



Un entretien avec Ivar EKELAND

Propos recueillis par Anne-Laure Fougères et Ivan Gentil à Lyon
le 20 septembre 2022.

L'interview a été réalisée à l'occasion d'une conférence donnée le 21 septembre 2022 par Ivar Ekeland à l'attention de l'ensemble des étudiants en master de l'université Lyon 1. De nombreux personnels de l'université ont également assisté à cet exposé. Ivar Ekeland étant depuis de nombreuses années un mathématicien mobilisé sur le sujet du dérèglement climatique, nous avons souhaité d'une part en savoir plus sur sa prise de conscience individuelle, et d'autre part interroger son point de vue sur l'implication de notre communauté mathématique dans son ensemble. Sans oublier de l'inviter à nous parler de sa riche carrière de mathématicien!

Nous te remercions vivement, Ivar Ekeland, d'avoir accepté notre proposition d'interview à l'occasion de ton exposé à l'université Lyon 1, intitulé : *Les sciences au temps du réchauffement*. Nous proposons d'axer notre entretien autour de 3 parties. La première sur ton parcours universitaire; la seconde sur ta prise de conscience sur le réchauffement climatique; et enfin la troisième, sur une question qui nous intéresse tout particulièrement, à savoir le rôle des mathématiques face à ce dérèglement climatique, ainsi que le comportement de la communauté des mathématiciennes et des mathématiciens face à ces problèmes d'avenir. Nous commençons donc par la première partie, ton parcours universitaire.

Je suis un pur produit du système français, passé par les classes préparatoires. J'ai fait des maths car j'étais bon en maths, et je suis rentré à l'École normale en 1963. C'est seulement un peu plus tard que je me suis aperçu que j'aimais les maths. À ce

moment-là, à l'École normale, c'était l'époque des boubakistes. Le grand chic était alors de faire des maths pures. Je me souviens notamment qu'il y avait un cours de topologie algébrique proposé par Henri Cartan. Normalement, si vous avez un cours de topologie algébrique à faire, vous commencez par exemple à déformer une sphère... et Cartan a fait un cours complet sur le lemme des cinq, c'est une sombre histoire de flèches¹. On ne comprenait rien du tout... je ne suis pas allé au second cours. Je me suis dit que je n'étais pas fait pour les maths pures et je me suis tourné vers les maths appliquées. Les maths appliquées, à l'époque, c'était surtout Jacques-Louis Lions. Le caïman² de l'époque m'a dissuadé de travailler avec Lions, et j'ai été assez bête pour le croire. C'est à ce moment-là que j'ai rencontré Robert Pallu de la Barrière avec qui j'ai fait du contrôle optimal, à l'INRIA.

Peux-tu nous rappeler quand l'INRIA a été créé?

L'INRIA a été créé à ce moment-là. C'était une époque de bouleversements importants, c'est aussi le moment où l'université Dauphine a été créée. En 1968, plusieurs choses se passent, il y a la révolte étudiante, et c'est le moment aussi où le général de Gaulle retire la France du dispositif militaire de l'OTAN³. Ainsi, l'OTAN quitte Paris et libère plusieurs bâtiments⁴; il libère d'une part son Grand Quartier général des puissances alliées en Europe⁵, à Rocquencourt – bâtiment qui deviendra l'INRIA –, et libère d'autre part le siège de l'OTAN, Porte Dauphine, qui deviendra dès 1968 l'université Paris-Dauphine. À l'issue de la révolution étudiante de 1968, le gou-

1. Voir par exemple https://fr.wikipedia.org/wiki/Lemme_des_cinqhttps://fr.wikipedia.org/wiki/Lemme_des_cinq.

2. Un caïman était le petit nom donné aux enseignants de l'École normale; il s'agit actuellement du nom donné à une personne occupant le poste d'ACPR (Agrégré Préparateur).

3. En 1965, de Gaulle demande que la France cesse sa participation aux commandements intégrés et de ne plus mettre de forces à la disposition de l'OTAN, ce qui sera effectif en 1969.

4. On pourra voir le départ de l'OTAN de la place Dauphine dans le film *Le Cerveau* de 1968 avec Bourvil et Belmondo.

5. Le SHAPE (Supreme Headquarters Allied Powers Europe).

vernement découvre deux choses : la Sorbonne est trop importante et on manque de place. Le gouvernement découpe alors l'université de la Sorbonne en sept universités et crée aussi deux universités supplémentaires⁶. Les locaux de l'OTAN étaient destinés au ministère de l'Éducation nationale, qui devait quitter la rue de Grenelle, mais ils deviennent finalement une université : Edgar Faure, mis en difficulté à l'Assemblée nationale et à qui l'on reprochait de ne rien faire pour les étudiants, crée l'université Paris-Dauphine.

Donc l'INRIA est créé en janvier 1967 et je travaille avec Pallu de la Barrière. C'est à ce moment-là que je fais la connaissance de Jacques-Louis Lions. Dans ma thèse je travaille sur des problèmes de contrôle optimal en lien avec des équations aux dérivées partielles, et je découvre l'analyse convexe.

Tu as fait ta thèse avec Jacques-Louis Lions ou Pallu de la Barrière ?

J'ai fait ma thèse avec Pallu de la Barrière mais j'étais en contact avec Jacques-Louis Lions qui était dans le labo d'à côté. C'est essentiellement Lions qui m'a donné le sujet de thèse, Pallu de la Barrière était plutôt nominal. On était au début de l'analyse convexe, il y avait un formalisme qui me plaisait bien et j'ai fait ma thèse de 1967 à 1970. L'analyse convexe m'intéressait beaucoup, j'aime bien voir les choses et une fonction convexe, je vois ce que c'est. Je n'ai jamais été d'un tempérament très technique et on me l'a d'ailleurs reproché.

C'est une époque que l'on a oubliée. Quand j'ai terminé l'École normale en 67, François Bruhat, le directeur des études, nous a rassemblés. C'était la première fois qu'on le voyait. Il nous a dit : *Messieurs, qui d'entre vous veut rentrer au CNRS ?* Nous étions deux. *Les autres, tous assistants, à Paris bien sûr ?* Il faut savoir que je suis rentré au CNRS avant la thèse. C'est l'époque où l'enseignement supérieur est passé en quelques années de 50 000 à 500 000 étudiants. Tout ce qui se promenait sur la place de Paris avec un diplôme de maths dans la poche avait un poste. C'est quelque chose qui a totalement disparu. J'ai donc fait ma thèse au CNRS et au bout de trois ans j'ai démissionné, c'était la règle, on laissait la place aux autres.

En 1970, Jean-Pierre Aubin, le deuxième mathématicien qui a été nommé à Dauphine, me propose de ve-

nir le rejoindre. J'ai pris conseil auprès de Jacques-Louis Lions et je suis rentré à Dauphine en 1970, à 26 ans, comme maître de conférences⁷. Il y avait avec moi Jean-Pierre Aubin et Alain Bensoussan. Nous étions un groupe de trois professeurs, avec des assistants et des maîtres assistants. Nous nous sommes alors trouvés face à un choix à faire : Dauphine était une université nouvelle et expérimentale, on ne se bousculait pas pour y aller. Jean-Pierre Aubin a bien compris le problème, percevant que l'on ne rivaliserait pas avec les universités Paris 6 ou Paris 7. Par ailleurs, on ne souhaitait pas végéter et faire des TD à des économistes ou à des gestionnaires. Il nous fallait une UER⁸ de mathématiques. Une fois la création de cette UER de maths obtenue, il s'agissait d'ouvrir une licence et une maîtrise de maths. Mais comment faire sans physicien ni chimiste chez nous ? On a souhaité faire quelque chose de nouveau, les maths sont un langage et ce langage doit être appliqué à quelque chose. Il n'y avait aucune raison que cela soit à la physique ou la chimie, et cela pouvait être appliqué à l'économie, ou à la gestion. On a donc créé un enseignement de mathématiques appliquées à l'économie, où l'on enseignait les maths, l'économie, la statistique et l'informatique. Pas de physique ni de chimie. Et on avait le droit de le faire car justement nous étions un établissement expérimental ! Ce n'était pas un diplôme national, une université ordinaire n'aurait pas pu le faire.

À l'époque, les maths étaient enseignées seulement dans le DEUG A où l'on apprenait les maths, la physique et la chimie.

Oui c'est cela, on a eu à Dauphine la permission de faire autrement car nous étions dans un établissement expérimental. Les universités Dauphine et de Vincennes ont expérimenté. L'université de Vincennes a par exemple pris des étudiants sans le bac. Et nous avons fait des maths sans physique ni chimie. Cela a très bien pris, notre formation s'est tout de suite adressée à un public de personnes qui aimaient les maths, qui ne voulaient pas être professeurs et ne voulaient pas faire de physique. On s'est beaucoup mobilisé, on allait à la sorties des lycées pour inciter des jeunes à venir.

Par ailleurs on a lancé simultanément la première année et le troisième cycle. On a fait les deux en

6. La deuxième université créée à ce moment-là est l'université de Vincennes, qui a ensuite déménagé à Saint-Denis.

7. Techniquement, maître de conférences à cette époque est l'équivalent aujourd'hui de professeur des universités de 2^e classe ; le statut de « professeur des universités » est créé en 1979.

8. Les unités d'enseignement et de recherche (UER) étaient les ancêtres des unités de formation et de recherche (UFR), créées par la loi Savary de 1984.

même temps, on n'a pas attendu que ça monte. Bien entendu, il y avait des assistants et maîtres assistants avec nous pour enseigner. Par la suite c'est devenu un diplôme national. Grâce à cela, on a appris l'économie et la théorie des jeux. J'ai dû faire le premier cours de théorie des jeux en France au niveau universitaire. C'était aussi l'époque de la recherche opérationnelle.

Je continue alors à travailler en analyse convexe, c'est l'époque où je découvre le principe variationnel⁹. Le CEREMADE¹⁰ est créé en 1970, et l'on reste toujours avec la même idée : on fait de belles maths et on enseigne les maths pour l'économie... et il faut dire que ça fonctionne! Le rythme de vie était différent, ça va sûrement étonner les collègues. Un professeur de maths faisait 1h30 de cours par semaine, l'année universitaire se terminait en juin et recommençait le 1 novembre. Ce qui fait que l'on avait tout l'été pour travailler, il y avait beaucoup d'espace pour la recherche. Je passais en général l'été aux États-Unis, en particulier à Madison. Après, cela s'est rétréci; lors de ma dernière année à Dauphine, en 2003, il y avait beaucoup plus d'étudiants, des diplômés professionnels, et on travaillait tout le mois de juillet pour les enseignements. Les oraux des DESS¹¹ étaient en juillet, et l'année recommençait début septembre. J'ai vu l'évolution en cinquante ans, et il faut préciser que les étudiants en ont profité. Les universitaires ont pris en charge toute une génération d'étudiants.

Aux débuts de ce programme à l'université Dauphine, les promotions étaient de combien?

Au début les promotions étaient de 30 étudiants environ, les étudiants ne se bousculaient pas pour venir. Les promotions ont vraiment augmenté dans les années 1985 car le président de l'université, Henri Tezenas du Montcel, a organisé la sélection à Dauphine, s'opposant à la loi Savary¹². Le fait que Dauphine sélectionne a attiré beaucoup d'étudiants, la France est comme ça. J'ai toujours été investi dans mon université, et j'en ai été élu président de 1989 à 1994.

Côté recherche, en 1970 j'ai écrit un livre sur l'analyse convexe avec Roger Témmam qui est devenu

un livre de référence¹³. En 1973 je suis invité par Felix Browder dans le département de maths de Chicago. Et un jour dans mon bureau, on m'informe que deux professeurs d'économie demandent à me voir. Il faut savoir que le département d'économie de Chicago est le département des prix Nobel. Il y a plus de prix Nobel¹⁴ d'économie dans l'université de Chicago que de prix Nobel en France, toutes disciplines confondues. Je vois débarquer deux jeunes brésiliens, c'étaient José Scheinkman et Luis Araujo qui sont maintenant très connus. Ils ne comprenaient pas un point très précis de mon livre d'analyse convexe. Il n'y avait pas d'erreur mais cela prouvait qu'ils avaient lu mon livre avec un papier et un crayon. Grâce à José Scheinkman et Aloiso Araujo, j'ai eu un accès direct au département d'économie de Chicago, et ils utilisaient de plus l'analyse convexe dans leurs recherches! J'ai ensuite invité José Scheinkman à Dauphine, il nous a aidés à mettre en place de nouveaux enseignements. À ce moment-là, j'enseignais beaucoup l'économie. J'avais des contacts en économie, et même si cela a pris du temps car il faut parler aux gens et apprendre à les connaître, j'ai commencé à faire de la recherche en économie.

Dans le prolongement de l'analyse convexe, dans les années 80, je sais alors tout ce que je souhaite savoir sur le problème de minimisation : minimiser une fonction sur quelque chose, je sais faire. Je découvre en revanche le problème de trouver un point selle, et ce n'est pas la même chose! Il y a un article fondateur de Paul Rabinowitz¹⁵ qui cherche des solutions périodiques de systèmes hamiltoniens. Pour cela, il dispose du principe de moindre action. Les trajectoires du système hamiltonien sont des points critiques du principe de moindre action. J'ai une fonctionnelle qui tend vers $+\infty$ dans une direction et vers $-\infty$ dans une autre direction et Paul Rabinowitz, le premier, trouve une méthode pour trouver un point selle de la fonctionnelle. C'est à ce moment-là que j'ai travaillé avec Frank Clarke¹⁶. On a découvert une méthode de dualité permettant de faire la même chose que dans le cas convexe. C'est une nouvelle période qui commence pour moi et je me mets à travailler dans le domaine de la mécanique

9. Ivar Ekeland, *On the variational principle*, J. Math. Anal. Appl. vol. 47 n°2 1974

10. Centre De Recherche en Mathématiques de la Décision (CEREMADE), laboratoire de mathématiques de Dauphine.

11. Les DESS sont devenus en 2010 les M2 professionnels.

12. La loi d'Alain Savary de 1983 supprime en particulier la sélection à l'université.

13. *Convex analysis and variational problems*, Gauthier-Villars. ix, 340 pp., 1974.

14. Il faut rappeler que ce n'est pas un prix Nobel mais le prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel.

15. *Periodic solutions of Hamiltonian systems*. Commun. Pure Appl. Math. 31, 156-184 (1978).

16. Désormais connu sous le nom de Francis Clarke, ancien professeur à l'université Lyon 1.

hamiltonienne. C'est-à-dire que je ne cherche plus à minimiser une fonction, convexe ou non, mais à résoudre $f' = 0$. C'est une des choses dont je suis le plus fier. Ça a été un mélange extraordinaire de mathématiques, il y avait de l'analyse fonctionnelle, c'est-à-dire une fonctionnelle qui tend vers $\pm\infty$ dans des directions différentes, de la théorie de Morse, du calcul des variations, de la théorie ergodique, de la géométrie symplectique, etc.

Ainsi tu tombes dans les maths pures que tu avais volontairement évitées pendant tes études.

Oui effectivement, mais ce ne sont pas seulement des maths pures. Je ne considère pas les équations différentielles ordinaires comme des maths pures. Pour moi c'est tellement visuel, les problèmes hamiltoniens c'est la mécanique céleste, c'est concret! J'ai pris beaucoup de plaisir à faire ces maths.

Et paf, en 1989, je suis élu président de l'université Paris-Dauphine et j'en suis content. Avant, vous n'êtes qu'un mathématicien, après, les gens vous parlent en tant que président. On peut parler aux autres personnes de l'université, par exemple aux économistes. On rentre dans leur monde, on est forcé de s'intéresser à leurs problèmes, de voir ce qu'ils font. En retour, ils sont forcés de vous parler, de s'apercevoir que les matheux ne sont pas fous! On peut se faire des ennemis mais aussi des amis. François Guichardin, historien italien du xv^e siècle, dit dans son livre *Histoire d'Italie : magistratus virum ostendit*. C'est-à-dire, le magistrat (la fonction) révèle la personne. La fonction, le pouvoir, agit comme un révélateur non seulement pour vous mais aussi pour les autres. On se fait connaître et les gens voient qui vous êtes.

Le mandat de président n'était pas renouvelable à l'époque et donc en 1994 je ne suis plus président. Que faire alors? Les collègues qui travaillaient dans les systèmes hamiltoniens ne m'avaient pas attendu! Je prends donc une année sabbatique. C'est comme le 10000 m, si tu tombes au début, les autres ne t'attendent pas! Et c'est à ce moment que j'ai vraiment travaillé en économie. J'ai commencé une collaboration avec Pierre-André Chiappori, qui était à Chicago à ce moment-là, et qui est maintenant à Columbia. Chiappori m'a posé la question suivante : quand un champ de vecteurs est-il combinaison linéaire de champs de gradients? On sait qu'un champ de vecteurs est un gradient s'il y a

égalité dans les dérivées croisées ; colinéaire à un gradient c'est un peu plus compliqué. Je me suis plongé sans succès dans mes cours de Madame Le-long et j'ai trouvé la réponse dans les oeuvres complètes d'Élie Cartan, ça faisait partie des choses oubliées. Pour résoudre certains problèmes fondamentaux de la théorie économique classique j'ai dû aller chercher le théorème de Cartan-Kähler¹⁷. Ce résultat est une généralisation du théorème de Cauchy-Kovalevskaya, encore un très beau théorème qui mélange l'algèbre et l'analyse, que très peu de gens connaissent.

Et c'est là que l'on découvre des trous de la connaissance mathématique. Quand on est jeune, on a l'impression que tous les problèmes sont résolus, il n'y a plus rien à faire. À mon âge, on ne sait rien! Notamment dans le domaine des EDP. Si l'on prend un système de trois équations linéaires du premier ordre à coefficients non constants, personne ne sait s'il y a une solution ou pas. On connaît des cas particuliers, le cas général on ne le connaît pas.

J'ai donc travaillé avec Chiappori et ensuite, en 2003, je suis parti pour Vancouver, où j'ai pris la direction du PIMS (Pacific Institute for the Mathematical Sciences). Lorsque j'ai quitté Dauphine en 2003, cela faisait 33 ans que j'étais dans la même université, il était temps de partir.

On est venu te chercher pour diriger le PIMS?

Oui, il y avait un poste, une chaire de recherche pour un scientifique extérieur. J'ai postulé et j'ai eu le poste. J'ai ensuite pris la direction du PIMS.

Se retrouver directement à la direction du PIMS, ce n'est pas facile, surtout arrivant dans un autre système, très différent de celui que tu connaissais?

Oui, cela n'a pas été simple. Mais il y a des choses très bien, étonnantes pour un français. Par exemple, le fait qu'en arrivant, vous avez un budget de recherche et il n'y a pas de contrôle a priori. Ici en France si vous voulez acheter un livre il faut demander une autorisation, là-bas non. Vous engagez la dépense et on voit après. C'était Byzance! Ce qui est très difficile à comprendre pour un français, c'est qu'il s'agit d'un état fédéral. C'est-à-dire que la recherche dépend du gouvernement fédéral et l'enseignement dépend de l'université et du gouvernement local. Tout ne marche pas aussi bien avec un étage supplémentaire. J'étais quand même

17. Bryant, Robert L.; Chern, S. S.; Gardner, Robert B.; Goldschmidt, Hubert L.; Griffiths, P. A. Exterior differential systems. Mathematical Sciences Research Institute Publications 18. (1991).

18. Unité mixte Internationale (UMI).

moins inséré qu'en France mais on a avancé, maintenant le PIMS est une UMI CNRS¹⁸. C'est aussi une autre culture, mais travailler dans le même laboratoire est aussi une manière de connaître les gens. Au PIMS, nous avons des financements beaucoup moins assurés, il fallait toujours se battre pour avoir de l'argent. J'ai été très pris par la direction du PIMS et c'est alors que je me suis intéressé au problème du climat.

[On peut donc continuer sur la deuxième partie de cette entrevue, et évoquer ta prise de conscience des enjeux climatiques.](#)

C'est très lié à Vancouver. Je suis allé à Vancouver en 2003 car j'y avais des liens, notamment avec Frank Clarke. On était, à l'époque, très bons copains, et on a travaillé ensemble. Je l'avais invité à Paris et je suis allé le voir à Vancouver en 1977. On travaillait sur des problèmes de dualité pour des problèmes hamiltoniens.

Je connaissais donc Vancouver depuis 1977 et j'ai pu suivre les grandes évolutions entre 1977 et maintenant. La Colombie-Britannique est grande comme 4 fois la France, il y a environ 5 millions d'habitants et les ressources naturelles sont essentielles pour cette province. J'y ai vu plusieurs crises, arrivées principalement à partir de 2003. Il y a eu la crise du bois. La Colombie-Britannique est une jungle tempérée, et le pays était couvert de bois, avec des essences très hautes... qui ont été essentiellement rasées. La première chose que les européens ont fait, c'est de couper les arbres et de les vendre. Il reste encore quelques forêts primitives dans des endroits peu accessibles, ou dans les parcs nationaux. Les arbres des forêts primitives sont absolument étonnants, ils maintiennent leur propre immunité. Les forêts rasées ont été replantées, mais avec une seule essence, comme on le fait actuellement; ces arbres ont maintenant 40 ou 50 ans, et ont commencé à mourir à cause de ce que l'on appelle le scolyte du pin¹⁹. C'est une espèce qui a toujours existé, mais elle n'a jamais fait beaucoup de dégâts car d'une part elle s'attaquait seulement au pin, et d'autre part elle était détruite par le froid, une nuit à -30°C ou 15 jours à -20°C. Or, depuis 20 ans, il n'y a jamais eu de tels événements climatiques et le scolyte du pin s'en est donné à cœur joie. Le scolyte n'est pas nuisible en lui-même, mais il introduit un champignon dans l'arbre, qui fait mourir ce dernier en le rendant bleu qui plus est, inutilisable donc! Un

arbre qui meurt favorise par ailleurs les incendies. Ensuite on a beaucoup étudié les problèmes liés au saumon. Il y a beaucoup d'élevages de saumons et les élevages détruisent le saumon sauvage. Deux problèmes importants concernent ces élevages. Premièrement, tous ces animaux sont rassemblés dans des nasses et ce sont des nids à épidémies. On est obligé de les vacciner et de leur donner des antibiotiques. Les saumons d'élevage contaminent alors les saumons sauvages. D'autre part, le pou du saumon (salmon lice) prolifère dans ces élevages. Ces parasites détruisent les saumons sauvages et ces problèmes ont un gros impact sur l'industrie.

[Tu prends donc conscience de tous ces problèmes dès 2003, lorsque tu arrives à Vancouver ?](#)

Oui, j'ai vu que ce paradis était fragile, car Vancouver est un paradis. J'ai pu prendre conscience de ces problèmes car à Vancouver, on vit très près de la nature. D'ordinaire, dans une ville, on a peu d'occasions de voir des animaux, peu d'occasions de voir la nature, on ne se rend pas compte des changements. Je vous parle de choses qui se sont passées en 2000 ou 2003. Au PIMS, on avait des chercheurs qui s'intéressaient aux problèmes liés aux saumons, car il y avait aussi un aspect mathématique dans ce domaine. J'ai parlé à des statisticiens travaillant sur les problèmes des forêts, sur la propagation des feux, la propagation des épidémies, etc. Il y avait également Marc Lewis, en Alberta, qui faisait de la dynamique des populations. J'avais ainsi une confirmation mathématique de ce qui se passait, en particulier à Vancouver.

En tant que directeur du PIMS, je regardais les projets. Des chercheurs demandaient des financements, et je voyais qu'il se passait des choses. Les photos décrivant les projets de recherche n'étaient pas très belles à voir, comme des saumons mangés vivants par des parasites. C'était déjà, en 2003, un enjeu scientifique majeur, il y avait des problèmes mathématiques intéressants. Et puis, cette notion d'un paradis fragile... paradis où à mon arrivée en 1977, je me demandai si je m'y installerais!

Mais peut-être que l'élément le plus important que j'ai découvert à Vancouver est le problème de la pêche. Je savais qu'il y avait un important département de pêche au PIMS, avec un dénommé Daniel Pauly. Je lis souvent *Nature*, et ils avaient classé Daniel Pauly parmi les 50 scientifiques les plus im-

19. Le scolyte du pin attaque aussi la forêt landaise.

20. Rashid Sumaila travaille à l'Institute for the Oceans and Fisheries à l'université de Colombie-Britannique.

portants. Les collaborations sur le problème des pêcheries que j'ai eues à Vancouver sont avec l'un de ses collaborateurs, Rashid Sumaila²⁰. J'avais lu dans *Nature* ce que Pauly avait fait, il avait fait une chose extrêmement difficile, il avait compté les poissons. À la fin des années 80, il y avait une controverse pour savoir si l'on détruisait ou non les stocks de poissons.

Tu veux dire qu'à la fin des années 80, on ne savait pas si l'on détruisait les stocks de poissons ?

L'industrie disait, *bien sûr que non, on pêche autant de poissons qu'avant!* Comment voulez-vous savoir ? On ne pouvait distinguer les poissons dans la mer sans les pêcher. Pour les vaches c'est plus facile, on va dans les prés et on les compte, mais les poissons comment fait-on ? Les seules données dont Pauly disposait étaient ce que les gros bateaux pêchaient et ramenaient à quai. Ce sont des bateaux qui partent 6 mois ou un an, qui pêchent et congèlent. Vous avez une information supplémentaire, vous savez où ils sont passés. Alors avec ça, veuillez reconstituer l'endroit où a été pêché tel poisson ! Pauly a développé une méthode – là, la biologie intervient, car on doit savoir où vivent certaines espèces –, et Pauly a démontré que l'on épuisait les stocks de poissons, car on ne pêchait pas les mêmes. Non seulement on épuisait les populations, mais de plus, les chiffres déclarés par la Chine étaient faux ; les chinois l'ont reconnu depuis. Pauly a réalisé une prouesse extraordinaire.

Je me suis intéressé au problème, j'ai alors appris l'état des océans, et j'ai été extrêmement frappé. L'océan est le poumon de la planète, la moitié de l'oxygène que l'on respire vient du phytoplancton et il se passe des choses terribles, les poissons disparaissent. Dans le golfe du Mozambique, il n'y a plus de poissons, il n'y a plus que des méduses. J'apprends tout ça quand j'arrive au PIMS en 2003, et lorsque je pars en 2011, j'ai collaboré sur ces problèmes avec Rashid Sumaila. Il y a d'ailleurs de très beaux problèmes de maths, si ça intéresse des collègues. Avec Sumaila²¹, on avait étudié la question d'équité intergénérationnelle : si vous voulez, les économistes ont toujours l'idée du planificateur bienveillant ; les modèles climatiques sont des modèles d'optimisation, c'est-à-dire que vous avez un critère, vous écrivez $e^{-\rho t}$, et vous maximisez.

Ça a un certain mérite, mais... le planificateur bienveillant n'existe pas ! Maintenant vous pouvez essayer de faire autre chose. Si par exemple on fait intervenir les générations futures, alors si vous changez un peu de point de vue, vous aboutissez à un problème de maths extraordinairement intéressant qui est : au lieu d'écrire $\int e^{-\rho(t)} U(ct) dt$, i.e., au lieu de mettre le facteur d'actualisation $e^{-\rho(t)}$, vous mettez un facteur d'actualisation qui est décroissant, mais qui n'est pas exponentiel, par exemple, une combinaison linéaire de 2 exponentielles. À ce moment-là, les problèmes d'optimisation n'existent plus ; c'est-à-dire que vous pouvez optimiser, mais l'optimisation calculée à l'instant 1 sera différente de l'instant 2, et il faut faire complètement autre chose. J'ai beaucoup étudié ce genre de chose, j'ai regardé cela sur un modèle climatique, et on rentre dans quelque chose qui est beaucoup plus près de la réalité, au sens où vous voyez ce qui se passe. Par exemple, dans le cas de la France, il y a un gouvernement aujourd'hui et il va décider. Oui, mais... il y a l'annualité budgétaire, et dans un an, il se reposera la question, et fera peut-être autre chose. Donc il y a ce principe d'incohérence temporelle, à savoir que les décideurs changent, et n'ont pas toujours les mêmes taux d'actualisation ; et à ce moment-là, la question est non pas « qu'est-ce qu'il y a de mieux à faire », mais : comment je peux lier mes successeurs, comment je peux contraindre mes successeurs, peut-on trouver une règle du jeu que tout le monde suivra ? Et ça, c'est un très joli problème de maths ! J'avais travaillé dessus²², et pour ceux qui aiment les équations différentielles, il y avait une très belle application du théorème de la variété centrale²³.

Donc je crois que du point de vue vraiment scientifique, il y a eu deux choses sur la prise de conscience ; il y a eu une question personnelle – je voyais ce qu'il se passait –, et il y a eu deux questions scientifiques. La première est la collaboration avec les personnes travaillant dans le domaine des océans, et la seconde – il faut le dire ! –, c'est l'invalidité des modèles économiques sur le climat, des modèles de croissance optimale. Le prototype étant le modèle de Nordhaus²⁴ qui ne tient pas debout, c'est presque criminel de dire des choses comme cela.

21. *Equilibrium resource management with altruistic overlapping generations*. JEEM, Volume 70, 2015.

22. En collaboration avec Lazrak, A. *The golden rule when preferences are time inconsistent*. Math Finan Econ 4, 29–55 (2010).

23. Le concept de théorème de la variété centrale est en lien avec les systèmes dynamiques, https://en.wikipedia.org/wiki/Center_manifold

24. William Nordhaus, économiste américain qui reçoit le prix Nobel d'économie en 2018 pour ses travaux en lien avec le réchauffement climatique et l'économie.

Et sur le réchauffement global de la planète ? Tu nous parles de l'industrie de la pêche, de l'industrie du bois, c'est assez local et ça concerne surtout Vancouver. Mais sur le réchauffement global et les émissions de CO₂ ? Tu es contemporain du rapport Meadows²⁵ de 1972, ou bien de la célèbre conférence de Grothendieck de 1971²⁶.

Oui j'avais entendu parler du rapport Meadows, il avait fait du bruit à l'époque et avait été très discuté et critiqué notamment par les économistes. Disons que j'ai toujours milité politiquement, en particulier je me suis beaucoup intéressé à la Palestine. Par ailleurs, des personnes comme Grothendieck ou Smale²⁷ avaient surtout mis au devant de la scène le danger de la guerre nucléaire. Je savais ce que pensait Grothendieck et j'étais d'accord avec lui. Il n'y avait pas vraiment de prise de conscience sur les limites de la croissance. Et le rapport Meadows est arrivé un peu au mauvais moment... c'était l'époque du triomphe des matheux parmi les économistes, en particulier avec la théorie des équilibres en économie. À cette époque, personne ne songeait aux ressources.

Mais quels sont les problèmes les plus urgents ? Maintenant, je considère que les anciens problèmes n'ont pas disparu, mais le problème le plus urgent est le réchauffement climatique et les gens ne le comprennent pas. Entre 1989 et 1994, j'étais président d'université, je ne pouvais rien faire ; et tu es pris par ton métier aussi...

Peux-tu dire à quel moment tu prends conscience que le réchauffement climatique est le problème numéro 1 ? Quand on nous explique les problèmes de pêche on tombe des nues, quand on nous explique les problèmes du bois, on tombe des nues, et puis quand on nous explique le problème de la Palestine, bien entendu c'est un problème extrêmement compliqué, effroyable. Et comme tu le dis, il y a le problème si important qu'est le réchauffement climatique. Est-ce qu'à un moment il y a eu une prise de conscience brutale du problème qui s'est produite ? Est-ce qu'il y a eu pour toi une rupture, ou est-ce venu petit à petit ?

25. Rapport aussi intitulé *The Limits to Growth* publié en 1972 par le club de Rome.

26. Conférence donnée au CERN par Grothendieck intitulé *Allons-nous continuer la recherche scientifique ?*, cf. <https://www.cairn.info/revue-ecologie-et-politique-2016-1-page-159.htm>.

27. En recevant la médaille Fields en 1966 à Moscou, Smale dénonce la guerre au Vietnam mais aussi la maltraitance soviétique des opposants.

28. À Banff, Canada, où se trouve le Banff International Research Station (BIRS), institut de recherche équivalent à Oberwolfach en Europe.

29. Ivar et ses collaborateurs ont créé un cours pour les étudiants de première année de l'université Paris-Dauphine qui est devenu obligatoire en 2020, <https://dauphine.psl.eu/dauphine/responsabilite-sociale-universite/formation-et-enseignement/cours-les-enjeux-ecologiques-du-21e-siecle>

Si je reviens aux années 70, 80, 90 jusqu'en 2000, on n'y pensait pas beaucoup. C'était moins urgent, je prenais l'avion sans réfléchir, pour un oui ou pour un non... Bien entendu, les pêcheries, les forêts etc., c'est lié au réchauffement climatique, on le savait. Mais, l'urgence, le sentiment que c'est vraiment urgent et qu'il faut faire quelque chose, on peut dire effectivement que c'est après ma retraite en 2011, quand justement je n'ai plus eu de soucis par ailleurs. La retraite, c'est très intéressant parce que l'on n'a plus d'obligations, c'est un peu le moment où l'on se pose, on réfléchit. Je me suis dit « Maintenant, il faut que je fasse des choses importantes ».

(IG) 2011, c'est déjà tôt. À cette époque, on partait à Banff²⁸ presque tous les ans. Si j'avais compris à cette époque le problème climatique, je ne serais pas allé à toutes ces conférences.

Après la retraite, il y a le luxe extraordinaire de pouvoir faire ce que l'on veut. Et il y a autre chose : plus on s'intéresse aux problèmes de la planète, plus on y plonge. Et là je me suis dit, finalement qu'est-ce que l'on peut faire, vu mon âge et ce que je sais faire, on va préparer un cours²⁹. On peut enseigner le problème climatique à nos étudiants.

(ALF) Oui c'est un moyen d'entrer dans la problématique, d'apprendre des choses. Faire un cours est le meilleur moyen de s'approprier le sujet.

Nous le savons tous, le meilleur moyen d'apprendre quelque chose est de l'enseigner. Sur le réchauffement climatique, j'ai pensé que la meilleure chose à faire était de faire prendre conscience aux gens, et le plus tôt possible ! Pour cela il fallait faire un cours sur le sujet très tôt dans le cursus universitaire. Et faire prendre conscience aux étudiants que le problème est global.

On arrive maintenant à la troisième partie, la place des mathématiques, mais aussi de la communauté des mathématiciennes et des mathématiciens, face à ce problème. Que penses-tu de la place d'une jeune mathématicienne ou d'un jeune mathématicien dans un monde où le voyage sera l'except-

tion, as-tu un avis sur la question ? Quel bouleversement la communauté va-t-elle subir ? Imagines-tu un monde de recherche mathématique sans la frénésie des voyages ?

Sur la question des voyages, on a eu une réunion à Dauphine avec Valérie Masson-Delmotte, on a bien compris l'importance des contacts humains. En revanche, de vieux crocodiles comme moi ont établi des contacts humains il y a 20 ou 30 ans. Ce n'est pas la peine de prendre l'avion pour voir des gens que l'on connaît depuis toujours. Mais les jeunes doivent établir leurs contacts et ils ont probablement encore besoin de voyager. Ceci dit, il y a des gradations dans les voyages en avion, est-ce que l'on reste une semaine, un mois etc. En Europe on prend le train. Mais il est vrai que les jeunes ont besoin de construire un réseau, tandis que les gens d'un certain âge en ont beaucoup moins besoin, ils peuvent l'entretenir, et alors là, il faut être plus sévère avec eux.

On parle d'un monde bas-carbone, où le voyage en avion sera une telle exception que les contacts et les recherches seront peut-être plus européens. As-tu une idée de l'avenir des voyages en avion ?

Je sens mal les voyages en avion dans l'avenir, les avions rejettent tellement de carbone que je ne vois pas comment on pourra les maintenir. Sur l'Europe, les trains c'est très bien, encore faudrait-il que l'on baisse un peu les prix des voyages car à l'heure actuelle on peut aller de Paris en Croatie pour 24 euros et pour aller à Marseille c'est 100 euros. Ce n'est pas normal. Mais cela n'empêche pas d'établir des contacts en Europe, et d'envoyer des gens passer 6 mois plus loin. Peut-être pas aller à Banff une semaine, mais un séjour de 6 mois à Vancouver pourquoi pas. Ça signifie que les voyages seront plus longs. De toute façon, on le sentira à cause du prix des voyages, je ne vois pas comment les voyages en avion pourraient continuer au prix où ils sont maintenant, et les budgets des laboratoires seront plombés.

Même si les prix sont multipliés par deux, les voyages en avion ne vont pas tellement diminuer. Avec des prévisions du GIEC³⁰ où il faut parvenir à 2 tonnes par an et par habitant en 2040, ça ne peut pas tenir.

Je pense que les prix des carburants vont augmenter et plus tard il n'y en aura plus, tout simplement. À l'heure actuelle, la consommation des énergies

fossiles augmente de 3% par an, et la production plafonne. Où va-t-on trouver le carburant ?

Dans les gaz de schiste ?

Cela ne suffira pas. Le baril est actuellement à 100\$ environ, et ce n'est pas la faute de la guerre en Ukraine. On ne pourra pas faire fonctionner les avions au charbon. Sur toutes ces politiques, je pense que si on ne le fait pas volontairement, ça sera imposé et ça sera beaucoup plus dur.

Si c'est imposé, cela pourrait-il être par le ministère, ou par les laboratoires ?

Je crois que les choses viennent d'en bas, qu'elles doivent venir des laboratoires, en concertation avec les membres de ces laboratoires.

Se passe-t-il quelque chose, au niveau du CEREMADE, par exemple ?

Oui, il se passe des choses ; à nouveau, je précise bien que je suis à la retraite ! Il y a une commission qui s'est réunie, et il y a une réflexion sur le problème. La commission a mis en place une base de données pour recenser les émissions de gaz à effet de serre dues aux déplacements professionnels. Un outil collectif a été créé, permettant à chacun de connaître son impact personnel et d'établir un bilan global au niveau du laboratoire. Des discussions sont ouvertes sur des actions à mener pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. On décidera ensuite si on limite ou pas. Il y a une action entreprise au sein du CEREMADE et je l'approuve.

Cela sous-entend un bouleversement à un horizon proche, on évoque souvent celui de 2030, des 8 prochaines années, donc !

Est-ce un bouleversement, je ne sais pas... Cela ne me gêne pas de prendre le train pour l'Europe.

Tu dois être invité à beaucoup de conférences dans le monde entier ?

Je suis à la retraite je te rappelle... et il y a eu le covid. Je vois autour de moi, les gens de la génération de mes enfants font du télétravail, c'est général. Au Canada, en France, les entreprises sont au télétravail. Je ne sais pas si c'est un effort monstrueux pour les mathématiciens de se mettre au télétravail plutôt que de ne plus voyager en avion. C'est ce qu'il se passe dans les grandes entreprises. Elles ont diminué leurs budgets de voyages en avion, les

30. Rapport spécial du GIEC sur les impacts du réchauffement global de 1.5°, 2018, cf. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

grandes entreprises ont découvert qu'avec le télétravail on peut faire beaucoup de choses. Une grande entreprise moderne est une entreprise avec des salariés qui travaillent en Europe, en Amérique et en Asie, et les gens font des visioconférences.

Tu crois que l'on peut se faire un réseau comme ça ?

Oui, c'est un changement d'habitude, et cela se pratique dans les entreprises. Je pense que ça sera imposé par le prix des carburants. La difficulté que je vois est l'enseignement. Discuter recherche par visioconférence avec des collègues, je veux bien, enseigner à 30 ou 40 personnes, c'est plus délicat. Mais ça, on peut le faire en local. Je ne vois pas pourquoi ça serait un effort surhumain chez les mathématiciens alors que ça se fait couramment dans les grandes entreprises. Je vois autour de moi, tout est en télétravail.

(IG) Actuellement en 2022, les conférences mathématiques reprennent au maximum. Il semble que les voyages aient repris comme avant le Covid, sans changement réel.

Je peux te dire qu'il y a eu des changements dans les grandes entreprises.

(IG) Ces grandes entreprises ont dû y trouver un gain économique...

Oui, mais cela se fera aussi dans les laboratoires. À nouveau, je pense que les échanges personnels sont importants, surtout pour les jeunes ; un post-doc va aller passer un an ailleurs, et on ne va pas l'envoyer en bateau en Chine. Mais entre le train en Europe et le télétravail, on peut déjà faire beaucoup de choses. A-t-on par exemple tiré un bilan de l'ICM³¹ 2022 ? Il a eu lieu à distance, en a-t-on souffert ? Si même l'ICM peut le faire, on peut le faire.

(ALF) J'ai une question plus personnelle. Cette prise de conscience de l'urgence m'a fait me questionner sur mon propre rôle. Est-ce vraiment le moment pour que je fasse des maths ? C'est une question que je me pose, alors que je fais justement des maths dans le domaine du changement climatique. La prise de conscience m'a déstabilisée.

Il faut faire des maths. On vit dans un monde de mensonges. Les gens vous racontent des histoires, les mots n'ont plus de sens, il y a du greenwashing partout, on ne sait pas ce qui est vrai ou ce qui est faux. En maths, tu peux apprendre aux gens qu'il y

a une vérité, c'est quand même énorme ! En maths, c'est le seul endroit où tu peux dire ce qui est vrai ou faux. TotalEnergies te dit, on est tout vert, tu vas sur le site de Total et tout est vert. Ils ne parlent pas de pétrole, le mot est sale. En maths il y a une vérité. Si tu apprends ça aux étudiants, c'est un cadeau énorme que tu leur fais. C'est un principe fondamental dans tout ce qui est en lien avec les maths. L'autre chose, ce sont les sujets auxquels on les applique. La statistique en soi, c'est déjà important ; quand tu parles aux gens qui s'intéressent vraiment au réchauffement climatique, ils disent que ce que tu dois apprendre aux étudiants, c'est la notion de statistique scientifique ! Il faut qu'ils comprennent que quand le GIEC dit qu'il y a 50% de chances que quelque chose se produise, ce n'est pas la même chose que quand le gouvernement dit le taux de croissance de l'an prochain sera de 2%. Ce n'est pas la même chose. Les statistiques sont cruciales, et ce n'est pas facile. Les prévisions en matière climatique sont accompagnées de probabilités. Que veulent-elles dire exactement ? Peut-on leur faire confiance ? Dans quelles mesures ?

(IG) C'est donc de la recherche mathématique ?

Là, c'est de l'éducation, ce n'est pas de la recherche. L'éducation est bien entendu cruciale.

(ALF) Je suis d'accord. La difficulté pour moi est plus d'aller en conférence, de voir que l'on a remplacé les données de finance ou d'actuariat par des données de disparition de telle ou telle espèce... On utilise certes des données en lien avec le changement climatique, mais c'est *business as usual* quand même ! Les conférences ronronnent, les publications aussi. C'est tout un système qui n'est pas sobre, dans lequel on ajoute de la complexité pour construire du nouveau.

Je ne connais pas le domaine de la statistique. Je peux te dire qu'en économie tout le monde s'en fout du réchauffement climatique, on n'en parle pas. Les cinq revues majeures d'économie n'ont jamais publié un seul article sur le réchauffement. Ils ne s'y intéressent pas pour des raisons institutionnelles, ou d'autres raisons. Si les statisticiens s'y intéressent, je ne peux que les féliciter ! La deuxième chose c'est que je vois des problèmes statistiques fondamentaux et nouveaux. Par exemple, peux-tu mesurer la biodiversité ? Existe-t-il des indicateurs sur le nombre d'espèces présentes par mètre carré ? Comment fais-tu pour compter les poissons qui sont

31. ICM est le congrès international des mathématiciens qui se réunit tous les 4 ans.

dans l'océan? Donc des problèmes de stat, il y en a, une des difficultés du problème c'est qu'il n'y a pas beaucoup de données.

(IG) C'est pour cela que l'on n'en parle pas?

Oui c'est certainement une raison. Les problèmes de statistique sont énormes. Que fais-tu comme statistique?

(ALF) J'étudie la modélisation d'événements extrêmes, les modèles statistiques permettant d'évaluer les risques de survenue d'événements rares, tels que les inondations ou les vagues de chaleur, par exemple.

Tu n'as pas l'air enthousiaste?

(ALF) C'est vrai, je suis en questionnement par rapport à l'utilité de mon travail. C'est certes personnel, mais je ne suis pas seule dans cette situation de questionnement de sur quoi et où faire sa recherche³². Quand je lis les rapports du GIEC, parfois je me dis : à présent on en sait assez, maintenant il faut qu'on bouge! Comme si je devais dédier mon temps de recherche à comprendre comment on peut bouger, comment on met en mouvement les humains!

Je suis d'accord avec toi que sur le problème du réchauffement climatique, fondamentalement on en sait assez. Ce n'est pas un article de plus qui va changer grand chose.

(ALF) Oui, pour bouger, on en sait assez. Ne devrions-nous pas décider globalement, en tant que chercheurs, de prendre un tantième du groupe, motivé pour y aller, au sein duquel on se dit que l'on s'attaque à ces problèmes urgents. Bien entendu on sort de notre domaine de compétences. Par exemple, je ne sais pas comment on fait pour travailler avec les problèmes d'une ville, comment on met en place des choses à une échelle locale, comment on planifie une chaîne d'actions... choses que les mathématiciens ne savent pas faire seuls, certes, mais je veux croire qu'une recherche collective est possible.

Qu'on en sache assez, ça je suis d'accord. Ce n'est pas en perfectionnant les modèles numériques que l'on va convaincre. Maintenant, que cela soit un sujet intéressant sur lequel travailler, c'est certain aussi. Je préfère travailler là-dessus que sur autre chose. Mais moi je suis à la retraite... Ceci dit, il y

a encore des choses intéressantes. Je te signale un problème qui est posé régulièrement par des juristes, c'est le problème des néonicotinoïdes. On dit que les néonicotinoïdes tuent les abeilles. Ces insecticides nuisent aux abeilles parce que l'on fait des expériences qui le prouvent. Mais ces expériences sont de nature statistique. Le juge, lui, ne veut pas de cela; il veut une chaîne de causalités, c'est-à-dire qu'il veut que l'on lui démontre que telle abeille est morte à cause de tel truc, par tel biais etc. Il y a un énorme fossé entre ce que le juge veut et ce que les scientifiques ont, ils ont des facteurs statistiques.

(ALF) Les chaînes causales sont des problèmes bien délicats.

Oui mais c'est ce que veut le juge. C'est un vrai problème, concret. Ces problèmes sont comme la neige vierge, tu fais ton chemin, personne n'y est jamais passé. Ça me rappelle un étudiant à qui j'avais donné un sujet, qui est revenu me voir en me disant : il n'y a pas de littérature... je n'avais pas à lui donner ce problème. Mais ici, c'est un vrai problème!

(IG) Tu dis, on va attaquer en justice pour défendre les abeilles. Mais honnêtement, on sait où est le problème, c'est le système qui est mal fait, la justice n'est pas à la hauteur. On ne va pas attendre 10 ans pour convaincre que ce sont ces néonicotinoïdes qui causent la mort des abeilles. J'ai l'impression que l'on attaque le problème par le mauvais côté.

Écoute, je ne suis pas d'accord avec toi pour plusieurs raisons. D'abord, chacun fait ce qu'il veut, chacun fait ce qu'il peut. Il y a un article dans Nature qui raconte qu'un juriste ayant travaillé des années sur ce sujet est allé se coller les mains sur le site de Monsanto. Je comprends très bien ceux qui font de l'action directe, mais tout le monde n'est pas comme ça. L'avantage si tu attaques en justice, c'est que tu éduques le juge. Par exemple, tu ne peux pas défendre les abeilles, les abeilles ne sont pas une personne. Maintenant, prenons l'Amoco Cadiz qui s'est échoué et a déversé des tonnes de pétrole sur les côtes bretonnes en 1974, il n'a nui à personne. Il n'y avait pas moyen de l'attaquer. Il a nui à la côte bretonne mais ce n'est pas une personne. Alors il a fallu faire des lois pour éduquer le juge; maintenant il y a un délit d'atteinte à l'environnement, ça n'existait pas avant. Et puis ça ne marche pas si mal que ça, l'état a été condamné plusieurs fois. Ça ne lui fait pas plaisir. Par ce biais,

32. Voir par exemple https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/06/27/ces-chercheurs-tentes-par-la-bifurcation-ecologique_6132235_1650684.html.

tu éduques aussi toute la société. Et enfin, ce sont des problèmes scientifiques intéressants.

(IG) Tu es engagé depuis longtemps dans la cause du climat. As-tu eu des conflits avec des collègues sur ce sujet-là ?

Non, pour le climat non. Pour le CEREMADE, on a fait une base de données, il y a des collègues qui disent que c'est de la paperasserie, on a eu ce genre de réactions. Ils ne voient pas encore l'utilité, ou bien ça ne les intéresse pas, tout simplement. Mais des conflits non, des divergences oui. Par contre j'ai des articles qui ne sont pas passés dans des revues, notamment en finance, car je dénonçais un green-washing. Mais il n'y a pas d'argent en jeu dans la communauté mathématique.

(IG) Il n'y a pas d'argent mais des idées politiques. Depuis quelque temps, on entend des collègues demander plus d'argent pour la recherche mathématique... croyant peut-être s'attaquer à la résolution du problème climatique par des innovations techniques. Mais on sait que des moyens supplémentaires ce sont aussi des émissions de CO₂ en plus...

Ce n'est pas comme cela que je vois les choses. Je pense que le monde va changer profondément, que le prix des énergies fossiles va exploser, que les voyages à 20 euros ce sera fini. Je pense également que la science va changer, c'est-à-dire que tout l'accent qui a été mis sur la finance pendant des années et des années, maintenant il va falloir s'occuper du monde autour de nous. Ça va arriver. Il y a la responsabilité sociale des entreprises, il y a une demande des jeunes et il y aura une prise de conscience que les problèmes sont globaux.

Aux jeunes étudiants, je dirai que si vous imaginez que vous allez entrer dans un monde où les mathématiciens font des maths dans un coin, les informaticiens de l'informatique dans un autre coin, de même pour les historiens etc., alors vous vous frottez le doigt dans l'oeil. C'est fini, ça. Les problèmes qui vont se poser sont des problèmes globaux. Après les incendies de cet été, on va replanter des forêts ; les mêmes ? Il va falloir réfléchir à ça, en parler à des biologistes etc. ce sont des réflexions

collectives. Non il n'y aura pas plus d'argent aux maths, mais il y aura de l'argent pour de grands projets et les matheux finiront par s'intéresser aux problèmes qui les entourent.

La pensée en silo, tout le monde séparé, c'est terminé. Tout le monde pense que la guerre en Ukraine, c'est la faute de Poutine. Je veux bien, mais ce n'est pas lui qui a inventé la raréfaction des ressources. Ce sont des guerres pour les ressources qui commencent.

Ce que tu veux dire, c'est que l'on ne dit pas le vrai nom de ce qu'il se passe. C'est le début des problèmes des ressources.

Oui, on a tout en même temps, on a la raréfaction des ressources, le réchauffement climatique et la perte de la biodiversité. Ce qui va intéresser les gens, ce sont ces problèmes-là, et on ne les résoudra pas séparément.

(IG) J'entends, mais pour l'instant, on ne prend pas du tout cette direction-là. Pour l'instant il n'y a pas de changement, par exemple au niveau de l'État français.

Le changement viendra par en bas, on a fait le cours climat à Dauphine, personne ne nous l'a demandé. Je suis bien d'accord avec toi sur le président de la république, mais il ne fera pas ce qu'il veut, si ça continue comme ça, on aura des troubles dans ce pays. Il se passe des choses extraordinaires, l'Europe souhaite plafonner les prix du gaz russe car les russes font trop de profits et financent la guerre en Ukraine. Mais ce sont ici les fondements de la théorie du marché qui sont remis en cause ; ce que j'ai enseigné pendant des années, c'est qu'il faut maximiser les profits... Il y a de grands bouleversements idéologiques. On est vraiment dans une prise de conscience et de transition. Les consommations augmentent, et les ressources ne suivent pas. Il y aura de grands changements. Cela me rappelle la formule, Il faut bien que je les suive puisque je suis leur chef³³.

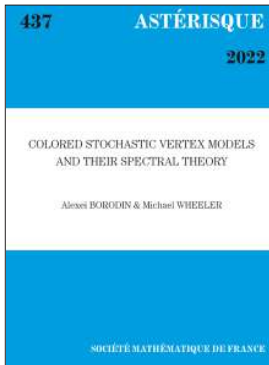
Merci beaucoup Ivar d'avoir accepté de répondre à nos questions !

33. Citation attribuée à Ledru-Rollin, en 1849.



Ivar EKELAND est né en 1944 à Paris. Ses travaux portent sur l'optimisation, la mécanique hamiltonienne et la géométrie symplectique, ainsi que sur l'économie et la finance. Il est membre de la Société Royale du Canada et de l'Academia Europea, membre étranger des académies des sciences de Norvège, de Palestine et d'Autriche. Il a été président de l'université Paris-Dauphine et directeur du Pacific Institute of Mathematical Sciences. Ivar Ekeland a toujours été un mathématicien engagé dans la défense des droits humains, en particulier à travers l'AURDIP (Association des Universitaires pour le Respect du Droit International en Palestine) dont il est président. Il est aussi très engagé pour la cause environnementale. En plus de ses écrits scientifiques, il a publié de nombreux livres de vulgarisation, dont une bande dessinée, avec Étienne Lécroat, intitulée *Urgence climatique*, il est encore temps !

Astérisque - nouveauté



Vol. 437
Coloured stochastic vertex models and their spectral theory
 A. BORODIN, M. WHEELER

ISBN 978-2-85629-963-0
 2022 - 225 pages - Softcover. 17 x 24
 Public: 49 € - Members: 34 €

This work is dedicated to Sl_{n+1} -related integrable stochastic vertex models; we call such models coloured. We prove several results about these models, which include the following:

1. We construct the basis of (rational) eigenfunctions of the coloured transfer-matrices as partition functions of our lattice models with certain boundary conditions. Similarly, we construct a dual basis and prove the corresponding orthogonality relations and Plancherel formulae.
2. We derive a variety of combinatorial properties of those eigenfunctions, such as branching rules, exchange relations under Hecke divided-difference operators, (skew) Cauchy identities of different types, and monomial expansions.
3. We show that our eigenfunctions are certain (non-obvious) reductions of the nested Bethe Ansatz eigenfunctions.
4. For models in a quadrant with domain-wall (or half-Bernoulli) boundary conditions, we prove a matching relation that identifies the distribution of the coloured height function at a point with the distribution of the height function along a line in an associated colour-blind (Sl_2 -related) stochastic vertex model. Thanks to a variety of known results about asymptotics of height functions of the colour-blind models, this implies a similar variety of limit theorems for the coloured height function of our models.
5. We demonstrate how the coloured/uncoloured match degenerates to the coloured (or multi-species) versions of the ASEP, q-PushTASEP, and the q-boson model.
6. We show how our eigenfunctions relate to non-symmetric Cherednik-Macdonald theory, and we make use of this connection to prove a probabilistic matching result by applying Cherednik-Dunkl operators to the corresponding non-symmetric Cauchy identity.

Disponible sur le site de la SMF (boutique en ligne) : <https://smf.emath.fr>

*frais de port non compris

