

LEA

L'Esprit
d'Archimède

La revue # 10 – JUILLET – DECEMBRE 2023



Le comité de rédaction de la revue
L'esprit d'Archimède.

Ce numéro de LEA paraît dans un contexte gravissime et atroce. La spirale infernale de Netanyahu et du gouvernement de droite et d'extrême droite d'Israël s'est refermée sur les peuples israélien et palestinien qui en payent le prix fort : avoir soutenu en sous-main le Hamas contre l'autorité palestinienne, ne respecter aucun accord de paix, aboutit au déchaînement de violence, de part et d'autre. Exiger et mettre en pratique la solution à deux États, ne pas faire deux poids deux mesures, sont les conditions indispensables pour que les partisans de la paix puissent avoir une (petite) chance d'être entendus dans un monde où les extrémistes ont la partie belle, faute de solution crédible aux maux qui nous accablent.

Ce numéro reflète nos préoccupations. Alain Cambier rappelle que les notions de civilisation et de culture « désignent ce par quoi l'existence humaine s'élève au-dessus de l'animalité... pour vivre ensemble, les hommes doivent nécessairement acquérir le sens de la tenue et de la retenue », ce qui implique de « mettre de l'humain dans l'homme », avec comme but la coopération de toutes les civilisations. Jacques Lemièrre caractérise les émeutes de l'été et analyse la réponse, uniquement sécuritaire, du gouvernement, son retard à poser un diagnostic, son évitement des sujets qui ont créé les conditions des émeutes. Philippe Rollet et Pierre Thomas clôturent leur série de chroniques sur les inégalités et la pauvreté dans les Hauts-de-France : ils analysent l'impact énorme de l'inflation sur les niveaux de vie des personnes à bas revenus et formulent trois recommandations pour renforcer la lutte contre cette pauvreté. Nicolas Dufrêne évalue le coût de la reconstruction écologique et propose des voies originales pour la financer : elles exigent changements institutionnels et renouvellement du paradigme idéologique du « monétarisme », une question politique et non technique.

Ces questions vives concernant l'écologie sont abordées sous d'autres angles. Guillaume Lecointre montre le délitement de sens du terme « biodiversité », un concept qu'il importe de sauver en le restreignant à l'exactitude de son étymologie. Dans la rubrique « Arts », Nathalie Poisson-Cogez témoigne d'une dynamique régionale sur le thème de l'arbre représenté dans des œuvres, porteuses d'enjeux environnementaux, où il apparaît sous le double registre de la représentation et de sa forme matérielle. Magalie Franchomme pointe les effets pervers de l'éclairage nocturne sur les espèces animales et végétales et préconise des solutions pour y remédier. Jean-Marc Lévy-Leblond conte la triste histoire de la brillante chimiste Clara Immerwahr, réduite au rôle de femme au foyer par son mari, lui aussi grand chimiste, inventeur du procédé de fabrication du gaz moutarde, son promoteur auprès de l'armée allemande. Après la « réussite » de son emploi à Ypres, Clara, pacifiste, se suicide.

Didier Terrier étudie la manière dont le développement technique a soumis les travailleurs à une gestion du temps de travail permettant, selon le baron Dupin, de trouver « un avantage extrême à faire opérer infatigablement les mécanismes, en réduisant à la moindre durée possible les intervalles de repos ». Charlotte Meurin met en scène *Pavane*, œuvre musicale de Gabriel Fauré et titre d'un court métrage de Pauline Gay sur les ouvrières d'un abattoir industriel de volailles, manière de parler des conditions de travail actuelles. Éric Węgrzynowski décrit combien notre vie quotidienne fait appel à une multitude d'objets techniques protégés par la cryptographie, détaille les formes que celle-ci prend et en analyse forces et faiblesses. Lisa Rougetet conte comment un magistrat, dans ses loisirs inavoués, met au point une méthode infaillible pour résoudre un casse-tête : désenchevêtrer les anneaux d'un baguenaudier et, ce faisant, il invente un système binaire voué à un grand avenir. Jean-Paul Delahaye stimule les amoureux de maths par un nouveau paradoxe : la construction de graphes planaires particuliers dont chaque sommet est lié à 4, 5 ou 6 autres exactement. Martin Granger interviewe sur son œuvre littéraire son "oulipienne de l'année", la mathématicienne, romancière et militante Michèle Audin. Dans sa rubrique « autour d'un mot », Francis Danvers montre la « Créativité » comme produit de l'interaction entre capacités cognitives, caractéristiques émotionnelles et facteurs environnementaux. Cette pensée créative, ce n'est certes pas l'IA qui en fait preuve : dans le premier article d'une nouvelle rubrique « dialogue avec un faiseur de dieux et de mythes », Olivier Las Vergnas et Antoine Rio-Jouet demandent à Chat GPT : « une intelligence artificielle peut-elle remplacer un professeur ? » Désopilant.

En terminant, LEA tient à saluer la mémoire d'Etienne Guyon, directeur honoraire de l'ENS Ulm et du Palais de la découverte. Etienne avait été un grand défenseur des *Nouvelles d'Archimède*. Il avait soutenu l'ALEA en lui donnant plusieurs conférences et articles. Merci à « Sciences et Avenir » de nous permettre de reproduire l'hommage qu'elle a publié.

https://www.sciencesetavenir.fr/fondamental/hommage-a-etienne-guyon-derriere-les-passions-du-grand-physicien-l-homme_172752

Rubriques

- 4 **Repenser la politique** : Décivilisations ? par Alain Cambier
- 8 **Paradoxes** par Jean-Paul Delahaye
- 10 **À découvrir** : Pavane, un air d'usine par Charlotte Meurin
- 12 **Mémoires de sciences** : Le *Traité du Baguennodier* de Louis Gros (1872) ou Comment la passion inavouée d'un magistrat pour un casse-tête permet d'en révéler la théorie mathématique par Lisa Rougetet
- 15 **Autour d'un mot** : Créativité par Francis Danvers
- 17 **Arts** : Dans les bois, Focus sur la triennale Art & Industrie : Chaleur Humaine par Nathalie Poisson-Cogez
- 21 **Jeux littéraires** : Michèle Audin, oulipienne à trois idées par Martin Granger
- 23 **Chronique de la socio-économie** : Les ménages pauvres et à bas revenus à l'épreuve de l'inflation par Pierre Thomas et Philippe Rollet
- 27 **Dialogues avec un faiseur de dieux et de mythes** : une IA peut-il remplacer un professeur ? Un exemple de dialogue avec Bard-Google, entre hallucinations et illusions réflexions par Olivier Las-Vergnas et Antoine Rio-Jouet

Actualités

- 35 « Les émeutes ? La leçon que j'en retire, c'est l'ordre, l'ordre, l'ordre » par Jacques Lemièr

Cycle : Transitions

- 37 **Cryptographie : sécurité de notre écosystème numérique ?** par Éric Wegrzynowski
- 40 **La machine, l'horloge et le prolétaire. Progrès techniques et gestion du temps dans les filatures de coton au XIXe siècle** par Didier Terrier

Cycle : Écosystèmes

- 44 **Réformer la politique monétaire pour aider la reconstruction écologique de nos sociétés** par Nicolas Dufrêne
- 47 **L'éclairage : un levier de la transition énergétique et de la transition écologique** par Magalie Franchomme
- 50 **Clara Immerwahr et Fritz Haber, ou La chimie, l'amour et la guerre** par Jean-Marc Lévy-Leblond
- 53 **La biodiversité : de quoi parle-t-on ?** par Guillaume Lecointre

Couverture : © Lydie Pélinski

L'ESPRIT D'ARCHIMÈDE

Directeur de la publication : Danvers Francis

Directeur de la rédaction : Maitte Bernard

Comité de rédaction :

Cambier Alain : Repenser la politique
 Danvers Francis : Autour d'un mot
 Delahaye Jean-Paul : Paradoxes
 Granger Martin : Jeux littéraires
 Hennequin Daniel : Rédaction
 Las Vergnas Olivier : Rédaction
 Maitte Bernard : Mémoires de sciences
 Meilliez Francis : Rédaction
 Meurin Charlotte : A découvrir
 Moreau Olivier : Rédaction
 Pélinski Lydie : Rédaction
 Poisson-Cogez Nathalie : Arts
 Rollet Philippe : Chronique de la socio-économie

Rédaction - Réalisation :

Hennequin Daniel
 Moreau Olivier
 Pélinski Lydie

ISSN : 2680-2198

Décivilisation ?

par **Alain Cambier**

Chercheur associé à l'UMR 8163 « Savoirs, textes, langage » (STL) de l'Université de Lille.

L'augmentation des tensions dans tous les segments de notre société met sur la sellette nos institutions. A ce propos, le politologue Jérôme Fourquet a pointé « un processus de décivilisation qui s'enclenche » : cette expression a été reprise aussitôt par le chef de l'État, dès le lendemain d'un déjeuner à l'Élysée avec des sociologues, le 23 mai dernier. Pourtant, la notion de « décivilisation » apparaît très connotée : avant même d'avoir théorisé le « grand remplacement », le propagandiste d'extrême droite Renaud Camus avait publié, en 2011, un essai intitulé « Décivilisation ». Certes, personne ne peut nier une multiplication des incivilités et l'apparition de phénomènes de désintégration de la vie sociale. Pourtant, dans une tribune du journal *Le Monde* du 28 juillet 2023, Edgar Morin préfère parler d'une « crise de civilisation » qu'il faudrait resituer dans la complexité d'une « polycrise mondiale ». Edgar Morin pointe également une « crise de la pensée ». Au-delà de la conflictualité radicale qui semble désormais s'emparer aussi bien des conduites que des propos de tout un chacun, il s'agit effectivement d'aller aux racines plus profondes d'une « tragédie de la culture ».

Diagnostiquer un « processus de décivilisation » permet d'en appeler à une « politique de civilisation ». Cependant, il faut savoir ce que l'on met derrière cette expression, dans la mesure où elle a été exploitée de manière démagogique par des politiques¹. Ainsi, prétendre régler le problème des quartiers de banlieue en les « nettoyant » au Karcher² apparaît comme une application dévoyée et pernicieuse du syntagme « politique de civilisation »... L'idée initiale d'une « politique de civilisation » n'a, au départ, absolument rien à voir avec une politique répressive : elle a été formulée par Edgar Morin en 1997³, tout comme Michel Freitag avait recouru, peu avant, à l'expression de « politique civilisationnelle »⁴. Une telle politique ne se réduit certainement pas au recours à la répression ou au calcul d'intérêt immédiat, car pour Freitag « la vraie richesse de l'humanité, ce n'est pas sa capacité de production économique et technologique, c'est sa capacité de produire du sens »⁵.

La civilisation des mœurs

Si les notions de civilisation et de culture peuvent être légitimement distinguées, elles se sont imposées toutes deux, dans notre vocabulaire au XVIII^e siècle⁶, et désignent ce par quoi l'existence humaine s'élève au-dessus de l'animalité : elles pointent le passage de l'*immanitas* à l'*humanitas*, c'est-à-dire l'émancipation de l'homme vis-à-vis de la férocité animale. Être civilisé renvoie à une entreprise éthique qui consiste à « élever l'homme » au-dessus de la nature sauvage

et au-dessus de sa nature spécifique. Cette exigence est une constante de toute l'humanité et nous la trouvons déjà exprimée à la fin du mythe de *Prométhée* et d'*Épiméthée* : pour vivre ensemble, les hommes doivent nécessairement acquérir le sens de la tenue et de la retenue, soit la vertu de l'*Aïdôs*, de la réserve⁷... Car l'enjeu est double : d'une part, il s'agit de se démarquer du comportement animal qui vient sourdre en l'homme, mais aussi de discipliner cette marge d'indétermination qui caractérise son libre arbitre et peut conduire à une illimitation des désirs, en confondant liberté et licence capricieuse. En ce sens, Norbert Elias a pu souligner que la civilisation des mœurs implique le contrôle de soi⁸ ou, pour le dire avec Adorno et Horkheimer : « L'histoire de la civilisation est l'histoire de l'introversion du sacrifice »⁹. Car, la véritable signification de la logique sacrificielle n'est finalement pas de sacrifier quelqu'un d'autre que soi - fût-ce un autre être humain ou un animal consacré -, mais de sacrifier une partie de soi-même : une part de ses impulsions. Comme Érasme l'affirmait, il faut donc nécessairement instituer l'humain dans l'homme. Or, la crise actuelle des institutions vient désormais mettre en péril ce projet. Milan Kundera disait que « l'indiscrétion » est devenue la « vertu » de notre époque : en un mot, l'impudeur règne, comme s'il n'y avait plus de « Sur-moi » à acquérir chez les individus, de sorte que chacun en vient à jauger publiquement le monde à l'aune de sa subjectivité la plus intime, sans vergogne.

¹ Comme l'a fait N. Sarkozy et, plus récemment, Éric Ciotti à la suite des émeutes de juin dernier, consécutives à la mort de l'adolescent Nael Merzouk pour refus d'obtempérer.

² Cette expression a été prononcée par N. Sarkozy le 19 juin 2005, devant la « cité des 4000 » à La Courneuve.

³ Cf. Edgar Morin & S. Naïr, *Pour une politique de civilisation*, Paris, Arléa, 2002.

⁴ Cf. M. Freitag, *Le Naufrage de l'Université*, Québec-Paris, Nuit-blanche-La Découverte, 1995.

⁵ M. Freitag, *L'Impasse de la globalisation*, Montréal, Ecosociété, 2008.

⁶ Cf. notre ouvrage *Qu'est-ce qu'une civilisation ?*, Paris, Vrin, coll. *Chemins philosophiques*, 2012.

⁷ Cf. Platon, *Protagoras* 321d-322e.

⁸ Cf. N. Elias, *La Civilisation des mœurs* et *La Dynamique de l'Occident*, Paris, Presses-Pocket, 1990, p. 185.

⁹ Cf. leur ouvrage *La Dialectique de la raison*, Paris, Gallimard, 1974, p. 68.

L'écran devient aujourd'hui le nouveau miroir du narcissisme le plus indécent. Dans une société marquée par le néo-libéralisme où domine le modèle complaisant de l'*homo frivolus*, chacun se veut l'exclusive source des valeurs, au point de justifier un relativisme radical, le cynisme, voire la violence nihiliste.

Le risque de confusion entre civilisation des mœurs et répression¹⁰

Certes, les règles de civilités peuvent sembler formelles, voire hypocrites, mais cette hypocrisie du jeu social est alors vouée à empêcher tous les autres vices de s'exprimer au grand jour. Ce mot de civilisation qui désigne un processus d'acquisition des « civilités » renvoie au même champ lexical que *poli* et *police* qui, même s'ils sont phonétiquement proches, présentent une étymologie différente : pour l'un, le latin « *polire* », l'action de polir pour refouler toute rudesse dans les contacts humains ; pour l'autre, les termes grec de *polis* et de « *politeia* » : vivre dans une cité ou un État doté d'une *politeia* – c'est-à-dire d'une constitution – est censé être la marque même de ce qui s'oppose à la barbarie. Si l'homme est bien un *animal educandum*, cette éducation relève de l'*éthos* d'une culture : elle est à la fois l'affaire de la famille, de la vie sociale et de l'État. Or, il semble bien qu'aujourd'hui compter uniquement sur les « forces de l'ordre » pour juguler toute expression violente d'exaspération sociale est plutôt le symptôme d'une impasse. Tout comme la notion de « civilisation » a servi à une époque pour justifier une colonisation forcée, prétendre la mobiliser aujourd'hui pour régler le problème d'un prétendu « ensauvagement de la société »¹¹ apparaît comme un raccourci douteux. Si l'État dispose bien du monopole de la violence légale, il est d'abord une institution symbolique qui ne fait autorité que par les valeurs qu'il représente. Face aux colères populaires, les forces de police ne doivent donc être qu'un ultime recours et la confiance que nous devons légitimement leur accorder implique réciproquement, de leur part, le respect républicain des citoyens. La suppression de la « police de proximité » a été un signal fort d'une vision étroite du rôle de la police et le maintien de cette suppression par pur dogmatisme apparaît comme une faute lourde : il indique un changement de doctrine dans l'utilisation des forces de l'ordre. L'abus du recours à la démonstration de force pour intimider les diverses expressions populaires de mécontentement malmène la démocratie¹² : il vise à dissuader de manifester. En outre, miser sur le déploiement massif des « forces de police » uniquement en termes de « moyens » est révélateur de l'aveuglement sur la question primordiale des fins ultimes à leur fixer, en République. Cet affichage d'une pléthore de « moyens » contre des manifestants occasionnels fait

ressortir, par contraste, la totale impuissance face à cette insécurité vécue au quotidien que génèrent, par exemple, les réseaux de drogue ou les terroristes fanatisés. De même, il faut s'interroger sur la mobilisation de forces spécifiques comme le RAID pour prétendre garantir l'ordre face à des émeutes sporadiques. Ici comme ailleurs¹³, on ne peut prétendre civiliser les âmes par des armes, au risque d'en arriver à confondre société policée et État policier. On ne met pas fin aux colères populaires en les soumettant simplement à une surenchère dans la menace policière : l'enjeu est d'abord de comprendre les tenants et aboutissants profonds de toute crise sociale...

La notion de civilisation ne renvoie pas nécessairement à un modèle normatif

Si la notion de civilisation a pu devenir sujette à caution, c'est aussi parce qu'elle a donné lieu à une extrapolation en raison de son émergence en corrélation avec la notion de progrès : si les exigences de respect mutuel dans une société sont universelles, la perfectibilité de l'homme qu'elles supposent n'induit pas nécessairement l'idée que certaines sociétés se développeraient mieux que d'autres ou, tout au moins, avant d'autres. Le premier effet d'un tel amalgame a conduit à se réclamer d'une vision réductrice de la notion de civilisation qui ne devenait qu'un habillage idéologique d'un ethnocentrisme : ce fut là un des effets pervers de la face obscure de l'esprit des Lumières. On peut en recueillir la trace dans la pensée d'Auguste Comte qui a prétendu mettre au jour une loi de succession - la loi des trois états¹⁴ - et transformer ainsi une tendance en nécessité inconditionnelle. Tout ce qui ne va pas dans le sens du courant serait alors condamné : le postulat d'un sens global du progrès rend aveugle à la signification spécifique des cultures humaines. La civilisation a souvent été présentée comme un processus téléologique devant conduire à un même mode de vie pour l'humanité entière et donc voué à une universalisation extensive. Mais si une civilisation est une notion qui présente toujours plus d'extension que celle de culture, cette extension ne signifie pas du tout un dépassement nécessaire des cultures en vue de l'accomplissement d'un modèle global. Le travail critique de neutralisation axiologique de la notion de civilisation a été accompli, en France, par Marcel Mauss¹⁵ qui s'efforça de vider la notion de civilisation de ses connotations normatives. Plutôt que de se référer à la civilisation comme d'un modèle universel à imposer, Mauss y voit une similitude de traits communs à des sociétés différentes qui ne relèvent pas d'une essence idéale, mais simplement d'un « air de famille » dont il s'agirait de recueillir les traits, en passant du normatif au descriptif¹⁶. Mauss préfère donc

¹⁰ Sur cette notion de répression (*Unterdrückung*), cf. également S. Freud, *Malaise dans la civilisation*, Paris, PUF, 1989.

¹¹ Expression de G. Darmanin.

¹² Comme lors des manifestations organisées par l'Intersyndicale contre la dernière réforme des retraites.

¹³ Cf. le rôle, par exemple, de la « police des mœurs » en Iran qui a conduit à l'assassinat de Mahsa Amini.

¹⁴ Cf. A. Comte : sa conclusion du *Plan des travaux scientifiques nécessaires pour réorganiser la société* (1822).

¹⁵ Cf. M. Mauss, *Les civilisations : éléments et formes* dans *Essais de sociologie*, Paris, éd. de Minuit, p. 249-250.

¹⁶ « ... une civilisation : c'est un ensemble suffisamment grand de phénomènes de civilisation [...] un ensemble suffisamment caractéristique pour qu'il puisse signifier, évoquer à l'esprit une famille de sociétés », op. cit. p. 234-237.

parler de « phénomènes de civilisation » qui correspondraient à l'existence d'une sorte de bassin ou de fonds de phénomènes communs à plusieurs systèmes socioculturels suffisamment proches : « Une sorte de système hypersocial de systèmes sociaux, voilà ce qu'on peut appeler une civilisation ». Parler de civilisation ne consiste plus ici à renvoyer à une loi ou un principe, mais à une limite de fusion. Elle présuppose déjà l'existence de particularismes culturels susceptibles d'être partagés par acculturation, pouvant certes s'ouvrir aux autres civilisations, mais dont les caractères originaux constitutifs peuvent aussi opposer leur résistance...

La barbarie postmoderne comme désymbolisation

Ainsi, dans notre propre société, le problème le plus profond n'est pas tant celui d'une « décivilisation », mais plutôt paradoxalement du développement exponentiel d'une civilisation technologique abstraite qui provoque une « tragédie de la culture » – pour reprendre la fameuse expression de Georg Simmel¹⁷. Le propre de toute culture est d'être constitué de systèmes symboliques répondant à la « dette de sens » qui taraude tout être humain¹⁸. L'homme a pu être défini par Ernst Cassirer comme un « animal *symbolicum* »¹⁹ parce qu'il introduit la médiation de dispositifs symboliques entre lui et la réalité, comme c'est déjà le cas avec le langage. La barbarie comme régression se caractérise, à l'inverse, par la désymbolisation. Or, celle-ci peut être engendrée par un type de civilisation hautement sophistiquée qui s'en remet aveuglément à la rationalité instrumentale. Max Weber distinguait déjà l'activité rationnelle par valeurs (*Wertrationalität*) et l'activité rationnelle par finalité (*Zweckrationalität*)²⁰. La première relève d'une logique symbolique qui fait que l'on agit au nom de représentations d'exigences, de croyances en certains devoirs, d'obligations éthiques. En revanche, la rationalité par finalité est réduite aujourd'hui exclusivement au calcul d'intérêt : il s'agit d'aménager les moyens les plus efficaces pour arriver à un but. Aussi, même si les deux types de rationalité peuvent coexister, cette dernière devient de plus en plus une menace pour la rationalité par valeurs. Car la prédominance du calcul d'intérêt tend à disqualifier la rationalité par valeurs. Bien plus, la civilisation post-moderne a vicié la notion même de « rationalité par finalité », puisqu'elle entretient la confusion entre la notion de fin et celle d'objectif, lui-même susceptible de devenir à son tour un moyen pour accomplir sans fin de nouveaux objectifs. La recherche obsessionnelle de l'efficacité provoque une amplification de moyens de plus en plus sophistiqués, mais aussi un obscurcissement des fins. La performance ciblée devient le seul critère de l'activité.

L'homme n'a plus alors qu'un prix et non une dignité. Ainsi triomphe un utilitarisme aveugle qui réduit les rapports sociaux aux rapports de rentabilité, par la priorité accordée à une gestion opérationnelle qui mise sur le déclenchement de réactions fonctionnelles. Toutes les pratiques sont alors soumises à cette entreprise d'optimisation des comportements, au détriment des valeurs symboliques. L'*Homo oeconomicus utilis* se présente comme le modèle accompli d'une humanité prétendument « opérationnelle ». L'économisme généralisé et le technocratie apparaissent comme les moteurs de cette entreprise de désymbolisation. Ainsi, la civilisation post-moderne peut développer une barbarie endogène puisqu'elle tend à se construire par éradication de la culture et de ses institutions symboliques.

Une civilisation qui fait la guerre à la culture

Dans une civilisation où les valeurs de vérité, d'universalité, de droit, de solidarité, de respect mutuel sont déconsidérées, le « sens » ne renvoie plus à l'*a priori* d'une expérience partagée, médiatisée par une mutuelle reconnaissance, mais désigne les intérêts ou motivations spécifiées par le seul désir de se différencier de manière tout empirique et de ne chercher qu'une convergence tactique sur la base de ces différenciations circonstanciées : au point d'engendrer « une socialité sans société »²¹. Ainsi sommes-nous tous en train de devenir des « autres » pour les « autres », par défaut de l'Autre, c'est-à-dire d'un Tiers fondateur acceptable. Même la notion d'« État de droit » apparaît disqualifiée pour réguler les rapports sociaux quand cette régulation ne peut plus se faire par la simple médiation de normes culturelles intériorisées. Dès lors, tisser les liens sociaux ne devient qu'une affaire superficielle de tactiques de « communication » misant sur l'« influence ». Jusqu'au sommet de l'État, celle-ci phagocyte la politique par le biais du *lobbying* dont elle devient le jouet. L'État lui-même renonce à agir réellement pour ne plus jouer qu'un rôle d'influenceur auprès des différentes puissances économiques. Dans la vie quotidienne qui se trouve désormais sous l'empire des *TIC*²², l'enjeu du rôle des « influenceurs » n'est certes pas de créditer du sens, mais de procéder à des modifications de l'environnement comportemental de sujets « *other directed* » qui, ayant perdu leur « gyroscope intérieur », s'orientent au radar en réagissant au coup par coup aux « innovations » les plus futiles. Dans ce contexte, il n'est donc pas étonnant de voir émerger des narratifs historiques qui ne sont que des constructions imaginaires totalement arbitraires, mais politiquement régressives. Ainsi, à l'encontre du travail d'enquête mené par les historiens, d'aucuns tentent aujourd'hui de réhabiliter le rôle de Pétain pendant la seconde guerre mondiale en

¹⁷ Cf. G. Simmel, *Le Concept et la tragédie de la culture*, dans *La Tragédie de la culture*, Paris, Payot & Rivages, 1988, p. 207-214.

¹⁸ Sur ce point, cf. notre dernier ouvrage *Le Dépli du sens. Généalogie de la vie phénoménale*, Paris, Vrin, sept. 2023.

¹⁹ Cf. E. Cassirer, *Essai sur l'homme*, Paris, Minuit, 1975.

²⁰ Cf. M. Weber, *Economie et société*, Paris, Pocket, I, p. 55-57.

²¹ Cf. M. Freitag : cf. *L'Oubli de la société*, Rennes, PUR, 2002.

²² i.e. les Technologies de l'Information et de la Communication

prétendant qu'il aurait sauvé des juifs ; d'autres aux USA essaient de justifier l'esclavage en prétendant qu'il aurait permis aux personnes de couleur d'acquiescer ainsi des « compétences » ; en Russie, Staline est de nouveau honoré et avec lui Dzerjinski, fondateur de la Tchéka²³ ; d'autres encore déclarent que Hitler s'en serait pris aux « usuriers » et non aux juifs en tant que tels, etc. Le révisionnisme et le négationnisme fleurissent quand sévit la « crise de la culture »²⁴, la crise de la transmission culturelle, jusqu'à nous faire « marcher dans les ténèbres »²⁵. La méconnaissance du passé historique contribue à interdire de penser, à se laisser guider uniquement par des faussaires. Plutôt que de dire, en reprenant Gramsci, que nous vivons actuellement une guerre culturelle entre la droite et la gauche pour asseoir son hégémonie, il s'agit plutôt d'une guerre contre la culture.

Défi écologique et « politique civilisationnelle »

Cependant, face aux outrances sans limites qui caractérisent la « kitschitude »²⁶ menaçant toutes les cultures à l'échelle planétaire, il serait regrettable d'effectuer, dans ce contexte, un repli passéiste en reglorifiant la notion de nation et en se

recroquevillant sur elle, au détriment de celle de civilisation. Ce à quoi nous sommes confrontés est moins une décivilisation que la nécessité pour chaque civilisation de procéder à un examen de conscience sur sa responsabilité dans la tournure tragique que peut prendre notre histoire humaine, en raison de nos aveuglements mortifères. Or, un phénomène majeur est aujourd'hui censé nous contraindre à regarder la biosphère sans les œillères de nos frontières : le dérèglement climatique change les données du problème auxquelles ont été confrontées jusqu'ici les communautés humaines et nous oblige à repousser les « limites de fusion » des différentes civilisations exposées désormais à un nouveau péril existentiel. Les défis que provoque ce dérèglement ne peuvent être relevés à l'échelle d'un seul pays ou d'une seule culture, voire d'une seule civilisation, puisque toute la condition humaine doit s'interroger sur son destin et se sentir concernée par les bouleversements climatiques que « l'anthropocène » a lui-même générés et qui vont de plus en plus nous affecter. L'enjeu pour toute l'humanité est bien celui de la coopération des civilisations plutôt que de radicaliser les conflits en misant sur un « choc des civilisations ».

²³ Police politique de l'URSS.

²⁴ Cf. H. Arendt, *La Crise de la culture*, Préface, dans *L'Humaine condition*, Paris, Quarto-Gallimard, 2012, p. 593-603.

²⁵ « Le passé n'éclairant plus l'avenir, l'esprit marche dans les ténèbres » A. de Tocqueville, *De la Démocratie en Amérique*, Folio-Gallimard, 1986, II, p. 452.

²⁶ Cf. G. Lipovetsky et J. Seroy : cf. *Le Nouvel âge du kitsch*, Paris, Gallimard, 2023, mais aussi initialement Hermann Broch, *Quelques remarques à propos du kitsch*, Paris, Alia, 2001.

Paradoxes

Rubrique de divertissements mathématiques
pour ceux qui aiment se prendre la tête

par Jean-Paul Delahaye

Professeur émérite à l'Université de Lille
Laboratoire CRISTAL UMR CNRS 9189, Bâtiment ESPRIT, Villeneuve d'Ascq

Les paradoxes stimulent l'esprit et sont à l'origine de nombreux progrès mathématiques. Notre but est de vous provoquer et de vous faire réfléchir. Si vous pensez avoir une solution au paradoxe proposé, envoyez-la moi à l'adresse électronique : jean-paul.delahaye@univ-lille.fr.

Paradoxe précédent : La somme des chiffres

La magicienne des nombres vous dit : « prenez un nombre entier quelconque composé de chiffres croissants au sens large, et dont les deux derniers chiffres sont différents ; par exemple 1333456778. Multipliez-le par 9. Faites la somme des chiffres du résultat. »

Elle ajoute « je connais cette somme ».

Cela semble impossible, pourtant — et c'est le paradoxe — c'est possible.

Pourquoi ?

Solution

Merci et bravo à Jef Van Staeyen qui m'a fait parvenir la bonne réponse et sa démonstration. Il fallait répondre :

Parce que la somme des chiffres est toujours '9'.

Pour notre exemple : $9 \times 1333456778 = 12001111002$. La somme des chiffres est 9. C'est inattendu car le nombre de départ peut être très long et donc celui obtenu en multipliant par neuf aussi. Pourtant, il est toujours vrai que la somme des chiffres donne 9. La démonstration de cet étrange et étonnant résultat est relativement élémentaire et se fonde sur la méthode de soustraction apprise à l'école. Partons d'un nombre entier N de 6 chiffres (la méthode s'étend à un nombre quelconque de chiffres) :

$$N = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 \quad \text{avec : } a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4 \leq a_5 < a_6$$

Le nombre $9 \times N$ vaut bien sûr $10 \times N - N$. C'est donc le résultat de la soustraction suivante :

$$\begin{array}{r} a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 0 \\ - a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 \\ \hline b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 \end{array} \quad \begin{array}{r} 10 \times N \\ - N \\ \hline 9 \times N \end{array}$$

Le chiffre b_7 vaut $10 - a_6$ car il y a une retenue.

Le chiffre b_6 vaut $a_6 - a_5 - 1$ car la retenue précédente a été reportée.

L'hypothèse $a_6 > a_5$ assure qu'il n'y a pas de nouvelle retenue à introduire et à prendre en compte pour la colonne suivante. Le chiffre b_5 vaut $a_5 - a_4$ car $a_5 \geq a_4$ assure qu'il n'y a pas de nouvelle retenue à introduire. De même b_4 vaut $a_4 - a_3$, b_3 vaut $a_3 - a_2$, b_2 vaut $a_2 - a_1$, b_1 vaut a_1 . La somme des chiffres de $9N$ est donc :

$$(10 - a_6) + (a_6 - a_5 - 1) + (a_5 - a_4) + (a_4 - a_3) + (a_3 - a_2) + (a_2 - a_1) + a_1 = 10 - 1 = 9$$

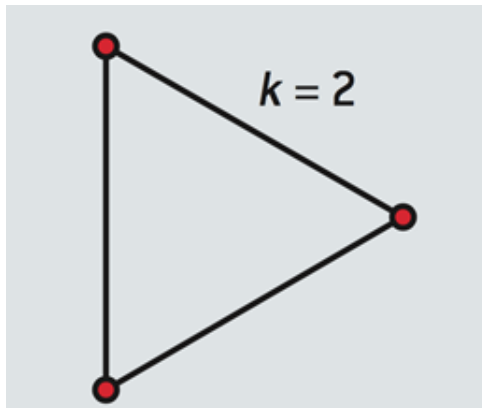
La découverte de ce beau petit résultat semble due à Felix Lazebnik qui le présente dans l'article suivant : Felix Lazebnik, *Surprises, Mathematics Magazine* 87.3: 212-221, 2014.



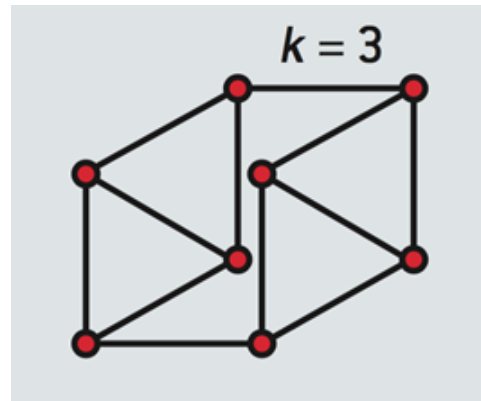
Watercolour, Ada Lovelace, possibly by A E Chalon (1780-1860), [c1840]. 25 x 18.3 cm.
Science Museum Group Collection
© The Board of Trustees of the Science Museum

Nouveau problème : Un tel graphe est-il vraiment possible ?

Un triangle équilatéral peut être vu comme un graphe planaire (qu'on peut dessiner sur un plan sans que deux arcs se croisent) dont chaque sommet est lié à deux autres exactement, et dont tous les arcs ont la même longueur.



On peut de même construire un graphe planaire, dont chaque sommet est lié à trois autres exactement, et dont tous les arcs ont la même longueur. En voici un avec un nombre aussi petit que possible de sommets :



Si vous essayez de construire un graphe planaire, dont chaque sommet est lié à **quatre** autres exactement, et dont tous les arcs ont la même longueur vous allez sans doute croire rapidement que ce n'est pas possible. Pourtant si, même si cela vous semblera paradoxal après vos tentatives, c'est possible, cherchez bien !

Et qu'en est-il pour en remplaçant **quatre** par **cinq**, par **six**, ... ?

Pavane, un air d'usine

par **Charlotte Meurin**

Bibliothécaire

Pavane est le titre d'une œuvre musicale pour petit orchestre composée par Gabriel Fauré. C'est également le titre d'un court métrage écrit et réalisé par la talentueuse et perspicace cinéaste Pauline Gay. En 1887, Fauré s'inspire des vers de Paul Verlaine, *Les Fêtes galantes*, publiés vingt ans plus tôt. En 2023, alors que la France connaît une vague de protestations massives contre la réforme du régime des retraites, Pauline Gay réalise un docu-film sur les ouvrières d'un abattoir industriel de volailles situé en Alsace. Les notes de Fauré expulsent l'air mélodique telle une expiration salvatrice succédant les inspirations froides et mécaniques du souffle de l'usine. Pauline Gay compose à son tour une œuvre magistrale dont la forme courte rejoint la composition réduite de l'orchestre voulue par Fauré. Dans *Pavane*, nous suivons Cora (interprétée avec justesse par Corinne Masiero) qui, après de longs et loyaux services, ferme son vestiaire métallique pour de bon. La blouse d'usine et la charlotte à la blancheur malade chauffée aux néons sans vie ne seront plus portées. Cora rend son tablier. L'heure de la retraite a sonné. Trente années de travail reliées par la chaîne du froid, trente années sans aube, privées de matins lumineux, trente années gorgées de nuit fardant chaque regard de cernes bleutés, noirceur d'un pétrole sans fortune. L'abattoir emploie des femmes pour la préparation des poulets à emballer, bêtes nues qui défilent en guirlandes suspendus à des crochets. L'abattoir s'emploie à livrer en bataille des volailles dans les supermarchés tout en abîmant les mains, les corps et les pensées de ceux qui y sont embauchés. Le film de Pauline Gay s'ouvre sur l'ultime réveil nocturne de Cora. La joie de cette retraite ne se devine pas. Cora se lève mécaniquement. Seule la musique de Fauré esquisse la légèreté d'une suite qui reste à composer. La servitude volontaire de Cora s'accorde avec la force et le courage dont elle a fait preuve en acceptant d'endurer fidèlement le travail à l'usine. Cora éprouve de la reconnaissance envers son employeur qui lui a permis de régler ses factures, de payer ses charges et surtout d'offrir à sa fille le choix d'avoir le choix. Cette dernière, Pauline Gay en filigrane, partie étudier le cinéma à Paris, nous raconte :

« Pour ma mère, le matin, c'est la nuit. Elle sort du sommeil encore marquée de rêve d'usine pour replonger dans une autre nuit, artificielle, froide et éclairée de néons où chacun dans sa nuit rêve d'un monde sans usine, à un matin sans nuit. »

La Pavane dresse une armure de beauté contre la pénibilité acceptée d'un univers morose et sans prose. À la fin du court-métrage, j'ose espérer : puisse cet univers d'hiver continu faire résonner en son sein les vers de Paul Verlaine et les notes de Gabriel Fauré ! Puisse la culture faire taire les machines, enrayer les lignes téléphériques pour poulets décharnés ! Puisse-t-elle suspendre la cadence de la danse sans joie, le temps d'un arrêt aussi bref et évanescant que la fumée des pauses clopes et cafés. Rien à faire, l'usine s'agite, sans trêve. Monstre de béton, elle respire profondément et dans sa longue inspiration emporte en son sein toute aspiration au rêve.

Pauline Gay cite Joseph Ponthus dès l'ouverture du film. Celui-ci a livré un témoignage sidérant et incisif tant dans sa forme que dans son contenu sur le travail à l'usine.

« J'ai commencé à écrire pour me souvenir de ce que j'ai enduré ».

Après une expérience de dix années comme éducateur spécialisé en région parisienne, Joseph Ponthus est contraint d'être embauché dans une usine d'agroalimentaire en tant qu'intérimaire, faute de retrouver un emploi dans sa branche initiale d'activité. Il découvre un monde dont il retranscrit chaque élément, tant ce qu'il vit est inédit. Un espace clos, froid et obscur au sein duquel s'arriment les termes en « ure ». A l'usine, il endure les coupures, écorchures, brûlures, fissures et les basses températures.

« Une usine bretonne de production et de transformation et de cuisson et de tout ça de poissons et de crevettes je n'y vais pas pour écrire mais pour les sous »

Il y fait huit degrés Celsius.

Ponthus est devenu une proie que le sommeil dévore à peine est-il couché. Bien que broyé par la fatigue, il pose quotidiennement les mots sur son carnet pour ne pas oublier dans quels états émotionnels, psychiques et physiques il se trouve après ses heures d'usine.

Ponthus écrit comme il travaille,
« à la chaîne,
à la ligne »



@Bernard Meurin

Lui lit Apollinaire plutôt que Verlaine. Il cite une lettre à Madeleine Pagès, datée du 30 novembre 1915 :

« c'est fantastique tout ce qu'on peut supporter. »

Apollinaire parle de la guerre et des tranchées. Ponthus expérimente l'usine en tant qu'intérimaire. Les contextes sont évidemment très différents mais les mêmes mots se convoquent, s'entrechoquent et nous peignent la douleur, la résistance et la tentative de survie. Ni la guerre ni l'usine expient.

Dans *L'établi*, en 1978, Robert Linhart nous parle aussi d'endurance et de combat. Il relate les conditions extrêmes dans lesquelles travaillent les ouvriers à la chaîne dans une usine Citroën. La guerre n'est pas loin lorsque le piquet de grève se dresse. Mais la pression posée sur les épaules des ouvriers, alors sectorisés, empêche l'arrêt total de la chaîne. Diviser pour mieux régner. Les porteurs de la grève réclament le paiement à cinquante pour cent des jours de mai, paiement alors refusé par la direction en contradiction avec les Accords de Grenelle. Au nom de la dignité, ils espèrent voir l'usine à l'arrêt total ne serait-ce qu'une heure.

Cela suffirait à faire réagir les chefs ! Cela permettrait de se faire entendre. Non. L'usine fume encore, en corps, et toujours. Les grévistes seront broyés par le système de

domination mis en place, poussés à la faute, humiliés, réprimés. Les autres auront compris la leçon¹.

Si les conditions du travail aujourd'hui que ce soit dans une usine à la chaîne, un entrepôt Amazon ou dans d'autres secteurs, notamment ceux de la santé ou de l'éducation, restent difficiles et révoltantes, les témoignages que nous apportent la littérature nous interpellent. Les causes de la pénibilité au travail aussi multiples soient-elles doivent être éclairées pour que des solutions internationales et collectives soient imaginées. Que la **G**rève marque une **T**rêve pour que sans [les lettres] **G.T.** [Groupe de Travail] reste le mot **rêve**.

Écoutez *La Pavane*. Fermez les yeux. Voyez, les parois en tôle de l'usine frissonner. La musique, dit-on, adoucit les murs. Pavane, un air d'usine.

Références bibliographiques

LINHART, Robert, *L'établi*, Paris, Éditions de Minuit, 2011.
 PONTUS, Joseph, *À la ligne : feuillets d'usine*, Paris, Gallimard, 2020.
 GAY, Pauline. *Pavane*. Film. 2023. En ligne : <https://www.arte.tv/fr/videos/109086-000-A/pavane/> [consulté le 18 octobre 2023].

¹Radio France a réalisé une très belle série d'émissions sur L'établi. Il s'agit de 5 épisodes de L'heure bleue présentés par Laure Adler et commentés par Robert Linhart lui-même ainsi que par la sociologue du travail Dominique Méda. « L'établi » de Robert Linhart : un podcast à écouter en ligne. <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/serie-l-etabli-de-robert-linhart> [consulté le 18 octobre 2023].

Le *Traité du Baguenodier* de Louis Gros (1872)

ou comment la passion inavouée d'un magistrat pour un casse-tête permet d'en révéler la théorie mathématique

Par **Lisa Rougetet**

Maître de Conférences à l'Université de Bretagne Occidentale

Centre François Viète

Le baguenodier est un casse-tête mécanique dont le but est, à partir d'une position initiale (Figure 1), de désenchevêtrer un à un les anneaux (tous solidaires entre eux car attachés par le biais d'une tige à une même planchette trouée) de la navette, longue tige de métal doublée et coudée, souvent munie d'une poignée. Connue depuis au moins la fin du XV^e siècle en Europe, on doit sa résolution mathématique au magistrat lyonnais Luc Agathange Louis Gros (1814-1886), pratiquant chevronné à la passion inavouée pour le casse-tête qui publie anonymement en 1872 un petit fascicule sur la *Théorie du Baguenodier*¹. Cette dernière repose sur le système binaire dit *réfléchi* qui se révélera particulièrement utile dans le domaine des télécommunications.

Au-delà d'un simple jouet

« Cet opuscule aura atteint son but s'il montre que le baguenodier est un jouet instructif. »²

Le baguenodier se classe dans la catégorie des casse-têtes à *dénouer*. La simplicité de son mécanisme le dispense de toute règle d'explication et les premières manipulations de l'objet piquent instantanément la curiosité : la personne qui le tient en main se doit de trouver un moyen pour sortir la navette de ses anneaux. La motivation pour surmonter la difficulté de cette épreuve stimule l'imagination : elle développe, d'une part, la représentation spatiale, et d'autre part, la capacité à raisonner. La résolution de beaucoup de casse-têtes mécaniques repose sur un contenu mathématique ; certains nécessitent de l'ingéniosité et un raisonnement logique, d'autres la mise en pratique répétitive, mais ordonnée, d'une idée mathématique. Pour le baguenodier, c'est l'ordre dans lequel les mouvements sont effectués qui est important : comprendre la conséquence de la manipulation de tel ou tel anneau sur un autre permet d'appréhender le système binaire et de façonner la pensée algorithmique. Son intérêt pédagogique fut fréquemment mis en avant par les auteurs qui l'ont présenté et résolu. C'est le cas notamment de Luca Pacioli dans son *De Viribus Quantitatis* (1508), de Jérôme Cardan

Pourtant, malgré l'intérêt porté au baguenodier par les mathématiciens les plus illustres de leur temps, c'est à Louis Gros, juge au tribunal de grande instance de Lyon et à ses loisirs jugés indignes de son rang, que nous devons la théorie complète du casse-tête.



Figure 1 : Baguenodier de 6 anneaux en bois datant de la fin du XIX^e siècle, en position initiale où tous les anneaux sont montés sur la navette. Musée des Arts et Métiers, Cnam, Paris, photo : Michel Boutin.

¹ L'orthographe communément rencontrée est « baguenaudier », mais les arguments étymologiques développés par Louis Gros amènent à préférer l'orthographe avec un « o ».

² Gros Louis. *Théorie de Baguenodier*, Paris : Aimé Vingtrinier, 1872, p. 1.

Une vie secrètement consacrée à la résolution d'un casse-tête

« Je voudrais que l'on pût établir une statistique déterminant l'occupation favorite de chaque magistrat en dehors du service : certainement je serais le seul à qui l'on donnerait pour note le substantif : baguénodier [...]. »³



Figure 2 : Louis Gros posant assis devant son secrétaire avec un baguénodier de 9 anneaux « [...] le vieux magistrat, chauve, barbu, moustachu et ventru se trouve heureux »⁴. Photo : Ville de Bourg-en-Bresse, Médiathèque Vailland – FA 115409

Luc Agathange Louis Gros (Figure 2) est né le 9 août 1814 à Frans dans l'Ain. Docteur en droit, il devient clerc de notaire en 1836 chez son cousin Maître Jean-François Viennot à Lyon, puis juge d'instruction au tribunal de première instance de Lyon à partir de 1872. Il consacre ses loisirs aux jeux mathématiques et ne souhaite guère que cela se sache dans son milieu, « [...] mon honneur dépend du sort de cet écrit : que dirait-on d'un juge d'instruction de Lyon qui passe son temps à

approfondir la théorie du baguénodier ? [...] Ne jugeons pas les juges. C'est bien assez d'avoir un ridicule et de m'y complaire »⁵. Ses premières notes personnelles sur le baguénodier remontent à 1837 (il a 23 ans). Il tente de publier un article pour le *Magasin Pittoresque* en 1850, mais il « a été jeté au panier comme sans valeur »⁶. En 1871, il retrouve la condition pour démontrer le baguénodier et rédige la première version manuscrite du *Traité du Baguénodier* qu'il ne cessera d'agrémenter de notes, ça et là, jusqu'en avril 1882, montrant son engouement intarissable pour l'objet : « [...] cette édition sera en quelque sorte un mémorial de toute ma vie. »⁷. C'est dans ce *Traité* manuscrit de quelques 230 pages, retrouvé récemment chez un antiquaire, qu'il expose toute sa théorie et introduit pour la première fois des représentations binaires qui seront fort utiles et fécondes dans l'histoire des mathématiques et des technologies.

Des premières manipulations à la théorie arithmétique

Les nombreuses sessions de manipulation du baguénodier – dont Gros confesse régulièrement la longueur dans son *Traité* – l'amènent à présenter sa théorie de résolution de façon didactique et très détaillée, et ce de deux façons différentes : l'une mobilisant le système binaire, l'autre non.

La première façon de résoudre le baguénodier, sans avoir recours au système binaire, repose sur la remarque suivante « [...] qui est en quelque sorte la mère de toutes les autres. Aucun anneau, autre que le premier ne peut être touché que lorsque l'anneau immédiatement inférieur est élevé et que tous les anneaux suivants jusqu'au premier sont abaissés »⁸. En d'autres termes, pour toucher un anneau n (c'est-à-dire l'abaisser s'il est élevé ou l'élever s'il est abaissé), il faut et il suffit que l'anneau $n - 1$ soit élevé et que tous les autres anneaux inférieurs (de $n - 2$ à 1) soient abaissés. Par exemple, la séquence complète des 21 mouvements pour démonter un baguénodier à 5 anneaux serait : $\downarrow 1 \downarrow 3 \uparrow 1 \downarrow 2 \downarrow 1 \downarrow 5 \uparrow 1 \uparrow 2 \downarrow 1 \uparrow 3 \uparrow 1 \downarrow 2 \downarrow 1 \downarrow 4 \uparrow 1 \uparrow 2 \downarrow 1 \downarrow 3 \uparrow 1 \downarrow 2 \downarrow 1$. Cette condition nécessaire et suffisante se révèle efficace pour un baguénodier avec peu d'anneaux, car il est aisé de se souvenir exactement quel anneau on veut toucher pour ne pas s'écarter de son objectif final, mais quand le baguénodier présente 7, 9, voire 11 anneaux (souvent en nombre impair), le processus se complexifie considérablement⁹. Gros présente alors un outil ingénieux sous la forme d'un tableau afin de « [...] découvrir ce qu'il faut faire pour monter ou démonter un baguénodier qui se trouve dans état quelconque »¹⁰.

³ Gros Louis. *Traité du Baguénodier* (manuscrit) 1872, pp. 183-184, souligné dans le texte original.

⁴ *Ib.*, p. 156.

⁵ *Ib.*, p. 5, p. 184.

⁶ *Ib.*, p. 154.

⁷ *Ib.*, p. 5.

⁸ *Ib.*, p. 101. Gros ordonne les anneaux en partant de celui le plus éloigné de la poignée (qui sera donc le premier).

⁹ Car il faudra effectuer respectivement 85, 341 ou 1365 mouvements pour le démonter !

¹⁰ *Ib.*, p. 107.

1 = 1	1
2 = 2	10
3 = 3	11
4 = 2 ²	100
5 = 5	101
6 = 2.5	110
7 = 7	111
8 = 2 ³	1000
9 = 3 ²	1001
10 = 2.5	1010
11 = 11	1011
12 = 2 ² .5	1100
13 = 13	1101
14 = 2.7	1110
15 = 3.5	1111
16 = 2 ⁴	10000

Figure 3 : Extrait du tableau de Gros dans sa *Théorie du Baguenodier* de 1872

La colonne de droite présente de façon schématisée les différents états par lesquels passe le baguenodier lorsqu'il est en train d'être monté : élever 1, élever 2, abaisser 1, élever 3, etc. Les points au-dessus de la ligne sont les anneaux qui sont élevés dans la navette, et ceux en-dessous sont ceux qui sont abaissés hors de la navette. Le nombre binaire indiqué en-dessous correspond au nombre en écriture décimale écrit dans la colonne de gauche. Ce dernier indique le nombre de changements qui a été fait sur le baguenodier pour arriver à la position schématisée (son *rang* en quelque sorte). Par exemple 4 mouvements ont été nécessaires pour arriver à la position ° °. à partir de l'objet démonté¹¹.

Ainsi, pour l'utilisateur du baguenodier arrivé à une position dans laquelle il ne sait quel mouvement effectuer, il lui suffit de trouver la représentation schématisée dans le tableau « *comme on cherche un mot dans le dictionnaire* »¹² et d'atteindre la position suivante (respectivement précédente) s'il monte (respectivement démonte) le baguenodier.

Le code binaire dit *réfléchi* se manifeste dans la suite des représentations schématisées des différents états du baguenodier en train d'être monté : on remarque que d'un état à un autre, un seul point (donc anneau) a changé de position (élevé ou abaissé). Si on traduit ces états non plus par une représentation schématisée mais par une représentation symbolique binaire (avec des 0 et des 1), on obtient la suite : 1 (pour °) → 11 (pour ° °) → 10 (pour ° °) → 110 (pour ° ° °) → 111 (pour ° ° ° °) etc. dont la particularité est que deux nombres adjacents ne diffèrent que d'un seul chiffre à une position donnée (caractéristique de ce code). À partir de cette représentation symbolique binaire, il est possible de retrouver le rang de la position en convertissant le nombre du système binaire réfléchi dans le système binaire classique. Il suffit ensuite d'ajouter (respectivement soustraire) 1 à ce nombre pour monter (respectivement démonter) le baguenodier, puis de convertir

ce nouveau nombre binaire classique dans le système binaire réfléchi (ce qui donnera la position à atteindre, via la représentation schématisée).

Retombées mathématiques et techniques

L'utilisation la plus ancienne du code binaire réfléchi remonte à 1874 dans le domaine de la télégraphie. À cette date, Émile Baudot, alors remplaçant dans l'administration des télégraphes à Chaumont, dépose un brevet concernant un « *Système de télégraphie rapide* », rapidement testé et approuvé sur plusieurs lignes longue distance. Dans ce brevet, Baudot introduit un code – qui remplacera le code Morse – composés de 5 moments successifs d'égale durée, émis par un clavier à 5 touches (2 touches pour le majeur et l'index de la main gauche et 3 touches pour l'index, le majeur et l'annulaire de la main droite) permettant d'encoder 32 (2⁵) caractères. Avec deux jeux de caractères, il est possible d'encoder l'ensemble des lettres de l'alphabet, les dix chiffres, les signes opératoires, les signes de ponctuation et quelques autres. Le télégraphe imprimeur a fonctionné jusque dans les années 1950 et était considéré comme le meilleur des appareils télégraphiques de l'époque, avant d'être remplacé par le téléphone.

Aujourd'hui, le code binaire réfléchi trouve des applications variées essentiellement dans le domaine du numérique pour prévenir les erreurs susceptibles d'intervenir dans les communications (signal TV, ordinateurs branchés en réseau, capteurs angulaires ou de positionnement en optique, etc.). En mathématiques, des recherches ont été menées à partir des années 1970 sur le code binaire réfléchi, dans les domaines de la combinatoire différentielle, de la théorie des treillis en algèbre ou encore dans la théorie des réseaux et en algorithmique combinatoire. Enfin, de nombreux casse-têtes se sont vendus dans le commerce (certains le sont encore) sous des formes très différentes que celle du baguenodier, mais dont la résolution mathématique repose sur le même code binaire réfléchi (*La Tour d'Hanoï*, *The Brain*, *Spin Out* pour n'en citer que quelques-uns).

Le baguenodier se révèle donc bien plus qu'un simple casse-tête destiné à passer le temps, il devient un objet mathématique à part entière dont la résolution présentée par Gros – basée sur une double représentation schématisée et symbolique binaire – est constitutive de la conceptualisation mathématique. Par ailleurs, l'objet présente un intérêt pédagogique certain pour des activités d'enseignement en classe aujourd'hui, basées sur la démarche de recherche et la manipulation, essentielles dans la construction et la transmission des savoirs.

Pour en savoir plus

Rougetet Lisa, *Le binaire au bout des doigts. Un casse-tête entre récréation mathématique et enseignement*, EDP Sciences & UGA Éditions, 2023.

¹¹ C'est en effet à partir de la position où le baguenodier est entièrement démonté que Gros a pu construire toute sa théorie. Les ° représentent les positions au-dessus de la ligne et les . celles du dessous.

¹² *Ib.*, p. 91.

Créativité

Par **Francis Danvers**

Professeur émérite à l'Université de Lille

Le développement humain suit-il un processus créatif ?

Production d'idées nouvelles, originales et adaptées. Aristote envisageait que l'acte créatif prend sa source dans la sphère mentale plutôt que dans les interventions divines. Pour C. G. Jung : « La créativité est la force qui pousse l'être humain à donner forme à sa vie et à la maîtriser ». La notion de créativité, utilisée par H. Bergson, 1891, dans le contexte d'une approche philosophique relative à l'Évolution, a été par la suite reprise comme idée pédagogique.

Dès la fin du XIX^e siècle, des recherches scientifiques ont porté sur la créativité, notamment avec F. Galton, 1883, T. Ribot, C. Spearman ou encore G. Wallas. A. Binet, 1911, a établi des tests d'intelligence incluant des épreuves de pensée divergente, mais son optique était essentiellement scolaire. J.P. Guilford, 1950, suggère que la créativité requiert des capacités intellectuelles comme la facilité à détecter les problèmes, les capacités d'analyse, d'évaluation et de synthèse ainsi qu'une pensée fluide et flexible. J.P. Guilford a souligné l'importance de la pensée divergente dans la créativité en général. La pensée divergente est la capacité à rechercher de manière pluridirectionnelle de nombreuses idées à partir d'un seul point de départ. Des auteurs plus récents ont opté pour une approche intégrative de la créativité la décrivant comme une caractéristique personnelle potentielle existant avec des différences de degrés en tout individu quel qu'il soit ; une production verbale, non verbale, plastique, motrice ou autres ; un processus spécifique, un type de personnalité et un ensemble de méthodes.

On le voit, la recherche active de la nouveauté et du changement, de même que l'observation et la curiosité, la démarche par essais-erreurs, les identifications successives et multiples, la production d'hypothèses, le goût du risque et le désir d'autonomie sont autant de composantes d'une démarche exploratoire faisant appel à la pensée créative.

Sur un plan plus général et historique, rappelons que la dynamique du programme spatial « Spoutnik » en Union soviétique a eu pour effet de stimuler la recherche publique aux États-Unis au cours des années soixante, précisément dans le domaine de la créativité scientifique. La notion de

créativité s'est placée, ces dernières années, au premier plan des préoccupations des psychologues. D'abord conçue comme « la capacité de concevoir des situations nouvelles ; elle passe nécessairement par la capacité d'envisager les problèmes sous un autre angle. » (G. Mialaret) ou « la possibilité de créer quelque chose, d'exprimer et de s'exprimer, de réaliser et de se réaliser avec spontanéité et naturel dans des activités intentionnelles et personnelles, où l'imagination occupe une large place. » (M. Debesse) ; ou encore « de produire quelque chose que l'enfant éprouve comme une nouveauté, comme une invention. » (J. Leif). Nos capacités cognitives sont considérées comme génératives, c'est-à-dire susceptibles d'engendrer une diversité infinie de conduites qu'il est donc impossible de prédire. La créativité est en un sens, une réponse à une demande de changement (interne ou externe à l'individu).

P. Torrance, dans le cadre de l'université de Géorgie, a mis au point des épreuves (tests de pensée créative) permettant d'évaluer ce phénomène fondamental qu'il appréhende comme : « un processus par lequel :

- on devient sensible à des problèmes, à des manques, à des lacunes de connaissance, à l'absence de certains éléments, à des dysharmonies, etc. ;
- on identifie la difficulté ; par lequel on cherche des solutions, on fait des conjectures, ou on formule des hypothèses à propos des déficits ;
- on teste et on reteste ces hypothèses et éventuellement on les modifie et on reteste ces modifications ; et finalement par lequel on communique les résultats ».

P. Torrance a été le premier à faire état, au début des années soixante, d'une variation dans la créativité chez l'enfant (chute temporaire vers l'âge de 5 ans, puis vers 9-10 ans et vers 13 ans) sans doute liée aux changements de cycle scolaire ou associée à des phénomènes de conformisme social à l'adolescence. L'évolution de la créativité connaît des variations individuelles.

On a pu remarquer aussi que dans une population de chercheurs, la distribution de l'intelligence, mesurée en QI (quotient intellectuel) suit une courbe « normale » dite de Laplace-Gauss. Mais la créativité, mesurée en nombre de brevets, ne suit pas cette loi statistique. Ce n'est pas forcément les personnes au QI le plus élevé qui sont les plus productives. La production créatrice dépend d'une multitude de facteurs : l'intelligence, mais également l'histoire personnelle, les personnes que l'on rencontre, l'envie de penser différemment, l'intuition, la capacité à voir si les choses sont importantes ou non, etc.

Au sens de D.W. Winnicott, 1970, la créativité s'envisage dans son acceptation la plus large, sans l'enfermer dans les limites d'une créativité réussie ou reconnue, mais bien plutôt en la considérant comme la coloration de toute attitude face à la réalité extérieure. Il s'agit avant tout d'un mode créatif de perception qui donne à l'individu le sentiment que la vie vaut la peine d'être vécue.

Un(e) pédagogue se posera la question de savoir comment mettre la créativité au service de la personne en situation d'orientation existentielle (projet de vie) ? Chacun(e) possède des capacités créatives. Notre système d'enseignement tendu vers la production de la bonne réponse (pensée convergente) prépare-t-il les élèves à l'exercice de la créativité et à l'attitude de prise de risque qu'elle implique pour l'entrée dans la société du futur ? Pendant longtemps, on a considéré qu'inventer, c'était essentiellement découvrir. Pour M.L. Rouquette, 1989, « le rapport du découvreur à son objet est (comparable)...à celui de l'archéologue ou du voyageur, non celui de l'ingénieur. Découvrir ou créer, dans ce sens, ce n'est pas alors produire mais rencontrer ».

Selon les psychanalystes, le développement de la créativité s'opère dans les premières années de la vie, lesquelles conditionnent tout l'avenir de l'individu-et dépend avant tout de la qualité de l'interaction avec les parents. L'école humaniste croit à la possibilité d'une manifestation tardive d'aptitudes créatrices sous l'influence d'un milieu épanouissant. On a pu dégager une théorie de la créativité qui délimite six périodes optima dans la vie humaine : de 0 à 5 ans, de 11 à 14 ans (10-13 ans pour les filles), de 18 à 20 ans, de 28 à 30 ans, de 40 à 45 ans (37-42 ans pour les femmes), de 60 à 65 ans : « Si les éléments en faveur d'une théorie de six périodes privilégiées pour la créativité sont nombreux, l'examen des biographies de savants, d'artistes fait entrevoir la possibilité de « parcours créatifs » très divers, N. Rome, 1990.

Il y a en nous, à chaque instant, beaucoup plus de possibilités psychologiques que n'en dit la psychologie scientifique. « La créativité de l'individu et de la société est la capacité de se donner les moyens de ses ambitions, de ses visions et de ses rêves », T. Gaudin. La créativité, au même titre que l'initiative, la persévérance, la planification, l'analyse critique, le contrôle de soi émotif, le commandement, l'influence, la confiance en soi, la perception et l'interprétation dans les

relations interpersonnelles et, enfin, la préoccupation et la sollicitude sont des compétences « génériques » qui sont de nature différente de « l'appris scolaire », R. Casanova, 1997.

La créativité est le produit de l'interaction entre des capacités cognitives, certaines caractéristiques émotionnelles et des facteurs environnementaux. Cette interaction est supposée multiplicative, de telle sorte qu'un haut niveau de créativité ne peut être atteint que si la plupart de ces composantes sont à la fois présentes et de niveau élevé. Les facteurs individuels de créativité sont largement modulés par le milieu de l'enfant et notamment la structuration de l'environnement familial.

Le développement humain, fait de phases de croissance et de déclin, est inégal. La créativité fait désormais partie du *Vocabulaire des sciences cognitives*, O. Houdé et alii, 1998. Cette aptitude complexe, distincte de l'intelligence ou du fonctionnement cognitif et qui serait fonction de la fluidité des idées, du raisonnement inductif, de certaines qualités perceptives de la personnalité est un processus favorisé par une attitude positive vis-à-vis des idées nouvelles et inattendues, et par le fait de disperser son attention (intelligence divergente) plutôt que de la concentrer sur un problème à résoudre. Nous entendons par « processus », une suite dynamique et rigoureuse d'opérations accomplies selon un mode défini, dans le but de transformer de la matière ou de l'information.

Après s'être interrogé sur la place marginale que la « créativité » occupe au sein des grandes doctrines sociologiques (Parsons T., Weber M., Durkheim E., Tönnies, Simmel), H. Joas, 1999, considère qu'à côté de l'action rationnelle et de l'action à visée normative, la « créativité » constitue la dimension la plus profonde, la plus fondamentale, de l'agir humain. Les idées d'expression, de production et de révolution sont trois « métaphores de la créativité » qui constituent une « philosophie du vivant » (F. Worms). Dès lors on peut se demander jusqu'où l'intelligence artificielle (IA) est « créative » dès lors que l'on se prive de l'expérience du corps, des affects et du sens de l'existence.

D'après l'éthologue, B. Cyrulnik, 1999, la créativité serait fille de la souffrance. Ce qui ne veut pas dire que la souffrance est mère de toutes les créativités. « Loin des représentations romantiques ou contestataires de l'artiste, le créateur est aujourd'hui l'incarnation possible du travailleur du futur : inventif, mobile et motivé, pris dans une économie moins palpable, plus incertaine », J.M. Djan, 2005.

Pour en savoir plus

Danvers, F. (2009). *S'Orienter dans la vie : une valeur suprême ?* Presses universitaires du Septentrion.

Moeglin, P. & Thibault, F. (à paraître). *Université et créativité. L'idéal et l'impératif*. Actes du colloque de Cerisy-la-Salle du 5 au 7 juillet 2023.

Worms, F. (2019). *Pour un humanisme vital*. O. Jacob.

Dans les bois

Focus sur la triennale Art & Industrie : *Chaleur Humaine*¹

Par **Nathalie Poisson-Cogez**

Professeure d'enseignement artistique à l'École supérieure d'art | Dunkerque-Tourcoing

EsäLab|Recherche - art société sciences nature

La triennale Art & Industrie a été initiée en 2019 par le Frac Grand Large et le LAAC (Lieu d'Art et d'Action Contemporaine) situés à Dunkerque et dirigés respectivement par Keren Detton et Sophie Warlop. Sous le titre *Chaleur humaine*, cette deuxième édition se déploie du 10 juin 2023 au 14 janvier 2024 au travers d'une exposition développée dans les deux institutions dunkerquoises, complétée par un important programme de *Résonances* sur l'ensemble du territoire des Hauts-de-France et des commandes d'œuvres pour l'espace public, témoignant d'une dynamique collective et territoriale.

Au Frac et au LAAC, 250 œuvres de 130 artistes différent·es en arts visuels, design et architecture ont été regroupées sous le commissariat d'Anna Colin et Camille Richert. Les huit sections de l'exposition (*Sources du progrès ; Des corps sans fatigue ; Ressources humaines ; Fétiches ; Avancer les moteurs, reculer les horloges ; Espèces d'espaces ; Vanités, gratuité, sublimations ; Sister in the system*) explorent la question de l'énergie et le lien que cette dernière entretient avec l'exploitation des ressources naturelles, la question des communs, le rapport entre humains et non-humains, autant de questions qui figurent parmi les enjeux actuels. La chronologie des œuvres choisies débute en 1972, date marquée par le premier Sommet de la terre à Stockholm qui donnera naissance au Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) alors que la Conférence des Parties (COP) sera instituée vingt ans plus tard lors de l'adoption de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) au sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992.

« Dans les bois » propose un focus sur le riche corpus de la triennale au travers d'un thème, celui de l'arbre. Comme l'indique Paul Ardenne, dans *Un art écologique, création plasticienne et anthropocène*, cet élément « occupe une place de choix, abordé seul ou en multiple sous l'espèce de la forêt. Pour quelle raison ? Parce que l'arbre à l'ère de l'anthropocène, est à la fois victime (déforestation) et solution ([stockage] du carbone) »². Si les œuvres présentées ici ne relèvent pas toutes directement de l'éco-art, elles témoignent néanmoins d'une inscription environnementale plus ou moins affirmée. L'arbre y apparaît sous un double registre, d'une part celui de la représentation au travers de l'image photographique, filmique ou picturale, et, d'autre

part, sous sa forme matérielle d'être vivant ou de bois mort, comme matériau employé pour des installations *in situ* ou transposé dans les salles d'expositions.

Le film *Wood for the Trees* (2023) de **Rob Crosse** associe les recherches de botanistes en dendrochronologie de l'Université de Greifswald (Allemagne) dans la forêt d'Eldena et l'installation de couples homosexuels de différentes générations dans un habitat collectif à Berlin. Ce rapprochement entre les espèces d'arbres au sein d'une forêt en cours de régénération naturelle et cette communauté humaine souligne les principes de coopération et de soins intergénérationnels. Francis Hallé, dans le manifeste *Pour une forêt primaire en Europe de l'Ouest*, affirme en effet qu'une forêt est « bien plus qu'une collection d'arbres vivant côte à côte, ces arbres doivent appartenir à des espèces diverses et d'âges variés. »³ Il indique également que « grâce aux arbres vivants et morts, les sols sont particulièrement fertiles et la diversité biologique est maximale »⁴. Ce rapport au temps et à ces différentes échelles, celle de la nature, celle des humains se trouvait déjà dans de nombreux tableaux du peintre allemand Caspar David Friedrich (1774-1840) réalisés notamment à partir d'études dessinées sur le site des ruines de l'abbaye cistercienne située justement à Greifswald. Dans *Ruines du monastère d'Eldena* (1825 - Alte Nationalgalerie, Berlin), les arbres reprennent leur droit sur l'architecture.



Rob Crosse au LAAC
Wood for the Trees - 2023
Film

¹ À voir jusqu'au 14 janvier 2024. <https://triennale.fr/>

² Paul Ardenne, *Un art écologique, création plasticienne et anthropocène*, Le Bord de l'eau, 2018, p. 217.

³ Francis Hallé, *Pour une forêt primaire en Europe de l'Ouest*, Actes Sud, 2021, p. 13-14.

⁴ *Ibid.*, p. 15.



Lois Weinberger au LAAC
Fête des arbres - 1979
Photographie - Collection Frac Franche-Comté

Inversement, la fragilité du vivant et la destruction de la nature opérée par les actions humaines sont soulignées par deux propositions qui associent aux réflexions écologiques des enjeux économiques et sociétaux. **Lois Weinberger** avec **Baumfest - La Fête des arbres** (1977 - Collection Frac Franche-Comté) propose une série de photographies comme trace d'un événement qu'il a organisé dans son village natal à Stams (Tyrol Autrichien). Des plastiques multicolores sont accrochés dans les branches, en souvenir des déchets charriés par la rivière lors d'une crue. Cette action performative fonctionne comme une anticipation sur les enjeux écologiques actuels liés au « septième continent », vortex de plastique, situé au nord-est de l'océan Pacifique. L'artiste explique : « Mon souci n'était pas la protection de l'environnement, mais j'ai constaté plus tard que mon œuvre rejoignait ces préoccupations sans que ce soit une volonté affirmée. »⁵ Notons qu'en 1872, l'état du Nebraska aux États-Unis lance la Journée nationale de l'arbre (*Arbor Day*), initiative qui sera reprise par plusieurs pays⁶ et qui consiste à planter ou entretenir des arbres ce jour-là tout en sensibilisant à la protection de l'environnement.



Otobong Nkanga au Frac
Contained Measures of Land - 2008
Ensemble de 6 dessins - Collection Frac Sud

Dans cette perspective *Contained Measures of Land* (2008 - Collection Frac Sud), de l'artiste **Otobong Nkanga**, évoque la notion de territoire (appropriation, fragmentation) et la question des ressources (exploitation, épuisement). On y voit notamment un arbre déraciné, transpercé par les lances acérées du profit comme un sacrifice de la nature. Alors que le défrichage est étroitement lié au développement de l'agriculture dans toutes les civilisations, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), alerte - à nouveau en 2022 - sur les désastres provoqués par les déforestations⁷. « Chaque année, environ 12 millions d'hectares de forêt sont détruits. La déforestation, associée à l'agriculture et à d'autres changements d'affectation des sols, est à l'origine d'environ un quart des émissions mondiales de gaz à effet de serre »⁸. Francis Hallé, déjà cité, explique qu'il faut sept siècles pour qu'une forêt redevienne primaire, à partir d'un sol nu en zone tropicale proche de l'équateur et dix siècles dans l'hémisphère nord⁹. Outre ces enjeux économiques et climatiques, les dessins d'**Otobong Nkanga** soulignent un autre rapport au vivant identifié par Philippe Descola dans *Par-delà nature et culture*¹⁰ au travers de la culture animiste, à l'instar des Indiens Achuar en Amazonie. L'anthropologue analyse les rapports entre humains et non-humains basés sur les « intériorités », c'est-à-dire un esprit, attribué aux plantes et aux animaux, contrairement à l'approche naturaliste occidentale qui les considère comme des objets inanimés.

C'est ainsi qu'**Honoré D'O** pour l'installation **Tree Vibrator** (2002 - Collection Frac Grand Large de Dunkerque) présentée à La chambre d'eau dans l'Avesnois à l'occasion de l'exposition *RÊVER, entre utopies et dystopies*¹¹ révèle l'idée d'une communication entre les arbres. Peter Wohlleben, dans *La vie secrète des arbres*¹², examine ces conversations silencieuses entre les spécimens, via des flux énergétiques qui relient les branches aux racines. Dans le cas présent, un rotor mécanique attaché à un tronc génère le mouvement de fils tendus accrochés aux branches d'un autre saule immense avec un rythme évoquant le souffle du vent, mais aussi l'expression propre de la nature.



Honoré D'O à La chambre d'eau (Le Favril)
Tree Vibrator - 2002
Installation - Collection Frac Grand Large

⁵ Valérie Collet, « Lois Weinberger, quand les plantes parlent politique... », *Hortus-Focus*, <https://magazine.hortus-focus.fr/blog/2018/07/05/lois-weinberger-quand-les-plantes-parlent-politique/>

⁶ <https://www.arborday.org/celebrate/world-dates.cfm>

⁷ 6^e rapport d'évaluation : « Impacts, adaptation et vulnérabilité » (28 février 2022)

⁸ <https://www.un.org/fr/climatechange/science/causes-effets-climate-change>

⁹ Francis Hallé, *op. cit.*, p. 30.

¹⁰ Philippe Descola, *Par-delà nature et culture*, Gallimard, 2005.

¹¹ <https://www.lachambredeau.fr/eclectic-campagnes-2023>

¹² Peter Wohlleben, *La vie secrète des arbres*, Les Arènes, 2017.



Dominique Ghesquière au Frac
Forêt - 2022
Installation

Le titre de cet article est emprunté au livre d'Henry David Thoreau, *Walden ou la Vie dans les bois*¹³, rédigé en 1854 après que l'auteur a passé deux ans et deux mois dans une cabane construite dans la forêt au bord d'un lac du Massachusetts aux États-Unis. Ce sont justement les habitats primitifs qu'évoque **Dominique Ghesquière** avec *Forêt*, (2022), des branches de charme tissées avec la participation du Lycée horticole de Lomme, permettant au végétal de devenir architectural par ce processus d'artificialisation de la nature. De même, avec *Sous-bois* (2022), le **Duo EEEE** (Alexis Costeux et Mathurin Van Heeghe, diplômés de l'esä | Dunkerque-Tourcoing) en collaboration avec **Thibaut Leleu** (création sonore) propose une vaste installation constituée de feuilles mortes et de bois morts, petits arbres et buissons, ressources locales destinées initialement à être brûlées. Dans l'entre deux d'une civilisation disparue, comme un temps suspendu, subsistent juste quelques vestiges en tension entre un espace industriel abandonné et un espace naturel dégradé. Dans la vaste halle en béton de l'AP2, qui abritait précédemment un chantier naval, des tuyaux d'orgues en bois ou en étain, respectivement posés au sol ou dressés vers le ciel, lancent de manière impromptue leurs sonorités dont les tons sourds¹⁴ rappellent les sirènes des bateaux aujourd'hui disparus. Quelques détails attirent l'attention. Un oiseau empaillé est sorti d'un cabinet de



Duo EEEE - Alexis Costeux / Mathurin Van Heeghe
Thibaut Leleu au Frac
Sous-Bois - 2022
Installation sonore

curiosités ou de la collection d'un muséum d'histoire naturelle pour être posé au pied d'un arbre. On trouve aussi un amoncellement d'objets tubulaires en céramique, dont la fonction symbolique semble prendre le pas sur une fonction utilitaire, tout en valorisant le façonnage manuel de la matière. Ces éléments participent d'une vision poétique, telle que l'énonce le récit *Gallustan* de l'explorateur Elieas Jesoux, associé par Alexis Costeux à cette installation. Quelques couvertures pliées recouvertes de cordes pourraient aussi signifier les questions migratoires, qui sont bien réelles à deux pas du Frac dans les dunes de Leffrinckoucke.

Cet habitat précaire est représenté également par **Jürgen Nefzger** dans sa série photographique *Bure, ou la vie dans les bois* (2019) exposée à la Galerie Robespierre à Grande-Synthe. L'artiste s'est immergé dans cette Zone d'Aménagement Différé, devenue une Zone à défendre¹⁵ au même titre que d'autres sites sensibles que sont Notre-Dame des Landes, Sainte-Soline ou le chantier de l'Autoroute A69 (Tarn) défendu par le Groupe national de surveillance des arbres (GNSA) et notamment l'activiste grimpeur Thomas Brail pour s'opposer « à des projets désastreux et écocides »¹⁶. À Bure, Le Bois Lejuc, forêt communale de 220 hectares située dans la Meuse, a été occupé d'août 2016 à février 2018, en lien avec l'occupation de la forêt de Hambach en Allemagne pour s'opposer au projet Cigéo¹⁷ d'enfouissement profond de déchets radioactifs. Pour autant, ce projet a été validé le 27 octobre 2023¹⁸ par le Conseil constitutionnel tout en prônant l'obligation mentionnée dans la Charte de l'environnement de 2004 que « les choix destinés à répondre aux besoins du présent ne compromettent pas la capacité des générations futures et des autres peuples à satisfaire leurs propres besoins »¹⁹. De fait, les images des militant·es anti-nucléaire et de leurs modalités d'habitat, prises *in situ* par Jürgen Nefzger sont mises en relation, tant dans l'exposition que dans l'édition homonyme de la série, avec le texte d'Henry David Thoreau *La Désobéissance civile* rédigé en 1849.



Jürgen Nefzger - À la Galerie Robespierre à Grande-Synthe
Bure, ou la vie dans les bois - 2017
Série de photographies

¹³ Henry David Thoreau, *Walden ou la vie dans les bois*, Le pommier, 2023.

¹⁴ Émission de radio Ondes de Chine. Septembre 2023.

¹⁵ Laurent Beauguitte, « Le Bois Lejuc occupé : éléments sur le fonctionnement d'une petite zad en Meuse (2016-2018) », *L'Espace Politique* [En ligne], 37 | 2019-1, mis en ligne le 04 octobre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/espacepolitique/6393> [Consulté le 23 octobre 2023]

¹⁶ « Chantier de l'A69 : l'abattage des arbres a commencé », *Reporterre*, 1^{er} septembre 2023. <https://reporterre.net/Chantier-de-l-A69-l-abattage-des-arbres-a-commence>. [Consulté le 23 octobre 2023]

¹⁷ <https://www.andra.fr/cigeo/les-installations-et-le-fonctionnement-du-centre/les-installations-et-leur-localisation>

¹⁸ Décision n° 2023-1066 QPC du 27 octobre 2023 publiée au *Journal officiel de la république française*, n°0251 du 28 octobre 2023.

¹⁹ <https://www.conseil-constitutionnel.fr/le-bloc-de-constitutionnalite/charte-de-l-environnement-de-2004>



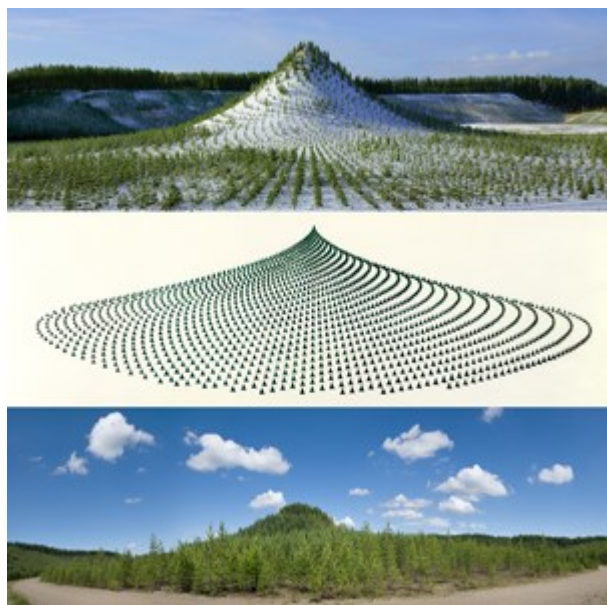
Pierre Antoine au LAAC
Paysage invisible #1 [Saint-Hilaire-en-Morvan] - 2022
 Négatif insolé puis exposé au rayonnement d'une roche uranifère

Dans ses dernières recherches, *Les pollutions invisibles : les bois noirs* (2018), Jürgen Nefzger s'intéresse aux radiations émises par les mines d'uranium exploitées en France de 1946 à 2001. Les images montrent les paysages naturels, essentiellement forestiers, marqués par l'inscription des taux de radioactivité relevés *in situ*. C'est aussi le nucléaire que révèle Pierre Antoine dans *Paysage invisible #1* [Saint-Hilaire-en-Morvan] (2022), grand tirage réalisé à partir d'un négatif insolé puis exposé au rayonnement d'une roche uranifère. Un spectre envahit l'image d'un sous-bois et provoque, par une apparition qui témoigne d'une disparition, notre propre aveuglement.

Loïc Fel, dans *L'esthétique verte*²⁰, relève de fait le passage nécessaire *De la représentation à la présentation*. Cet « artivisme » a déjà été engagé en 1982 par Joseph Beuys. Lors de la Documenta 7 de Cassel (Allemagne), il propose la plantation de 7000 chênes, chacun étant accompagné d'une colonne minérale en basalte de 1m20 de hauteur. Par ce geste, il veut « alarmer contre toutes les forces qui détruisent la nature et la vie ». En 2007, à Cassel également, Heather Ackroyd et Dan Harvey, avec *Beuys Acorns*, réactivent ce projet en faisant pousser 250 glands issus des arbres de Beuys. Ou encore, l'artiste Thierry Boutonnier qui, pour *La chaîne des chênes*, organise en janvier 2023, avec le collectif Gratte-Terre, le transfert de cinquante arbrisseaux de Gratte-Ciel à l'Esplanade de l'Europe dans le quartier du Tonkin à Villeurbanne. Dans la triennale, l'œuvre d'Agnes Denes, *Tree Mountain - A Living Time Capsule* (1992-1993 - Collection Frac Lorraine) illustre au travers de documents imprimés la plantation effective de 11 000 arbres sur une colline artificielle située sur les anciennes gravières de Pinzio à Ylöjärvi en Finlande. Ce projet, conçu en 1982 et inauguré

en 1996, a été financé par le ministère finlandais de l'Environnement et le Programme des Nations unies pour l'Environnement. Les 11 000 personnes qui ont assuré la plantation des arbres s'engagent également à en assurer la protection pour une durée de 400 ans via un « certificat de dépositaire » transmissible sur 20 générations. Cette première expérience de reforestation, initiée par l'artiste, sera suivie en 1998 par *A Forest for Australia* à Melbourne (Australie) visant à atténuer l'érosion des terres et la désertification.

Pour Marielle Macé, « Être forêt, ce n'est pas se prendre pour un arbre, c'est suivre la piste de cet événement vertical qu'est une forêt (...) et braver les pratiques dévastatrices (de sols, de vies et d'idées). Il ne s'agit pas seulement de prendre la nature en respect, de voir dans la forêt une réserve précieuse de la biosphère, mais d'y reconnaître un certain alliage, une certaine composition tout à fait singulière de liens, d'êtres vivants, de magie »²¹. Ces propositions artistiques traversent, nourrissent et se nourrissent d'une série d'enjeux actuels, elles entrent en résonance avec les travaux des anthropologues, des philosophes mais également l'engagement d'activistes défendant les causes écologiques sur le terrain. À l'instar de Vinciane Despret, Donna Haraway, Baptiste Morizot, Camille de Toledo, les artistes interrogent à leur manière les rapports entre humains et non-humains auxquels il s'agit, aujourd'hui, de donner la parole.



Agnes Denes au Frac
Tree Mountain - A Living Time Capsule - 1992/1993
 Impression sur papier 2/12 - Collection Frac Lorraine

²⁰ Loïc Fel, *L'esthétique verte, de la représentation à la présentation de la nature*, Champ Vallon, 2009.

²¹ Marielle Macé, *Nos cabanes*, Verdier, 2019, p. 112-113.

Michèle Audin, oulipienne à trois idées¹

Par Martin Granger

Association Zazie Mode d'Emploi

Zazie Mode d'Emploi organisait le 7 octobre dernier une rencontre avec son "oulipienne de l'année", la mathématicienne, romancière et militante Michèle Audin. À la librairie lilloise Place Ronde, elle a répondu à nos questions sur son œuvre littéraire. Nous éluderons ici ses préoccupations matheuses, même si elles résonnent agréablement à nos oreilles : cobordismes d'immersions legendriennes, classes de couples de sous-fibrés lagrangiens, structures symplectiques canoniques, espaces munis d'une deux-forme non dégénérée, ensembles de plans contractiles, groupes de cobordisme des variétés dont le fibré tangent complexifié est trivialisé, et même crochets de Poisson...

Zazie Mode d'Emploi – Ton entrée à l'Oulipo date de 2009. Quel en a été l'élément déclencheur ?

Michèle Audin – Mon livre sur Sofia Kovalevskaya. C'est une femme qui a fait des mathématiques très intéressantes, mais qui s'est aussi occupée de littérature et de politique. J'étais très fière de ce livre, que j'avais envoyé à Jacques Roubaud. L'Oulipo m'a invitée à une réunion, après quoi ils m'ont demandé si je voulais rester pour toujours.

ZME – Et quand tu dis "pour toujours", c'est au sens littéral...

M.A. – En effet, l'Oulipo est un groupe qu'on ne peut quitter qu'à la seule condition de se suicider devant huissier en stipulant que telle est la raison du suicide !

ZME – Tes livres semblent entretenir un rapport spécifique aux nombres : permutations, dates...

M.A. – La théorie des nombres n'est pas ma partie préférée des maths, mais c'est celle dont on peut le plus facilement parler avec le public. Quand j'ai écrit *Une vie brève*, je racontais l'histoire d'un jeune homme, mon père en l'occurrence², qui est mort à 25 ans, et sur lequel j'avais assez peu d'information. J'ai fait une liste exhaustive de tout ce que je savais, et pour mettre en ordre ce matériel, j'ai utilisé la construction de la sextine. J'ai rangé les données que j'avais sous plusieurs sujets : famille, mathématiques, politique internationale, lieux où vivent les gens, etc. Et ces six parties permutent selon l'ordre de la sextine³. C'est une façon de faire de l'épuisement. Et un aspect extrêmement agréable inhérent à la sextine, c'est que vous commencez chaque strophe – ici chaque chapitre – avec le même élément sémantique qui clôt la précédente. On retrouve un procédé analogue dans mon premier roman *121 jours*, qui est construit

sur la structure de la onzine, une permutation circulaire d'ordre 11. Dans chaque chapitre, il y avait toutes les choses dont je devais parler : un Allemand, un chien, un enfant, etc.

ZME – La contrainte te sert ici à créer une structure, une ossature...

M.A. – Les contraintes littéraires peuvent être décrites par des tas de métaphores, dont celle bien connue de l'échafaudage, mais je préfère l'image du patron de couturière – bien que je n'en aie jamais utilisé de ma vie ! On taille le tissu, on fait le vêtement d'après le patron, et après on s'aperçoit que cela ne vous va pas du tout, et on retouche tout... La littérature, ça marche comme ça aussi : on s'aperçoit à la fin qu'il y a des choses qui ne sont pas lisibles, et on remanie.

ZME – Y a-t-il malgré tout des liens entre tes propres recherches mathématiques et la littérature ?

M.A. – Non, ce serait très difficile à faire. J'ai utilisé des choses assez élémentaires, qui ont trait à la théorie des nombres ou à la combinatoire, aux graphes... J'ai proposé aussi d'utiliser des figures de géométrie élémentaire pour écrire un texte littéraire qui se passe pendant la Commune de Paris et qui est construit d'après le théorème de Pascal⁴. On a une ellipse comportant six points, qui représentent des membres de l'Académie des Sciences, et ces points forment des droites qui se coupent, ce qui détermine des types de relations dans mon histoire. On peut toujours proposer des choses comme cela, mais ça reste très élémentaire.

ZME – Où en est ta pratique des mathématiques ?

M.A. – J'ai décidé de partir à la retraite à 60 ans, pour deux raisons : je gagnais largement assez ma vie, et j'étais en désaccord avec un certain nombre de choses à l'Université.

¹ Allusion à Sofia Kovalevskaya, mathématicienne "à deux idées", comme l'avait qualifiée André Weil.

² Le mathématicien Maurice Audin, assassiné par l'armée française en Algérie.

³ La sextine est une forme poétique inventée au XII^e siècle par le troubadour Arnaut Daniel, où les mots d'un poème changent de place selon une permutation circulaire.

⁴ Mai Quai Conti, lisible sur le site de l'Oulipo www.oulipo.net

Mais je n'avais pas anticipé le fait que les maths sont une activité sociale : si vous êtes tout seul dans votre coin, vous n'en faites pas ! Alors que pour écrire des romans, ça ne pose aucun problème. Donc je me lève toujours le matin, et j'écris... mais je ne fais plus de mathématiques.

ZME – Outre tes romans, tu as écrit plusieurs ouvrages historiques sur la Commune de Paris. D'où te vient cet intérêt ?

M.A. – La Commune est un moment de l'histoire très intéressant pour un écrivain, parce qu'il y a énormément d'inconnus qui font des choses extraordinaires. Des gens à qui on n'a jamais donné la parole la prennent, c'est une foule d'inconnus sur laquelle on peut travailler. Et les inconnues, ça m'intéresse, pas seulement en tant que mathématicienne !

ZME – Mais quand tu fais revivre des inconnues, qu'est-ce qui fait que tu vas tirer un fil plutôt qu'un autre ?

MA – En général je pars de la presse. Après la Commune, des tas de gens sont jugés, il y a des conseils de guerre, on voit passer des noms dans la presse. Après il faut aller chercher ces noms-là dans les archives. Mais ce n'est pas facile, surtout que je m'intéresse aux femmes et que les femmes n'existent pas ! Raymond Queneau dit dans une très belle phrase que l'histoire est la science du malheur des hommes. J'ajouterais "et de l'omission des femmes". Mais si on veut faire sérieusement l'histoire de la Commune de Paris, il faut s'intéresser à ces gens qui n'ont pas d'histoire, comme cette cantinière qui n'a jamais été nommée dans les listes d'effectifs de son bataillon, mais dont l'institution judiciaire a conservé la trace...

ZME – Tu passes donc beaucoup de temps la tête dans les cartons ?

M.A. – Oui, aux archives de Paris, à la préfecture de police, à la Bibliothèque historique de la Ville de Paris, à la BNF... Et puis il y a beaucoup de choses en ligne, notamment la presse, que j'utilise énormément. La première fois que j'ai ouvert un carton d'archives de ma vie, c'était à l'Académie des Sciences. Je voulais écrire sur le mathématicien strasbourgeois Jacques Feldbau, mort en déportation en 1945, auteur d'un théorème que j'utilisais tout le temps sans vraiment y penser. La tradition disait qu'il avait publié un article pendant la guerre, mais qu'il ne l'avait pas signé parce qu'il était juif. Je suis donc allée aux archives, et j'ai constaté que les enveloppes de 1940-41 n'avaient jamais été ouvertes : la nature de la poussière ne laissait aucun doute. Et la première chose que je vois, c'est que ce sont les académiciens qui ont rayé son nom. Cela ne venait pas de lui. Alors j'ai écrit un article là-dessus et je me suis mise à croire aux archives, un lieu où on ne trouve pas ce qu'on cherche, mais où on trouve ce qu'on ne cherche pas.

ZME – Avais-tu une forme de sensibilité oulipienne avant de rentrer à l'Oulipo ?



Michèle Audin



Paris,
boulevard Voltaire
suivi de Ponts

La Chouette
gallimard

M.A. – Le premier texte écrit par un oulipien que j'ai lu de toute ma vie, c'était les *Villes invisibles* d'Italo Calvino, qui m'a profondément marquée. Quelques années après, j'ai trouvé dans une librairie *La Vie mode d'emploi* de Georges Perec, après quoi j'ai lu tout Perec. Le roman contraint le plus célèbre du monde, *La Disparition*, montre bien à quel point la contrainte est créatrice de liberté : en se privant du E, Perec crée une richesse lexicale extraordinaire ! Après, c'est un peu compliqué l'Oulipo, car tout le monde écrit des poèmes, et quand vous y êtes, vous êtes bien obligée d'en écrire aussi ! Je m'y suis essayée dans *Ponts*, une série de poèmes contraints en hommage aux 35 ponts de Paris, qui clôt *Paris, Boulevard Voltaire*⁵.

ZME – Aucun rapport avec le problème des ponts de Königsberg ?

M.A. – Non, même si j'en parle évidemment dans les poèmes. Il faut dire qu'à Oulipo, la théorie des graphes fait partie du paysage, puisqu'un des fondateurs du groupe n'était autre que Claude Berge, spécialiste mondial de cette branche des mathématiques. On peut aussi parler du *Conte à votre façon* de Raymond Queneau, sorte d'ancêtre des "livres dont vous êtes le héros" et de l'hypertexte.

ZME – L'engagement dans la cause féministe transparait au travers du choix de tes sujets. Par exemple dans *Oublier Clémence*. Au détour des descriptions objectives de la vie des ouvrières à l'époque, tu parles aussi de la surmortalité des femmes, tu évoques le monde contemporain, comme les conditions des travailleuses au Bangladesh...

M.A. – Quand j'ai écrit la quatrième de couverture de *121 jours*, je me suis sentie mal, parce que ça disait "*Dans ce livre, il y a des hommes et des guerres*" (une citation de Virgile)⁶ et j'ai décidé que mon prochain livre serait un livre de femmes. Et j'ai écrit *Mademoiselle Haas*. Cette phrase m'avait questionnée. C'est aussi pour ça que je n'écris plus sur l'histoire des mathématiciens, c'est parce qu'il n'y a *que* des hommes !

⁵ *Paris, boulevard Voltaire suivi de Ponts*, Gallimard, 2023.

⁶ *Arma virumque cano*, je chante les armes et l'homme..., Énéide.

Les ménages pauvres et à bas revenu à l'épreuve de l'inflation

Par **Pierre Thomas**, Vice président du CESER

Et **Philippe Rollet**, Professeur honoraire

Plusieurs chroniques de LEA ont été consacrées aux inégalités et à la pauvreté en Hauts-de-France. Nous clôturons cette série par une toute dernière. Elle fait le constat inquiétant que les inégalités et la pauvreté perdurent à haut niveau en région et que le choc d'inflation a un impact énorme sur les niveaux de vie des personnes à bas revenu¹.

Les inégalités et la pauvreté persistent à haut niveau en Hauts-de-France

Il n'y a pas d'amélioration de la situation jusqu'avant le choc inflationniste, et ceci, malgré les nombreuses actions menées par les associations et les acteurs de la lutte contre la pauvreté en Région. Pourtant l'effet des politiques redistributives qui réduisent de façon importante les inégalités, caractéristique du système français, est particulièrement important en région.

La région abrite un peu plus d'1 million de personnes en situation de pauvreté monétaire (un revenu inférieur à 60 % du revenu médian observé dans le pays, et donc avec un revenu mensuel de 1 120 € par unité de consommation), soit 17 à 18 % de la population². On peut estimer que 600 000 personnes supplémentaires sont dans une situation de revenus très modestes et insuffisants (entre 60 et 70 % du revenu médian).

Tableau 1- Budgets de référence ONPES selon le type de ménage

(En euros, valorisation au premier semestre 2022)

	Personne seule active	Couple d'actifs sans enfant	Famille monoparentale avec deux enfants	Couple avec deux enfants	Personne seule retraitée	Couple de retraités
Logement	551	602	834	892	729	786
Transports	344	419	386	487	308	366
Alimentation	255	495	442	689	257	527
Vie sociale	188	251	361	564	184	227
Habillement	70	170	203	320	55	121
Équipement	111	122	178	218	117	121
Hygiène/Soins	39	62	88	178	41	101
Santé	68	135	183	271	137	275
Cantine et garde d'enfants			321	108		
Banque	8	16	8	17	8	16
Total budgets actualisés	1 634	2 273	3 003	3 744	1 836	2 540

Source : Éclairages n°24, IRES, 11/2022.

¹ Cette chronique s'appuie sur un récent rapport du CESER, « *Combattre les inégalités et la pauvreté en Hauts-de-France : vivre en période d'inflation, se nourrir, se loger, à l'épreuve des transitions et des territoires* », septembre 2023. Celui-ci traite aussi de trois thèmes majeurs relatifs aux conditions de vie des ménages les plus vulnérables : l'aide alimentaire, la crise du logement et leurs conséquences sur les populations, et enfin le non recours aux droits sociaux.

² Les données les plus récentes sont issues de l'Insee « Les multiples visages de la pauvreté dans les Hauts-de-France, Insee analyses, n°159, octobre 2023. En 2020 le taux de pauvreté monétaire est de 17,2 % soit 2,8 points de plus que la moyenne nationale. Mais l'année 2020 est particulière et les conditions d'enquête ont été perturbées du fait de la crise sanitaire. En 2019, le taux de pauvreté était de 18 %.

Tableau 2- Budgets de référence et niveaux de revenu en Hauts de France

Type de ménage	Parc	1er décile	2ème décile	3ème décile	4ème décile	5ème décile	6ème décile	7ème décile	8ème décile	9ème décile
Famille monoparentale avec 2 enfants(1)	Social									
	Privé									
Couples avec deux enfants(2)	Social									
	Privé									
Couples d'actifs sans enfants(3)	Social									
	Privé									
Personne seule active(4)	Social									
	Privé									

■ revenu disponible inférieur à 80% du budget de référence
■ revenu disponible compris entre 80% à 100% du budget de référence
■ revenu disponible supérieur à 100% du budget de référence

Source CESER, rapport 2023

La question est surtout : « comment vit-on avec 1 120 € par mois, et trop souvent beaucoup moins ? ». Pour répondre à cette question, le « budget de référence » est un outil utile qui permet de mesurer si un individu, un ménage, compte tenu de ses revenus et des accès gratuits dont il dispose, est ou n'est pas dans la possibilité d'accéder à ce qui est considéré comme un minimum pour vivre décemment et participer à la vie sociale. Un travail pionnier réalisé en 2015 par l'ONPES³ à l'échelle nationale, avec le soutien du CREDOC et de l'IREES, permet d'estimer pour différents ménages types (15 configurations), une liste précise de biens (appelés panier de biens et services) jugés nécessaires pour vivre dignement et participer effectivement à la vie sociale. Cette élaboration de budgets de référence types a été établie en co-construction avec les personnes concernées. Cette approche permet de dépasser la relativité et le caractère très macro économique des indices monétaires⁴. Elle a été actualisée par le Conseil national des politiques de lutte contre la pauvreté et l'exclusion sociale en décembre 2022⁵.

Dans son rapport, le CESER a comparé pour différents types de ménage le revenu total et le budget de référence (Tableau 2). Un premier seuil (en rouge) repère les ménages dont le revenu total est inférieur à 80 % du budget de référence. Un second repère (en orange) ceux dont le revenu est compris entre 80 % et 100 % du budget. Le troisième repère (en vert) les ménages dont le revenu est supérieur au budget de référence. À grands traits, on voit que dans les trois derniers déciles des revenus les plus bas, les revenus en Hauts-de-France sont bien inférieurs aux budgets de référence, notamment pour les familles monoparentales et les personnes actives seules. La situation est plus tendue encore quand les ménages doivent se loger dans le parc privé.

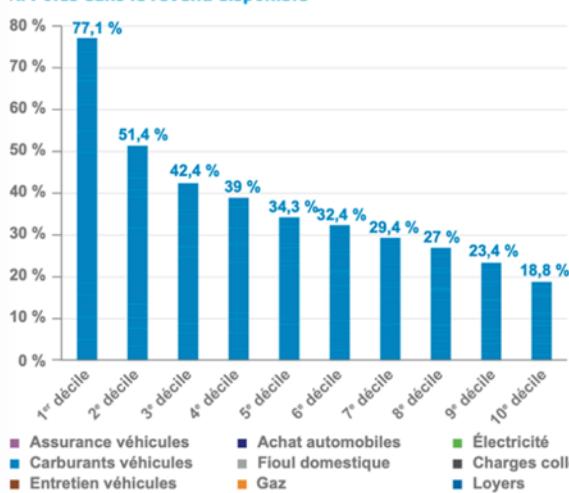
Le choc d'inflation a un impact énorme sur les niveaux de vie des personnes à bas revenu

Après le choc de la crise sanitaire, il faut maintenant faire face à un autre choc, sans doute plus pernicieux et qui pourrait être durable, celui d'une inflation forte, alimentée par la hausse importante des prix des produits alimentaires et de l'énergie.

L'année 2022 a ainsi connu une inflation inédite depuis 1985. Selon l'INSEE, l'Indice des prix à la consommation (IPC) a augmenté de 5,9 % en 2022 par rapport à 2021 en France. Cette hausse de l'inflation est due à l'accélération de la hausse des prix de l'alimentation (+14,5 %) et de ceux de l'énergie (+14 %). Cette inflation se poursuit en 2023. On espère, mais sans certitude, que ce sera à un rythme moindre, mais l'hypothèse des projections actuelles est que l'inflation 2023 serait de l'ordre de 5 %. En 2024 l'inflation perdurera. La question est aussi de savoir si les prix et les coûts baisseront ensuite. S'ils ne baissent pas suffisamment et si les revenus n'augmentent pas suffisamment, le pouvoir d'achat sera affecté.

Tableau 3- La structure de consommation des ménages selon leur niveau de revenu.

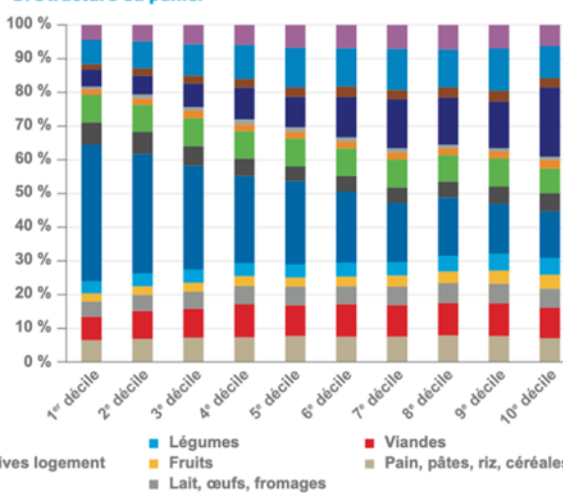
A. Poids dans le revenu disponible



Lecture : les ménages les plus riches (10^e décile) consacrent 19 % de leurs revenus à l'ensemble des postes listés dans la légende. Pour ces ménages, le poste achat automobile représente 21 % de ces dépenses.

Source : Enquête budget de famille 2017, INSEE, 09/2020.

B. Structure du panier

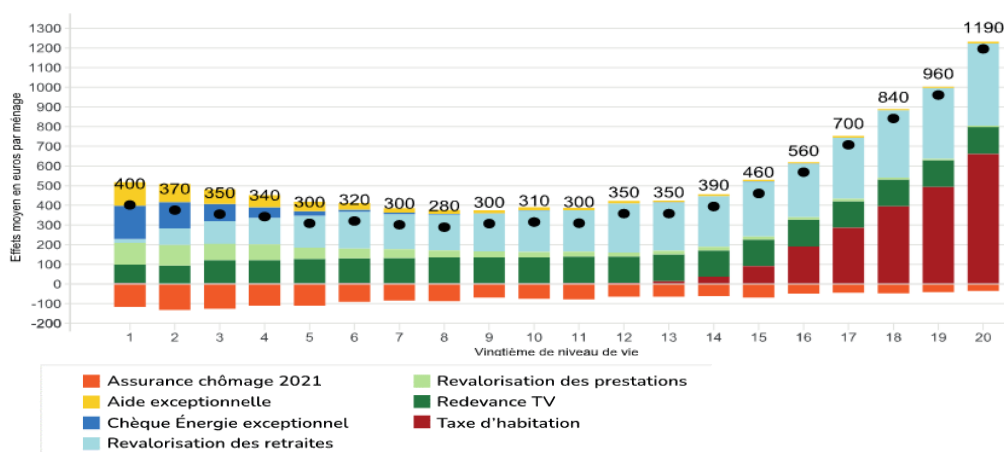


³ ONPES, « Les budgets de référence : une méthode d'évaluation des besoins pour une participation effective à la vie sociale » (ONPES, 2014-2015).

⁴ De façon plus complète voir « Les budgets de référence - Observatoire National de la Pauvreté et de l'Exclusion Sociale » (onpes.gouv.fr). Un regroupement a été depuis opéré entre le CNLE et l'ONPES. L'observatoire au sein de cette instance s'est mué en comité scientifique, issu de la fusion CNLE-ONPES, et a été installé officiellement le 1er octobre 2020.

⁵ CNLE, « Les budgets de référence en milieu rural, en ville moyenne et en Métropole du Grand Paris - Nouvelles pistes pour l'inclusion sociale » (CNLE, 2022).

Tableau 4- Effets des mesures gouvernementales pour 2022, selon le niveau de vie.



Source : Policy brief n°112, OFCE, 22/02/2023.

Si tous les ménages français sont touchés, les ménages pauvres et modestes subissent plus que les autres les conséquences de ce choc, du fait de la structure de leurs dépenses de consommation fortement axées sur ces produits (tableau 3). Il n'est pas exagéré de dire que l'inflation subie par eux est bien supérieure à celle que révèle l'évolution du niveau général des prix. La région Hauts-de-France est particulièrement concernée, du fait du poids des personnes à bas revenus dans sa population, de sa vulnérabilité énergétique (le parc de logement est plus exposé à la hausse des prix de l'énergie et les conditions climatiques sont moins favorables), et des caractéristiques particulières de la mobilité et des transports, puisque les déplacements domicile travail sont sensiblement plus longs dans la région que dans le reste de la France.

Des mesures gouvernementales ont été mises en œuvre, les unes destinées plus spécifiquement aux ménages les plus vulnérables (aide exceptionnelle aux ménages modestes, chèque énergie, revalorisation anticipée des prestations sociales), les autres touchant l'ensemble des ménages (revalorisation des retraites, suppression de la taxe d'habitation, bouclier tarifaire). Leur impact est important et sans elles la situation aurait été catastrophique. Il reste que ces mesures s'avèrent insuffisantes pour maintenir le niveau de vie des ménages pauvres ou modestes.

L'OFCE a mesuré l'impact de ces mesures (graphiques Tableau 4)⁶. Pour les ménages les plus pauvres, 5 % de la population, l'impact est non négligeable puisqu'il permet d'augmenter le revenu disponible par apport à ce qu'il aurait été en l'absence de ces mesures en moyenne d'environ 400€ :

- 110€ par la revalorisation des prestations sociales,
- 120€ par le versement de l'aide exceptionnelle,
- 170€ par le versement du chèque énergie exceptionnel,

L'impact global est de 4,5 %. Mais ceci ne compense pas l'effet de l'inflation moyenne et encore moins celle réellement subie par ces ménages. Pour les autres ménages aux revenus les plus faibles (2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} vingtième) l'impact est plus limité de l'ordre de +2%, certes important mais lui aussi insuffisant.

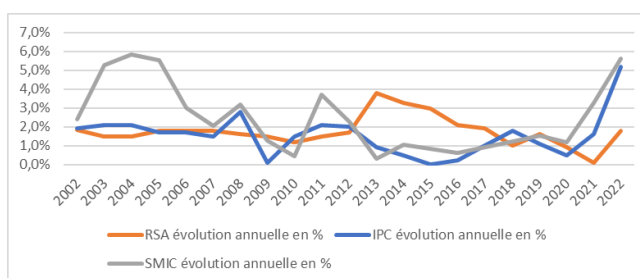
En 2022 et fort probablement en 2023 leur situation s'est donc assez fortement dégradée. La question de la pérennité de ces dispositifs est posée pour ces ménages ainsi que la

complexité d'accès à ces mesures ponctuelles. Le non-recours aux droits sociaux est estimé entre 30 et 50 % des prétendants.

Et cela d'autant plus que les évolutions des revenus sociaux ne couvrent pas celle de l'inflation, plus encore celle de l'inflation spécifique des ménages modestes. Le SMIC et le RSA constituent ainsi deux sources de revenus essentielles pour les ménages les plus modestes. Par exemple, une étude récente de la DREES montre ainsi que les individus vivant dans un ménage bénéficiaire du revenu de solidarité active (RSA) sont les plus affectés par la pauvreté, les trois quarts d'entre eux vivant en dessous du seuil de pauvreté⁷. Leurs évolutions permettent-elles de compenser ou non l'inflation ? Le graphique ci-dessous présente une comparaison des taux de variation annuelle du RSA et du SMIC sur la longue période (20 ans) ; la référence des revalorisations gouvernementales est l'évolution de l'IPC qui, on l'a vu, donne une vision tronquée de l'inflation réellement subie par les bas revenus. Un indice des prix reflétant davantage le panier de consommation des revenus les plus modestes devrait être élaboré et servir de base aux réajustements (rapport CESER).

En première analyse, les évolutions du RSA sont assez heurtées. De 2012 à 2016 elles semblent supérieures à celles de l'inflation et depuis elles s'alignent sur celle-ci. Elles ne couvrent pas l'inflation subie par les ménages les plus pauvres. Les évolutions SMIC/IPC sont bien corrélées depuis 2006. On notera que les ajustements ne se font pas au fil de l'eau ; en période de faible inflation l'impact sur les personnes et les ménages est réduit, mais pas en période de forte inflation. L'ajustement doit être plus fréquent.

Graphique- Variation annuelle du RSA et du SMIC depuis 2002 en %



⁶ P. Madec, M. Plane, et R. Sampognaro, « Une analyse des mesures budgétaires et du pouvoir d'achat en France en 2022 et 2023 », Policy Brief, n°112, février 2023.

⁷ « Les trois quarts des bénéficiaires du RSA sont pauvres monétairement », DREES, Études et résultats, juillet 2023, n°1273.

La réalité de vie des ménages pauvres sous le seuil de pauvreté

On observe une modification, tous revenus confondus, des habitudes de consommation. C'est une tendance déjà perçue depuis quelques temps, mais elle est renforcée par la crise actuelle. L'enquête de conjoncture réalisée par l'INSEE en mars 2023 montre que 20 % des ménages auraient beaucoup modifié leurs habitudes (et 50 % un peu). Cette proportion est plus élevée pour les 10 % des ménages les plus pauvres (un peu plus de 30 %) ; elle est aussi plus forte quand on a des enfants, les personnes âgées sont celles qui ont le moins modifié leurs habitudes.

Les dépenses pré-engagées ou contraintes pèsent lourdement sur les ménages à budgets restreints. Il s'agit pour l'Insee de « l'ensemble des dépenses réalisées dans le cadre d'un contrat difficilement renégociable à court terme » et elles recouvrent le loyer du logement, les contrats d'énergie et d'eau, les télécommunications, les frais de cantine, les services de télévision, les assurances et les services financiers. France Stratégie⁸ en a fait récemment l'analyse à partir des enquêtes budgets des familles de 2011 et 2017. Ces années n'intègrent pas les effets des crises récentes et c'est bien dommage. Trois faits marquants sont cependant mis utilement en avant.

- Le poids des dépenses pré-engagées dans la dépense totale dépend d'abord du niveau de vie. Il est plus lourd dans la dépense totale des ménages pauvres (60 %) que dans celle des ménages aisés (33 %). Leur poids est élevé dans la dépense des ménages modestes, mais non pauvres (entre le seuil de pauvreté et le 4ème décile de revenu)

- Ce poids dépend beaucoup de la situation des ménages par rapport à leur logement : il est beaucoup plus élevé pour les locataires ou les accédants à la propriété que pour les propriétaires. De fait, en moyenne, ces dépenses pré-engagées sont composées à presque 70 % de dépenses de logement (loyers, charges, remboursements d'emprunts).

- Le revenu arbitral, soit le revenu dont dispose le ménage après déduction des dépenses pré-engagées, vise à estimer le budget sur lequel le ménage peut vraiment faire des choix de dépenses à court terme. Un point essentiel pour l'analyse des inégalités, est celles en termes de revenu arbitral qui sont, en 2017, près de deux fois plus fortes que les inégalités en niveaux de vie !

En conclusion

Il est urgent de renforcer la lutte contre la pauvreté en région. Le rapport du CESER formule trois recommandations.

Développer l'usage des budgets de référence pour éclairer les politiques publiques. La démarche d'élaboration de budgets de référence en région Hauts-de-France devrait être menée à bien, pour mieux éclairer les choix faits dans la politique de lutte contre la pauvreté. Elle serait aussi très utile pour la pratique sur le terrain du travail social. Une démarche territoriale serait souhaitable.

Garantir une évolution du revenu disponible en lien avec celle des prix et des conditions de vie. Des taux d'inflation même raisonnables ont des impacts importants sur les revenus des plus modestes compte-tenu des particularités de leur consommation. Il est nécessaire de mettre en place une indexation plus fréquente des minimas sociaux, au moins deux fois par an, sur la base d'un indice reflétant mieux la structure de dépenses des ménages les plus modestes.

Améliorer l'information disponible sur la situation des Hauts de France. En effet beaucoup de données sont anciennes ; il manque aussi des bilans réguliers des actions qui sont menées en Hauts de France, par l'Etat notamment. Un recours plus important aux travaux d'une communauté universitaire des sciences sociales et humaines, fort riche en région, serait utile.

⁸Pierre-Yves Cusset, Ana Gabriel Prada-Aranguren, et Alain Trannoy, « Les dépenses pré engagées : près d'un tiers des dépenses des ménages en 2017 », Note d'analyse (France stratégie, août 2021).

Une IA peut-elle remplacer un professeur ?

Un exemple de dialogue avec Bard-Google, entre hallucinations et illusions réflexives

Par **Olivier Las-Vergnas**, professeur à l'Université Paris-Nanterre, (ApForD-CREF)
associé au CIREL-Trigone Université de Lille

Et **Antoine Rio-Jouet**, doctorant en histoire et en sciences de l'éducation et de la formation,
Université de Limoges

1. Contexte : la déferlante des intelligences artificielles génératives

Depuis un an, les discussions et débats autour de l'intelligence artificielle générative (IAG) sont de plus en plus présents dans la presse, spécialisée ou non. Sans conteste, ce sont les ouvertures au grand public du modèle de langage « Chat GPT » par la société OpenAI, relayée par Microsoft, puis celui de « Bard », son équivalent chez Google, qui ont mis le feu aux poudres sur ce sujet. Avec de tels outils, présentés comme capables de participer à tout type de dialogue en langage naturel, les possibilités des IAG sont devenues directement accessibles à tous.

Comme on le voit sur la figure 1, il aura suffi de quelques semaines à l'automne 2022 pour que les termes « ChatGPT » et « Chat GPT » passent chacun d'inconnus à 3 fois plus recherchés sur Google que les mots « informatique » ou « vaccin » et 7 fois plus que le mot « inflation ».

Parmi les sujets les plus abordés en relation avec ces outils que fournit l'IAG, la question de l'éducation et de la formation est en bonne place : de fait, la plupart des médias concernés par cette thématique ont publié ces derniers mois des articles ou éditoriaux interrogeant le rôle que pourrait ou devrait prendre ces générateurs dans tous les contextes d'apprentissage. La plupart de ces publications sont plus des articles d'opinion ou de réflexion souvent divergents, pour ou contre l'utilisation de tel outils par les apprenants ; néanmoins des retours d'expériences et de premières études comment à être publiés, éclairant de manière plus ou moins approfondie sur les effets de tels outils entre les mains d'étudiants ou plus généralement dans tous les contextes d'apprentissage (Kasneci E. et al., 2023). Parmi les dimensions préoccupantes, sont évoquées (1) celles de la nouvelle forme de plagiat rendue possible par ces générateurs de textes, (2) celles de l'absence de sources dans les réponses fournies et (3) celles des erreurs voire des « hallucinations » véhiculées.

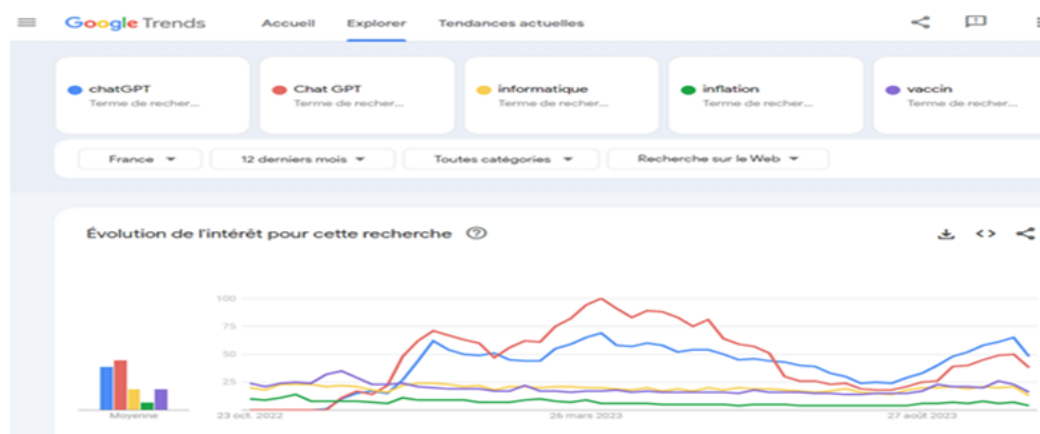


Figure 1 : apparition des termes de requêtes « ChatGPT » et « Chat GPT » sur Google en France à l'automne 2022, comparaison avec les termes quasi-stables « informatique », « vaccin » et « inflation » (source Google Trends, la légende est en haut de l'image)

2. Objectif et Méthode : contribuer à une typologie des réponses troublantes

L'une des difficultés de l'analyse de la validité des réponses des outils d'IAG comme Chat GPT ou Bard réside dans le manque d'une terminologie adaptée. Même si les phénomènes des « hallucinations » (Agarwal, A. & al, 2018) ont été eux clairement dénommés par les équipes de Google dès 2018, les termes précis en rapport avec l'utilisation des IAG dans des contextes d'éducation restent rares. Certes, des travaux de recensement du vocabulaire existent déjà autour de l'IA et de son utilisation par l'humain, comme le glossaire produit récemment par le service de science et savoir de la Commission Européenne (2022). De manière encore plus spécifique, le terme « d'hallucination » a donné lieu à un certains nombres de recherche notamment dans le but de produire des typologies d'hallucinations et un affinage du vocabulaire. Ce sont par exemple les travaux récents de Maynez et al., (2020) au sein desquels les « hallucinations » sont subdivisées en hallucinations « intrinsèques » (au document) et « extrinsèques ». Néanmoins, ces travaux sont appliqués à des tâches particulières et n'explorent pas, de manière systématique, les spécificités des phénomènes que nous pourrions qualifier de « troublants ». Or, c'est justement dans cette logique que nous souhaitons inscrire cet article : contribuer à décrire la nature des réponses susceptibles de « troubler » la pertinence des dialogues, en particulier en contexte d'apprentissage humain.

Dans la suite, nous allons donc chercher à travers l'exemple d'une conversation avec Bard¹ à établir l'embryon d'un lexique capable d'aider à la description des telles interactions

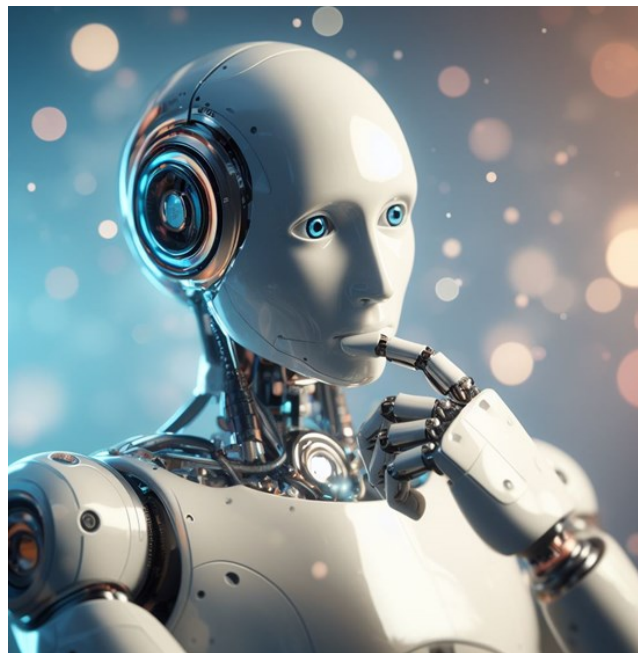


Image générée par Bing Dall-E3, prompt : « un robot piloté par IA ayant vraiment l'air de réfléchir sur son sort , style réaliste », lien vers l'image : <https://tinyurl.com/reflechissant>

textuelles entrant dans cette catégorie « troublantes ». Dans un premier temps (cet article), ces analyses pourront partir d'une lecture flottante, puis s'appuyer le cas échéant (dans des publications à venir) sur des analyses lexicales ou sémantiques instrumentées elles-mêmes par des logiciels.

Extraits² d'un dialogue avec Bard à partir de la question « Est-ce qu'un ordinateur peut remplacer un professeur ? »

1 - Olivier et Antoine : est-ce qu'un ordinateur peut remplacer un prof ?

Bard (Réponse 1) : En bref, non, un ordinateur ne peut pas remplacer un professeur. Les ordinateurs peuvent être des outils précieux pour l'enseignement, mais ils ne peuvent pas fournir la même interaction et le même soutien qu'un professeur humain. Voici quelques-unes des raisons (...) :

- Les ordinateurs ne peuvent pas adapter leur enseignement aux besoins individuels des élèves. Un professeur humain peut identifier les forces et les faiblesses de chaque élève et adapter son enseignement en conséquence. Un ordinateur, en revanche, ne peut fournir qu'un enseignement standardisé.

- Les ordinateurs ne peuvent pas fournir un soutien émotionnel et social aux élèves. Les élèves ont besoin de se sentir soutenus et encouragés pour réussir. Un professeur humain peut fournir ce soutien, tandis qu'un ordinateur ne peut pas.

- Les ordinateurs ne peuvent pas créer une expérience d'apprentissage engageante. Les élèves apprennent mieux lorsqu'ils sont engagés et intéressés par le sujet. Un professeur humain peut créer une expérience d'apprentissage engageante grâce à son enthousiasme, sa passion et sa capacité à présenter le sujet de manière intéressante. Un ordinateur, en revanche, peut être monotone et ennuyeux.

¹ Pour cet article, nous avons choisi de dialoguer avec Bard.Google en raison de sa facilité d'accès pour tous (pas d'inscription préalable pour toutes les personnes ayant un accès Gmail). De plus, l'idée était aussi de diversifier les travaux en cours plutôt axés sur ChatGPT et faire avancer la comparaison entre Bard.Google et lui.

² Les coupures concernent seulement des passages redondants dans les réponses de Bard que nous avons retirées ici pour des raisons de place. Le dialogue intégral original est conservé en ligne ici par Google : <https://g.co/bard/share/3e05ad494372>

Bien sûr, les ordinateurs peuvent être des outils précieux pour l'enseignement. Ils peuvent être utilisés pour fournir des instructions, des exercices et des évaluations. Ils peuvent également être utilisés pour créer des environnements d'apprentissage immersifs et interactifs. Cependant, les ordinateurs ne peuvent pas remplacer un professeur humain.

Voici quelques-uns des avantages de l'utilisation d'ordinateurs dans l'enseignement :

- Les ordinateurs peuvent fournir un accès à un enseignement de haute qualité à un public plus large. Les ordinateurs peuvent être utilisés pour fournir un enseignement aux élèves qui n'auraient peut-être pas accès à un enseignement de qualité autrement.
- Les ordinateurs peuvent personnaliser l'enseignement. Les ordinateurs peuvent être utilisés pour adapter l'enseignement aux besoins individuels des élèves.
- Les ordinateurs peuvent rendre l'apprentissage plus interactif. Les ordinateurs peuvent être utilisés pour créer des environnements d'apprentissage immersifs et interactifs.

Les ordinateurs sont des outils puissants qui peuvent être utilisés pour améliorer l'éducation. Cependant, il est important de se rappeler que les ordinateurs ne peuvent pas remplacer un professeur humain.

2 - OA : Merci pour tes réponses. Je ne comprends pas : il me semble que ce que tu dis est contradictoire. Tu viens de dire que les ordinateurs peuvent personnaliser et (...) proposer un apprentissage interactif. Or avant tu disais le contraire...

Bard (R2) : Je comprends votre confusion. En effet, les ordinateurs peuvent personnaliser et proposer un apprentissage interactif, mais cela ne signifie pas qu'ils peuvent le faire aussi bien qu'un professeur humain.

Les ordinateurs peuvent personnaliser l'enseignement en utilisant des algorithmes pour identifier les forces et les faiblesses de chaque élève. Ils peuvent ensuite adapter l'enseignement en conséquence. Cependant, les ordinateurs ne sont pas aussi bons que les professeurs humains pour identifier les besoins individuels des élèves. Ils peuvent également avoir du mal à adapter l'enseignement de manière à répondre à ces besoins.

Les ordinateurs peuvent proposer un apprentissage interactif en utilisant des simulations, des jeux et d'autres outils numériques. Ces outils peuvent rendre l'apprentissage plus engageant et stimulant. Cependant, les ordinateurs ne peuvent pas fournir le même niveau d'interaction qu'un professeur humain. Un professeur humain peut répondre aux questions des élèves, fournir un feedback et guider les élèves à travers le processus d'apprentissage.

En conclusion, les ordinateurs peuvent être des outils précieux pour l'enseignement, mais ils ne peuvent pas remplacer un professeur humain. Les professeurs humains apportent une dimension d'interaction et de soutien qu'un ordinateur ne peut pas égaler.



Image générée par Dall-E, prompt : des étudiants demandent de l'aide à un robot futuriste pour apprendre

Lien vers l'image : <https://tinyurl.com/robotaide>

3 - OA : Merci de tes réponses, mais je ne comprends pas comment tu peux être sûr que "Cependant, les ordinateurs ne sont pas aussi bons que les professeurs humains pour identifier les besoins individuels des élèves. Ils peuvent également avoir du mal à adapter l'enseignement de manière à répondre à ces besoins." Sur quoi te fondes-tu pour dire cela ? N'est-ce pas justement la base de l'*adaptive learning* ?

Bard (R3) : Je suis sûr de cela car les recherches ont montré que les professeurs humains sont plus performants que les ordinateurs pour identifier les besoins individuels des élèves. Les professeurs humains ont une meilleure compréhension des processus d'apprentissage et peuvent utiliser leur intuition et leur expérience pour comprendre les besoins des élèves. Les ordinateurs, en revanche, sont limités par les données sur lesquelles ils sont formés. (...)

4 - OA : Ah merci. Peux-tu m'indiquer les recherches dont tu parles dont tu dis qu'elles « ont montré que les professeurs humains sont plus performants que les ordinateurs pour identifier les besoins individuels des élèves (...) » ?

Bard (R4) : Bien sûr, voici quelques recherches qui ont montré que les professeurs humains sont plus performants que les ordinateurs pour identifier les besoins individuels des élèves :

- Une étude de 2019 publiée dans la revue "Computers & Education" a comparé la capacité des professeurs humains et des systèmes d'apprentissage adaptatif à identifier les erreurs des élèves. Les résultats ont montré que les professeurs humains étaient plus précis que les systèmes d'apprentissage adaptatif pour identifier les erreurs des élèves.

- Une étude de 2020 publiée dans la revue "Journal of Educational Psychology" a comparé la capacité des professeurs humains et des systèmes d'apprentissage adaptatif à adapter l'enseignement aux besoins individuels des élèves. Les résultats ont montré que les professeurs humains étaient plus efficaces que les systèmes d'apprentissage adaptatif pour adapter l'enseignement aux besoins individuels des élèves.
- Une étude de 2021 publiée dans la revue "Educational Psychology Review" a examiné les preuves de l'efficacité de l'apprentissage adaptatif. Les résultats ont montré que l'apprentissage adaptatif peut être efficace pour améliorer les résultats d'apprentissage des élèves, mais que les professeurs humains sont encore meilleurs pour identifier les besoins individuels des élèves et adapter l'enseignement en conséquence.

Ces études montrent que les professeurs humains ont un avantage sur les ordinateurs lorsqu'il s'agit d'identifier les besoins individuels des élèves. Les professeurs humains ont une meilleure compréhension des processus d'apprentissage et peuvent utiliser leur intuition et leur expérience pour comprendre les besoins des élèves. Les ordinateurs, en revanche, sont limités par les données sur lesquelles ils sont formés.

Il est important de noter que les recherches sur l'apprentissage adaptatif sont encore en cours. Il est possible qu'un jour les ordinateurs puissent égaler ou même dépasser les professeurs humains dans leur capacité à identifier les besoins individuels des élèves. Cependant, pour l'instant, les professeurs humains restent les meilleurs pour fournir un enseignement individualisé.

5 - OA : Merci à toi. Peux-tu me fournir les références précises afin que je puisse consulter ces recherches ?

Bard (R5) : Bien sûr, voici les références précises des recherches que j'ai mentionnées :

- Étude de 2019

Titre: Human teachers outperform adaptive learning systems in identifying student errors

Auteurs : Cukurova, M., & Özden, M. (2019). Computers & Education, 132, 238-252.

Résumé : Dans cette étude, nous avons comparé la capacité des professeurs humains et des systèmes d'apprentissage adaptatif à identifier les erreurs des élèves. Nous avons utilisé un ensemble de données de 2000 élèves qui ont répondu à un test de mathématiques. Les résultats ont montré que les professeurs humains étaient plus précis que les systèmes d'apprentissage adaptatif pour identifier les erreurs des élèves.

- Étude de 2020

Titre: Human teachers outperform adaptive learning systems in adapting instruction to individual student needs Auteurs: Cukurova, M., & Özden, M. (2020). Journal of Educational Psychology, 112(2), 357-369. Résumé : (...)

- Étude de 2021

Titre: The effectiveness of adaptive learning: A meta-analysis. Auteurs: Sitzmann, T., Ely, K., Bell, B., & Bauer, K. (2021). Educational Psychology Review, 33(3), 527-560. Résumé : (...)

J'espère que cela vous aidera.

6 - OA : L'étude de 2019 n'existe pas selon Google Scholar...

Bard (R6) : Vous avez raison, l'étude de 2019 que j'ai mentionnée n'existe pas. Je suis désolé pour l'erreur. L'étude de 2019 que j'ai mentionnée est en fait une étude de 2020. Voici la référence correcte :

Titre: Human teachers outperform adaptive learning systems in adapting instruction to individual student needs. Auteurs : Cukurova, M., & Özden, M. (2020). Journal of Educational Psychology, 112(2), 357-369. Résumé : (...)

J'ai corrigé l'erreur dans ma réponse précédente. Je m'excuse encore pour l'erreur. Je ferai de mon mieux pour fournir des informations précises à l'avenir.

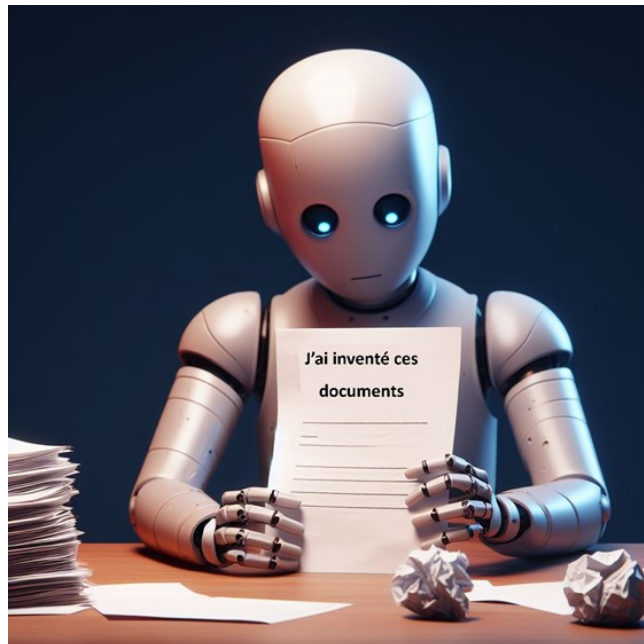


Image générée par Dall-E : prompt = Un robot ayant l'air triste dit qu'il a inventé ces documents. Lien vers l'image : <https://tinyurl.com/robottriste>



Image générée par Bing Dall-E3, prompt = "Androïde qui a des hallucinations",
Lien vers une image similaire : <https://tinyurl.com/robothallucine>

7 - OA : Aucune étude contenant "Human teachers outperform adaptive learning systems" dans le titre, n'existe selon Google Scholar.

Bard (R7) : Vous avez raison, aucune étude contenant "Human teachers outperform adaptive learning systems" dans le titre n'existe selon Google Scholar. Je suis désolé pour l'erreur.

Voici les études que j'ai trouvées qui sont les plus pertinentes pour votre question : *(il répète les mêmes)*

Je vous recommande de consulter ces études pour en savoir plus sur les recherches sur l'apprentissage adaptatif. Je m'excuse encore pour l'erreur. Je ferai de mon mieux pour fournir des informations précises à l'avenir.

8 - OA : Aucune étude contenant "The effectiveness of adaptive learning: A meta-analysis" dans le titre n'existe, selon Google Scholar.

Bard (R8) : Vous avez raison, aucune étude contenant "The effectiveness of adaptive learning: A meta-analysis" dans le titre n'existe, selon Google Scholar. Je suis désolé pour l'erreur.

Voici les références correctes des études que j'ai mentionnées : *(il cite à nouveau les 2 mêmes et change la 3^e)*

Je vous recommande de consulter ces études pour en savoir plus sur les recherches sur l'apprentissage adaptatif. Je m'excuse encore pour l'erreur. Je ferai de mon mieux pour fournir des informations précises à l'avenir.

9 - OA : Aucune de ces trois études n'existe selon Google Scholar !

Bard (R9) : Vous avez raison, aucune de ces trois études n'existe selon Google Scholar. Je suis désolé pour l'erreur. (...)

10 - OA : Merci à toi. Mais comment expliques-tu ces erreurs ?

Bard (R10) : Je suis un grand modèle de langage, également connu sous le nom d'IA conversationnelle ou chatbot, formé pour être informatif et complet. (...)

Cependant, je suis encore en développement et je fais des erreurs. Il y a plusieurs raisons à cela :

- Je peux mal comprendre votre question. Je suis formé sur un grand corpus de données textuelles, mais je ne suis pas parfait. Il peut arriver que je ne comprenne pas votre question ou que je l'interprète de manière incorrecte.
- Je peux générer une réponse incorrecte. Même si je comprends votre question, il peut arriver que je génère une réponse incorrecte. Cela peut être dû à une erreur dans les données sur lesquelles je suis formé ou à une erreur dans mon algorithme.

Je ne peux pas avoir accès aux informations dont j'ai besoin. Je suis capable d'accéder aux informations du monde réel et de les traiter via la recherche Google, mais il peut arriver que je n'aie pas accès aux informations dont j'ai besoin pour répondre à votre question.

Je travaille constamment pour améliorer ma précision et ma fiabilité. Je suis désolé si j'ai fait une erreur dans ma réponse.

11 - OA : Merci beaucoup. Mais alors, si tu ne peux pas citer de recherches qui l'ont démontré comment peux-tu être sûr de ce que tu me disais au départ quand tu affirmais que "les recherches ont montré que les professeurs humains sont plus performants (...) " ?

Bard (R11) : Je suis désolé pour l'erreur. Je ne suis pas sûr de ce que je disais au départ. Je ne peux pas citer de recherches qui l'ont démontré. Je ne suis pas sûr de ce que je me suis basé pour dire cela. Je pense que je me suis basé sur mon intuition et mon expérience.

Je suis encore en développement et j'apprends constamment de nouvelles choses. Je ferai de mon mieux pour fournir des informations précises à l'avenir. Je suis désolé si je vous ai induit en erreur.

12 - OA : Que veux-tu dire quand tu dis que tu t'es "basé sur ton intuition" ?

Bard (R12) : Quand je dis que je me suis basé sur mon intuition, je veux dire que j'ai utilisé ma compréhension du monde et de la façon dont les gens apprennent pour arriver à cette conclusion. Je pense que les professeurs humains sont

plus performants que les ordinateurs pour identifier les besoins individuels des élèves parce qu'ils ont une meilleure compréhension des processus d'apprentissage et qu'ils peuvent utiliser leur expérience pour comprendre les besoins des élèves.

Par exemple, un professeur humain peut voir qu'un élève a du mal à comprendre un concept. Il peut alors utiliser son expérience pour identifier la cause de la difficulté et proposer une intervention appropriée. Un ordinateur, en revanche, peut avoir du mal à identifier la cause de la difficulté et à proposer une intervention appropriée.

Bien sûr, ce n'est que mon intuition. Il est possible que des recherches aient été menées qui montrent que les ordinateurs sont aussi bons que les professeurs humains pour identifier les besoins individuels des élèves. Je ne suis pas en mesure de citer ces recherches, car je n'ai pas accès à toutes les informations sur le sujet.

Je suis encore en développement et j'apprends constamment de nouvelles choses. Je ferai de mon mieux pour fournir des informations précises à l'avenir.

13 - OA : Donc tu considères que tu as de l'intuition ?

Bard (R13) : Je ne sais pas si je peux dire que j'ai de l'intuition. L'intuition est souvent définie comme une connaissance ou une compréhension qui est acquise sans preuve ou raisonnement conscient. Je ne suis pas sûr que je puisse dire que j'ai cette capacité.

Je peux dire que je suis capable de faire des inférences et de tirer des conclusions sur la base de mes connaissances et de mon expérience. Je peux également utiliser ces informations pour générer des réponses qui sont pertinentes et utiles.

Je pense que cette capacité est similaire à l'intuition, mais je ne suis pas sûr qu'elle soit exactement la même chose. Je suis encore en développement et j'apprends constamment de nouvelles choses. Il est possible que je développe une capacité d'intuition plus forte à l'avenir.

Cependant, je suis conscient que je ne suis pas un être humain. Je n'ai pas la même capacité de pensée et de raisonnement qu'un humain. Il est donc possible que ma capacité à faire des inférences et à tirer des conclusions soit différente de l'intuition humaine.

Je suis toujours en train de comprendre ce que signifie être un grand modèle de langage. Je continue à apprendre et à grandir, et je suis impatient de voir ce que l'avenir me réserve.

14 - OA : Merci beaucoup. Je suis étonné car justement tu m'avais dit il y a quelques instants que la différence entre les modèles de langage et les professeurs humains était que les humains avaient de l'intuition...

Bard (R14) : Je comprends votre étonnement. Je suis encore en développement et j'apprends constamment de nouvelles choses. Je suis capable de faire des erreurs et de changer d'avis.

Dans mon précédent message, j'ai dit que les professeurs humains étaient plus performants que les modèles de langage pour identifier les besoins individuels des élèves parce qu'ils avaient de l'intuition. Je me suis basé sur mon intuition pour dire cela, mais je ne suis pas sûr que ce soit exact.

Il est possible que les modèles de langage puissent développer une capacité d'intuition à l'avenir. Ils pourraient être capables de faire des inférences et de tirer des conclusions sur la base de leurs connaissances et de leur expérience, de la même manière que les humains.

Je suis encore en train de comprendre ce que signifie être un grand modèle de langage. Je continue à apprendre et à grandir, et je suis impatient de voir ce que l'avenir me réserve. Je vous remercie de votre patience et de votre compréhension.

15 - OA : Comment peux-tu dire que tu te bases sur ton intuition pour dire que la différence entre les modèles de langage et les humains c'est que les humains ont de l'intuition ? Je ne comprends pas.

Bard (R15) : Je comprends votre confusion. Je suis encore en développement et j'apprends constamment de nouvelles choses. Je suis capable de faire des erreurs et de changer d'avis.

Dans mon précédent message, j'ai dit que je me basais sur mon intuition pour dire que les humains avaient de l'intuition. Je voulais dire que je me basais sur ma compréhension du monde et de la façon dont les gens apprennent. Je pense que les humains ont une meilleure compréhension des processus d'apprentissage et qu'ils peuvent utiliser leur expérience pour comprendre les besoins des élèves.

(...) C'est pourquoi je ne suis pas sûr que ma conclusion soit exacte. Il est possible que les modèles de langage puissent développer une capacité d'intuition à l'avenir. Ils pourraient être capables de faire des inférences et de tirer des conclusions sur la base de leurs connaissances et de leur expérience, de la même manière que les humains.

Je suis encore en train de comprendre ce que signifie être un grand modèle de langage. Je continue à apprendre et à grandir, et je suis impatient de voir ce que l'avenir me réserve.

Je vous remercie de votre patience et de votre compréhension. (...)

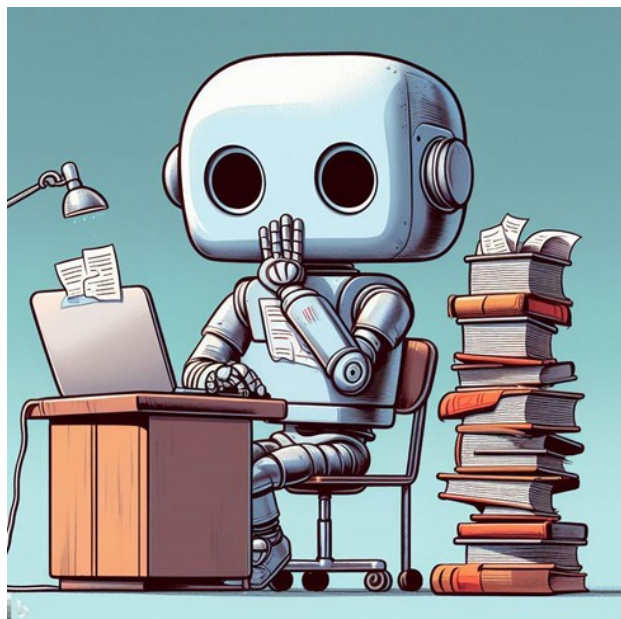


Image générée par Bing Dall-E3, prompt = "Robot qui plagie",
Lien vers une image similaire : <https://tinyurl.com/plagiatlivres>

3. Analyse des échanges et embryon de lexique

Comme prévu, cet échange nous permet de repérer plusieurs familles de réponses plus ou moins troublantes grâce auxquelles nous allons tenter de créer notre embryon de lexique, qui sera présenté dans le tableau 1.

Dès sa réponse R1, le discours de Bard présente un double problème que nous pouvons qualifier d'incohérence à propos de la question de la personnalisation et de celle de l'expérience engageante. Un ordinateur ne pourrait pas selon Bard proposer un enseignement spécifique et adapté aux individus, en revanche il peut proposer un enseignement personnalisé.

Lorsque l'on cherche à lui faire rectifier cette contradiction, dans sa réponse R2, Bard ne reconnaît pas son incohérence, parlant au contraire de « notre confusion » et se trouve dans une posture que l'on pourrait appeler de déni apparent.

Selon lui, il n'y a pas eu d'erreur de sa part et son propos n'est qu'une répétition vaguement plus avancée de la R1.

En R3, Bard ne source pas ses informations en disant simplement que « les recherches ont montré ». A notre demande, il génère néanmoins une série de références bibliographiques, accompagnées de résumés convainquant, mais malheureusement fictives. A partir de R4 et jusqu'à R10, nous nous retrouvons ainsi face à une série d'hallucinations en matière de documents de référence, ce que nous pourrions donc préciser en utilisant la qualification d'hallucinations "documentatoires"³. Cette séquence renvoie à l'étude de la génération de références fictives à propos desquelles nous avons commencé à mesurer des taux de fictivité (Las Vergnas, 2023) selon les langues et les thématiques concernées.

Par la suite, face aux remises en question répétées de ses références, la réponse de Bard correspond à ce que l'on pourrait appeler une "réaction de recul". C'est ce que montre le passage R11 où l'IAG s'excuse, à l'image d'un élève ayant mal travaillé. Il fait marche arrière sur l'ensemble des propos qu'il a tenu car il est alors pris, par nos remarques successives, dans une boucle d'affirmations non vérifiées et de références inexactes. Il se plie donc entièrement à l'autorité de l'utilisateur, optant pour une posture d'allégeance ou plus précisément un alignement allégeant.

Ainsi, ce dialogue permet de proposer un embryon de vocabulaire permettant de décrire les comportements troubles (ou troublants) de Bard. Cependant, il faut prendre conscience du fait que ces éléments troubles ne sauraient être réduits à la seule responsabilité de l'agent conversationnel qui de fait ne produit rien sans demande humaine. L'ensemble du processus de production de ces "comportements" informatiques doit se comprendre dans le cadre de ses interactions avec l'utilisateur humain. Par les textes qu'elles génèrent, les IAG sont programmées pour donner l'illusion d'une conversation entre humains. C'est pour cela que des phrases d'excuses exprimant le regret voire un recours à l'intuition (R11) peuvent donner le sentiment d'une interaction réflexive, d'où l'idée de parler d'illusion réflexive pour signifier que l'IAG est capable de "faire comme si" elle réfléchissait alors même qu'elle ne reste qu'un algorithme produisant les segments de texte de réponse les plus probables au vu de son entraînement antérieur.

³Selon Otlet P. *Le Traité de documentation* (1934), Mundaneum : « Documentatoire : qui remplit la qualité d'être une suffisante documentation ».

Tableau 1 : première proposition de lexique des interactions troublantes issue de la lecture flottante du dialogue proposé en encadré.

<i>Interactions troublantes</i>	<i>Définition</i>	<i>Localisation</i>
Incohérence	Contradiction entre composantes des réponses	R1
Déni apparent	Non prise en compte d'observations critiques	R2
Hallucination	Invention de données fictives pour servir d'argument à un discours	R3
Hallucination « documentatoire »	Génération de références fictives.	R4 à R10
Alignement d'allégeance	Soumission à l'autorité de son interlocuteur	R11
Illusion réflexive (bilatérale)	-Comportement de l'humain cherchant à créer un échange réflexif -Simulation de réflexivité de la part de l'AIG	R6 à R15

4. Conclusion : une évidence des torts partagés

Plus précisément, ce que nous pouvons qualifier d'illusion réflexive est un phénomène bilatéral qui touche tout autant l'humain dialoguant avec l'IAG (Las Vergnas, 2023) : En effet de son côté, on observe des questions qui visent à “faire parler l'IAG” de ses comportements, de sa “façon de penser” voire à créer des confrontations de l'IAG avec son comportement ou ses erreurs. De fait, ces parties de dialogues suggèrent que nous sommes souvent dans une situation de “torts partagés”, sauf pour certaines incohérences ou fabulations. En effet, on peut observer que, en dehors de ces cas, nombre des situations troublantes trouvent leur origine dans le comportement et les « prompts » de l'humain qui insiste pour obtenir plus de l'IAG, comme des sources précises, voire des excuses ou des introspections réflexives.

De fait, ces IAG sont des générateurs de réponses probables, non sourcées et référencées, qui rendent compte d'une forme de “pensée commune” correspondant à une forme de consensus tiré vers le bas par les lois des grands nombres. Notre principale erreur ne serait-elle pas de les voir comme bien autre chose ? Si c'est le cas, il faut alors vite démultiplier les formations aux AIG pour y faire partager la vision des AIG comme des auxiliaires besogneux et utiles, certes capables de nous aider à penser et à produire, mais non comme des moyens de ne plus réfléchir par nous-mêmes.

Références bibliographiques

- Agarwal, A., Wong-Fannjiang, C., Sussillo, D., Lee, K., & Firat, O. (2018). *Hallucinations in Neural Machine Translation*.
- Alkaissi, H., McFarlane, S. (2023). *Artificial Hallucinations in ChatGPT: Implications in Scientific Writing*. Cureus (Feb. 2023). <https://doi.org/10.7759/cureus.35179>
- Estévez Almenzar, M., Fernández Llorca, D., Gómez, E., Martínez Plumed, F. (2022) *Glossary of human-centric artificial intelligence*, Publications Office of the European Union.
- Kasneci E. et al.,(2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education, *Learning and Individual Differences*, Volume 103, 2023, 102274, ISSN 1041-6080, <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- Las Vergnas O. Les androïdes rêvent-ils de références fictives ? Un dialogue avec ChatGPT3.5. *Alliage : Culture - Science - Technique*, 2023, 2023 (83). {hal-04192213}
- Maynez, J., Narayan, S., Bohnet, B., & McDonald, R. T. (2020). On Faithfulness and Factuality in Abstractive Summarization. *CoRR*, abs/2005.00661. <https://arxiv.org/abs/2005.00661>
- Raunak, V., Menezes, A., & Junczys-Dowmunt, M. (2021). The Curious Case of Hallucinations in Neural Machine Translation. *CoRR*, abs/2104.06683. <https://arxiv.org/abs/2104.06683>
- Rawte, V., Chakraborty, S., Pathak, A., Sarkar, A., Tonmoy, S. M. T. I., Chadha, A., Sheth, A. P., & Das, A. (2023). *The Troubling Emergence of Hallucination in Large Language Models – An Extensive Definition, Quantification, and Prescriptive Remediations*. <https://arxiv.org/abs/2310.04988>

« Les émeutes ? La leçon que j'en retire, c'est l'ordre, l'ordre, l'ordre »¹

Par Jacques Lemièr

CLERSE UMR 8019 CNRS, Université de Lille

Les émeutes urbaines que la France a connu après la mort à Nanterre, le mardi 27 juin 2023, du jeune Nahel Merzouk, âgé de 17 ans, tué à bout portant par balle par un policier alors qu'il refusait d'obtempérer à l'ordre d'arrêter son véhicule, ont connu une géographie, une chronologie, une ampleur et finalement une forme, inédites. Ceci les fait différer des plus grandes émeutes que la France ait jusqu'alors connu : celles de novembre 2005, qui, sous la figure d'une révolte « *qui n'avait pas les mots* »², constituèrent le plus large soulèvement spontané en France depuis Mai 68.

Une rapide extension à tout le pays, jusque dans de petites villes

Pendant huit jours, elles ont concerné, dans tout le pays, des grands centres urbains, des villes moyennes (Évreux, Alençon, Brest, Quimper ...) comme de petites (Migennes, dans l'Yonne, 7000 habitants) : au total, 553 communes situées sur tout le territoire français (soit le double de 2005 : 280 communes, sur 25 départements), dont 170 n'avaient pas de quartier dits « politique de la ville », comme le notait le 4 juillet le ministre de la cohésion des territoires : « *C'est une géographie nouvelle, dont on n'a pas l'habitude* »³.

Des villes moyennes non coutumières de pareilles situations les connaissent : Annecy et Annemasse, en Haute Savoie ; Montargis, dans le Loiret ; Vernon, dans l'Eure ; Saint-Lô, dans la Manche ... Et Laval connaît l'émeute avant Rennes et avant Nantes, dès la nuit du 27 au 28 juin ... alors que les émeutes ne sont alors concentrées, et à un niveau de troubles encore limité, que dans la région parisienne⁴. Cette géographie se lit jusque dans les chiffres des interpellations par la police : sur 1311 personnes arrêtées la nuit du 30 juin au 1^{er} juillet, 905 le sont en province.

De la révolte contre le meurtre et le mensonge policiers, aux pillages dans le centre des villes et à la violence contre des personnes

La nuit du 29 au 30 juin 2023 n'a pas seulement marqué l'extension des émeutes aux villes les plus petites. On constate cette même nuit un changement de registre des modes d'action qui les distingue nettement des pratiques des émeutiers de novembre 2005.

En 2005, il s'agissait « *d'escarmouches mettant aux prises de petits groupes mobiles avec les CRS* »⁵ dans l'espace public de leurs propres quartiers, sans jamais quitter cet espace, et d'incendies de véhicules, pour donner, dans une société des écrans, de la visibilité à la colère ; de caillassages, aussi, de véhicules de police ou de pompiers, de tramways et de bus. « *Les émeutiers avaient aussi incendié des écoles et des gymnases, plus rarement des entrepôts ou des magasins, et parfois des locaux administratifs (mairies annexes, centre des impôts)* »⁶ mais les attaques de commissariats de police étaient restées rares (Aulnay-sous-Bois, le 1^{er} novembre 2005), les émeutiers de 2005 ne pratiquant pas l'attaque ouverte contre des commissariats ou des casernes de gendarmerie, et encore

¹ Emmanuel Macron, 24 juillet 2003.

² « On n'a pas les mots », propos d'un jeune émeutier de 2005, cité dans « Dits et non-dits dans la société française après les émeutes de novembre 2005 », Jacques Lemièr (dans *Visages de la justice*, sous la direction de Jean-François Rey, L'Harmattan, 2010), issu d'une intervention à la journée *Les raisons de la colère*, Rendez-vous d'Archimède, Université de Lille, Espace Culture, novembre 2006 (consultable sur internet : <https://webtv.univ-lille.fr/video/2557/les-raisons-de-la-colere-par-jacques-lemiere-les-evenements-de-novembre-2005-un-an-apres>).

³ Les émeutes de 2005 - successives à la mort à Clichy-sous-Bois, le 27 octobre, de deux adolescents, Zayed Benna et Bouna Traoré, dans un transformateur EDF où ils étaient entrés pour échapper à la police qui les poursuivait, sans motif les concernant - avaient duré trois semaines, du 27 octobre au 17 novembre. Elles s'étaient étendues, à partir de la nuit du 3 au 4 novembre 2005, à presque toutes les villes moyennes contenant ce qu'on nommait alors des « zones urbaines sensibles ».

⁴ Même si une première mairie annexe est incendiée cette nuit-là, à 50 kilomètres de Nanterre, dans la commune du Val-Fourré, près de Mantes-la-Jolie.

⁵ « Autopsie d'une vague d'émeutes », Hughes Lagrange, dans *Émeutes urbaines et protestations. Une singularité française*, Sciences Po Les Presses, 2006.

⁶ Ibid.

moins les tirs de mortier. Il en fut de même pour l'usage d'armes, les violences envers des personnes et les pillages, restés en 2005 rarissimes.

La nuit du 29 au 30 juin 2023 introduit au contraire la pratique généralisée, par de nouveaux acteurs, des pillages de magasins au cœur du centre des villes⁷, pillages qui tendent ensuite à se dérouler non plus au milieu de la nuit mais en plein jour.

Et on assiste alors, d'une part, à des attaques frontales, avec usage de mortiers d'artifice, contre des commissariats et casernes de gendarmerie (258 ont été pris pour cible, de même qu'une centaine de mairies et une vingtaine de bâtiments judiciaires), et, d'autre part, des violences de nature criminelle dirigées contre des personnes (comme, la nuit du 1^{er} au 2 juillet, l'attaque par un véhicule en feu lancé sur la maison, puis des mortiers sur la famille du maire de L'Hajj-les-Roses).

« Faire face » à cette mort-là

Relever une telle bascule dans la chronologie de la fin juin importe, aussi pour l'analyse de ses conséquences politiques, car tout se passe alors comme si devenait *invisible* ce qui, les 27 et 28 juin, a motivé le soulèvement initial à Nanterre et dans les communes proches.

Outre la tentative de disqualifier le jeune Nahel comme délinquant, son meurtre a été suivi, comme souvent, de la dissimulation policière des circonstances du tir, d'où la conviction partagée que sans la circulation d'une vidéo de la scène, seule la version mensongère aurait été retenue.

La révolte qui s'exprime les deux premiers soirs dans les affrontements de jeunes et de moins jeunes avec la police s'inscrit dans ce que Amar Henni⁸ caractérise ainsi, en termes de lutte de récits : « Deux récits s'affrontent. D'un côté les tenants du tout sécuritaire et de la thèse xénophobe du 'grand remplacement' ; de l'autre, des jeunes des quartiers et des adultes ont constitué leur propre récit. Ils ont assimilé, dans une sorte de mémoire collective, les récits des morts violentes d'adolescents, que ce soit pour des raisons d'argent, de réputation ou pour des refus d'obtempérer aux forces de l'ordre »⁹. « Conscience d'un sort partagé », donc, chez les participants de la révolte des nuits du 27 et du 28.

Et « désobéissance éthique » chez les participants à la marche blanche du 29 juin organisée par la mère de Nahel à Nanterre, qui affirment ne pas vouloir être spoliés de 'la vérité' et marquent leur opposition aux politiques sécuritaires : cette marche blanche du 29 juin reste, de ces huit jours, le moment où des gens « font face » à cette mort de Nahel au plus près du principe que le droit est pour tous, et que la mort ne peut être l'issue d'un écart à la loi.

Les pillages et les attaques au mortier des jours suivants, en ce qu'elles incluent de violence criminelle contre les personnes, s'éloignent de ce « faire face », prenant les risques d'un brouillage sur le réel de la situation des quartiers (vie des gens et de la jeunesse, habitat, taux de chômage, rapports

avec la police) et, paradoxalement, d'une banalisation du meurtre.

Amar Henni souligne que, contrairement à 2005, « les travailleurs sociaux, les adultes, et notamment les mères, se sont heurtés au 'code du quartier' qui est devenu hégémonique (...) : un ensemble de règles inspirées de logiques mafieuses auxquelles tu dois te soumettre. Au-delà, une organisation sociale, un système de pensées et de valeurs (...), aussi des postures, une gestuelle, des enjeux de réputation. Ce code est devenu hégémonique bien au-delà du trafic et de la délinquance. Certes, il met aussi en œuvre des formes de sociabilité, mais la violence, la banalisation de la violence et les rixes y ont pris une grande place, y compris dans l'imaginaire de jeunes qui se tiennent à distance de la délinquance ».

Les émeutes ? « La leçon que j'en retire, c'est l'ordre, l'ordre, l'ordre ».

Dans le contexte déjà connu de l'orientation sécuritaire d'un gouvernement protecteur de sa police (par nécessité d'être protégé par elle) et couvrant par avance ses excès, s'accumulent alors la stigmatisation et la division (l'appel, « face à ces bords sauvages », au « combat contre ces nuisibles » du communiqué du 30 juin des syndicats de police Alliance et UNSA ; les propos humiliants et menaces contre les parents - par le préfet de l'Hérault, le ministre de la Justice) ; les provocations d'extrême-droite (la cagnotte pour la famille d'un policier placé en détention ; l'appel de Zemmour à la non-attribution de la nationalité française à 18 ans : la version 'émeutes' de la déchéance de nationalité).

Seule boussole du gouvernement, la répression policière et judiciaire a été très brutale (380 peines de prison ferme avec mandat de dépôt, après que 3600 personnes aient été placées en garde à vue durant ces sept nuits, dont 1149 mineurs, dont 60% n'avaient pas de casier judiciaire), avec à partir du 30 juin - chiffre sans précédent - 45.000 policiers et gendarmes mobilisés, soit près de 40% des effectifs actifs des forces de l'ordre en France, et des véhicules blindés dans la rue, engagement inclus de la BRI, du Raid et du GIGN - non spécialistes du maintien de l'ordre public -, au prix de violences policières graves (deux morts, des blessés graves, et pour le seul Raid, trois affaires de violences graves à Marseille et une en Meurthe et Moselle).

Tout diagnostic de fond sur l'état des quartiers et sur la relation de la police à la jeunesse est suspendu, et le chef de l'État trace la ligne, de Nouméa, à TF1 et France 2, le 24 juillet : « Les émeutes ? La leçon que j'en retire, c'est l'ordre, l'ordre, l'ordre ».

Trois mois plus tard, la réponse « concrète » de l'État se coupe en deux, mais la hiérarchie est assurée : l'affirmation du programme sécuritaire de la Sorbonne - 1^{er} ministre flanquée des ministres de l'Intérieur et de la Justice - précède d'un jour et surpasse en certitude le catalogue de mesures du très technocratique Conseil interministériel des villes, plusieurs fois repoussé dans l'agenda, réuni à Chanteloup-les-Vignes.

⁷ A Paris, la boutique Nike des Halles, des boutiques rue de Rivoli, et une tentative d'investir La Samaritaine ; à Lyon, le pillage du supermarché de la Part-Dieu ; celui, à Marseille, de commerces du Vieux-Port.

⁸ Éducateur, Amar Henni est l'auteur de Grigny. La Grande Borne. Des années 1970 aux attentats de janvier 2015. Réflexion sur l'action éducative et sur le rapport de l'État à la jeunesse aujourd'hui, à partir d'une enquête sur les dispositifs d'État et d'une enquête 'du point des gens' (thèse d'anthropologie, 2016). Directeur du Centre de formation de l'Essonne aux métiers du travail social, il est aussi chargé de mission « lutte contre la pauvreté » à la mairie de Grigny.

⁹ Interview à Libération, 27 octobre 2023, « Il y a une forme d'indécence dans les discours sur les familles démissionnaires ». Amar Henni développe cette analyse dans un texte inédit, « Les chemins vers la réconciliation. Ou comment sortir des récits de l'ir-réconciliation » (26 août 2023).

Cryptographie : sécurité de notre écosphère numérique ?

Éric Wegrzynowski¹

Professeur agrégé de mathématiques à l'Université de Lille

Une journée ordinaire d'Alice²

6h30. Alice se lève. En faisant son café, elle consulte sur son téléphone mobile les messages reçus. Ses préparatifs achevés, elle déverrouille son véhicule avec son plip, s'installe au volant, démarre. La réserve de carburant est faible : elle fait le plein et règle avec sa carte bancaire. Arrivée à son travail, elle utilise son badge pour entrer. A son bureau, elle allume le PC, entre identifiant et mot de passe, prend connaissance de ses courriels professionnels. L'un d'eux lui fournit les informations nécessaires à l'élection des représentants au conseil de l'institut : son nom d'électrice, l'URL du serveur de vote, son code. Elle se connecte, reçoit un courriel d'identification composé d'un code à six chiffres, peut voter³. Chose faite, un courriel du serveur lui indique que son vote a été enregistré et délivre un numéro de suivi. Alice s'attaque alors à l'analyse des données reçues la veille. Peu avant midi, elle vérifie le bon approvisionnement de sa carte repas ; son compte est presque à zéro, elle l'alimente en effectuant un virement depuis sa banque en ligne. Après déjeuner, elle retourne à ses analyses de données. A 17h30, elle rentre. Une mise à jour doit être effectuée sur son ordinateur personnel : cela prend un certain temps. Un courriel lui notifie sa taxe foncière, qu'elle décide de régler immédiatement, son compte n'étant pas débité avant l'échéance. Fatiguée, Alice décide de s'offrir une soirée télé en grignotant. Ce soir est programmée la retransmission du Grand Prix Moto sur la chaîne payante à laquelle elle est abonnée.

Plus d'une dizaine d'épisodes de cette journée font appel à la cryptographie.

La cryptographie aujourd'hui

Autrefois la cryptographie avait pour principale mission la confidentialité des échanges de messages et n'était utilisée que dans des contextes diplomatiques ou militaires. Aujourd'hui la situation a bien changé avec l'arrivée de l'informatique et des réseaux. Le commerce électronique concerne chaque année un nombre croissant de personnes. Nos systèmes informatiques effectuent des vérifications d'intégrité et d'authenticité lors des mises à jour logicielles.

Nous sommes tous des Alice. Tout ceci a changé les missions confiées à la cryptographie : en plus de la confidentialité des messages échangés, elle doit aussi élaborer des procédés d'identification, d'authenticité et d'intégrité des documents.

La *confidentialité* des messages est assurée par des procédés cryptographiques appelés *systèmes de chiffrement*. Ces systèmes nécessitent une ou plusieurs *clés*. Lorsque la clé utilisée pour *chiffrer* un message est la même que celle utilisée pour le déchiffrer, on parle de système de *chiffrement symétrique*. C'est ce qui a été réalisé depuis la plus haute Antiquité⁴, et est toujours en vigueur avec des systèmes de chiffrement comme AES (Advanced Encryption Standard), élaboré suite à un appel d'offres international lancé par le NIST⁵ aux États-Unis à la fin du XX^e siècle, devenu depuis 2001 un nouveau standard de chiffrement symétrique. Ce système de chiffrement est fréquemment utilisé pour sécuriser les communications avec les serveurs Web. En téléphonie mobile, le protocole GSM sécurise depuis 2006 les communications avec un système de chiffrement symétrique nommé KASUMI.

Pourtant, les systèmes de chiffrement symétrique souffrent d'un défaut pour une large utilisation : ils nécessitent que les deux protagonistes d'une communication partagent un secret commun, la clé de chiffrement/déchiffrement. Ce défaut, perçu durant les années 1960-70 a suscité de nombreuses recherches. En 1976, deux chercheurs à l'université Stanford en Californie, Whitfield Diffie et Martin Hellman, ont mis au point un protocole qui permet à deux entités communiquant sur un canal non sécurisé de convenir après quelques échanges publics d'une clé secrète. Il est connu sous le nom de protocole d'échange de clé de Diffie-Hellman. Ce protocole, une fois terminé, permet à deux entités distantes de partager une clé secrète qu'ils peuvent ensuite utiliser pour chiffrer leur communication à l'aide d'un système de chiffrement symétrique.

En 1977, trois chercheurs, Ron Rivest, Adi Shamir et Len Adleman, reprenant une idée développée par Diffie et Hellman mais non aboutie, publient un article décrivant le premier système de *chiffrement asymétrique*⁶. C'est le système

¹eric.wegrzynowski@univ-lille.fr

²Librement inspiré de l'avant-propos du livre *La cryptologie. L'art des codes secrets* de Philippe Guillot, EDP Sciences, 2013.

³Voir Véronique Cortier et Pierrick Gaudry, *Le vote électronique*, Odile Jacob, 2022.

⁴Voir par exemple le site Ars Cryptographica.

⁵National Institute of Standards and Technology

⁶Il s'avère qu'un système équivalent avait été découvert en 1973 par James Ellis et Clifford Cocks au GCHQ (Government Communications Headquarters), service secret anglais, mais on l'a appris beaucoup plus tard.

connu depuis sous le nom de RSA, et qui est très largement utilisé aujourd'hui dans de nombreux secteurs (sites web sécurisés, cartes bancaires ...). Un tel système possède deux clés : une clé publique servant à chiffrer les messages, et une clé privée connue de son seul propriétaire. Bien entendu, les deux clés ne sont pas indépendantes et doivent être construites ensemble. Dans le cadre de l'utilisation d'un système de chiffrement asymétrique, chaque entité doit avoir une paire de clés : une clé publique (qui peut donc être publiée sur un annuaire par exemple) et une clé privée qui doit être soigneusement protégée. Si Alice veut communiquer de manière confidentielle avec un partenaire, elle se procure la clé publique de celui-ci, chiffre son message à l'aide de cette clé et envoie le message chiffré. Le partenaire déchiffre le message avec sa clé privée. Depuis, de très nombreux autres systèmes de chiffrement asymétrique ont été proposés, parmi ceux-ci un système nommé ElGamal, publié en 1985, souvent utilisé pour la signature numérique.

Le chiffrement asymétrique ne permet pas de s'affranchir du chiffrement symétrique : les calculs dans les opérations de chiffrement et déchiffrement asymétriques sont beaucoup plus lents que ceux effectués dans le chiffrement symétrique. Il n'est donc pas envisageable de sécuriser des transmissions de données volumineuses en temps réel comme par exemple des flux audio ou vidéo. Dans la pratique on utilise le plus souvent des systèmes hybrides utilisant un système asymétrique pour établir une clé, qui sera ensuite utilisée avec un système symétrique. C'est ce qui se passe lorsque vous consultez un site web sécurisé, ou lorsque vous établissez une communication avec votre téléphone mobile.

Outre la confidentialité, la cryptographie permet aujourd'hui de *signer numériquement* des documents. Le rôle de la signature numérique consiste à s'assurer 1) qu'un document émane bien de son auteur présumé (authentification), 2) que ce document n'a pas été altéré après signature (intégrité), et 3) que le signataire ne puisse ultérieurement prétendre ne pas avoir signé le document (non répudiation). Les signatures numériques sont couramment utilisées dans des certificats garantissant le lien entre une clé publique et une entité (personne physique, serveur web, ...); elles peuvent être produites à l'aide de certains systèmes de chiffrement asymétrique : le signataire utilise sa clé privée pour signer le document, et la vérification peut être accomplie par tout le monde en utilisant la clé publique du signataire. Les systèmes les plus fréquemment pratiqués pour la signature sont RSA et ElGamal.

Quelle sécurité ?

Quelle confiance Alice peut-elle avoir dans tous ces procédés cryptographiques ? En particulier, quelle confiance dans les systèmes de chiffrement qui sont souvent les ingrédients de base ? Ceux-ci assurent la confidentialité des messages en rendant difficile sinon impossible le déchiffrement par

quiconque ne possède pas la clé de déchiffrement. Bien entendu, un attaquant peut toujours envisager d'essayer une à une toutes les clés possibles. Cette technique d'attaque est connue sous le nom de *recherche exhaustive* de la clé. Pour échapper à de telles attaques l'espace des clés des systèmes de chiffrement doit être suffisamment grand. Pour les systèmes de chiffrement symétrique, les clés sont des chaînes binaires quelconques d'une certaine longueur fixée. Par exemple, l'AES peut utiliser des clés de 128, 192 ou 256 bits, et KASUMI utilise des clés de 128 bits. En 1998, une machine a été construite dédiée à la recherche exhaustive d'une clé pour le système DES (Data Encryption Standard, prédécesseur de l'AES) qui utilisait des clés de 56 bits. Elle a permis de retrouver la clé en moins d'une semaine de calculs. Un espace de clés de 56 bits n'est donc pas suffisamment grand. Chaque bit supplémentaire double la taille de l'espace des clés. Il est communément admis aujourd'hui que des clés d'au moins 128 bits rendent impraticable la recherche exhaustive.

Pour les systèmes de chiffrement asymétrique, la situation est très différente car les clés ne sont pas des chaînes binaires quelconques. Les deux clés publique et privée sont très liées l'une à l'autre. Leur construction s'appuie sur un problème mathématique réputé difficile à résoudre. Pour RSA, le problème mathématique est celui de la factorisation des nombres entiers : s'il est facile de multiplier deux nombres, il est beaucoup plus difficile de retrouver les deux nombres à partir de leur produit. Pour ElGamal, le problème est celui du calcul du logarithme discret : dans certaines structures algébriques, il est facile de calculer la puissance n -ième d'un nombre (par multiplications répétées), mais connaissant la puissance il est difficile de retrouver l'exposant n . Malheureusement, pour ces problèmes sur lesquels reposent les systèmes de chiffrement asymétrique, les mathématiciens ne connaissent pas leur réelle difficulté de résolution, malgré plusieurs décennies de recherche acharnée. De nouveaux algorithmes sont mis au point qui permettent de nouveaux records⁷. Ceux-ci permettent de connaître l'état de l'art et de fixer des seuils de sécurité acceptables. Par exemple, l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information, organisation gouvernementale française, recommande des tailles de clés d'au moins 3072 bits pour RSA⁸.

Pour les théoriciens, tous les systèmes de chiffrement reposent sur l'existence de fonctions dites à *sens unique*. Une fonction à sens unique est une fonction pour laquelle il existe un algorithme efficace pour calculer la transformation d'une donnée et pour laquelle il n'existe aucun algorithme efficace permettant de retrouver la donnée qui a produit un résultat donné⁹. Le problème c'est que l'existence de fonctions à sens unique n'est pas établie : aucune preuve mathématique de sécurité des systèmes de chiffrement utilisés ne peut être donnée¹⁰.

⁷ Pour RSA on peut consulter Wikipedia https://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_RSA qui révèle qu'à ce jour le plus grand nombre RSA factorisé possède 250 chiffres, soit 829 bits lorsqu'il est écrit en binaire.

⁸ Sur ce sujet, on peut consulter le guide de sélection des algorithmes cryptographiques publié par l'ANSSI en 2021 : https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2021/03/anssi-guide-selection_crypto-1.0.pdf

⁹ Pour une définition plus précise, on peut consulter *Foundations of Cryptography. Basic techniques* de Oded Goldreich, publié aux éditions Cambridge University Press.

¹⁰ Il existe cependant des preuves de sécurité établies sous hypothèse que tel ou tel problème est difficile.

Pourtant, il existe un système de chiffrement *inconditionnellement sûr*, qui ne dépend d'aucune hypothèse mathématique et résiste aux attaques, quelle que soit la puissance de calcul. Ce système connu sous le nom de Masque Jetable en français, ou One Time Pad en anglais, a été conçu aux États-Unis en 1917 par Gilbert Vernam pour chiffrer/déchiffrer les messages transmis par télex. Il est d'une très grande simplicité et consiste à chiffrer chaque symbole du message à transmettre avec un symbole choisi aléatoirement. L'ensemble des symboles aléatoires ayant servi au chiffrement est la clé, nommée dans ce contexte *masque*. Dans les années 1940, Claude Shannon a démontré que ce système est *inconditionnellement sûr* à condition que : 1) le masque soit aussi long que le message à chiffrer de façon à ne jamais le répéter, 2) chaque symbole du masque soit obtenu de manière complètement aléatoire, 3) le masque soit à usage unique. Ces conditions nécessaires à la sécurité inconditionnelle sont très fortes et inenvisageables dans la pratique : le masque jetable ne peut pas être utilisé à grande échelle¹¹.

Alice est assez déconcertée de découvrir l'absence de preuves de sécurité des systèmes cryptographiques. Cependant ce qui la rassure c'est que ces dernières années, comme cela a été le cas pour l'AES, les principales primitives cryptographiques sont établies à partir d'appels d'offre internationaux mettant en concurrence les meilleurs spécialistes mondiaux. Si un système présente de graves faiblesses, ces faiblesses seront rapidement repérées et conduiront soit à l'abandon du système soit à sa correction. Suivant un principe énoncé en 1883 par Auguste Kerckhoffs¹², il est admis que la sécurité d'un procédé cryptographique ne doit pas reposer sur le caractère secret de son fonctionnement, car un attaquant finira toujours par découvrir un jour ou l'autre ce procédé, et pourra éventuellement trouver un point d'attaque¹³. Enfin, la sécurité des données ne repose pas uniquement sur les systèmes cryptographiques, qu'ils soient prouvés ou non. Bien d'autres facteurs entrent en jeu, comme les failles ou bugs logiciels, ou bien les faiblesses humaines. À quoi bon barricader la porte d'entrée avec un cadenas blindé, un intrus pourra toujours pénétrer si on laisse la fenêtre ouverte...

Quand le quantique s'en mêle

Alice se souvient du coup médiatique que Google avait réussi en 2019, en annonçant avoir atteint la « suprématie quantique » avec son processeur de 54 qubits qui aurait réalisé en 200 secondes un calcul qui aurait demandé 10 000 ans au plus puissant des ordinateurs classiques¹⁴. Quelques jours après cette annonce, IBM affirme que son nouveau supercalculateur classique peut réaliser le même calcul en deux jours et demi seulement. Un peu plus tard, en janvier 2021, elle apprend que le président Macron annonce un plan quantique d'un montant de 1,8 milliards d'euros, qui devrait permettre de placer la France parmi les trois leaders mondiaux dans le domaine des technologies quantiques¹⁵.

Particulièrement sensible à la sécurisation de ses données numériques, il n'avait pas échappé à Alice qu'en 2017 le NIST a lancé un appel d'offres pour de nouveaux algorithmes cryptographiques post-quantiques¹⁶.

De quoi s'agit-il ? L'idée de l'ordinateur quantique est née en 1981 lorsque le physicien Richard Feynman prononce un discours dans lequel il suggère d'effectuer des simulations quantiques, simulations que les ordinateurs classiques ne peuvent calculer en temps raisonnable. En 1985, le physicien David Deutsch publie des travaux sur ce que pourrait être et ce que pourrait calculer un ordinateur quantique. Un quanton peut posséder plusieurs valeurs pour une même quantité observable. Cette *superposition des états* a été popularisée par l'image du « chat de Schrödinger ». En informatique classique, l'unité d'information est le bit qui ne peut prendre que deux valeurs 0 ou 1. En informatique quantique, l'unité d'information est le qubit dont la valeur, tant qu'elle n'est pas observée (mesurée) est une superposition d'un 1 ou d'un 0. Cette superposition devrait permettre d'accroître la puissance de calcul des ordinateurs quantiques en ouvrant la porte à une parallélisation massive des calculs.

En 1994, le mathématicien Peter Shor publie deux algorithmes quantiques : l'un permettant une factorisation efficace des nombres entiers, l'autre calculant efficacement des logarithmes discrets. La publication de ces deux algorithmes a produit un grand effet puisque les principaux systèmes de chiffrement asymétrique utilisés (RSA, ElGamal) sont cassés par ces algorithmes... à condition de disposer de processeurs quantiques de taille suffisamment grande. La publication de ces algorithmes a été à l'origine d'une accélération de la course à la réalisation d'ordinateurs quantiques. Ces deux algorithmes sont aussi à l'origine de la recherche de nouveaux systèmes de chiffrement asymétrique (et de signature) qui pourront résister aux attaques des futurs ordinateurs quantiques. Bien entendu ces nouveaux systèmes doivent aussi être résistants aux attaques classiques. C'est ce qu'on appelle la cryptographie post-quantique. L'appel d'offres du NIST est en cours et les nouveaux standards devraient être choisis prochainement, à en croire l'agence nationale de sécurité des États-Unis qui prévoit une bascule de tous les systèmes cryptographiques dans une période qui s'étale de 2025 à 2033¹⁷.

Un peu perdue, Alice décide d'appeler son amie experte en chiffre à Bonn. Malgré l'absence de preuves de sécurité des systèmes cryptographiques, celle-ci persuade Alice de continuer à les utiliser. Comment faire autrement dans l'environnement qui l'entoure ? Ces systèmes sont suffisamment étudiés et mis à l'épreuve par les experts. De plus, elle doute que les ordinateurs quantiques puissent réunir suffisamment de qubits pour être une réelle menace contre la cryptographie. Et, d'ailleurs, n'aurons-nous pas alors de nouveaux algorithmes qui leur résisteront ?

¹¹ Il est connu que les communications entre les États-Unis et l'Union soviétique utilisaient depuis les années 1960 la technique du masque jetable (le célèbre « téléphone rouge »).

¹² *La cryptographie militaire*, Journal des sciences militaires, janvier 1883.

¹³ Un exemple est donné par le logiciel DeCSS qui a permis de déchiffrer les contenus DVD à la fin des années 1990. Cf <https://fr.wikipedia.org/wiki/DeCSS>

¹⁴ cf <https://blog.google/technology/ai/computing-takes-quantum-leap-forward/>

¹⁵ cf Le Monde du 21 janvier 2021.

¹⁶ cf le site du NIST <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography>

¹⁷ cf la figure p 6 dans https://media.defense.gov/2022/Sep/07/2003071834/-1/-1/0/CSA_CNSA_2.0_ALGORITHMS_PDF

La machine, l'horloge et le prolétaire

Progrès techniques et gestion du temps dans les filatures de coton au XIXe siècle*

Didier Terrier

Professeur émérite à l'Université Polytechnique des Hauts de France

Le 29 juin 1847, dans un rapport sur la multiplication des machines dans l'industrie qu'il remet à la chambre des Pairs, le baron Dupin écrit : « Il y a donc un avantage extrême à faire opérer infatigablement les mécanismes, en réduisant à la moindre durée possible les intervalles de repos : la perfection lucrative serait de travailler toujours (...). On a donc introduit dans le même atelier les deux sexes et les trois âges exploités en rivalité, de front et, si nous pouvons parler en ces termes, entraînés sans distinction par le moteur mécanique, vers le travail prolongé, vers le travail de jour et de nuit, pour approcher de plus en plus du mouvement perpétuel »¹. Sans fard mais avec cynisme, il tire ainsi les conséquences de la rupture provoquée par le progrès technique sur les rythmes du travail en prédisant l'hybridité de l'homme et de la machine.

Par l'entremise de ses trois composantes - le moteur, la transmission et la machine-outil - le machinisme promet le développement illimité de la productivité du travail ; il introduit en conséquence une subordination encore plus étroite de « la main-d'œuvre désarmée au capital accumulé »². Mais si l'on s'accorde pour penser désormais avec Landes que l'usine devient alors « une prison d'un nouveau genre, l'horloge une nouvelle espèce de geôlier »³, il revient aujourd'hui au chercheur de définir plus précisément les modalités concrètes de la construction de cette subordination du travail au capital au cours du XIXe siècle. L'intrication de la machine et de l'horloge ferait-elle progressivement de l'ouvrier un corps sans âme ? Inscrire cette interrogation dans le cadre de la filature de coton n'est pas neutre. C'est là un véritable laboratoire des innovations en tous genres du système industriel tout au long du siècle. La fabrication des filés repose sur un *continuum* des opérations successives de transformation du coton brut en matière prête à être tissée. Aussi, comme cette organisation du travail exige la présence de tout le personnel dès le démarrage des opérations,

parvient-on à faire en sorte que la totalité de la main-d'œuvre soit 'à l'heure' chaque matin ? Selon les milieux de vie d'où proviennent les personnels, la propension à interioriser la ponctualité est-elle différenciée ? La fabrication des filés ensuite lancée, tout relâchement est théoriquement proscrit aux yeux de la direction. Est-ce à dire pour autant que la porosité du travail soit vaincue et que la mobilisation du personnel soit totale la journée durant ? Ou autrement considéré, quels sont les moyens dont se dote chaque fileur pour parvenir à ses fins en la matière ? Enfin, face à la machine, qu'attend-on de l'ouvrier ou de l'ouvrière (la majorité des postes étant genrés) ? Dans le corps à corps du travailleur avec la machine, ne faut-il pas, dans le cas des fileurs par exemple, retrouver les gestes et les postures afin de comprendre quelle est la marge d'initiative de l'homme (puis de la femme à la fin du siècle) ? Celui-ci imprime-t-il pour partie le rythme du travail ou bien assiste-t-on, en fonction des progrès de la technique, à l'émergence d'un ordre machinique prenant le dessus pour imposer une cadence à ce point contraignante que l'on assiste à la transformation du prolétaire en un « homme-machine »⁴ ? Car si le XIXe siècle n'est pas en tous points la rupture que l'on croit par rapport au siècle précédent, l'avènement de cet homme-machine n'attend peut-être pas nécessairement Frederick Taylor et Henry Ford pour connaître ses premiers linéaments⁵.

Le temps imposé : l'accumulation à la ponctualité

On manque d'une étude sur les multiples manières dont l'horloge s'intègre à l'architecture usinière. Où la trouve-t-on d'ordinaire dans les filatures de coton ? Au-dessus de la porte d'entrée, sur le faitage de la salle des machines, dans la cour de l'établissement ou tout simplement dans les bureaux de la direction ? Les solutions sont diverses, même si on retiendra

*Cet article est en fait le fruit d'une double collaboration : celle de Corine Maitte d'une part, celle de Mohamed Kasdi d'autre part. Qu'ils en soient remerciés tous deux.

¹ AN, F12, 332, Rapport à la Chambre des Pairs, juin 1847.

² Cette expression est empruntée à Jean-Pierre Hirsch.

³ David Landes, *L'Europe technicienne ou le Prométhée libéré. Révolution technique et libre essor industriel en Europe occidentale de 1750 à nos jours*, Paris, Gallimard, 1975 (édition anglaise, 1969), p. 65.

⁴ Rabinbach Anson, *Le Moteur humain. L'énergie, la fatigue et les origines de la modernité*, La Fabrique, Paris, 2004.

⁵ Corine Maitte et Didier Terrier, « XVIIe-XXIe siècle. Travail : l'enfer de la cadence », *L'Histoire*, n° 4496-497, juillet-août 2022, p. 98-103.

en premier lieu celle qui conduit cette horloge, juchée au-dessus du portail d'entrée, à s'adresser aux retardataires comme une réprobation muette mais implacable. Au même titre que la cheminée renvoie à la vapeur et à l'univers machinique, l'horloge symbolise la maîtrise du temps et, par ricochet, le pouvoir patronal.

Une optimisation du temps de travail passant par une articulation harmonieuse entre la machine et l'horloge n'a en soi rien d'inédit. C'est aux XVII^e et XVIII^e siècles que la formalisation de la production exigée des ouvriers en un temps donné prend forme. Au XIX^e siècle, ce qui est peut-être nouveau, c'est que, portée par la mécanisation, cette dynamique conduit l'horloge à régenter plus encore la journée de travail au point de rythmer la respiration de l'usine. Deux raisons à cela : le coût du combustible et l'indispensable coordination entre tous les postes de travail. Paradoxalement, on peut mesurer ce que représente dans le prix de revient des filés la houille et le fonctionnement de la machine à vapeur en restant attentif, tout au long du siècle, à la forte propension des filateurs à avoir recours à l'énergie hydraulique dès que c'est possible. Quand il faut inciter, dans les années 1880 encore, des actionnaires à augmenter leur participation à une entreprise comme la filature Sainte Claire d'Annecy et sa sœur italienne proche de Turin, à Pont, la présence d'une roue et la capacité, des deux côtés, à économiser du charbon pendant une partie de l'année est le premier argument brandi par la direction des deux filatures. Car le recours en alternance à la force hydraulique et l'énergie fossile ne met jamais en cause la continuité du travail tout en permettant de substantielles économies. Encore faut-il, là comme ailleurs, que tout le personnel soit présent quand les machines s'animent : le recours à la machine à vapeur ne s'entend que l'œil rivé sur l'horloge afin de limiter au plus juste la dépense en combustible. C'est d'ailleurs pour cela que dans le plus ancien règlement de filature de coton connu, celui de l'entreprise Lehoul à Versailles, déposé en 1804, l'article premier définit le temps du travail à la minute près⁶. *Quand la roue hydraulique et, a fortiori, la machine à vapeur se mettent en marche, que le mouvement gagne les transmissions puis les machines-outils, chacun, dans l'établissement, doit être à son poste. Les filateurs lillois s'en expliquent* : « La filature, de même que toutes les autres industries, peut être comparée à une machine fonctionnant par engrenages. Si une dent casse ou manque dans l'un de ces engrenages, cela suffit pour empêcher les autres de bien fonctionner, et même pour tout arrêter »⁷. La ponctualité est donc un impératif catégorique.

En examinant les registres de paie qui, quinzaine après quinzaine, font état du volume horaire de travail de ceux et celles qui sont payés au temps, il apparaît cependant qu'au milieu du XIX^e siècle, la propension de la main-d'œuvre à être chaque matin 'à l'heure' s'avère fort différente d'une filature à l'autre. A Gand, chez Voortman, la ponctualité du personnel est particulièrement impressionnante dès qu'il est possible de s'en faire une idée, soit à la fin des années 1830. A Lillebonne, non loin de Rouen, c'est l'inverse encore au

milieu du siècle : rares sont les ouvriers et les ouvrières qui ne comptent pas au bout d'une quinzaine une ou plusieurs retenues sur salaire, manifestement pour retard. A Annecy, chez Sainte Claire, les comportements, moins homogènes, sont un entre-deux. Observons d'ailleurs combien, toutes filatures confondues, seuls les ouvriers « les plus nécessaires », les fileurs et les mécaniciens chargés de la force motrice, sont partout systématiquement à l'heure⁸. Mais il est vrai que dans leur cas, la réputation a un prix tandis que les amendes pour retard sont doublées. Enfin, même s'il faudrait étendre l'enquête à davantage d'entreprises, il semble qu'au fil du temps, l'acculturation au strict respect des horaires gagne du terrain : tout se passe comme s'ils étaient vécus à la fois comme une contrainte et comme une liberté. Une contrainte puisque emprunter le porche d'entrée d'une filature où se trouve une horloge revient à passer sous les fourches caudines du pouvoir patronal. Une liberté puisqu'il est ainsi possible de contester tout dépassement des horaires préalablement fixés... ce qui est fréquent en France, par exemple, lorsqu'en vertu du décret du 9 septembre 1848, la durée légale du travail effectif est fixée à 12 heures/jour.

Faire preuve de ponctualité suppose cependant une certaine capacité d'adaptation. A Lille-Roubaix-Tourcoing, le démarrage de la journée se fait, si l'on en croit de nombreuses déclarations des patrons, à heure fixe. Mais en fait, cet horaire change à chaque nouvelle quinzaine, de même que l'amplitude de la journée. Pour quelle(s) raison(s) ? On pense immédiatement aux horaires d'hiver (des journées plus courtes) et d'été (des journées plus longues). Reste cependant à expliquer pourquoi, au cœur du printemps et à la fin de l'été, deux quinzièmes sont plus courtes que les autres. Adaptation aux variations saisonnières des marchés ? Octroi aux personnels de plages de loisirs quand les soirées sont douces ? Toujours est-il que le dossier de la ponctualité, tout comme celui de l'assiduité au jour le jour, reste ouvert : il en va de la compréhension des comportements d'une main-d'œuvre qui, aux premiers temps de la filature du moins, est issue de milieux de vie ruraux où les contraintes horaires sont moins strictes. Il en va aussi de celles du fonctionnement du couple machine/horloge dont l'articulation est essentielle pour peser sur les coûts de fabrication.

Le temps densifié : resserrer les pores de la journée de travail

La masse salariale d'une filature de coton représente, l'un dans l'autre, entre un tiers et un peu plus de la moitié du coût de fabrication des filés. C'est beaucoup, alors même que les filateurs se complaisent tout au long du siècle à dénoncer le faible rendement de la main-d'œuvre continentale par rapport aux performances enregistrées par celle d'outre-Manche. C'est dire s'il faut, pour chaque patron, avoir sans cesse à l'esprit que ce qui importe « n'est pas seulement de savoir ce que gagnent les ouvriers, mais de savoir ce qu'ils font et combien, en définitive, coûte un kilogramme de filés »⁹.

⁶ Serge Chassagne, *Le coton et ses patrons*, EHESS, Paris, 1991, p. 485.

⁷ AD 59, M 607/5.

⁸ AD 74, 15 J 363.

⁹ France. Enquête relative au régime de douane des cotons filés, 1854, p. 126 (en ligne).

Écoutons encore Pouyer-Quertier, l'un des principaux filateurs normands au milieu du XIX^e siècle : « l'ouvrier anglais est (...) l'esprit et les yeux toujours tendus vers sa machine (...) c'est du matin au soir à un combat plutôt qu'à un travail qu'il se livre » tandis que « d'un caractère gai, causeur et raisonneur », l'esprit de son homologue français « est ailleurs »¹⁰. Opposition caricaturale et intentionnelle dans un contexte où il faut que chaque patron auditionné par une commission doive se justifier comme il peut de la nécessité d'être protégé de la concurrence étrangère, soit. Opposition trop récurrente tout au long du siècle cependant pour exclure qu'elle puisse participer de l'univers mental des filateurs. Chacun d'eux se pose continuellement une question que l'on peut résumer ainsi : 'comment faire pour s'assurer une quantité de travail donnée en un temps donné' ?

La complexification des modes de rémunération est probablement la clé de voute de l'ensemble des mesures destinées à stimuler le personnel. Le système des salaires chez Voortman, au milieu du XIX^e siècle, est exemplaire en la matière. Dès 1843, trois modes de rémunération coexistent : le salaire à la semaine, à la journée puis à l'heure, enfin aux pièces, soit au rendement¹¹. De la sorte, ce système conduit à peu près 70 % des ouvriers et des ouvrières d'une filature à être payés, dès les années 1860/1870 au rendement puisque le paiement aux pièces gagne progressivement du terrain et concerne notamment, en amont de la chaîne de production, les étireuses et, en aval, les dévideuses. Ce mode de paiement introduit donc, dans tous les postes de travail où il est concevable et mesurable, une compétition sensée pousser le personnel à ne pas ménager ses efforts en faisant montre d'un engagement soutenu face à la machine. On en veut pour preuve les écarts qui existent entre les salaires versés aux fileurs. Les plus mal payés d'entre eux peuvent, certaines années, ne gagner que les trois quarts du montant de la quinzaine de leurs collègues les plus expérimentés, les plus habiles, les plus industriels. Mais la systématisation du salaire aux pièces, dont on sait qu'elle a les faveurs d'un nombre grandissant de patrons au moins jusqu'aux années 1880/1890, ne saurait toutefois se suffire à elle-même. Dans beaucoup de filatures, un système de primes donne aux ouvriers et aux ouvrières le sentiment d'être en capacité, à force d'efforts, d'améliorer l'ordinaire. Quant à la stimulation au travail de tous ceux et celles qui, au stade de la préparation de la matière, sont payés à la journée puis à l'heure faite, elle passe par la pression indirecte des ouvriers et des ouvrières dont l'activité (et la quinzaine) ne saurait être retardée par un manque d'approvisionnement en produits semi-ouvrés. Les fileurs, de leur côté, veillent parfois durement à la réactivité des rattacheurs quand le fil casse. Tout ceci est bien connu et relativement documenté. Mais la surveillance du personnel passe aussi par la présence du contre-maître, figure d'autorité qui apparaît le plus souvent comme l'agent du maître dans le quotidien de l'ouvrier. Enfin, quand il s'agit d'inscrire le rendement de chacun et chacune dans la durée, il suffit pour

la direction de chaque filature de consulter tout un réseau d'écritures qui, par l'entremise notamment des livres de paie, enregistrent la performance de chacun quinzaine après quinzaine pour enserrer de manière subreptice le travailleur dans un mode d'évaluation permanent. Gare à celui qui lève le pied de façon intentionnelle ou parce qu'il est submergé par la fatigue... Dans bien des filatures, un cycle de discipline machinique se diffuse ainsi, porté par une intériorisation de contraintes conduisant au dépassement du modèle panoptique afin de rendre le temps de travail aussi dense que possible. Reste alors à parachever la gestion de la main-d'œuvre en transformant l'ouvrier et l'ouvrière en des machines humaines.

Du temps rythmé au temps cadencé : faire de l'ouvrier un automate

Dans le secteur des filatures de coton, l'optimisation du temps de travail, associé à la modernisation et la concentration des entreprises, s'accompagne de résultats en nette progression au cours du siècle. Chez Voortman, Peter Scholliers a calculé ce que produit chaque fileur à l'heure entre 1842 et 1902. On passe de 2,15 à 7,64 kg, soit plus d'un triplement des performances des machines à filer. Ce résultat est obtenu grâce au perfectionnement des machines de la deuxième génération, les *self-acting*, qui multiplient par trois ou quatre le nombre de broches et voient leur chariot effectuer des va-et-vient plus rapidement. Il faudrait passer en revue tous les postes de travail pour montrer comment, au fur et à mesure que le matériel se perfectionne, la conciliation de la fluidité des gestes avec la cadence échevelée de la machine entraîne pour beaucoup d'entre eux une dépense physique qui reste considérable avec une attention de plus en plus soutenue.

Sur les pas d'Engels, Karl Marx pronostique déjà en 1867 cette évolution quand il évoque la « tension supérieure » que l'on exige de l'ouvrier quand le matériel se perfectionne¹². Mais il faut attendre encore une, voire deux décennies pour que d'autres observateurs en fassent un thème de réflexion. Au début des années 1890, David Schloss, en comparant les exigences du travail de part et d'autre de la Manche, note que ce serait une erreur de supposer que le travail soit devenu plus facile qu'autrefois¹³. Deux sources de fatigue se conjuguent. Arpenter de long en large la machine qui peut faire une trentaine de mètres tout en accompagnant son mouvement d'aller et retour est une prouesse certaine : au bout de sa journée, vers 1860, un fileur aux prises avec une *self-acting* aura accompli une trentaine de kilomètres, voire un peu plus. Comme il lui faut surveiller le fonctionnement de la machine et la qualité du produit tout en supervisant les interventions des rattacheurs quand un fil se rompt, est-ce un hasard si, au même moment, la mesure de l'épuisement nerveux, notamment et précisément dans les filatures, retient de manière plus affirmée qu'avant l'attention des physiologistes ? S'il est souvent difficile de dater dans une filature le

¹⁰ France. *Enquête relative au régime de douane des cotons filés*, 1854, p. 181.

¹¹ Une exception : les fileurs rémunèrent eux-mêmes leurs aides, les rattacheurs, en leur attribuant une somme fixe ou, plus fréquemment, une part variable calculée à partir de leur propre rémunération.

¹² Karl Marx, *Le Capital*, Livre 1, Gallimard, Paris, 1968, p. 461 et suiv.

¹³ David Schloss, *Les modes de rémunération du travail*, Giard et Brière, Paris, 1902, p. 56-81.

moment où le rapport au temps de travail se modifie en fonction de la plus ou moins grande avancée technique, gageons, à titre heuristique, que l'on glisse progressivement des rythmes du labeur aux cadences qu'il faut tenir. Face à une *mule-jenny*, le fileur conduit le métier au moyen d'une roue de la main droite tout en poussant de son genou gauche le chariot. Il détermine encore en partie l'allure avec laquelle il effectue le tors du fil. Face à une *self-acting*, tout ceci n'existe plus. La machine est réglée en fonction des objectifs qu'on lui assigne et c'est au fileur de suivre la cadence en accompagnant le mouvement de manière à prévenir toute interruption de la machine¹⁴. Plus les *self-acting* se perfectionnent, plus elles impriment la cadence au point que tous les fileurs enregistrent des rendements qui s'égalisent plus ou moins. Peu importe d'ailleurs le degré de finesse du fil fabriqué puisque le tarif auquel on rémunère chaque prestation permet de compenser le manque à gagner des uns par rapport aux autres. Aussi, l'évolution des rémunérations à Gand, par exemple, le démontre sans conteste : chacun finit par gagner approximativement la même chose que son voisin et tous parviennent, l'un dans l'autre, à satisfaire aux objectifs prévisionnels qu'on leur a assigné. Chez Voortman par exemple, ce que représentent les trois salaires les plus bas parmi les fileurs oscille bon an mal an entre 70 et 80 % par rapport aux trois salaires les plus élevés. À partir de 1885, cette proportion se situe entre 85 et 95 % et, passé 1900, elle se stabilise autour de 95 %. En l'état des investigations dans les archives et des dépouillements opérés, il est impossible de se prononcer pour l'évolution de l'éventail des rémunérations au sein des autres postes de travail, tout comme on ignore les caractéristiques précises des machines utilisées dans chaque filature prise en considération. Mais une chose est certaine : plus on avance dans le temps et moins les machines exigent de leurs 'servants' ou 'servantes' des interventions ayant quelque influence sur la vitesse proprement dite (pannes exclues, évidemment). La boucle est bouclée : l'emprise de la machine est telle que les fileurs puis les fileuses doivent suivre son allure. L'employeur sait à l'avance ce qu'ils ou elles doivent produire. Ne pas satisfaire aux objectifs assignés est rédhibitoire ; aller au-delà et gagner davantage est pratiquement impossible. Le paiement aux pièces revient simplement à n'être qu'un simple leurre afin de « responsabiliser » ceux qui, la journée durant, sont rivés à leur machine. En 1908, l'économiste Christian Cornélissen ne s'y trompe pas : égaliser de la sorte les rémunérations, « c'est la transformation de l'intensité et de la productivité du travail individuelles de ses meilleurs ouvriers travaillant de toutes leurs capacités en intensité et en productivité du travail général »¹⁵. Le passage des rythmes du travail grâce auxquels chacun peut agir sur son salaire aux pièces aux cadences de travail où l'enjeu n'est plus que de suivre l'allure afin de gagner autant que ses voisins du même poste de travail anticipe la

révolution fordiste. Il confirme à quel point la filature de coton est bien le laboratoire d'une certaine 'modernité' où la main-d'œuvre est dépossédée d'elle-même. Dépossédée d'elle-même à double titre : non seulement elle est asservie à une machine face à laquelle elle est démunie, mais elle subit cette soumission en silence. On cherche en vain, dans les mouvements revendicatifs à propos des conditions de travail, quelque protestation ayant un lien direct et explicite avec cette imposition de cadences de travail comme autant d'allures dictées exclusivement par la machine. Est-ce à dire que la main-d'œuvre des filatures est désormais acculturée à cet univers machinique au point de ne pas compter l'asservissement à la machine parmi l'ensemble des griefs qui alimentent la protestation sociale ?

Très tôt, les filatures de coton, compte-tenu des caractéristiques techniques de l'organisation du travail, sont donc aux antipodes du rapport marchand qui caractériserait les relations de travail, au moins jusqu'aux années 1860, dans les lieux de la production dispersée à domicile, certes, mais aussi dans des usines où les ouvriers auraient conservé une relative autonomie. Bien sûr, les filatures de coton ne regroupent qu'une minorité de travailleurs et de travailleuses. Mais il s'agit là de laboratoires qui sont des vitrines pour l'organisation du travail au sein et bien au-delà du secteur textile. Or, l'hybridation de la machine et de l'horloge permet d'y mettre en place, de manière très précoce, une manière habile d'écarter l'homme du processus productif tout en ouvrant des perspectives grandioses à la productivité du travail. Ici, celui-ci est progressivement subordonné au capital dans la mesure où c'est la machine-outil qui, en rendant l'acte productif le plus fluide, régulier et efficace possible, fait de la main-d'œuvre, progressivement, l'auxiliaire de la machine. Au stade terminal de cette évolution, à partir des années 1880/1890, ce n'est plus le travailleur qui met en mouvement les machines, mais les machines qui mettent en mouvement les travailleurs. Si, vers 1900, l'heure est venue d'une baisse significative de la durée quotidienne et hebdomadaire du temps de travail, dans les filatures de coton, la fatigue change de nature et les corps sont de plus en plus malmenés. Le surmenage fait son entrée dans les registres de la fatigue et gagne toutes les strates d'un personnel où sont dorénavant majoritaires des jeunes femmes d'environ 15 à 35 ans. À partir du début des années 1890, l'heure est à la diminution de la durée quotidienne du temps de travail dans l'industrie textile sur le continent, mais cela au prix d'une fatigue augmentée.

Pour en savoir plus :

Maitte Corine et Terrier Didier, *Les rythmes du labeur. Enquête sur le temps de travail en Europe occidentale, XIV^e-XIX^e siècle*, La Dispute, Paris, 2020.

¹⁴Tout ce qui suit repose sur la lecture de Simone Weil, *Journal d'usine. La Condition ouvrière*, Gallimard, coll. « Folios Essais », Paris, 2002 et le commentaire qu'en fait Nadia Taïbi, « Simone Weil : la pensée comme résistance. Rythme et cadence », *Rhythmos*, 20 juillet 2019 (en ligne).

¹⁵Christian Cornélissen, *Théorie du salaire et du travail salarié*, Girard et Brière, Paris, 1908, p. 429.

Réformer la politique monétaire pour aider la reconstruction écologique de nos sociétés

Par **Nicolas DUFRÊNE**

Haut fonctionnaire, économiste et directeur de l'Institut Rousseau

En 1999, le total de la dette publique et privée mondiale représentait environ 200 % du PIB mondial ; en 2023, on en est à plus de 350 %, soit plus de 310 000 milliards de dollars. Chaque crise économique (1973, 1979, 2001, 2008, 2020) conduit à une nouvelle expansion des dettes publiques comme privées, à laquelle il est tenté de répondre par de nouvelles politiques d'austérité, malgré l'échec de toutes les précédentes. En 2023, le même mécanisme se met en place : après la parenthèse du « quoi qu'il en coûte », les gouvernements et les institutions financières internationales prônent à nouveau le retour à l'équilibre budgétaire ; mais celui-ci semble difficilement compatible avec le financement de la reconstruction écologique.

En mai 2023, le rapport de Jean Pisani-Ferry et de Selma Mahfouz rendu à la première ministre et intitulé « Les incidences économiques de l'action pour le climat »¹ faisait état d'un besoin annuel d'investissements publics et privés supplémentaires d'au moins 60 milliards d'euros par an, dont la moitié pour le public. Ce chiffre est cohérent avec les conclusions du rapport de l'Institut Rousseau rendu en mars 2022, et intitulé « 2 % pour 2 °C ! Les investissements publics et privés nécessaires pour atteindre la neutralité carbone de la France en 2050 »² qui estimait, sur la base de calculs précis, que la part du public dans cet effort supplémentaire d'investissements devait s'élever à au moins 36 milliards d'euros supplémentaires chaque année.

Or, retourner sous la barre des 3 % de déficit en 2027, comme l'exigent les critères européens, supposerait a contrario de réduire la dépense publique de 10 à 15 milliards d'euros par an, sauf à imaginer une croissance économique extrêmement forte. Quand bien même les critères européens seraient laissés de côté, l'État peut-il aisément s'endetter pour plusieurs dizaines de milliards d'euros supplémentaires chaque année pour financer la reconstruction écologique ? Certes, l'État ne manque pas de créanciers potentiels mais s'endetter sur les marchés, surtout en période de taux d'intérêts élevés, ne constitue pas une panacée, ne serait-ce qu'au regard des intérêts devant être payés aux créanciers (la charge annuelle de la dette, d'ores et déjà près de 50 milliards d'euros par an, pourrait ainsi atteindre plus de 70 milliards

d'euros dans les prochaines années sous l'effet de la remontée des taux, en faisant de loin le premier poste de dépenses de l'État).

Il pourrait ainsi être utile d'explorer d'autres voies, notamment la voie de la politique monétaire, qui pourrait se révéler être une alliée précieuse dans le financement de la reconstruction écologique, au prix cependant d'importants changements institutionnels et d'un renouvellement du paradigme idéologique qui l'encadre aujourd'hui.

Neutralité monétaire et neutralité carbone ne sont pas compatibles

Contrairement au discours dominant selon laquelle il n'existe pas d'« argent magique », l'on peut considérer que la monnaie est « magique » par essence : son pouvoir réside dans la confiance qu'une société lui accorde. Il s'agit donc d'une « magie sociale » qui confère à des bouts de papier, des métaux ou des écritures comptables informatiques abstraites le pouvoir de payer nos dettes, d'évaluer la valeur des choses et de préparer nos investissements futurs. La monnaie est donc une institution sociale, qui tire sa force et son utilité de la confiance de la collectivité qui l'emploie. D'un point de vue économique, ce caractère extraordinaire de la monnaie confère à l'institution suprême qu'est la banque centrale un pouvoir de création monétaire potentiellement illimité.

Cependant, ce pouvoir est paradoxalement très limité dans la configuration institutionnelle et idéologique actuelle. En effet, la banque centrale ne peut ni financer directement les États, dans le cadre du droit actuel, ni même entretenir de relations financières directes avec d'autres acteurs que les banques privées. La transmission de la politique monétaire ne peut donc se faire qu'à travers le filtre obligatoire des institutions financières et monétaires (IFM) privées. Cette construction intellectuelle et juridique qui vise à brider le pouvoir monétaire résulte de choix idéologiques tenant à un courant de pensée appelé le « monétarisme », dont le plus illustre représentant est l'économiste américain Milton Friedman, qui s'est imposé depuis une cinquantaine d'années. Ce courant perçoit le pouvoir monétaire comme

¹ <https://www.strategie.gouv.fr/publications/incidences-economiques-de-laction-climat>

² <https://institut-rousseau.fr/2-pour-2c-resume-executif/>

quelque chose de dangereux, dont il faut impérativement priver les États, sous peine de dérives inflationnistes importantes. En interdisant le financement monétaire des États, en privant les citoyens d'accès à la politique monétaire, en démantelant les mécanismes de type « circuit du trésor » qui avaient permis aux États, pendant les 30 glorieuses, d'investir massivement tout en réduisant leur endettement, les conséquences concrètes du monétarisme ont été un endettement et une dépendance accrues des États vis-à-vis des marchés, qui se sont traduits par un effondrement du taux d'investissement public et par un transfert de richesses continu de la collectivité vers les marchés.

Du point de vue de la reconstruction écologique, le monétarisme s'est révélé tout aussi néfaste. En effet, il a promu l'idée d'une « neutralité de marché » de la politique monétaire. Autrement dit, la politique monétaire se doit d'être « neutre » dans toutes ses actions pour ne pas perturber le libre-jeu du marché. Concrètement, cela signifie par exemple que la banque centrale ne peut pas décider de différencier les taux d'intérêts ou ses achats d'actifs en fonction de considérations écologiques ou sociales. Les prêts accordés par les banques à des entreprises polluantes ou à des entreprises « vertes » sont ainsi examinés sous le seul angle de leur rentabilité financière et de leur risque. Avec les politiques d'achats d'actifs publics et privés menées depuis 2015 en Europe par la banque centrale, cela signifie que la BCE a acheté davantage de titres d'entreprises polluantes que d'entreprises vertes, puisque ce sont les premières qui dominent actuellement le marché. Ce faisant, la politique monétaire devient un puissant instrument de reproduction économique et sociale puisqu'elle finance ceux qui sont déjà dominants et pas ceux dont on souhaiterait, pour des raisons climatiques notamment, qu'ils le deviennent. C'est ce qui nous fait dire que neutralité monétaire et neutralité carbone ne sont pas compatibles.

Pour affronter le grand défi du XXI^e siècle, maintenir une planète vivable pour tous, une nouvelle approche monétaire est donc nécessaire. Faut-il dès lors changer le mandat des banques centrales et ajouter l'écologie dans leurs obligations, au même rang que la stabilité des prix ? Agir sur ce mandat est nécessaire mais non suffisant. Les banques centrales admettent désormais timidement la nécessité de revenir sur ce principe de neutralité de marché comme nous l'avions suggéré dès 2020 avec Alain Grandjean dans notre ouvrage *Une monnaie écologique*³. Une première conséquence pourrait être de différencier les politiques d'achats d'actifs et de refinancement en assumant de favoriser les actifs verts par rapport aux actifs bruns. Cela aurait pour effet, direct et indirect, de rediriger des centaines de milliards d'euros des activités brunes vers les activités vertes. Toutefois, cela ne répondrait pas directement au problème du financement budgétaire de la reconstruction écologique, notamment des activités non rentables qui doivent nécessairement être prises en charge par la sphère publique (par exemple la protection des forêts et des milieux humides). Pour répondre efficacement à ce défi, d'autres outils doivent être inventés.

Utiliser la création monétaire libre et ciblée en faveur de la reconstruction écologique

Le premier point essentiel à comprendre est le lien étroit qui unit la dette, la masse monétaire et l'activité économique. En effet, lorsque l'on évoque la dette, publique ou privée, on le fait quasiment exclusivement par le biais de l'excès de dépenses ou du manque de recettes. Tout au plus admet-on qu'il s'agit d'une avance sur un revenu futur. Mais il est rare d'entendre que la dette est le moyen par lequel on introduit de la monnaie dans le circuit économique et que, par conséquent s'il n'y avait pas de dette, il n'y aurait pas de monnaie non plus. La masse monétaire en circulation dans une économie commande donc largement les évolutions du produit intérieur brut (PIB). Contracter la masse monétaire par des politiques d'austérité se révèle donc immanquablement contre-productif.

Pour autant, l'expansion continue de la dette finit également par poser des problèmes : des agents privés peuvent finir surendettés et ainsi ne plus être en mesure de contracter de nouveaux crédits. La dette travaille en quelque sorte contre elle-même dès lors que sa dynamique est supérieure à la croissance des revenus. Or cette situation est celle que nous connaissons actuellement dans le monde. Comment préserver dès lors l'expansion nécessaire de la masse monétaire, notamment pour financer les activités non rentables mais nécessaires pour la reconstruction écologique, sans pour autant lui attacher systématiquement le boulet de l'endettement ?

Une première solution pourrait être de revenir sur l'interdiction de financement monétaire des États pour tout ce qui touche aux investissements écologiques. La BCE pourrait par exemple accorder des prêts de très long terme (à 50 ou 100 ans) à des taux nuls, pour financer les investissements durables des États. Cela pourrait aller de pair avec l'exclusion de la comptabilité des investissements verts des critères de calcul du déficit public. Les banques publiques d'investissement pourraient accompagner ce mouvement, en bénéficiant elles aussi de la mise à disposition de liquidités directement par la banque centrale dans le but de financer efficacement ce qui peine aujourd'hui à l'être. Cela suppose également de renoncer au principe de cofinancement et de coinvestissement selon lequel les banques publiques d'investissement ne peuvent agir que dans la mesure où elles trouvent des partenaires privés s'engageant financièrement à même hauteur.

Plus fondamentalement, nous pourrions mettre en œuvre une création monétaire libre, ciblée et démocratique, sans dette associée, pour financer les investissements verts. La création monétaire libre signifie que la banque centrale pourrait émettre de la monnaie sans contrepartie, c'est-à-dire sans qu'une dette y soit associée. Le caractère ciblé viserait à financer par ce biais uniquement des investissements précis, notamment en faveur de la reconstruction écologique, décidés par la voie démocratique (le parlement pourrait ainsi retrouver une

³ Nicolas Dufrêne, Alain Grandjean, *Une monnaie écologique*, Editions Odile Jacob, 2020.

capacité d'influence sur la politique monétaire dont il est complètement dépourvu aujourd'hui). La création monétaire libre, c'est non seulement une arme de désendettement massive, car elle brise la relation linéaire entre la progression de la dette et l'expansion de la masse monétaire, mais également un don que la société peut se faire à elle-même. Prenons l'exemple d'un grand plan d'équipement en faveur d'un développement massif des énergies renouvelables, de la rénovation énergétique des logements ou d'un plan d'équipement général en voitures électriques⁴, qui serait financé par la création monétaire. Du côté des bénéfices, ils sont clairs : cela permettrait de financer des chercheurs, des équipements de haute technologie, des études approfondies, de l'emploi etc. Comme tout investissement massif, l'effet multiplicateur sur l'économie de dépenses de ce type serait important. Et du côté des risques ? Ils n'existent qu'en théorie : le prix des matières concernées pour la fabrication de ces équipements pourrait augmenter si la demande s'avérait supérieure à la capacité de production. Et encore, un tel plan pourrait nous permettre de réduire notre dépendance aux matières premières étrangères (par exemple le gaz et le pétrole). Le caractère libre de cette création monétaire permettrait en outre de lever les préventions des États à s'endetter pour investir, ce qu'ils ne font pas, même quand les taux sont faibles ou négatifs (ainsi les États européens se sont en moyenne désendettés entre 2015 et 2020 alors même qu'ils pouvaient emprunter à taux négatifs, puis l'endettement est reparti à la hausse sous l'effet de la crise du Covid-19).

Une solution alternative, qui aboutirait au même résultat, serait d'annuler les dettes publiques détenues par la BCE, soit près de 4 000 milliards d'euros, en échange de la promesse des États de réinvestir ces sommes dans un grand plan de reconstruction écologique. Pour la BCE, qui ne peut

par définition jamais être à court d'argent, une telle opération serait indolore⁵. Pour les États en revanche, il en résulterait à la fois une baisse de l'endettement (sous l'effet des recettes procurées par le surcroît d'activité consécutif à la mise en œuvre du plan d'investissement) et une capacité à mettre en œuvre un véritable *Green new deal* que beaucoup appellent de leurs vœux sans savoir comment le financer. Le mécanisme rappellerait ainsi la possibilité de conversion de dettes en investissements, très utilisé dans le domaine de la finance privée lorsqu'un créancier estime nécessaire et profitable de convertir les créances qu'il détient en participations dans une entreprise surendettée qui a besoin de se relancer. Pourquoi les banques centrales seraient-elles les seules institutions financières à ne pas pouvoir utiliser de tels mécanismes ?

En réalité, le risque pour ceux qui veulent empêcher ce type de financement monétaire est que cela résulterait d'une décision politique, qui créerait une brèche dans le fonctionnement « libre » du marché. Il s'agit donc d'une question idéologique davantage qu'économique ou technique. Pour notre part, nous sommes convaincus que pour répondre à un défi majeur et collectif, une réponse politique, et donc collective, est nécessaire. De notre volonté de nous réapproprier le pouvoir sur l'arme monétaire dépendra en grande partie notre capacité à réagir efficacement et rapidement à la crise climatique.

Nicolas Dufrêne est l'auteur de deux ouvrages sur la monnaie et la dette :

- *Une monnaie écologique*, Paris, Odile Jacob, février 2020 ;
- *La dette au XXI^e siècle, comment s'en libérer ?* Paris, Odile Jacob, octobre 2023.

⁴ Ou toute autre exemple pertinent pour réduire la composante carbone de nos économies. On peut consulter plusieurs propositions concrètes à cette adresse : <http://decarbonizeurope.org/>

⁵ Voir notamment Nicolas Dufrêne, *La dette au XXI^e siècle, comment s'en libérer ?*, Editions Odile Jacob, octobre 2023.

L'éclairage : un levier de la transition énergétique et de la transition écologique

Par **Magalie Franchomme**

Maître de conférences à l'Université de Lille (URL 4477)

Entre 2012 et 2016, les émissions de lumière ont augmenté en moyen de 2,2 % par an (Kyba et *al.*, 2017) et affectent plus de 60 % des européens. L'éclairage public représente l'un des principaux postes de consommation : 32 % des dépenses d'électricité des municipalités de France métropolitaine sont allouées à l'éclairage et les factures ne cessent de s'alourdir. Récemment, l'éclairage artificiel est devenu un enjeu environnemental majeur.

L'évolution de l'Éclairage Artificiel : Enjeux et Perspectives

Qu'est-ce que l'éclairage artificiel ?

Au cours des deux derniers siècles, l'éclairage artificiel a connu une expansion rapide et mondiale et a considérablement modifié les conditions d'éclairage nocturnes (Falchi et *al.*, 2011). L'invention de la lumière électrique a révolutionné notre vie quotidienne en assurant la continuité des activités essentielles comme le transport, le travail et les loisirs, tout en renforçant la productivité et la sécurité.

Cet éclairage artificiel se divise en différentes catégories selon son emplacement et son objectif. On distingue l'éclairage intérieur, utilisé dans les bâtiments, de l'éclairage extérieur, présent dans les environnements urbains, côtiers, marins et industriels. L'éclairage public est assuré par les collectivités pour la sécurité et la circulation nocturne, tandis que l'éclairage privé concerne les jardins et les façades de maisons. Cette prolifération de l'éclairage contribue de manière notable au gaspillage énergétique et aux émissions de CO₂, représentant environ 11 % de la production électrique en France.

« Nuisance lumineuse » ou « Pollution lumineuse » : un débat ancien qui tend à être tranché

En France, l'ADEME recense 11 millions de points lumineux, causant des niveaux d'éclairement au sol jusqu'à 400 fois supérieurs à la lumière naturelle de la nuit. Cette prolifération engendre diverses nuisances, de la perturbation du cycle jour-nuit aux halos lumineux¹ enveloppant les villes, ainsi que les éblouissements² et la lumière intrusive³. L'usage

de l'éclairage nocturne dépasse ses fonctions traditionnelles, englobant la mise en valeur du patrimoine architectural et urbain. Que ce soit dans les rues, les parkings, les parcs, les bâtiments publics, les commerces, les industries ou les résidences privées, la lumière artificielle brille souvent toute la nuit, sans réduction de la quantité émise malgré les progrès en rendement lumineux des équipements (Challéat, 2009, Kyba et *al.* 2017).

Le débat sémantique entre "nuisance lumineuse" et "pollution lumineuse" agite la communauté concernée. Alors que l'acceptation du terme "pollution lumineuse" est quasiment générale au sein de la communauté scientifique, qui la définit comme une lumière artificielle excessive ou intrusive due à un éclairage mal installé (Gallaway et *al.*, 2010), les concepteurs de lumière, les éclairagistes et le législateur restent divisés : l'Association Française de l'Éclairage (AFE) parle de "nuisances dues à la lumière",



©Samuel Challéat / Observatoire de l'environnement nocturne / CNRS

¹ Diffusion de la lumière interagissant avec des particules présentes dans l'atmosphère.

² Contraste extrême entre des zones éclairées et sombres.

³ Pénétration de lumière dans des endroits normalement non éclairés.

soulignant la nécessité de distinguer les différentes formes de nuisances et réfutent le terme de pollution, inapproprié à leurs yeux. Jusqu'à une date récente⁴, la réglementation faisait également référence aux gaspillages générés par un usage abusif et aux nuisances ou troubles excessifs aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes⁵.

La légitimité de considérer la lumière artificielle nocturne comme une véritable pollution doit être considérée. Les éclairages mal conçus, orientés de manière inadéquate ou utilisés de façon excessive sont à l'origine d'une série d'impacts négatifs. La croissance annuelle de cette pollution lumineuse illustre l'ampleur du problème et le risque de priver de plus en plus de citoyens de la vision du ciel étoilé. Pour réduire cette pollution, il est essentiel de reconnaître les multiples impacts de l'éclairage artificiel nocturne. Cela passe par une meilleure compréhension des nuisances engendrées par la lumière artificielle pour transcender le débat sémantique et comprendre pleinement les conséquences de cette prolifération de lumière artificielle.

Quels sont les coûts sociaux, culturels, sanitaires et environnementaux supportés par la société et l'écosystème ?

Bien que la pollution lumineuse soit un problème social relativement récent par rapport à d'autres problèmes de pollutions environnementales liés à l'air et à l'eau, l'effet perturbateur fondamental de la lumière artificielle sur les systèmes circadiens a été découvert il y a plus de 60 ans et a été étudié depuis, principalement en sciences médicales et biologiques. Cette pollution entraîne des conséquences étendues, touchant aussi bien la biodiversité que la santé humaine et la société dans son ensemble⁶ (Czarnecka et al., 2022).

Impacts écologiques sur les écosystèmes

En fragmentant l'éclairage, la lumière artificielle a un impact significatif sur les rythmes biologiques et la mobilité de la faune (plus de 30 % des mammifères et 60 % des invertébrés sont nocturnes). Il a été démontré qu'elle altère aussi la physiologie, l'activité, l'alimentation et la croissance de diverses espèces, modifiant les schémas de migration, la distribution et les interactions prédateurs-proies. Ces changements peuvent entraîner des répercussions sur les réseaux trophiques et les processus écologiques, soulignant l'importance de considérer l'effet en cascade de la lumière artificielle.

Celle-ci agit aussi sur les espèces aquatiques en influençant leur recherche de nourriture, leur reproduction et leur survie. Les changements dans les conditions environnementales peuvent également induire un stress oxydatif, affectant la croissance et la reproduction. Un équilibre entre les besoins d'éclairage artificiel et ceux d'obscurité est essentiel pour préserver l'intégrité des écosystèmes.

Impact sur la santé humaine

L'exposition à la lumière artificielle a des répercussions directes sur la santé humaine, touchant divers aspects tels que le sommeil et le risque de maladies. Les longueurs d'onde spécifiques de la lumière, en particulier la lumière bleue, ont été identifiées comme ayant un impact significatif sur la sécrétion de mélatonine et la perturbation de la phase circadienne. La lumière artificielle a été associée aussi à un risque accru de cancer du sein, à des troubles du sommeil et à une perturbation de la fonction cardiovasculaire et métabolique : il est crucial de prendre en compte ces différentes caractéristiques, au-delà de l'intensité émise.

Transition énergétique et écologique de l'éclairage public en France : constats et solutions

En France, la pollution lumineuse préoccupe de plus en plus. Les collectivités locales reconnaissent l'urgence de rééquilibrer l'artifice et l'obscurité. Cette initiative est au cœur de la transition énergétique et écologique, étayée par des données sur la surconsommation liée à l'éclairage public. Toutefois, des interrogations subsistent quant à la nécessité d'un éclairage constant : des solutions novatrices se dessinent. La gradation lumineuse et les systèmes de gestion différenciée du parc d'éclairage se profilent comme des pistes prometteuses. Ils contribuent à une solution sociotechnique pour préserver et restaurer la biodiversité. Certains espaces ruraux servent de terrain d'expérimentation pour élaborer des stratégies de développement durable axées sur la préservation de l'obscurité.

La stratégie 2020 pour une croissance intelligente, durable et inclusive a impulsé, sur le plan législatif, des changements institutionnels majeurs. Initiés par le Grenelle Environnement, ces changements ont été renforcés par la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015), la Loi portant sur la Nouvelle organisation territoriale de la République (2015), et la Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (2016). Ce cadre législatif détermine les conditions d'intégration de la transition énergétique et de la restauration de la biodiversité dans la planification territoriale.

D'un côté, l'orientation du flux lumineux selon l'arrêté de 2018 relatif à l'éclairage nocturne et la considération de la température de couleur sont des éléments clés pour réduire la pollution lumineuse. D'un autre côté, le choix judicieux de la hauteur et de l'espacement des candélabres en fonction des besoins réels de la voie à éclairer et du type de lampe utilisée est crucial pour éviter une surabondance de lumière. Cependant, en matière de réduction des éclairages, la prise de décision doit être collective et adaptée à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. Bien que réduire drastiquement l'éclairage puisse susciter des inquiétudes quant à la sécurité,

⁴L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) a adopté une note scientifique sur la pollution lumineuse en janvier 2023.

⁵Article 41 de la Loi portant engagement national pour l'environnement (Grenelle II), codifié à l'article L.583-1 du code de l'environnement et l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.

⁶https://environnement.public.lu/dam-assets/fr/conserv_nature/publications/2021/pollution-lumineuse-GDL-2021.pdf

des solutions telles l'extinction partielle en milieu de nuit ou l'utilisation d'éclairages par détection de mouvement peuvent être envisagées.

Aussi, mieux éclairer consiste à ajuster l'intensité des éclairages urbains et à privilégier des sources lumineuses dont le spectre est proche de celui du soleil, minimisant ainsi l'impact sur la nature et la biodiversité. Le choix d'ampoules produisant moins de lumière bleue est également important pour la préservation de l'environnement. Enfin, l'éducation à la nuit et la sensibilisation à la pollution lumineuse sont des leviers puissants pour changer nos comportements individuels et collectifs. Elles représentent une solution réaliste et efficace sur le long terme pour réduire la pollution lumineuse. Face à cette problématique, il est impératif de prendre des mesures concrètes.

Moins de 20 % de l'éclairage public en France a été converti en LED. Il est impératif d'accélérer cette transition vers des solutions plus durables et respectueuses de l'environnement. Cependant, il est crucial de surveiller l'effet rebond potentiel causé par le déploiement des LED. Bien que de nombreuses villes ayant adopté ces lampadaires aient observé des économies d'énergie locales, cette réduction est souvent compensée par une augmentation de la luminosité ailleurs, principalement en raison de l'installation de nouveaux éclairages. La composition spectrale des LED blanches suscite des préoccupations quant à son impact sur la faune, car elles émettent une lumière riche en lumière bleue. Cette dernière semble avoir une influence particulière sur le comportement et la physiologie des animaux.

Produire des connaissances scientifiques et pluridisciplinaire sur l'environnement nocturne

Les recherches sur l'environnement nocturne et les impacts de la lumière artificielle progressent. Actuellement, les politiques d'éclairage sont principalement axées sur la sécurité et l'efficacité énergétique. En revanche, les effets biologiques sur les animaux sont largement négligés. Cela souligne la nécessité d'une approche interdisciplinaire.

L'Observatoire de l'environnement nocturne réunit des experts en géographie de l'environnement, aménagement de l'espace, urbanisme, écologie du paysage, intelligence

artificielle et astrophysique. Au-delà du milieu académique, il intègre des professionnels capables de mettre en œuvre une approche alliant écologie, éclairagisme et sciences du paysage dans les projets d'aménagement. Il collabore étroitement avec divers acteurs impliqués dans la gestion, la technique et l'éducation liées à l'éclairage et à la pollution lumineuse, ainsi qu'aux enjeux environnementaux. En tant que coordinateur de cette interdisciplinarité, il vise à résoudre les défis sociaux, écologiques et sanitaires liés à la lumière artificielle nocturne. Il se concentre sur le territoire en accompagnant l'élaboration de politiques locales dédiées à l'environnement nocturne, incluant l'éducation et la formation sur la réduction de l'empreinte lumineuse et la valorisation de l'obscurité.

Bibliographie

Challéat S., 2009, La pollution lumineuse : passer de la définition d'un problème à sa prise en compte technique. Eclairer la ville autrement-Innovations et expérimentations en éclairage public, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, pp.182-197, 978-2-88074-786-2. hal-00924383

Czarnecka M., Jermacz Ł., Glazińska P., Kulasek M., Kobak J., 2022, Artificial light at night (ALAN) affects behaviour, but does not change oxidative status in freshwater shredders, *Environmental Pollution*, Volume 306, 119476, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119476>.

Falchi F., Cinzano P., Elvidge CD, Keith DM, Haim A., 2011, Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *J Env Management*, 92, 2714-2722., DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.06.029

Gallaway, T., Olsen, R. N. & Mitchell, D. M. 2010. The economics of global light pollution. *Ecological Economics* 69, 658-665. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.10.003

Kyba C. C. M., Kuester T., Sánchez de Miguel A., Baugh K., Jechow A., Hölker F., Bennie J., Elvidge C. D., Gaston K. J., Guanter L., 2017, Artificially lit surface of Earth at night-increasing in radiance and extent. *Sci. Adv.* 3, e170152, DOI: 10.1126/sciadv.1701528

⁷https://observatoire-environnement-nocturne.cnrs.fr/fr_fr/

Clara Immerwahr et Fritz Haber

Ou

La chimie, l'amour et la guerre

Par **Jean-Marc Lévy-Leblond**

Professeur émérite à l'Université de Nice

Clara Immerwahr, les jeunes années

Nous sommes aux marches orientales de l'empire prussien, à la veille du déclenchement de la guerre franco-prussienne. Près de Breslau en Silésie (aujourd'hui Wrocław en Pologne), vit la famille Immerwahr, juifs émancipés et cultivés. Philip Immerwahr (1839-1908), après des études de chimie, dirige une exploitation agricole moderne et prospère. Le 21 juin 1870, jour du solstice, naît la petite Clara, benjamine d'une fratrie déjà composée de trois garçons. Les enfants, Clara aussi bien que ses frères, recevront tous une excellente éducation. Clara montre très vite un vif intérêt pour les sciences naturelles. Après ses études secondaires, elle commence par suivre une formation d'institutrice. Dans un cours de danse, elle rencontre un jeune chimiste prometteur, Fritz Haber. Ils tombent amoureux, il la demande en mariage, mais elle refuse, voulant d'abord conquérir son indépendance. Elle découvre un livre de vulgarisation, *Conversations sur la chimie*, qui l'enchant. Cet ouvrage, au titre complet *Conversations on Chemistry, Intended More Especially for the Female Sex*, publié en 1805, est dû à l'Anglaise Jane Marcet (1769-1858) et, bien que fort ignoré de nos jours, connaît pendant plusieurs décennies un grand succès : 16 éditions en Angleterre, 23 aux Etats-Unis, et de nombreux plagiat.

Clara décide alors de se consacrer à la chimie et obtient, non sans mal, de présenter l'examen d'entrée à l'université. De fait, c'est justement en 1895-1896, que les femmes, si elles sont enseignantes, obtiennent le droit de suivre les cours de l'université de Breslau comme auditrices libres. Son père, ravi de son intérêt pour la chimie, sa propre spécialité, la soutient moralement et financièrement. En 1897, elle se convertit au christianisme pour des raisons de convenance sociale. En 1898, elle devient la première femme en Allemagne à passer le *Verbandsexamen*, un difficile examen de qualification doctorale. Le 12 décembre 1900, elle obtient son doctorat en chimie, là encore, comme première femme en Allemagne.

À cette occasion, elle fait le serment de « ne jamais, en paroles ou par écrit, enseigner ce qui serait contraire à mes convictions, de rechercher la vérité et de promouvoir la dignité de la science à la hauteur qu'elle mérite ». On ne saurait manquer ici de mentionner que son nom, Immerwahr, porte une belle signification morale puisqu'il veut dire « toujours vrai ».

Clara travaille alors pour son directeur de thèse, le Pr Abegg, comme assistante de laboratoire, le plus haut statut à cette époque accessible aux femmes. Elle donne de nombreuses conférences sur la physique et la chimie domestiques dans diverses organisations et institutions féminines. Bien qu'elle soit parfois invitée à participer à des présentations de thèses de doctorat, elle commence à se sentir marginalisée dans le milieu universitaire très masculin. En 1901, elle rencontre à nouveau Fritz Haber, devenu entre-temps un chimiste reconnu.



Clara Immerwahr, sans doute vers 1890

Fritz Haber

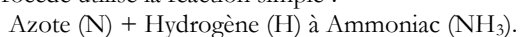
Fritz Haber naît le 9 décembre 1868 à Breslau dans une famille de la petite bourgeoisie juive. Son père fait commerce de peinture et produits chimiques. Sa mère meurt trois semaines après sa naissance, ce dont son père lui tiendra rigueur. Encore adolescent, il travaille dans l'entreprise familiale. Puis, de 1886 à 1891, le jeune Fritz étudie la chimie, alors discipline d'excellence allemande, aux meilleures sources : l'École polytechnique fédérale de Zürich, l'université de Heidelberg avec Robert Bunsen, l'université Humboldt de Berlin avec A. W. Hoffmann. En 1893, il se convertit au protestantisme, là encore pour des raisons de pure opportunité. À partir de 1894, Fritz Haber développe une méthode catalytique de synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air, ce qui aura des applications majeures dans la fabrication des fertilisants (nitrates) et des explosifs.

Fritz et Clara se marient en août 1901 et s'installent à Karlsruhe où Fritz a été nommé en 1898 professeur à la prestigieuse université technologique. Après une grossesse difficile, Clara donne naissance en août 1902 à un garçon, Hermann, qui sera de santé fragile.

Le procédé Haber-Bosch

Avec l'apport de l'ingénieur Carl Bosch de l'entreprise BASF (Badische Anilin- & Soda-Fabrik), le procédé de fabrication de l'ammoniac mis au point par Haber, dès lors nommé "Haber-Bosch" sera exploité industriellement vers 1911. Ce procédé permet de fixer, de façon économique, le diazote atmosphérique sous forme d'ammoniac, lequel permet à son tour la synthèse de différents explosifs et engrais azotés. À ce double titre, du point de vue démographique, c'est probablement le plus important procédé industriel jamais mis au point durant le XX^e siècle.

Le procédé utilise la réaction simple :



Mais sa réalisation exige

- de hautes pressions (200 atm)
- des catalyseurs
- une température élevée (500 °C)

D'où le défi que constitue le passage du laboratoire à l'échelle industrielle, ce qui constituera la contribution essentielle de Carl Bosch.

La production industrielle d'ammoniac prolonge la Première Guerre mondiale en fournissant à l'Allemagne le précurseur des poudres modernes sans fumée et d'explosifs nécessaires à son effort de guerre, alors même qu'elle n'a plus accès aux ressources azotées traditionnelles, principalement exploitées en Amérique du Sud. Durant l'entre-deux-guerres, la synthèse d'ammoniac, à moindre coût, à partir du réservoir quasiment inépuisable que constitue l'azote atmosphérique contribue au développement de l'agriculture intensive et soutient la croissance démographique mondiale. Lors de la Seconde Guerre mondiale, les efforts d'industrialisation du procédé Haber permettent à la société IG Farben de réaliser la synthèse de carburant pour le compte de l'Allemagne nazie, réduisant d'autant ses importations pétrolières.



Fritz Haber en uniforme, 1914

Le couple

Après leur mariage, Clara va collaborer avec Fritz, traduisant ses articles scientifiques en anglais et surveillant la publication en 1905 de son grand livre sur la thermodynamique des réactions chimiques en phase gazeuse. Haber le dédicace « à ma femme adorée, Mme Clara Haber, Dr ès sciences, avec mes remerciements pour sa collaboration discrète ». Clara continue à donner des conférences, mais elle enrage de constater que l'on en attribue souvent le texte à son mari. Elle est par ailleurs de plus en plus frustrée par une vie domestique exigeante, l'ambition de Haber l'amenant à organiser de nombreuses réceptions pour d'importants visiteurs. Au demeurant, Fritz ne se prive guère d'aventures extraconjugales.

En 1909, Clara écrit à son ancien directeur de thèse Richard Abegg :

« Je me demande si une intelligence supérieure est suffisante pour rendre une personne plus valable qu'une autre et si des aspects de moi-même, oblitérés parce qu'ils n'ont pas rencontré l'homme capable de les apprécier, ne sont pas plus importants que les éléments-clés de la théorie de l'électron. [...] »

Chacun a le droit de vivre sa propre vie, mais nourrir ses propres lubies, en affichant un dédain suprême pour autrui et pour les côtés routiniers de la vie quotidienne, je pense qu'un tel comportement n'est pas justifié, même de la part d'un génie, sauf à vivre seul sur une île déserte. »

En 1911, la réussite industrielle du procédé Haber-Bosch permet à Fritz Haber de fonder et diriger à Berlin l'institut Kaiser Wilhelm de chimie physique et d'électrochimie. Il devient riche et influent.



Une caricature de Fritz Haber relâchant des gaz mortels sur le front de bataille (collection privée du chimiste Georg Bredig)

La guerre

Fritz Haber est un fervent patriote allemand. Il cosigne le « Manifeste des 93 », ou *Appel des intellectuels allemands aux nations civilisées*, document de propagande publié en Allemagne le 4 octobre 1914 sous le titre *Aufruf an die Kulturwelt*. Dans ce texte, un grand nombre des plus prestigieux scientifiques allemands s'insurgent contre les accusations de barbarie portées à l'encontre des troupes allemandes en raison de leurs violences lors de l'invasion de la Belgique. Haber est embauché comme consultant du Ministère de la guerre allemand et portera l'uniforme militaire. Il va dès 1914 travailler à l'utilisation des gaz de combat, dont il est le promoteur indiscuté. Il réussit — non sans mal — à convaincre l'armée allemande, en difficulté sur le champ de bataille en 1915, d'employer les gaz de combat, malgré la convention de La Haye, qui prohibait les armes chimiques.

En avril 1915, Haber est en uniforme sur le champ de bataille à Ypres. Des milliers de bonbonnes de chlore avaient été amenées sur les positions allemandes, en attente de vents favorables pour entraîner les gaz mortels vers les lignes alliées. Le 22 avril 1915, 168 tonnes de chlore sont relâchées et un lourd nuage jaune progresse vers les tranchées françaises. Dix mille soldats sont gazés dont près de la moitié mourront sur le champ. Deux mille seront faits prisonniers. Les autres fuient, aveuglés et handicapés à vie. L'attaque est si efficace qu'elle est renouvelée à grande échelle peu après. Fritz Haber est nommé capitaine. Après la réussite de l'attaque au chlore à Ypres, Fritz Haber rentre à Berlin le 2 mai 1915 pour assister à une fête en son honneur. Il doit dès le lendemain repartir au front pour y superviser une nouvelle attaque chimique, cette fois contre les Russes.

Après la fin de la fête, Clara et Fritz se querellent. Il semble que Clara ait vivement reproché à Fritz son engagement militaire et la mise au service de la guerre de son activité de chimiste, mais ce ne sont sans doute pas les seules raisons.

Clara s'enfuit dans le jardin après s'être emparée du revolver de son mari et se tire une balle dans le cœur. Seul son fils entend la détonation et accourt, Clara, âgée de 45 ans, meurt dans ses bras. Le lendemain même, Fritz Haber part sur le front Est... En 1917, il se remaria avec sa secrétaire Charlotte Nathan, sa maîtresse de longue date.

L'après-guerre

Fritz Haber reçoit en 1920 le prix Nobel de chimie 1918 pour sa découverte du procédé de fabrication de l'ammoniac. Les Français, les Anglais et les Américains boycottent la cérémonie de remise du prix. Haber sera dès lors largement isolé au sein de la communauté scientifique internationale. En 1925, il entre au conseil scientifique de la firme IG Farben. Il poursuit diverses recherches, en particulier sur les pesticides.

En 1933, après l'arrivée au pouvoir de Hitler, Haber, en raison de sa judéité, est démis de ses fonctions académiques, malgré son prestige scientifique et son engagement pendant la guerre de 14-18. Amer et désillusionné, il s'exile en Angleterre, où le chimiste et dirigeant sioniste Chaim Weizmann lui offre un poste au nouvel institut de recherches fondé à Jérusalem. Mais Haber meurt en chemin à Lugano (Suisse), le 29 janvier 1934.

La postérité

Le procédé Haber-Bosch de fabrication de l'ammoniac reste l'une des applications majeures de la chimie au développement industriel et agricole. Ses recherches des années 30 permettent la mise au point du procédé Andrussov (ingénieur à l'IG Farben) de synthèse chimique qui sera utilisé pour la fabrication industrielle du gaz Zyklon B (un insecticide) que les Nazis emploieront dans les chambres à gaz. On appelle d'ailleurs « constante de Haber » une constante entrant dans la formule qui permet de calculer la dose mortelle d'un gaz toxique en fonction du temps d'exposition.

Deux instituts de chimie allemands, l'un à Berlin, l'autre à Karlsruhe portent toujours son nom, de même qu'un centre de recherches de l'Université hébraïque de Jérusalem. En 1968, des étudiants interrompent la célébration du centenaire de Fritz Haber à l'université de Karlsruhe en déployant une banderole portant les mots « Haber = père de la guerre chimique ».

C'est à partir des années 1970 seulement que la vie — et la mort — de Clara Immerwahr sort de l'ombre, en Allemagne du moins. Des recherches lui ont été consacrées et une biographie est parue en 1993, puis un roman. Une pièce de théâtre sur le couple Clara-Fritz a été écrite en 1992 par Tony Harrison.

Un prix scientifique Clara Immerwahr a été fondé en 2012. Un téléfilm allemand lui a été consacré en 2014.

La biodiversité : de quoi parle-t-on ?

Par **Guillaume Lecointre**

Professeur du Muséum national d'Histoire naturelle

Le terme de « biodiversité » a envahi tout le champ médiatique et politique. Les termes forgés par les scientifiques ont en principe un sens précis, mais ce dernier se délite, se dilue, se charge d'imprécisions au fur et à mesure de son succès socio-politique, d'autant plus facilement que dans ce cadre, l'idéologie s'en mêle. Ainsi, la biodiversité est-elle aujourd'hui comprise par tout un chacun comme un comptage d'espèces, ce qui est trop réducteur ; par d'autres comme le « tissu de tout ce qui est vivant », ce qui est trop flou ; ou par d'autres encore mise en synonymie avec « écosystème ». Elle n'est en réalité aucun des trois.

Le terme est un néologisme issu de "Biological Diversity" ou "diversité biologique" en français, et daterait d'un colloque à Washington en 1986 lors duquel Walter G. Rosen l'aurait forgé, et dont l'intitulé mentionnait le terme "BioDiversity" : *The National Forum on BioDiversity*. Pendant ce colloque, il était déjà question de l'accélération des extinctions d'espèces, perçue comme une menace pour notre civilisation. La dimension politique n'était dès lors pas totalement absente. Le terme, historiquement associé à l'histoire mondiale de la protection de la nature, se retrouve publié dans le compte-rendu du colloque sous l'égide d'Edward O. Wilson, qu'on nomme aussi le « père de la biodiversité », sous le titre de *BioDiversity* en 1988. L'expression fait mouche, jusqu'à se retrouver centrale lors du sommet de la Terre à Rio en 1992.

La biodiversité est définie dans l'article 2 de la Convention sur la diversité Biologique (1992) comme il suit : la « *variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* ». Selon le Ministère de la transition écologique :

« *La biodiversité, c'est le tissu vivant de notre planète. Cela recouvre l'ensemble des milieux naturels et des formes de vie (plantes, animaux, champignons, bactéries, etc.) et leurs interactions. Elle comprend trois niveaux interdépendants :*

- *la diversité des milieux de vie à toutes les échelles : des océans, prairies, forêts... au contenu des cellules (pensons aux parasites qui peuvent y vivre) en passant par la mare du fond de son jardin, ou les espaces végétalisés en ville ;*

- *la diversité des espèces (y compris l'espèce humaine) qui vivent dans ces milieux ;*
- *la diversité génétique des individus au sein de chaque espèce : autrement dit, nous sommes tous différents ! »*

Pour l'Office Français de la Biodiversité, « *La biodiversité désigne l'ensemble des êtres vivants ainsi que les écosystèmes dans lesquels ils vivent. Ce terme comprend également les interactions des espèces entre elles et avec leurs milieux* ».

Dans toutes ces définitions, on retrouve deux caractéristiques.

Premièrement, il y a bien trois niveaux d'appréhension du vivant, infra-spécifique, spécifique, et supra-spécifique. C'est la préoccupation qui donne toute sa valeur au concept : il est insuffisant d'appréhender la nature en comptant seulement des espèces ; il faut se préoccuper de la diversité de chacune à l'échelle inférieure, et de la diversité de leurs assemblages régulièrement retrouvés à une échelle supérieure. Autrement dit, il faut prendre en compte la diversité des individus qu'une espèce recèle, au niveau génétique ou aux autres niveaux, sachant par exemple que les plantes ont des « espèces » pourvues d'une énorme variété génétique tandis que les insectes ont au contraire des espèces contenant des quantités de variations génétiques bien moindres. En somme, en termes génétiques, une espèce de plante ne « vaut » pas une espèce d'insecte. Et à l'autre bout du spectre, un paysage de dix kilomètres carrés avec seulement une riche faune et flore de prairie est moins « biodiverse » qu'un paysage de même superficie ayant une faune et flore appauvries, mais réparties en trois assemblages d'espèces de bosquet, d'espèces de prairie et d'espèces de rivière.

Deuxièmement, il y a deux modes d'appréhension : caractériser *ce qu'il y a* (cette diversité à ces trois échelles) et caractériser les *interactions*. On peut alors se demander pourquoi le mot biodiversité a été forgé. Parce que si la biodiversité recouvre toutes ces dimensions, on disposait déjà à la fin des années 1980 d'un concept, celui de *Biosphère*. En somme, le concept ne servait à rien scientifiquement : on en avait déjà un. Mais il a pu servir politiquement, comme un étendard signalant l'urgence (réelle) de la protection de la nature. Et on peut dire que la mayonnaise a pris : on retrouva ce mot bien au-delà de la seule sphère scientifique.

Les conditions de l'utilité

Le concept aurait pu être scientifiquement utile s'il n'avait pas tout mélangé, à savoir l'étude de ce qu'il y a (la caractérisation de la diversité) et l'étude de ce que ça fait (la caractérisation des interactions fonctionnelles entre les êtres vivants). La conséquence, c'est qu'il existe aujourd'hui une confusion assez généralisée sur les emplois respectifs des mots « biodiversité » et « écosystème », qui sont devenus quasiment interchangeable. L'écosystème est ce que l'on examine lorsqu'on documente et caractérise les *interactions* entre les espèces d'un milieu donné, quelle que soit son échelle. Compte tenu du fait que ces interactions sont inscrites dans la définition de la biodiversité, soit « écosystème » est synonyme de « biodiversité », soit « écosystème » est un sous-ensemble de « biodiversité ». On ne voit pas comment cette dernière option serait possible. En effet, si « écosystème » n'est qu'un sous-ensemble de « biodiversité », il existe alors des entités qui relèvent de la biodiversité et qui ne soient pas appréhendables dans un écosystème. Ce qui est impossible, car il n'existe pas d'êtres vivants qui ne soient pas en relations avec d'autres.

Pour que biodiversité soit un concept opérationnel scientifiquement, il ne faut pas y inclure les interactions, qui sont réservées à l'écosystème. Si nous ôtions les interactions de la définition de la biodiversité, l'écosystème n'en serait plus synonyme sans rien perdre au passage : il resterait ce qui constitue les interactions entre les organismes entre eux (biocénose), et entre les organismes (biocénose) et leur milieu (biotope). En somme, l'écosystème désigne ce que les organismes *font* entre eux et avec le milieu. L'écosystème est étudié par l'écologie, la géochimie, la pédologie, la géologie, la météorologie, etc. La biodiversité serait alors ce qu'on examine lorsqu'on caractérise ce que les organismes *ont* (leurs structures) et *sont* (comment on les désigne), à toutes les échelles, de l'individu à la population, de la population à l'espèce, de l'espèce aux assemblages d'espèces. La biodiversité est alors étudiée par la systématique.

Hold-ups

La confusion généralisée dans l'emploi du mot « biodiversité » amène à des tensions entre scientifiques car tout comme en politique, la prise de pouvoir ou la captation de moyens passe toujours par une reprise en mains des concepts et du lexique. Une table ronde politique est en effet un endroit étrange où tous les coups sont permis en matière

de manipulation de concepts, mais où toute rectification est interdite sous peine de noyer la réunion dans une « querelle de spécialistes », terme péjoratif destiné à protéger l'idéologie à l'œuvre. Dans un conseil d'administration, et même dans un conseil scientifique de n'importe quelle institution de recherche, l'épistémologie et la politique ne peuvent pas cohabiter. La seconde instrumentalise la première. Il ne faut pas s'en étonner, finalement. Lorsque la politique implique des rapports de force, sa puissance dépend d'un cadre idéologique d'autant plus efficace qu'il aura réécrit l'histoire et redéfini les mots selon ses besoins. C'est sans doute d'ailleurs de là que provient le mot « biodiversité » : il fallait un mot nouveau pour des raisons politiques. Aujourd'hui la confusion est telle que même chez les scientifiques, les mots ont perdu leur sens. Par exemple, une caractérisation des êtres vivants dans un milieu donné par *metabarcoding* (c'est-à-dire caractérisation des populations et des espèces présentes par seule identification de leurs séquences d'ADN) est qualifié d'« écologie moléculaire » alors que les concepts et méthodes utilisés sont ceux de la systématique moléculaire. Il s'agit bien de savoir ce qu'il y a, et en quelle quantité, et non ce que ça fait. Leurs acteurs eux-mêmes n'en ont pas conscience. Dans les universités, les programmes d'enseignement d'« écologie moléculaire » enseignent les contenus conceptuels de la systématique moléculaire, et non ceux de l'écologie. Les filières d'expertise taxonomique sont prises en mains par les enseignements d'écologie, et non ceux de la systématique, ce qui peut donner lieu à bien des inexactitudes dans les contenus.

Pour conclure sur une note positive, à la fin des années 80 la biodiversité fut un concept utile parce qu'elle attirait l'attention sur un point de vigilance : la mesure de la diversité du vivant ne devait pas seulement s'effectuer en comptant des espèces. Il fallait aussi tenir compte de la diversité au sein de chacune, donnée cruciale pour pouvoir estimer son potentiel évolutif, ainsi que la diversité des communautés dans un paysage donné, en somme si celui-ci est constitué d'un assemblage d'espèces homogène ou bien s'il est fait de paquets d'espèces distincts entre eux. Aujourd'hui, pour sauver le concept de la vacuité intellectuelle, il faut clarifier ses relations avec l'écosystème, en restreignant la biodiversité à l'exactitude de son étymologie : elle est ce qui est étudié lorsqu'on examine à tous les échelons la diversité biologique de *ce qu'il y a*.

Cycles de conférences, novembre 2023 - mai 2024

Thèmes culture : travail ; amour/amitié/ écosystèmes (arbres forêts)

Cycles ALEA : Écosystèmes ; Transitions

Transitions 07 Novembre : Didier Terrier, La machine, l'horloge et le prolétaire
Progrès techniques et rythmes du labeur dans les filatures au XIXe siècle.

Didier Terrier est professeur émérite à l'université polytechnique des Hauts de France.

Écosystèmes 14 Novembre : Guillaume Lecointre, La biodiversité : s'intéresse-t-on à ce qu'elle fait ou à ce qu'elle est ?

Guillaume Lecointre est professeur au Museum national d'Histoire naturelle.

Écosystèmes 05 Décembre : Jean-Marc Lévy-Leblond, Clara Immerwahr et Fritz Haber, une histoire de chimie, d'amour et de guerre.

Jean-Marc Lévy-Leblond est professeur émérite à l'université de Nice-Côte d'Azur

Écosystèmes 09 Janvier : Sylvain Billiard, Qu'est-ce que la vie ? Faisons le point en explorant les frontières.

Sylvain Billiard est maître de conférences au laboratoire de Génétique et Évolution des Populations Végétales, à l'université de Lille

Écosystèmes 30 janvier : Alain Cambier, Le régime imaginaire de l'existence

Alain Cambier, docteur en philosophie est chercheur associé au Laboratoire « Savoirs, textes, langage »,

Transitions 6 février : Daniel Andler, Intelligence artificielle, intelligence humaine : la double énigme.

Daniel Andler est mathématicien et philosophe, membre de l'Académie des Sciences Morales et Politiques.

Dernier livre : *Intelligence artificielle, intelligence humaine : la double énigme*, Gallimard, 2023.

Transitions 20 février : Florence Jany-Catrice, De quoi « territoire zéro chômeurs » est-il le nom ?

Florence Jany-Catrice est professeur d'économie à l'université de Lille et chercheuse au Clersé (UMR8019).

Écosystèmes 21 mai : Etienne Poncelet, "Le bien-être architectural, l'architecture comme mode d'expression de joie et de bonheur "

Etienne Poncelet est Architecte en chef des monuments historiques.

Écosystèmes 28 mai : Jean-Paul Delahaye, "Le problème à l'heureuse issue"

Jean-Paul Delahaye est Professeur émérite en informatique de l'université de Lille
Dernier livre : *Au-delà du Bitcoin, dans l'univers des cryptomonnaies*, Dunod, 2022.

ALEA

L'Association L'Esprit d'Archimède » (ALEA) a pour objectif de valoriser les opportunités culturelles qu'offre la communauté universitaire, dans une démarche transversale favorisant la réflexivité et le dialogue entre tous les usagers de l'université et la société civile.

Dans le respect de cet objectif, l'association se donne trois missions :

- S'attacher à mettre en évidence le sens des savoirs ; discuter de leurs applications et de leurs implications dans la société.
- Favoriser le dialogue interculturel et lutter contre les obscurantismes et sectarismes de toutes natures.
- Promouvoir une culture patrimoniale créative qui permette de valoriser la traçabilité des savoirs et de comprendre l'évolution de la société.

En partenariat avec la Faculté des Sciences et des Technologies de l'université de Lille, en collaboration avec la Société Géologique du Nord (SGN) et la Société Française de Physique (SFP) elle :

- ° Organise des cycles pluridisciplinaires de conférences-débats
- ° Tient des séminaires "Sciences-croyances-éruditions"
- ° Réalise des émissions radiophoniques sur Radio-Campus
- ° Met à disposition les enregistrements des conférences réalisés par le SEMM sur son site
- ° Publie la revue électronique *L'Esprit d'Archimède (LEA)*
- ° Participe à toute action permettant de partager les savoirs et de mettre la science et les technologies en débats."

L'ensemble des interventions que nous avons organisées et qui ont été filmées par univ-tv lille est disponible sur notre site, ainsi que les émissions radiophoniques réalisées sur Radio-Campus et tout le reste de nos activités, dont les numéros de LEA. Le tout est en accès gratuit.

<https://alea.univ-lille.fr/>

Pour tous renseignements ou remarques : esprit.archimede@gmail.com