au delà du réchauffement climatique qu'elle induit par ses émissions de carbone ?

11. Ron Rivest, Adi Shamir et Leonard Adleman ont introduit le chiffrement RSA en 1977
12. La croissance verte est un leurre bien commode pour les investisseurs
13. Voir à ce sujet la tribune publiée sur la réduction des voyages en avion dans les laboratoires de mathématiques à la Gazette de la SMF en janvier 2024
14. Notons cet article qui décrit les différentes corrélations entre les émissions de CO2 et la température du globe et l'on voit que ce n'est pas si simple https ://www.science-climat-energie.be/faq-5-lien-entre-temperature-et-co2/
15. On pourra voir à ce sujet les idées intéressantes de Michel Lepesant, professeur de philosophie et artisan de la pensée décroissante

2.2 Et l'éthique mathématique dans tout ça ?

La finalité de la recherche mathématique pose aussi problème, en particulier vis-à-vis de la société. N'est-il pas pernicieux de rester neutre face à la finalité de nos recherches ? Ne devons nous pas prendre conscience de la science que nous produisons. Cette science n'est pas forcément neutre et les chercheur·e·s travaillent, parfois sans le savoir, avec une certaine idéologie.

Voici quelques exemples qui illustrent cette question et il y en a bien entendu beaucoup d'autres.

1. Le 27 mars 2024, Ivar Ekeland a donné une conférence à Lyon. Il y montre comment l'optimisation mathématique aboutit à des résultats en économie qu'il n'hésite pas à qualifier de criminelle [16]. Il cite l'exemple de William Nordhaus qui a montré, grâce un modèle d'économie mathématique, que la réchauffement optimal de la température pour l'économie est de +3,5 degré Celcius en 2100 (par rapport à 1900). Pour ce résultat, qui est tout simplement effrayant, il a reçu en 2018 le prix Nobel d'économie. Inutile de décrire la vie sur Terre avec une telle augmentation de chaleur. Nordhaus a développé pendant 2 ans un modèle économique prenant en compte en particulier l'augmentation de la température au cours du temps. Il trouve ainsi une fonctionnelle assez complexe qu'il va devoir optimiser.

   Ce sont des résultats fins en optimisation mathématique qui lui a permis de valider son résultat, les mathématiques sont ici une caution de rigueur pour diffuser des idées clairement douteuses [17].

2. Un autre exemple est développé par Célia Izoard [18] dans son livre intitulé, *Merci de changer de métier* (2020). Dans cet ouvrage, elle visite le LAAS, laboratoire CNRS à Toulouse spécialisé dans l'analyse et l'architecture des systèmes, et livre ses réflexions à travers un échange épistolaire. Ce laboratoire pionnier dans l'automatisme a de nombreux contrats industriels avec de grandes entreprises françaises. Citons là, dans un échange avec un directeur de recherche du LAAS : « *Vous ne travaillez pas pour* **la société** *mais pour* **des sociétés**. *Renault, EDAS, Orange ne sont la société mais des sociétés. Ainsi permettez-moi de conclure au fait que les demandes auxquelles vous répondez ne sont pas sociétales, mais commerciales.* » [19]. Les chercheurs et chercheuses travaillent finalement main dans la main avec ces sociétés privées pour l'augmentation de leurs profits. Autrement dit, dans ce cas précis, la recherche n'est pas au service de la société civile mais au service de la technique, cette technique étant au service du profit des sociétés privées, et ceci au dépend des citoyens comme nous le verrons ensuite avec les idées d'Illich.

   Dans cet exemple bien documenté par Célia Izoard, la recherche mathématique est directement dédiée à la valorisation des applications privées et la finalité de ces recherches questionne. Dans ce cas, contrairement à l'exemple décrit par I. Ekeland où les mathématiques étaient une caution, Célia Izoard montre que certaines recherches du LAAS vont vers une déstabilisation de la société en remplaçant par exemple les ouvriers par des robots ou bien des chauffeurs par des voitures autonomes.

16. Ivar Ekeland, « Du bon usage des modèles mathématiques », Annales des Mines - Responsabilité & environnement, vol. 101, no. 1, 2021, pp. 25-28

17. On pourra consulter l'interview d'Ivar Ekeland dans la Gazette de la SMF de janvier 2023

18. Journaliste et philosophe dont les publications sont remarquables, en particulier son dernier livre sur l'exploitation minière

19. *Merci de changer de métier*, (2020) p.84

Comment une telle recherche mathématique peut-elle être qualifiée de neutre et désintéressée ? Dans ce cas elle est directement utilisée, on peut dire en circuit court, directement du chercheur au consommateur, ici l'entreprise privée qui utilise directement le travail des mathématicien·e·s.

3. Bien entendu, les automates numériques [20], appelés aussi intelligence artificielle, ont leur place ici. Nous essayerons de développer cet exemple délicat plus loin.
4. Le problème du voyageur de commerce est aussi une belle illustration. C'est un problème d'optimisation qui consiste à déterminer, étant donné un ensemble de villes, le plus court circuit passant par chaque ville au moins une fois. Il y a même eu un prix après guerre de 10 000 $ de l'entreprise Procter Gambel pour qui trouverait la solution pour 32 villes. C'est un problème intéressant au niveau mathématique car vous le savez sûrement c'est a priori un problème NP-difficle et donc la recherche d'algorithmes efficaces est motivante scientifiquement. En 2004, nous en étions à plus de 25 000 villes.

   Il s'agit d'un problème de recherche-opérationnelle (RO), branche des mathématiques applicables. Ce problème m'a intéressé dans ces quelques pages car il est en lien avec les recherches de notre communauté. J'écoutais dans ma jeunesse les résultats de Laurent Miclo au séminaire [21] sur des algorithmes de recuit simulé. Pour motiver nos recherches, il faut donner des applications, et précisément une application naturelle des algorithmes de recuit simulé est d'essayer de résoudre le problème du voyageur de commerce. Rappelons que les algorithmes associés à ce problème est la base de la gestion des entrepôts comme ceux utiliser par Amazon (cf. Fig. 2) : minimiser des trajectoires dans des problèmes de logistique. Il est inutile de passer du temps pour analyser l'éthique d'Amazon sur l'utilisation de tels algorithmes.

   Ce n'est pas notre ami Laurent Miclo lui-même qui va implanter l'algorithme pour un problème de logistique dans un entrepôt d'Amazon, il y a des intermédiaires, parfois sous la forme de doctorant·e·s travaillant avec un contrat CIFRE. Nous ne sommes plus dans le cadre d'un circuit court !

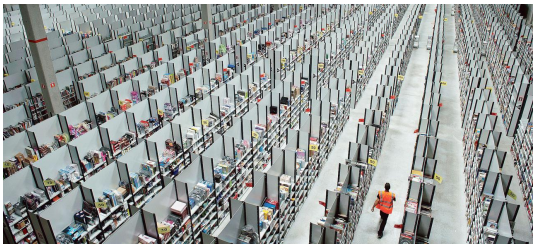

FIGURE 2 – Entrepôt logistique de Amazon

Ces exemples ne répondent pas directement aux questions de Grothendieck, posées en début de cette section, mais permettent au moins de comprendre que ces questions sont fondamentales et complexes. D'un autre coté, je tiens à rappeler, et je suis certain que vous ne l'avez pas oublié, nous sommes payés pour faire de la recherche mathématique et parfois nous aimons cela. Ainsi, serait-il pertinent d'essayer de trouver un moyen d'en faire quand même ? Ceci nous ramène à Ivan Illich (cf. Fig. 3).

20. L'IA a été renommée comme cela dans le journal Humanité en 2023 par Anne Alombert et Giuseppe Longo pour *rompre avec les idéologies publicitaires*
21. J'ai d'ailleurs de très bon souvenirs de ces séminaires

3 Ivan Illich et quelques unes de ses idées

La pensée d'Ivan Illich est terriblement d'actualité mais il n'est pas facile d'en parler tant son œuvre est foisonnante (plus de 2500 pages) et parfois de lecture délicate pour le non-philosophe que je suis. Il nait en Autriche en 1926 et meurt en 2002 en Allemagne, c'est un prêtre devenu philosophe, un penseur de l'écologisme, on dit aussi de lui qu'il est un « radical humaniste ». D'une façon étonnante, il n'a jamais quitté l'église même s'il a pris ses distances avec la hiérarchie de l'église catholique [22], il a été mis en congé de son ministère sacerdocal. Il fonde en 1966 à Cuernavaca au Méxique le CIDOC (Centre interculturel de documentation), sorte d'université libre où pendant 10 ans plus de 20000 personnes vont venir du monde entier pour échanger sur des sujets de société. Les longues discussions avec Illich se finissaient toujours avec du vin pour sceller l'amitié !

Comme Grothendieck, il disparaîtra des radars médiatiques dans les années 70. Probablement que les chocs pétroliers et ses corollaires, les politiques libérales, ont fait plonger les opposants au libéralisme dans un hiver médiatique. Comme je l'ai dit au début, il est un visionnaire des difficultés de la société actuelle, il parla même d'effondrement. On peut d'ailleurs lire de lui à ce sujet en 1973 : « *Si, dans un très proche avenir, l'humanité ne limite pas l'impact de son outillage sur l'environnement et ne met pas en œuvre un contrôle efficace des naissances, nos descendants connaitront l'apocalypse prédite par maint écologue.* » (voir le Chap. 5 de la note 23). Rappelons qu'à cette époque la sixième extinction de masse n'était pas encore décrite comme elle l'est maintenant !

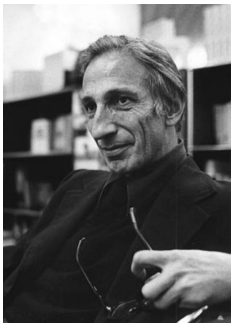

FIGURE 3 – Ivan Illich, 1926-2002

Dans le manifeste qui nous intéresse ici, *La convivialité* [23], Illich va tenter de développer ses idées. Illich comprend très tôt le désastre écologique mais aussi le pouvoir que prend la technique sur nos vies. Par ses critiques de la technique Illich se rapproche de philosophes contemporains comme Günther Anders [24] ou bien Jacques Ellul [25] mais aussi plus près de chez nous comme André Gorz [26] et Jean-Pierre Dupuy [27], ces deux derniers apparaissant comme des passeurs de ses idées. Illich ne suit pas les doctrines dominantes de l'après-guerre où le communisme était très attirant. Illich écrit à ce sujet en 1973 :

22. En 1968, il doit quand même répondre à 85 chefs d'accusations du Vatican pour « anarchisme »
23. *La convivialité*, édition Points 2021, première édition en 1973 (titre original : Tools for conviviality)
24. Philosophe, spécialiste de la technique, il a publié en particulier, *L'obsolescence de l'homme*, 1902-1992
25. Philosophe, qualifié de *anarchiste chrétien*, il s'intéresse tout particulièrement à la technique, 1912-1994
26. Philosophe, journaliste et créateur du Nouvel Observateur (c'était avec la revue Esprit les journaux français qui relayaient les idées d'Illich), 1923-2007
27. Créateur du Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée (CRÉA) au sein de l'Ecole Polytechnique à Paris. Il organise des ateliers de réflexion sur l'œuvre d'Illich

« *Les églises prêchent l'humilité, la charité et la pauvreté, et financent des programmes de développement industriel. Les socialistes sont devenus les défendeurs sans scrupule du monopole industriel.[...] Bientôt ce sera à l'ordinateur de décider des idées, des lois et des techniques indispensables à la croissance.* »(note 23 p. 135). Ainsi, il propose dans son manifeste une autre voie, voie étroite basée sur la convivialité, et c'est à nous de la construire. Il ne propose pas de retourner dans les grottes ou bien de vivre selon le modèle Amish [28] mais de créer une société conviviale, faisant usage d'outils conviviaux. L'autonomie est probablement le mot le plus important chez Illich et cette autonomie justement que l'on doit retrouver. Il n'est pas seulement un procureur de notre société, celle-ci basée sur la technique, il n'est pas non plus un utopiste mais prend le monde tel qu'il est, et propose une voie pour (mieux) vivre ensemble.

Essayons de voir ici quelques unes des idées d'Illich et comment elles se retrouvent dans la recherche mathématique.

— *Les concepts de vitesse généralisée et de monopole radical.*

Le concept de **vitesse généralisée** [29] est devenu classique. Il va la définir pour comprendre l'impact de la voiture sur la société, symbole d'un outil non convivial. L'idée est simple, pour pouvoir utiliser une voiture et donc rouler à une certaine vitesse, il est nécessaire de l'acheter, de payer l'assurance, le garage, l'essence etc. pour cela il faut travailler, et ce temps passé à travailler compte dans le temps où on utilise la voiture. Ainsi il montre que la vitesse généralisée d'une voiture est environ de 14 km/h, moins que la vitesse du vélo. Bien entendu, cette vitesse dépend du travail du propriétaire et du type de voiture. Les calculs sont repris par Jean-Pierre Dupuy avec des données des années 60 [30], et on y voit par exemple qu'un cadre supérieur avec une 2CV fait du 14 km/h et qu'un salarié agricole avec une DS fait du 4 km/h, car il lui faut un très grand nombre d'heures pour acheter sa belle voiture. Nous voyons dans cet exemple la démarche d'Illich : pour dénoncer la voiture, il utilise la vitesse, l'argument classiquement utilisé pour la promouvoir. Attention, ce raisonnement n'a pas le simple but de remplacer les voitures par des vélos mais simplement de montrer comment la voiture participe à notre perte d'autonomie, qu'elle participe à un monopole radical, notion que nous allons décrire ci-dessous. Cette méthode proposée par Illich s'applique à de nombreux domaines et la voiture reste un exemple emblématique [31].

Ce concept de vitesse généralisée est à mettre en lien avec ce que l'on appelle le paradoxe de Jevons [32] ou *effet rebond*. Jevons remarque que les améliorations de la machine à vapeur de James Watt a non pas conduit à une diminution de la consommation de charbon, mais à une explosion. C'est globalement le cas de toutes les innovations techniques comme le déploiement récent en France des antennes 5G. Nous sommes alors dans le cas de ce que Illich appelle un **monopole radical**. Cela désigne non pas la situation monopolistique d'une marque particulière mais le monopole induit d'une ou plusieurs marques visant à « *modifier, contrôler et à terme contraindre des populations à modifier radicalement* [33] *leurs habitudes quotidiennes notamment en restreignant leurs choix et leurs libertés* ». A-t-on le choix de ne pas utiliser une voiture

28. Rappelons que c'est le terme utilisé par E. Macron en 2020 qui décrit une société qui refuge la 5G.
29. Illich I., Œuvres complètes, op. cit., p. 433-440
30. J.-P. Dupuy et J. Robert, La trahison de l'opulence, Paris : PUF, 1976
31. Voir pour cela le texte toujours d'actualité d'André Gorz, *L'idéologie sociale de la bagnole*, publié dans la revue Le Sauvage, septembre-octobre 1973
32. Economiste britanique, 1835-1882
33. d'où l'épithète « radical »

comme mode de transport ? Qu'ils soient observés par le prisme de vitesse généralisée ou de l'effet rebond, les objets développés dans le cadre d'un monopole radical ne vont jamais résoudre les problèmes pour lesquels ils ont été conçus, mais plutôt participer à la prolifération des objets et des techniques ! La voiture en est à nouveau un parfait exemple (cf. Fig. 4). Pour se déplacer, nous n'avons pas le choix d'utiliser la voiture (un bien qui consomme beaucoup d'énergie, demande des routes, des règles particulières, etc.), et celle-ci restreint la possibilité d'utiliser ce que nous savons presque tous faire : marcher. La voiture est l'exemple préféré d'Illich et aussi pour de nombreux penseurs de son temps, mais on pourrait aussi développer l'exemple du smartphone qui développpe sans peine un monopole [34].

FIGURE 4 – La Voiture guidant le peuple

Est-il possible de faire un parallèle avec le monde des mathématiques ? Existe-il dans le monde des mathématiques un monopole radical ? Il semble que dans le domaine de la recherche mathématique, l'histoire fait le ménage. Les objets trop compliqués, des généralisations un peu bancales, disparaissent avec le temps. Je ne connais pas d'objet mathématique qui modifie pour un temps très long le monde des mathématiques comme c'est le cas pour la voiture. Ainsi, comme nous le savons, nous démontrons et souvent nous re-démontrons des résultats, un peu comme des hamsters tournant dans nos roues, et a priori c'est une bonne chose ! La recherche mathématique fait naturellement son propre nettoyage.

— *La contre-productivité.* [35]

Comme nous l'avons vu, Illich n'est pas opposé à l'industrie ou à la technique mais il remarque que quand certaines limites sont dépassées, les problèmes surviennent. Citons le : « *Sans doute, le produit industriel peut rendre plus efficace l'action et plus indépendant l'acteur. C'est le cas des bicyclettes, des livres et des antibiotiques, qui peuvent d'ailleurs être produits plus efficacement d'une manière industrielle. [...] Tant que des innovations techniques améliorent à la fois la production autonome et*

34. Comme les enseignants ont coutume de le faire, nous laissons au lecteur (sous forme d'exercice) d'expliquer comment le smartphone développe un monopole dadical

35. Inspirée d'un article de Denis Clerc publié dans la revue *Esprit* en août 2010

la production hétéronome[36]*, la synergie sociale positive entre les deux s'accroît. [...] Dès que le mode hétéronome est privilégié au-delà d'un certain point, il s'établit un monopole radical sur le procédé de production dans son ensemble [...],* » et **la contre-productivité** l'emporte. Il ne s'agit pas de retourner dans le passé, ce qui est impossible comme nous le savons bien à travers l'entropie et la flèche du temps, mais de conjuguer efficience et convivialité, de « *concevoir des outils qui permettent d'éliminer l'esclavage de l'homme à l'égard de l'homme, sans pour autant l'asservir à la machine* ».
La production hétéronome est au service de la machine, si celle-ci dépasse des seuils, elle devient contre productive. L'exemple de la voiture est frappant, son développement se perpétue pour elle-même et pour les actionnaires des constructeurs et non plus pour ses utilisateurs. Les routes sont développées pour la voiture et non plus pour les humains[37]. Le point important est de trouver les deux seuils, le premier lorsque une synergie positive apparaît entre les deux productions hétéronome et autonome et le second lorsque cette synergie disparaît et que la production hétéronome prend le dessus. Illich va plus loin dans ce domaine et va expliquer dans son livre le plus célèbre comment l'école bêtifie les enfants[38], et dans un autre comment la médecine corrompt la santé[39].

En résumé, il propose de mettre la technique au service de l'autonomie, de diversifier les modes de production, de faire en sorte que le mode industriel de production n'impose plus son monopole radical. Jacques Ellul, élabore des idées similaires. On peut lire de lui à ce sujet en 1973 : « *Ce n'est pas la technique qui nous asservit mais le sacré transféré à la technique, qui nous empêche d'avoir une fonction critique et de la faire servir au développement humain*[40] ». Autrement dit la technique, par le pouvoir presque infini qu'on lui donne par le biais du productionisme, mène le monde bien plus que la politique et l'économie. Les humains, comme le monde du vivant, sont tout simplement oubliés.
La conclusion d'Illich demeure lumineuse dans le cas des transports et en particulier la voiture, mais elle est discutée concernant la médecine. Notons qu'il est toujours difficile d'émettre des réserves dans le domaine de la médecine où les émotions mènent la danse. Un exemple récent et percutant dans ce domaine est fourni par le nouvel IRM dévoilé par le CEA[41] en avril 2024. Il a fallu, semble-t-il, 20 ans de travail pour développer cet appareil, le plus puissant au monde. Cet IRM ne sera accessible qu'à seulement quelques personnes privilégiées tandis que les autres devront attendre plus de 30 jours[42] pour avoir accès à un IRM basique (et celui-là bien utile).

Dans le domaine de la recherche mathématique, le seuil de la recherche hétéronome est largement dépassé, même si je sais que je rentre maintenant sur un terrain miné. Publions-nous car il nous semble indispensable que notre résultat soit diffusé ou bien

36. La production autonome développe l'autonomie, la production hétéronome est son inverse celle qui tente à développer autre chose que l'autonomie
37. On pourra faire le parallèle avec l'actualité en 2024, la tentative de construction de l'A69 entre Castres et Toulouse
38. *Une société sans école*, (Deschooling Society)
39. *Némésis médicale : l'expropriation de la santé*, 1975, écrit avec l'aide de Jean-Pierre Dupuy
40. J. Ellul, *Les nouveaux possédés*, 1973, p.259
41. https ://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/sante-sciences-du-vivant/premiere-mondiale-cerveau-devoile-comme-jamais-grace-irm-le-plus-puissant-monde.aspx
42. https ://www.snitem.fr/publications/fiches-et-syntheses/irm-et-delais-dattente-les-chiffres-2017/

pour exister dans ce monde ultra-compétitif ? Rappelons aussi que les revues dont la plupart appartiennent à des groupes privés souhaitent que l'on publie un grand nombre d'articles pour qu'elles puissent elles-mêmes se développer. Nous sommes dans un emballement collectif, globalement néfaste pour la société, pour la science et aussi pour l'université. L'objet *article* passe devant les résultats contenus dans le papier, et les universités sont simplement comparées par leurs nombres d'articles publiés respectifs. C'est une sorte de règle dont on n'arrive pas à se défaire, imposant à ceux qui publient beaucoup de continuer, et à ceux qui publient moins de devoir se justifier. Et comme c'est classique pour ce type de problème, il est très difficile voire impossible de revenir en arrière. Avant d'arriver à cette explosion des publications [43], où justement la production hétéronome a pris le dessus, il y a eu un moment où la recherche mathématique a été favorisée par les revues et les publications. Les revues, qui sont justement une partie de la production hétéronome, ont favorisé une diffusion plus rapide des idées. C'est le premier seuil de synergie positif dont parle Illich. L'arrivée des premières revues spécialisées de mathématiques a été un point important positif pour la recherche. Les deux premières sont le Journal für die reine und angewandte Mathematik (appelé aussi journal de Crelle, le fondateur) en 1826 et ensuite le Journal de Mathématiques Pures et Appliquées (JMPA) fondé lui en 1836 par Joseph Liouville. Rappelons que c'est dans ce journal que Clausius a défini *l'entropie* en 1865.
Il y a aussi le cas intéressant raconté par Amy Dalmedico dans sa bibliographie de Jacques-Louis Lions (2005). Elle explique comment J.-L. Lions demandait aux étudiant·e·s de regarder un certain lemme d'un article, de le généraliser et ensuite de publier le résultat obtenu. Cette façon de faire permettait d'augmenter très efficacement les connaissances d'une équipe de recherche, ce qui peut correspondre au premier seuil de la productivité. Mais le deuxième seuil de la contre-productivité a été rapidement franchi, peut-être pas par Lions Père mais par une grande partie des mathématicien·ne·s qui généralisent des lemmes pour simplement avoir des publications dans leur CV, et ainsi ne pas être mis en difficulté au sein de la communauté.
Le nombre d'articles publiés devient le point central des trop nombreuses évaluations dans la recherche mathématique, et ces articles ne sont généralement pas lus. La décroissance, ici sur la publication des articles, ne peut-être mise en œuvre que par l'ensemble de la communauté ce qui rend cet objectif difficile à atteindre. Citons Laure Saint-Raymond dans sa conférence pour la cérémonie IUF 2023 [44]. Dans cette conférence, elle propose de ralentir pour prendre le temps **d'être curieux**, **d'explorer des pistes incertaines** ou bien **de revisiter des résultats connus** (comme nous le faisons pendant cette rencontre à Rennes). Elle dit simplement que si l'on continue comme ça, je la cite : « *dans 10 ans les gens ne pourront pas lire ce que l'on a écrit* ».

Ainsi, les éditeurs de revues, nos institutions et aussi nous même (parfois de façon passive) ont créé un monopole radical. Les mathématicien·n·e·s ont radicalement modifié leur manière de travailler, publiant de façon disproportionné pour obéir au système. Ce monopole radical impose sa vision et prive la recherche mais aussi nous même de liberté et d'autonomie, ce dont nous avons tous besoin.

— *La convivialité.*
L'être humain a besoin d'un outil avec lequel travailler et non un outillage pour tra-

43. 1000 articles en 1900 (d'après P. Bérard dans *Sur le rôle des publications en mathématiques* 2006) et plus de 140000 article en 2020 (d'après l'Observatoire des Sciences et Techniques, 2022, Vol 3, HCRES). Cela fait une croissance moyenne des publications mondiales de près de 4 % environ par an

44. La vidéo de la conférence de Laure Saint-Raymond est facilement accessible sur internet

vailler à sa place. L'outil convivial est justement celui qui permettra d'éviter la production industrielle qui, elle, est dominée par l'outil dominant. Citons Illich : « *La convivialité est la liberté individuelle réalisée dans la relation de production au sein d'une société dotée d'outils efficaces.* ». Ainsi, selon Illich, pour être convivial l'outil ne doit pas créer d'inégalité, il doit renforcer l'autonomie de chacun et il doit accroître le champ d'action de chacun sur le réel. C'est ici qu'Illich va fournir des idées pour avancer dans ce monde industriel. Il met en avant les deux types d'énergie que nous utilisons : *l'énergie métabolique* (celle qui est produit par une personne) et *l'énergie extérieure*. En suivant cet exemple, Illich propose de définir l'outil maniable comme étant celui qui peut être utilisé avec l'énergie métabolique (il peut aussi être complexe comme par exemple le vélo [45]). Et l'outil manipulable comme étant l'outil trop complexe pour être manipulé seulement par l'énergie métabolique. L'avion est un exemple frappant d'un outil manipulable où le pilote ne fait qu'actionner des boutons. La technique actuelle permettrait un pilotage entièrement automatique mais la présence des pilotes est maintenue en raison de la peur des passagers qu'engendrait leur absence et pour ne pas froisser les syndicats des pilotes.
Revenons à l'intelligence artificielle. Les automates numériques sont justement des outils non conviviaux : ce sont des boîtes noires, nous ne comprenons pas comment fonctionnent ces algorithmes, et les résultats véhiculent dans tous les cas une certaine idéologie, parfois non maîtrisée par les auteurs mêmes des algorithmes. Ces outils ne vont pas amener les gens à mieux vivre ensemble et maîtriser leurs outils mais l'inverse, ils apportent une perte d'autonomie. Les exemples sont bien nombreux dans ce sens. Ainsi les automates numériques sont les outils manipulables et non conviviaux par excellence, et je pense qu'ils représentent la direction où il ne faut pas aller. Notons sur ce sujet les travaux de nos collègues grenoblois de R. Couillet, P.-O. Amblard et D. Trystram qui montrent qu'il pourrait exister une IA low-tech au service de l'intelligence collective [46], et qu'ainsi elle serait conviviale. Au vu des financements alloués à l'IA par l'état français, nous prenons sans aucun doute le chemin inverse.

Dans le contexte de la recherche mathématique, la frontière entre les outils conviviaux et non-conviviaux est délicate à comprendre, et justement dans ce domaine la frontière est changeante. En 1900, la théorie de la mesure développée dans la thèse d'Henri Lebesgue pouvait apparaître comme un outil non-convivial et mystérieux, elle devient maintenant une théorie parfaitement convivial si on a un bagage mathématique minimum (L3). L'idée d'un bagage mathématique minimum peut aussi poser un problème, celui-ci limite l'accès à ce domaine seulement à certaines personnes initiées, s'écartant peut-être ainsi d'un outil convivial.

4 Conclusion

Finalement, par ces quelques pages nous avons essayé d'aborder par le prisme du regard d'Ivan Illich deux questions de Grothendieck « *Allons-nous continuer la recherche scientifique ?* » et « *Pourquoi faisons-nous de la recherche scientifique ?* ». Quelles en sont les conclusions ?

45. Malheureusement le vélo devient de plus en plus un objet manipulable, on pourra consulter https ://reporterre.net/Reparer-son-velo-electrique-une-mission-bientot-impossible

46. Article intitulé : *L'intelligence artificielle peut-elle devenir un outil convivial ? ou doit-on immédiatement arrêter toute recherche en IA ?*

Les conclusions dans le domaine de la recherche mathématique de sont pas si évidentes. D'une part, nous avons vu que cette recherche a la capacité d'être globalement néfaste [47], en particulier quand elle développe des domaines dangereux pour la société (énergies fossiles, gestion des entrepôts Amazon, guidage de missiles, etc.). D'autre part, il me paraît difficile d'incriminer Hardy qui, à l'aide de ses recherches en théorie des nombres, va lancer la cryptographie moderne. On observe donc différentes strates au niveau de nos implications et il semble difficile d'en bannir une plus qu'une autre. Peut-on dire que travailler sur l'inégalité de Sobolev logarithmique est globalement moins néfaste que de travailler sur l'IA ? Je ne crois malheureusement pas que la réponse soit si évidente. Une première étape serait de comprendre comment nos recherches agissent sur la société.

On avons également évoqué que les institutions sont un frein pour une recherche mathématique conviviale. Des forces externes (et internes) comme nos institutions, manipulent le monde de la recherche mathématique (revues lucratives, Agence Nationale de la Recherche, compétition par l'IUF, l'ERC, etc.). Par le dépassement de certains seuils, la contre-productivité dans le monde de la recherche a mis à mal un savoir-faire collectif. Celle-ci fonctionne de plus en plus en silos, elle s'est segmentée en spécialités indépendantes, œuvre d'un monopole radical. Cette recherche ultra spécialisée ne permet pas de saisir nos implications sociétales. N'est-il pas effrayant de savoir que les résultats de la théorie du transport optimal sont utilisés pour une surveillance de la société à grande échelle ? Actuellement, il est tout à fait impossible de savoir comment nos résultats sur l'inégalité de Sobolev logarithmique sont concrètement utilisés !

Rendre la recherche conviviale est une question difficile [48] et je ne suis pas le premier à me la poser. Par exemple, Laurent Bétermin (ICJ, Université Lyon 1) propose de créer une ZAD (Zone Académique de Décroissance) au sein des laboratoires [49], proposition assez radicale pour rendre la recherche conviviale. Les systèmes sont souvent bloqués de l'intérieur, en particulier dans le domaine de la recherche. Les chercheur·e·s sont dans un équilibre plus ou moins stable et ne veulent pas forcément en sortir. En effet, iels fournissent une énergie importante pour accepter et supporter ce système contraignant et le plus souvent iels n'ont plus l'énergie nécessaire pour envisager les choses autrement. Quand le système bouge, souvent du fait de décisions extérieures, les chercheur·e·s n'ont plus le choix de s'habituer à ces modifications. On peut penser, par exemple, à l'arrivée des projets de recherche de type ANR en 2005. Ces projets ont profondément changé le milieu académique, obligeant les chercheurs à postuler à des projets de recherche avec un résultat incertain. Ce nouveau système a été décidé par quelques personnes qui dirigent sans discussion avec la communauté. Cette décision recouvre une certaine idéologie que nous connaissons bien : accroître les publications et la compétition entre chercheur·e·s mais aussi entre universités. La nouvelle réforme [50] de notre gouvernement concernant l'université va certainement conforter le monopole radical sur la recherche.

Pour finir, je trouve que le fonctionnement du projet CONVIVIALITY est une belle tentative d'une recherche conviviale, autour d'un nombre limité de personnes en traitant des mathématiques plus ou moins accessibles et revisitant les travaux des autres... ce que j'essaie aussi de faire en lisant Illich. J'espère que ces modestes réflexions vont nous pousser à réfléchir et pourquoi pas, agir ensemble. Le ralentissement souhaitable doit être collectif !

47. Au sens d'une recherche qui va dans le sens d'une amélioration de l'ensemble de l'humanité
48. On pourra consulter le groupe *FIC La Recherche* qui s'intéresse à la question, https ://fautilcontinuer.wordpress.com/
49. Voir ses publications ici : https ://zones-academiques-decroissantes.webnode.fr/
50. Acte 2 de l'autonomie de l'université, loi toujours en projet en juin 2024

Sortir des clous de l'Agence Nationale de la Recherche est, il me semble, indispensable. Terminons ce pamphlet en citant Illich qui clôt son ouvrage sur la convivalité ainsi :

La convivialité sera l'œuvre exclusive de personnes utilisant un outillage effectivement contrôlé. Les mercenaires de l'impérialisme peuvent empoisonner ou détruire une société conviviale, ils ne peuvent pas la conquérir.