

Revue étudiante de vulgarisation transdisciplinaire

# HORS

Ecole Normale Supérieure de Lyon  
Numéro #1 - Janvier 2026

# A C



Un air marin souffle sur Lyon grâce à l'exposition Étretat p.6

Hoodmaps ou la ville des vrais gens ? p.7

Les effets paradoxaux du stress sur la mémoire p.16

Le paradoxe d'une machine à tout faire p.22

## Sur quoi peuvent bien bûcher un·e étudiant·e de musicologie, de géologie, d'informatique et d'histoire ?

Hors-Sac, c'est d'abord un mot issu du jargon journalistique. Pour s'affranchir des horaires de distribution de la poste, la maison d'édition Hachette obtient en 1854 que les paquets de journaux soient remis de main à main, en gare ou dans un lieu de passage, évitant ainsi de transiter par un bureau de poste distributeur. Ainsi est né un Hors-Sac, un journal qui passe sans intermédiaire de la main du rédacteur à celle du lecteur (remercions au passage Jean-Louis Bourgoïn pour ses précisions historiques). De la même manière, c'est directement de mains d'étudiants que provient ce journal coopératif, né de notre enthousiasme et de nos curiosités, et que vous tenez entre les vôtres.

Le mot vient aussi du dialecte montagnard : dans les stations des années 1970, lorsque les repas en altitude ont commencé à peser sur le budget des skieurs, sont apparues des salles hors-sac, dans lesquelles on entre avec son sac... pour mieux le vider ! L'expression vient du fait que ces espaces sont conçus pour permettre aux skieurs de sortir leurs affaires de leur sac, généralement leur pique-nique. Nous aussi assumons être la version low-budget de la vulgarisation scientifique en déballant notre sac de connaissances. Le projet est né du constat que, bien que nous côtoyant au quotidien, nous ne savions pas ce que nous faisions les un·es et les autres à l'ENS. Sur quoi peuvent bien bûcher un·e étudiant·e de musicologie, de géologie, d'informatique et d'histoire ? Qu'ont-ils à se raconter ? C'est donc pour nous et

pour vous que ce numéro pilote sort aujourd'hui, afin d'améliorer nos connaissances pour et par tous·tes !

Hors-sac aussi, parce qu'il nous fallait bien un titre un peu catchy pour attiser votre curiosité à tous·tes. Et quand on y pense, l'abréviation offre une infinité de jeux de mots, plus ou moins drôles à vrai dire ... Ainsi, Heures Supplémentaires + Héroïnes silencieuses + Humour Subtil + Habilité Sacrée + Haute Sagacité (et Humilité Sinon ?) = Hors-Sac.

HS (hors-service !) enfin, c'est un peu l'état d'esprit dans lequel on est, juste avant la parution de ce premier numéro : entre les statuts débattus, la quête des droits d'auteurs à accomplir, les articles à lire, à relire et à surlire, et la mise en page à finir, c'est beaucoup de travail qui mobilise beaucoup de monde ! Alors évidemment, Hors-Sac recrute toujours, et le plein-emploi est loin d'être assuré dans l'asso (nous recherchons activement des plumes et relecteur·ices de toutes les disciplines, en particulier des linguistes, géologues, matheux·ses, historien·nes de l'art..., mais aussi des illustrateur·ices et influenceur·ices en herbe pour tenir notre compte Instagram !). Peu importe votre discipline ou votre niveau, vous êtes tous·tes bienvenu·es, et ça, on ne cessera jamais de vous le dire ! On a besoin de vos idées et de votre imagination pour avancer, et faire d'Hors-Sac un beau projet associatif, étudiant mais aussi humain non ?



@hors.sac



horssac@ens-lyon.fr

- 04 CHRONIQUE** Les sciences humaines sont-elles vraiment des sciences ?  
Max Weber, le père de la sociologie, à la rescousse des Journées Interfaces
- 06 CULTURE** Un air marin souffle sur Lyon grâce à l'exposition, « Étretat, par-delà les falaises »
- 07 CARTOTHÈQUE** Hoodmaps ou la ville des vrais gens

## DOSSIER **paradoxe . s**

- 10 GÉOGRAPHIE** Nos côtes sont fractales: le paradoxe du littoral
- 13 PHYSIQUE** Jouer avec le temps : le paradoxe des jumeaux
- 16 NEUROSCIENCES** Les effets paradoxaux du stress sur la mémoire
- 17 ECOLOGIE** Le paradoxe de la performance, à l'opposé de la robustesse du vivant
- 18 GÉOGRAPHIE** Le « double paradoxe » des programmes environnementaux REDD+
- 20 INFORMATIQUE** Le paradoxe d'une machine à tout faire : problèmes indécidables
- 22 HISTOIRE** La croisade contre les Sarrasins du Nord : les pays Baltes entre paradoxes passés et présents
- 24 LETTRES** "Qui sera le plus absolu, de l'amour, ou de la haine ?" : deux passions contraires dans les stances d'Alcionée de Pierre du Ryer

- 
- 27 HISTOIRE DE L'ART** Représenter le mal : le portrait du diable dans l'histoire de la peinture
  - 30 ACTUALISATION DES CLASSIQUES** Quand le libertinage nous parle consentement et viol



Lucas Gandroz-Fernandez, Philosophie

# Les sciences humaines sont-elles vraiment des sciences ? Max Weber à la rescousse des Journées Interfaces

Les dernières Journées Interfaces de décembre - des sessions d'activités destinées à la sensibilisation des normaliens primo-arrivants aux enjeux contemporains - ont créé la polémique. Au moment des échanges, une étudiante en lettres classiques a demandé : pourquoi ces conférences n'interrogent-elles jamais la place des sciences humaines dans le domaine de la recherche ? Pourquoi ces journées, qui promettaient un échange entre les sciences dites exactes et expérimentales et les sciences humaines, sont-elles marquées par une telle asymétrie dans les intervenants ?

Notre conception de la science est prisonnière d'une conception qui la réduit à la simple formulation de lois générales.

En effet, parmi les invités des quatre demi-journées qui se sont tenues en 2025, les sciences dites « dures » ont plus qu'été représentées : une biologiste - Elodie Verken, directrice de recherches à l'INRAE -, un chimiste - Jacob de Boer, chimiste de l'environnement et expert européen des PFAS - et un physicien - Pablo Jensen, directeur de recherches au CNRS -, offraient une palette plutôt complète. Du côté des sciences humaines, la représentation n'est réduite qu'à un champ d'expertise, la sociologie - la discipline la plus à même, semble-t-il, d'un dialogue avec les sciences physiques, chimiques et biologiques : Sophie Dubuisson-Quellier, directrice de recherche au CNRS, et Julien Barrier, maître de conférence en

sociologie à l'ENS de Lyon, ont porté, à bout de bras, les acquis de l'histoire, de l'économie, de la philosophie, de la géographie. C'est sans parler des départements de lettres modernes et classiques, des études théâtrales, cinématographiques ou en l'histoire de l'art, qui n'ont pas même leur mot à dire.

Comment expliquer une telle mise à l'écart ? Seroit-ce à dire qu'un dialogue entre « scientifiques » et « littéraires » est définitivement impossible ? Faut-il même y lire un déni de scientificité quant aux méthodes et aux travaux des sciences humaines ?

Si Max Weber nous parlait des Journées Interfaces

C'est un débat qui avait déjà opposé, au tournant du XXe siècle, Max Weber (1864-1920) économiste et sociologue allemand, à ses collègues. Notre conception de la science, explique-t-il dans son *Essai sur la théorie de la science* (1922), est prisonnière d'un « monisme naturaliste », une conception qui réduit la science à la simple formulation de lois générales. Tout se passe comme si la connaissance de ces lois était l'objectif ultime de la connaissance scientifique. Il n'est pas rare, en effet, au détour d'une discussion avec un physicien, d'entendre que les sciences humaines n'en seront jamais véritablement en cela qu'elles ne peuvent atteindre de connaissance nomologique.

Héritière de l'optimisme rationaliste du XVIIIe siècle, qui nourrissait le projet d'une connaissance purement objective, affranchie de toute présupposition subjective, ainsi que l'analyse Weber dans son *Essai sur l'objectivité* (1904), cette idéologie est à ce point devenue hégémonique qu'elle a longtemps

rendu - et rend parfois encore aujourd'hui - impossible de « donner au travail scientifique un autre sens que celui de la découverte des lois du devenir en général. » Si cette conception est largement battue en brèche par les organisateurs des Journées Interfaces, les étudiants en sciences humaines ne peuvent parfois s'empêcher de penser qu'elle continue d'agir, souterrainement.

Pourtant, Weber le martèle : il ne peut pas exister de « différence essentielle » - ce sont ses mots - entre les sciences de la nature et les sciences qu'il disait « de la culture ». Car, s'il nous est certes impossible à nous, sociologues, historiens, géographes - et ainsi de suite - d'établir des lois universelles et régulières quant au comportement des populations, au déroulement des événements ou à la composition du territoire, l'enjeu reste le même : il s'agit d'identifier des connexions causales, d'imputer des « conséquences concrètes à des causes concrètes ».

Dépasser la frontière entre sciences humaines et sciences exactes et expérimentales, c'est passer outre cette conception réductrice de la science, qui empêche de d'établir un dialogue. C'est refuser une hiérarchie entre des pratiques scientifiques certes différentes mais également légitimes. C'est ouvrir la possibilité de relations apaisées, dépassionnées entre les étudiants des sites Monod et Descartes.

Que répondrait donc Weber, s'il venait à renaître de ses cendres et à pénétrer dans l'amphithéâtre Mérieux, à cette étudiante en lettres classiques, révoltée par la sous-représentation des sciences humaines ? Que cette hégémonie des sciences dites « dures » les menace elles-mêmes. Faisant de la connaissance nomologique une fin en soi, elles en oublient leur propre faillibilité, c'est-à-dire leur impossibilité de rendre compte exhaustivement de tous les éléments qui ont contribué à produire un phénomène donné. De même qu'aucun historien ne pourra jamais prétendre avoir rendu compte sans reste de toutes les facettes

de l'événement ou de la période qu'il avait pris pour objet d'étude, de même le physicien doit reconnaître que la détermination de lois générales ne saurait épuiser la singularité des phénomènes observés, ni abolir la part irréductible d'incertitude, de contingence et d'interprétation qui accompagne toute entreprise scientifique.

Espérons que cette relecture webérienne des Journées Interfaces donne de nouvelles idées aux organisateurs, et déconstruise quelques préjugés qu'entretiennent, plus ou moins volontairement, certains « scientifiques » concernant le travail des « littéraires. » Ces journées, affirmons-le, doivent devenir un véritable moment de dialogue et de rencontre, à rebours de la déconsidération actuelle des sciences humaines dans le champ académique.



▲ Max Weber, défenseur de la scientificité des sciences humaines, aurait son mot à dire sur la place des sciences exactes et expérimentales aux Journées Interfaces.  
© Wikimedia Commons



# Un air marin souffle sur Lyon grâce à l'exposition, « Étretat, par-delà les falaises »

Victoria Paul, Philosophie

Face à ces températures hivernales, il est temps de se munir de manteaux d'hiver, de prendre le métro et d'explorer les expositions de Lyon. Et, à la bonne heure, le Musée des Beaux-Arts de Lyon organise une exposition exceptionnelle du 29 novembre 2025 au 1er mars 2026, intitulée « Étretat, par-delà les falaises ! ». Cette exposition relève un défi unique : regrouper près de 150 œuvres de musées d'Europe et des États-Unis autour d'un thème, celui du village normand d'Étretat. Eh non, le musée n'abandonne pas Lyon au profit d'un patriotisme normand, mais retrace en réalité comment un tel lieu a pu susciter une telle émulation artistique.

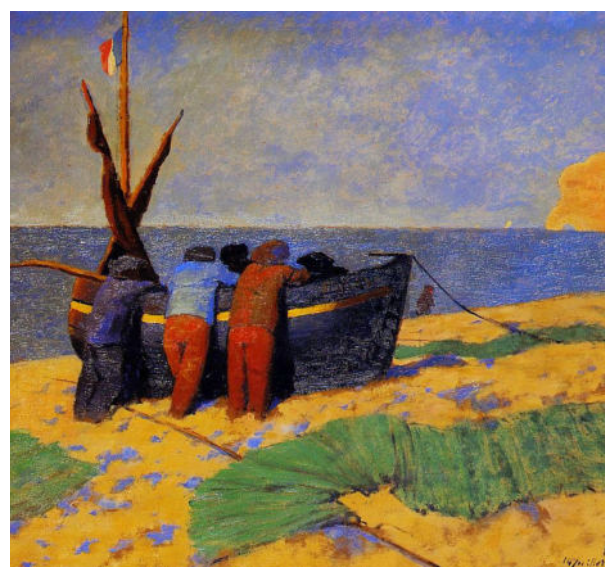
En effet, l'exposition retrace le parcours d'artistes majeurs qui ont représenté Étretat au fil du XIX<sup>ème</sup>, allant jusqu'à former une véritable communauté d'artistes, à l'image de l'école de Barbizon à Fontainebleau ou l'école de Pont-Aven en Bretagne. Que ce soit par ses étroites vallées creusées dans la falaise, sa plage de galets, ou encore ses trois arches qui s'ouvrent successivement, Étretat est devenu un terrain fertile de la création artistique dont témoigne la diversité des œuvres. Les parcourir, c'est explorer de manière originale comment un même paysage a pu être représenté par des artistes romantiques, impressionnistes ou encore réalistes, mais aussi par des médiums variés allant du tableau à l'huile à l'aquarelle peinte sur le vif, ou encore de la photographie aux croquis d'écrivains aussi célèbres que Victor Hugo. En somme, c'est voir comment ces paysages ont pu être travaillés par des artistes aussi importants que Camille Corot, Daubigny, Delacroix, Courbet, Monet, Maurice Denis, Gustave Caillebotte, Félix Vallotton, Georges Braque ou encore Matisse. En bref, par une grande partie des artistes clés du siècle !

En réponse à cette émulation artistique, Étretat, d'abord inconnu du public, acquiert une renommée mondiale et attire des touristes toujours plus nombreux. Mais victime de son succès, le site est aujourd'hui menacé par l'érosion des falaises à cause du réchauffement climatique et de la

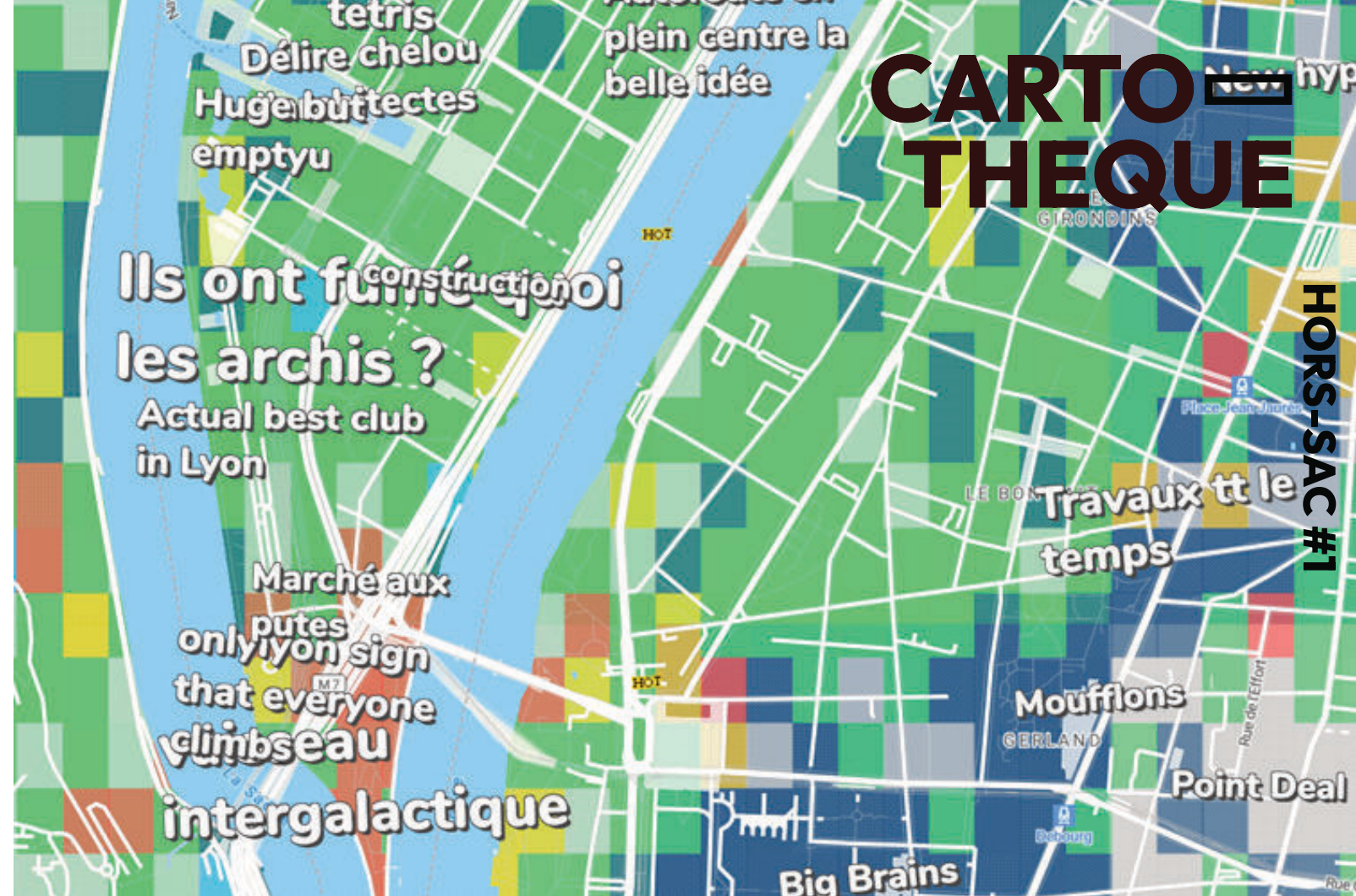
surfréquentation touristique. Ainsi, la vision kaléidoscopique des 150 œuvres du village nous livre un regard intime et touchant sur ses paysages, tout en interrogeant la création de son mythe.

Alors plus d'excuses, prenez votre carte TCL, le métro B et A depuis l'ENS, et découvrez l'exposition « Étretat, par-delà les falaises » !

▼ De haut en bas, extraits de Claude Monet, *Étretat, la Manneporte*, 1883, huile sur toile et Félix Vallotton, *Le 14 juillet à Étretat*, 1899, huile sur carton



## CARTO THEQUE



Numa Bachelier, Sociologie

## La ville des vrais gens ?

Les cartes ça fait longtemps que ça existe (genre plusieurs milliers d'années) et aujourd'hui, en particulier grâce à l'essor des outils numériques, on s'en sert pour à peu près n'importe quoi : pour représenter des infos super importantes, comme l'évolution des positions des soldats en Ukraine<sup>1</sup>, et pour des infos encore plus importantes, comme l'emplacement des WC publics au moment où leur besoin se fait sentir<sup>2</sup>. Et puis il y a des cartes qui donnent des infos un peu moins importantes, mais qui sont drôles, et pourtant ça ne les empêche pas d'être intéressantes. Parmi elles, il y a Hoodmaps<sup>3</sup>. Hoodmaps, c'est une application codée en direct sur Twitch par Pieter Levels en 2017<sup>4</sup>, et qui est rapidement devenue populaire sur Reddit. Elle permet à n'importe qui de colorier les quartiers des villes selon les personnes qui y habitent (employés, riches, touristes, hipsters, étudiants, normaux), de rajouter des toponymes et de voter pour ceux des autres pour qu'ils gagnent en visibilité. En fait, c'est une carte collaborative, comme il en existe des tas sur Internet aujourd'hui. Mais c'est aussi une carte sensible<sup>5</sup>, une carte qui s'éloigne des codes sémiologiques traditionnels pour ajouter des informations de l'ordre de l'émotionnel, du vécu, du sensoriel : en sont témoins les toponymes très divers qui renseignent sur des thèmes aussi variés que le vécu matériel («odeur de

pipi», «salut salut t'as 2 min ?», «talons aiguille à proscrire», «meilleur panorama»), l'architecture («escalier instagrammable», «ils ont fumé quoi les archis», «labyrinthe»), les habitants («la messe en latin», «skaters chiants», «bobos», «vieux riches», «chinatown», «punk à chien»), les dynamiques urbaines («gentrification in progress», «travaux tt le temps»), ... A mi-chemin entre la carte formelle (routes, cours d'eau, stations de métro issus d'une carte en ligne, carroyage coloré qui rappelle celui de l'INSEE) et informelle (une toponymie décalée dans son contenu, par sa police, son orientation, la hiérarchie des informations, ...), Hoodmaps permet à ses utilisateurs de se réapproprier l'espace par sa mise en carte et ses représentations, et en plus c'est fun. Pourtant, elle véhicule aussi de nombreux stéréotypes : au-delà des clichés volontairement affichés sur les quartiers, c'est aussi la carte d'une population située (plutôt jeune, au capital spatial sans doute supérieur à la moyenne, et davantage masculine), participant (inconsciemment) à reproduire des représentation de classe et de genre sur les espaces, que l'on valide en en riant. Sans compter que les utilisateurs sont quasi-exclusivement des urbains : Hoodmaps n'offre pas la possibilité de cartographier la plupart des villes moyennes. Mêmes funs, les cartes ne sont jamais neutres.

1 - LeMonde.fr publie une carte depuis 2022, mise à jour à partir des données de l'Institut pour l'Etude de la Guerre (ISW).

2 - Un jour ou l'autre, toilettespubliques.com vous sauvera la vie

3 - Foncez la découvrir sur hoodmaps.com

4 - Plus d'infos sur le processus de fabrication: <https://levels.io/hoodmaps/>

5 - Jean Benoit Bouron, 2023, « Carte sensible », Géoconfluences





## Un thème fédérateur

Le paradoxe, c'est certes ce qui pose contradiction, mais aussi, comme son étymologie l'indique, ce qui s'oppose au sens commun : du grec *para* (contre, à côté, au-delà) et *doxa* (opinion, présupposé). Ainsi, il est aisé de trouver dans la thématique de ce premier dossier un thème fédérateur pour toutes nos disciplines, et toutes les sciences en général : celui d'élaborer méthodiquement des connaissances pour dépasser nos préjugés sur le monde. Nos rédacteur·ices de tous horizons se sont ainsi attaché·es à l'une ou l'autre acception du paradoxe, un thème qui a aussi été choisi pour son côté aguicheur... Il fallait bien vous appâter pour ce premier numéro !

# DOSSIER

paradoxe.s



Marie Poisson-Quinton, Géographie

Nos côtes sont fractales : le paradoxe du littoral

1 - Benoît Mandelbrot, « How long is the coast of Britain ? Statistical self-similarity and fractional dimension », Science, vol. 156, 05 mai 1967, pp. 636-638.

2 - Affaire des pêcheries, Arrêt du 18 décembre 1951 : C. 1. J. Recueil 1951, p. 116.

Quelle longueur fait le littoral des Etats-Unis ? Si le Congressional Research Institute avance à la fois les chiffres de 19 929 km et de 46 821 km, la CIA propose de son côté une valeur d'environ 30 455 km. À l'autre extrême enfin, la National Oceanic and Atmospheric Administration obtient le chiffre beaucoup plus élevé de 153 646 km.

Vous avez devant vos yeux ébahis le paradoxe du littoral, ou *coastline paradox*. Très simplement, la longueur d'un littoral dépend de l'unité de mesure utilisée : plus on mesure finement, plus la longueur du littoral sera grande, sans aucune limite théorique. Le paradoxe revient donc chaque fois qu'on augmente la précision de mesure. Dans notre cas, il est alors impossible de trouver la vraie longueur des littoraux américains, puisqu'elle est infinie.

Ce paradoxe est pour la première fois découvert dans les années 1950 par le mathématicien britannique Lewis Fry Richardson. En menant des recherches sur les conflits armés, Richardson souhaitait en effet déterminer si la longueur d'une frontière commune entre deux pays pouvait avoir une incidence sur la probabilité qu'ils entrent en guerre. C'est ainsi qu'il remarque que des pays voisins peuvent avoir des données très différentes sur la longueur de leur frontière commune : l'Espagne et le Portugal, en l'occurrence, affirmaient que leur frontière commune était de 987 contre 1 213 km de long. Richardson découvrit alors que plus l'unité de

mesure était petite, plus la longueur mesurée de la frontière augmentait : ainsi apparut *l'effet Richardson*, autre nom du paradoxe du littoral.

Ce paradoxe naît en réalité de la propriété fractale des lignes naturelles. Pour rappel, une figure fractale est un objet mathématique dont la structure se répète à toutes les échelles. Ainsi, les flocons de neige, les poupées russes et le chou romanesco sont autant d'objets fractals qui possèdent des structures similaires à toutes les échelles. La géométrie fractale apparaît d'ailleurs grâce à la compréhension mathématique du paradoxe du littoral par Benoît Mandelbrot, en 1967<sup>1</sup>. En effet, Mandelbrot constate que tout littoral peut se mesurer mathématiquement selon sa dimension fractale *D*,

comprise entre 1 et 2. De fait, plus la côte est accidentée et dentelée, plus cette valeur se rapproche de 2. En France par exemple, la dimension fractale de la côte de la Bretagne est de 1,40, alors que celle du littoral aquitain n'est que de 1,02. Pas étonnant quand on voit à quel point la première est morcelée, tandis que la seconde a un profil plutôt longiligne !

En outre, la longueur du linéaire côtier dépend tout simplement des acteurs qui l'ont mesuré et des outils qu'ils ont utilisés à cette fin. La mesure et ses résultats dépendent des choix qui sont faits au préalable : le choix du zéro, c'est-à-dire le niveau de référence à partir duquel on mesure des hauteurs ou des profondeurs, ainsi que la prise en compte ou non des marées, des îles et des estuaires.

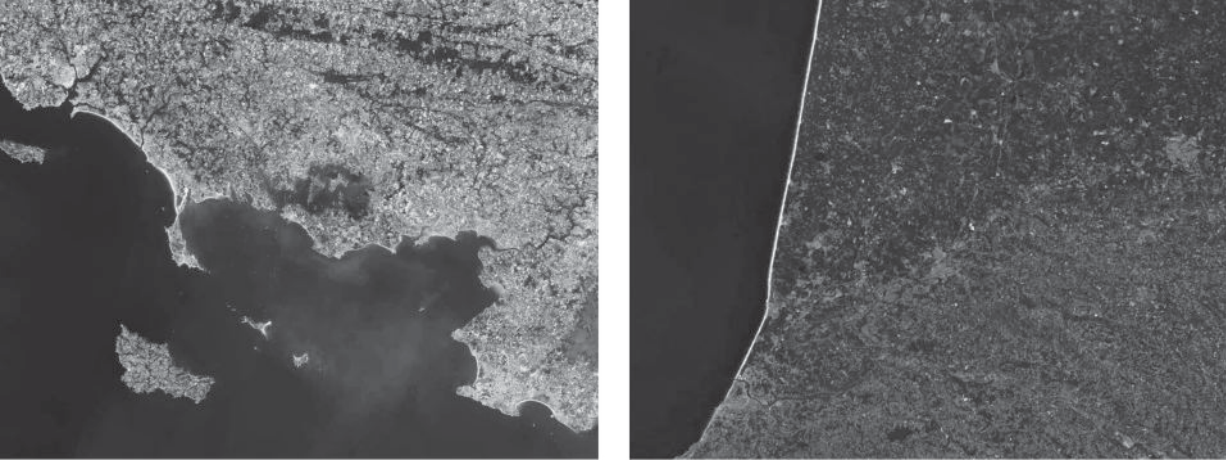
Plus on mesure finement, plus la longueur du littoral sera grande, sans aucune limite théorique !

Pour autant, le paradoxe ne disparaît pas en tant que tel, ce qui peut provoquer des litiges frontaliers et donc géopolitiques. Prenons le cas du conflit entre le Royaume-Uni et la Norvège dans les années 1930. La Norvège possède une des côtes les plus fractales du monde en raison de ses nombreux fjords, ses îlots et ses indentations (échancrures). Ainsi, la mesure du littoral peut passer d'environ 2 500 km à plus de 25 000 km en comptant les fjords, et à 100 000 km si l'on compte tous les îlots : une belle différence !

Or en droit international, la délimitation des zones maritimes dépend du trait de côte, c'est-à-dire la limite entre la terre et la mer. En 1935, la Norvège décide donc d'ignorer sa micro-géographie et de tracer des « lignes de base droites » entre les points les plus avancés de sa côte, afin d'englober de grandes portions de mer intérieure et de mieux protéger ses réserves halieutiques contre les pêcheurs anglais. Précisons qu'une ligne de base représente la limite géographique, pour un État côtier, qui sépare son domaine émergé du domaine maritime. Dans le cas de côtes profondément découpées ou bordées d'îlots, des lignes de base droites peuvent être préférées, pour simplifier et ne pas devoir suivre un trait de côte très complexe et échancré. Dans le cas français, cela

revient à tracer une droite entre la pointe de la Bretagne et le Pays Basque, sans suivre le contour des littoraux et en englobant une grande partie de la mer. Les lignes de base droites sont donc une solution juridique à un problème fractal : une sorte de lissage administratif et juridique. Dans la première moitié du XXe siècle, les chalutiers britanniques furent de plus en plus souvent arrêtés et condamnés par les autorités norvégiennes pour avoir pêché dans des zones maritimes qui relevaient désormais du territoire national norvégien. Suite à ces incidents répétés et à l'échec de négociations diplomatiques, le Royaume-Uni saisit en 1949 la Cour internationale de justice pour contester la méthode norvégienne. Pourtant, le 18 décembre 1951, la Cour reconnaît que la méthode des lignes de base droites utilisée par la Norvège n'est pas contraire au droit international<sup>2</sup>. Cette décision marque un événement majeur, puisqu'elle officialise le lissage d'un littoral fractal et montre que le droit doit trancher là où les mathématiques ne le peuvent. Évidemment, bien que le recours à des lignes de base droites soit autorisé dans des conditions géographiques exceptionnelles, la majorité des Etats vont ensuite reprendre cette méthode pour grignoter le plus de souveraineté maritime possible !

▼ Littoraux breton et landais  
CNES, contient des informations © Copernicus Sentinel 2021, tous droits réservés





3 - B. Sapoval, A. Baldassarri, A. Gabrielli. Self-stabilised fractality of sea-coasts through damped erosion, 2021

Ainsi, le paradoxe du littoral continue d'exister, mais les institutions apprennent à vivre avec. De nombreux organismes comme l'IGN, l'USGS, l'OSM et l'ONU cherchent par exemple à fixer une échelle de référence, notamment au 1:25 000e (1 cm sur une carte = 25000 cm sur le terrain). Ce-faisant, on ne vise plus une valeur exacte, vraie, mais conventionnelle et comparable d'une année à l'autre. Pourtant, la forme fractale des côtes se recompose sans cesse, car elle résulte de l'action des vagues et de l'érosion. A cette occasion, notons que les vagues attaquent la côte de manière sélective. Le physicien Bernard Sapoval montre en effet que les zones exposées protègent les zones abritées en absorbant l'énergie des vagues<sup>3</sup>. Au fil du temps, les caps reculent mais les baies persistent : la côte reste donc irrégulière mais stable statistiquement, créant un équilibre fractal auto-organisé. Même avec des vagues aléatoires, la côte évolue ainsi vers une forme fractale stable.

Voilà donc le paradoxe du littoral, qui influence hier et aujourd'hui encore nos politiques et nos champs de connaissances. Vous saurez désormais quel est le point commun entre les mathématiques, la Norvège et le chou romanesco ;)

► L'archipel des Lofoten (Norvège) et ses nombreuses indenations. CNES, contient des informations © Copernicus Sentinel 2021, tous droits réservés

Bibliographie

Davina Brunot, « Le paradoxe du littoral », *VisionNAge(s)*, 14 octobre 2021  
Marie Redon, *Géopolitique des îles*. Le Cavalier Bleu, 2021  
B. Sapoval, A. Baldassarri, A. Gabrielli. *Self-stabilised fractality of sea-coasts through damped erosion*, 2021

Martin Guerin, Physique

Jouer avec le temps : le paradoxe des jumeaux

Le film *Interstellar* met en scène l'astronaute Joseph Cooper et son équipage, partis en voyage interstellaire afin d'explorer un nouveau système planétaire et d'y trouver une planète habitable. Contraint d'abandonner sa famille, il promet cependant à sa fille qu'ils se retrouveront et que, ce jour-là, ils auront peut-être le même âge. Mais comment Matthew McConaughey peut-il faire une promesse aussi absurde et irréalisable en apparence ? Grâce à la relativité restreinte et au « paradoxe » des jumeaux<sup>1</sup>.

COOPER  
“When I’m in hyper-sleep, or travel near the speed of light, or near a black hole, time will change for me. It’ll run more slowly. When I get back we’ll compare.”

MURPH  
“Time will run differently for us?”

COOPER  
“Yup. By the time I get back we might even be the same age. You and me. Imagine that ...”

▲ Jonathan Nolan and Christopher Nolan. *INTERSTELLAR*. 2014, Script

Le « paradoxe » des jumeaux provient d'une idée d'Albert Einstein en 1911, bien qu'il ait historiquement été attribué à Paul Langevin. L'expérience de pensée d'Einstein peut être reformulée de la façon suivante : si un être vivant effectue un voyage interstellaire à une vitesse proche de celle de la lumière, alors, à son retour sur Terre, il n'aura que peu vieilli par rapport à ceux restés sur place. C'est l'idée du « paradoxe » des jumeaux. Bien que d'apparence contre-intuitive, Einstein présente cette expérience de pensée comme une simple conséquence de la relativité restreinte, et non comme un paradoxe. Il est d'ailleurs important de comprendre que ce phénomène n'est pas d'ordre biologique. Si chaque organisme était doté d'un chronomètre synchronisé au moment du départ, alors, lorsque l'on comparerait les deux chronomètres au retour de l'organisme voyageur, son chronomètre aurait décompté moins de temps que celui de l'organisme resté sur Terre. Ainsi, ce ne sont pas les secondes qui s'allongent, les deux chronomètres en auraient simplement compté un nombre différent. De cette expérience naîtront alors de nombreuses controverses dans le monde scientifique portant sur la nature de la différence d'âge des jumeaux et sur le fait de savoir si la relativité restreinte permet effectivement de l'expliquer.

1 - Il faut noter que dans *Interstellar*, deux phénomènes déforment l'écoulement du temps : la grande vitesse du vaisseau de Cooper, proche de celle de la lumière, et la gravitation, particulièrement aux abords des trous noirs où l'espace-temps est intensément déformé. Dans cet article, nous allons nous concentrer uniquement sur l'effet dû au mouvement à grande vitesse, décrit par la relativité restreinte, indépendamment des effets gravitationnels. Pour prendre en compte la gravitation, il faut appeler notre ami Einstein et la fameuse relativité générale.



2 - Il est à noter que la notion de référentiel est relative : un référentiel est lié à une personne ou à un objet. Deux référentiels peuvent alors être en mouvement l'un par rapport à l'autre. C'est le cas dans l'expérience de pensée des jumeaux : le premier jumeau est sur Terre et possède sa propre horloge et donc son propre référentiel, l'autre est dans la fusée et possède également sa propre horloge et donc son propre référentiel qui est en mouvement par rapport à celui du jumeau terrestre.

3 - Un référentiel est inertiel si, dans celui-ci, un objet qui ne subit aucune force se déplace en ligne droite à vitesse constante.

4 - Le temps propre d'un objet est le temps mesuré dans le référentiel où il est au repos, immobile par rapport à l'horloge. C'est le temps mesuré le long de la trajectoire de l'objet dans l'espace-temps.

5 - Il est à noter que l'on fait sans s'en rendre compte une hypothèse importante, appelée hypothèse de l'horloge. Celle-ci suppose que les horloges enregistrent effectivement le temps propre, ce qui n'est pas évident à première vue. Cette hypothèse sera d'ailleurs à l'origine de nombreuses polémiques.

La relativité restreinte s'appuie sur l'unification de l'espace et du temps en un objet appelé espace-temps. Chaque point de l'espace-temps est appelé événement : un événement se produit à un instant  $t$  et à un endroit donné. Par exemple, le décollage d'une fusée à 14 h à Cap Canaveral est un événement : il a lieu à un endroit précis et à un moment précis. Afin de repérer la position d'un événement, on peut tracer une grille imaginaire sur le sol, comme sur un plateau d'échecs. Par exemple, on pourrait dire que le décollage de la fusée a eu lieu sur la case a4 de la grille. Pour repérer l'instant où s'est produit l'événement, on peut doter chaque case de la grille d'une horloge, qui indique l'heure à cet endroit. On parle alors de référentiel<sup>2</sup>. Parmi ces référentiels, il en existe des particuliers, appelés référentiels inertiels<sup>3</sup>. Une propriété des référentiels inertiels est que, lorsqu'on change de référentiel inertiel, les lois de la physique ne changent pas, c'est-à-dire qu'elles s'expriment de la même manière mathématiquement. En particulier, un des postulats de la relativité restreinte est que la vitesse de la lumière  $y$  a la même valeur : c'est une notion absolue. Ce postulat est à l'origine de la relativité des temps et des longueurs et des effets relativistes d'apparence contre-intuitive : la "dilatation du temps", la contraction des longueurs et la perte de la notion de simultanéité.

En relativité restreinte, le temps n'est donc plus absolu mais relatif, puisqu'il dépend du référentiel. Les deux jumeaux sont situés dans deux référentiels

différents, respectivement le référentiel de la Terre et celui de la fusée. Le jumeau resté sur Terre peut alors dire que, dans son référentiel, le jumeau voyageur est revenu au bout de 3 ans alors que celui de la fusée peut affirmer que, dans son référentiel, son voyage a duré 2 ans. Et ils auraient tous les deux raison, chacun de son point de vue ! Le voyage n'a pas deux durées différentes, le temps de voyage est simplement compté dans deux référentiels différents, c'est-à-dire selon deux points de vue différents, avant que les horloges ne soient réunies. En relativité restreinte, cela n'a pas de sens de comparer des temps tant que les horloges n'ont pas été réunies. Quand bien même, afin de mesurer le temps pendant le voyage, on peut définir la notion de temps propre<sup>4</sup>. Par exemple, si je me chronomètre au 100 mètres en disant que j'ai fait 10 secondes, mon temps propre pour faire les 100 mètres est de 10 secondes. Cela correspond bien à mon temps propre car je suis immobile par rapport à mon horloge<sup>5</sup>. Autrement dit, le temps propre correspond toujours au temps vécu par la personne, quel que soit le point de vue extérieur. Un observateur extérieur se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière pourrait affirmer en ayant raison que, de son point de vue, j'ai fait 12 secondes au 100 mètres. Les 12 secondes mesurées par l'observateur en mouvement ne correspondent pas à mon temps propre car du point de vue de l'horloge, c'est-à-dire du sien, je ne suis pas immobile.

La situation est similaire pour les jumeaux. Chacun mesure son temps propre et, une fois qu'ils se réunissent, ils remarquent qu'ils ont mesuré des temps propres différents : celui sur Terre mesure 3 ans entre leur séparation et leurs retrouvailles, et celui de la fusée mesure seulement 2 ans. Mais cela n'a rien de paradoxal, car ils n'ont pas emprunté le même

chemin dans l'espace-temps ! Imaginez que vous voulez rejoindre Paris depuis Lyon en train. Vous pourriez prendre une ligne TGV directe, ou bien faire Lyon-Barcelone et Barcelone-Paris. Dans ce cas-là, le trajet direct Lyon-Paris est plus court que Lyon-Barcelone-Paris. Si la distance est plus grande, ce n'est pas parce que les kilomètres s'allongent, mais simplement parce que ce n'est pas le même chemin. De même, ce ne sont pas les secondes qui s'allongent mais le nombre de secondes qui est différent sur chaque chemin dans l'espace-temps.

Si un être vivant effectue un voyage interstellaire à une vitesse proche de celle de la lumière, alors, à son retour sur Terre, il n'aura que peu vieilli par rapport à ceux restés sur place.

Mais alors, d'où vient le « paradoxe » ? Il vient du fait que la situation est symétrique entre les jumeaux. Du point de vue du jumeau resté sur Terre, c'est le jumeau voyageur qui s'éloigne et qui revient, et qui est donc plus jeune. Alors que, pour le jumeau dans la fusée, c'est le jumeau sur Terre qui s'éloigne et qui revient, et qui est donc plus jeune. Du point de vue de l'un, c'est l'autre le plus jeune, et inversement ! Là est le « paradoxe ». En réalité, la situation n'est pas tout à fait symétrique car le jumeau voyageur doit faire demi-tour pour revenir. C'est donc ce demi-tour qui permet d'expliquer que c'est effectivement le jumeau de la fusée qui est plus jeune à l'arrivée.

Le « paradoxe » des jumeaux a été vérifié expérimentalement par Hafele et Keating en 1971. Pour ce faire, ils effectuèrent deux vols équatoriaux de plus de 40 h chacun (sans compter les escales), un vers l'est et un vers l'ouest. Durant ces deux périple, ils étaient accompagnés de Mr. Clock, 4 horloges atomiques synchronisées entre elles et avec des horloges restées sur Terre au moment du départ<sup>6</sup>. C'est en 1972, dans leur article « Around-the-World Atomic Clocks: Predicted Relativistic Time Gains »,

que Hafele et Keating concluront sur la validité de l'hypothèse de l'horloge et apporteront une preuve expérimentale au « paradoxe » des jumeaux. Ils mesurèrent, roulement de tambour... 60 nanosecondes de retard pour les horloges qui volèrent vers l'Est et 300 nanosecondes d'avance pour celles parties vers l'Ouest<sup>7</sup> !

Vous saurez maintenant que si vous êtes en retard, votre meilleure option est de courir très très vite vers l'Ouest, en espérant que votre montre soit suffisamment en avance à votre arrivée !

Bibliographie :

Pierre Spagnou, *L'expérience cruciale de Hafele et Keating*. 2018, pp.1-27. hal-05253417

David Louapre, « Le paradoxe des jumeaux ». 5 mars 2020, blog *Science Etonnante*.

Paul Langevin, *L'Évolution de l'espace et du temps*, 1911



▲ Les physiciens Hafele et Keating à bord de l'avion où ils ont réalisé l'expérience grandeur nature, *Time Magazine*, 1971

◀ Illustration réalisée par Ron and Joe, [www.ronandjoe.com](http://www.ronandjoe.com) © Shutterstock

6 - La différenciation Est/Ouest permet de prendre en compte la rotation de la Terre : lors d'un vol vers l'Est, les horloges embarquées accumulent du retard à l'arrivée par rapport à celles restées au sol, alors qu'en voyageant vers l'Ouest, elles prennent de l'avance.

7 - Il est à noter que ces mesures combinent des effets de relativité restreinte (liés à la vitesse des avions) et de relativité générale (liés au champ de pesanteur terrestre). Une formule théorique pour les écarts de temps peut être trouvée dans *L'expérience cruciale de Hafele et Keating* de Pierre Spagnou (2018).



Manon Semirat, Biologie

## Les effets paradoxaux du stress sur la mémoire

On a tous connu ce stress, la veille d'un examen ou d'un concours, qui booste toutes nos capacités. Tout d'un coup, on comprend vite et on révise mieux les vingt-quatre heures précédant ledit examen que toute la semaine passée. Cependant, certains ont aussi expérimenté de longues périodes de stress dues à un environnement scolaire désagréable, à un problème d'amitié ou d'amour qui dure. Les jours passent, le stress s'installe, et il devient de plus en plus compliqué de rester concentré. Comment expliquer que l'hormone du stress, appelée glucocorticoïdes, ait des effets si différents sur la mémoire ? Dans le premier cas, il améliore l'apprentissage lié à un événement stressant. Dans le second cas, il peut l'altérer durablement. Les neurosciences ont proposé un modèle pour expliquer ce paradoxe<sup>1</sup>.

Pour comprendre ce modèle, il faut revenir aux bases du fonctionnement du cerveau. Toutes nos capacités cognitives reposent sur les neurones, les cellules de notre cerveau qui communiquent entre elles en réseaux. Ces connexions sont aussi appelées « synapses ». Lorsque les neurones interagissent, ils s'envoient une information électrique, qui est traduite en information chimique au niveau de la fente synaptique. La fente synaptique est un très petit espace entre deux neurones, d'environ 10 nanomètres (0.0000001 mètres !). L'information chimique transférée, ce sont les neurotransmetteurs. Vous avez certainement déjà entendu parler de la dopamine ou de la sérotonine ? Ce sont des neurotransmetteurs ! Et c'est à ce moment qu'ils entrent en jeu. Ils sont sécrétés par un neurone 1, libérés dans la fente synaptique, et se fixent sur des récepteurs d'un neurone 2.

Lorsque l'on apprend quelque chose de nouveau, une nouvelle connexion peut se former entre deux neurones. Cela arrive surtout dans l'hippocampe, qui est la zone principale du cerveau dans laquelle on stocke la mémoire. Lorsque les connexions synaptiques se consolident et deviennent durables, l'information est réellement retenue dans le cerveau.

Comment le stress module-t-il ce mécanisme ? Les glucocorticoïdes (généralement connus comme étant le cortisol) agissent au niveau des fentes synaptiques, comme les neurotransmetteurs. Ils se fixent aux récepteurs minéralocorticoïdes (MR) et aux récepteurs glucocorticoïdes (GR) des neurones de l'hippocampe.

L'étude de ces récepteurs permet de proposer une explication au paradoxe de l'effet du stress sur la mémoire. D'une part, ces deux récepteurs ont des effets opposés sur la formation de la mémoire. Les MR facilitent la communication entre deux neurones. Ils renforcent la connexion à travers les synapses. En revanche, les GR peuvent avoir un effet inverse, et rendent plus difficile la connexion entre deux neurones. D'autre part, les glucocorticoïdes présentent une affinité très forte pour les MR, et une faible pour les GR. Ainsi, dans les premiers temps d'un événement stressant, le cortisol se fixe préférentiellement aux MR, ce qui favorise la communication entre les neurones de l'hippocampe. Cela a pour effet de faciliter l'apprentissage et la mémoire. Lors d'un grand temps d'exposition au stress, les MR sont saturés. Le cortisol se fixe alors aux GR. Dans ce cas, on observe l'effet inverse, et l'apprentissage est plus compliqué.

En bref, une courte période de stress active des récepteurs neuronaux qui facilitent les connexions neuronales donc facilitent la formation de la mémoire, quant au contraire une longue période de stress active des récepteurs à l'effet inverse, qui rendent plus difficiles ces connexions et l'apprentissage.

Charlotte Rebuffat, Géologie

## Le paradoxe de la performance, à l'opposé de la robustesse du vivant

Une société fondée sur l'optimisation et la performance

Que pensez-vous de la performance ? Il lui est d'ordinaire associé une connotation positive. Si l'on définit celle-ci comme une réalisation efficace, efficiente, et utilisant le moins de moyens possibles, elle est ainsi omniprésente dans notre société. Tout dans la société actuelle traduit un besoin d'optimisation : de nos trajets quotidiens à l'urbanisme des villes, en passant par l'agriculture intensive. De fait, on constate depuis 1950 une intensification de l'optimisation dans tous les domaines socio-économiques<sup>1</sup>.

Or, il existe selon Olivier Hamant, auteur de *La Troisième voie du Vivant*<sup>2</sup>, et dont la thèse va être expliquée aujourd'hui, une forme de violence dans toute performance poussée à l'extrême, comme un sportif de haut niveau qui malmènerait son corps. Mais on retrouve aussi cette violence dans notre société, traduite à la fois par des pressions sur notre environnement et par des inégalités systémiques sur une partie de la population. La preuve en sont les trajectoires exponentielles suivies par l'humanité en termes de dérèglement climatique. L'utilisation des ressources ne cesse d'augmenter depuis 1950, notamment celle des terres rares dont l'industrie dépend complètement et dont le coût d'extraction ne cessera d'augmenter<sup>3 & 4</sup>.

Les trois voies envisagées pour réagir face au dérèglement climatique

À l'heure actuelle, deux voies sont envisagées en réponse au dérèglement climatique. La première répète le schéma sociétal actuel : répondre par plus de performance, c'est-à-dire traiter les problèmes de surface plutôt que l'implication anthropique dans le dérèglement. La deuxième, la décroissance, prône une réduction du productivisme et rejette la poursuite de la croissance économique comme objectif des politiques publiques<sup>5</sup>. Mais une autre voie possible, évoquée dans *La Troisième Voie du Vivant*, propose de s'inspirer de la vie pour s'adapter aux fluctuations à venir, inhérentes au changement climatique<sup>2</sup>.

La robustesse du vivant

On en apprend beaucoup en observant le vivant. Voici quelques conclusions que l'on peut en tirer et qui expliquent en partie sa robustesse, c'est-à-dire sa capacité à rester stable et viable dans les fluctuations.

- Le vivant est circulaire : tous les cycles biogéochimiques suivent le principe du « Rien ne se perd, tout se transforme ». Des enseignements à étudier lorsque l'on pense à l'obsolescence programmée et aux gaspillages.

- Les êtres vivants coopèrent, comme les arbres qui se transmettent des signaux et des nutriments. Le vivant opère plus d'interactions que d'extractions. Il n'est pas optimisé. Au contraire, il est rempli de contradictions.

- Le vivant est parcouru d'hétérogénéité, de redondance, de lenteur. C'est ici qu'on identifie un second paradoxe : ce sont l'ensemble de ces apparentes « faiblesses » qui rendent le système robuste.

Initiatives de collaboration et de robustesse dans la société

On observe depuis une quinzaine d'années de plus en plus d'initiatives, notamment provenant des marges sociales et des milieux les plus pauvres, qui se tournent vers d'autres modes de fonctionnement que celui de la performance. Parmi ces initiatives, on compte de plus en plus de modèles coopératifs fondés sur l'entraide et le partage : les systèmes de vélos en libre-service, les ateliers de réparation partagés, les entreprises coopératives, etc. L'agroécologie, qui consiste à s'appuyer sur les régulations et mécanismes naturels pour développer une agriculture durable, est de plus en plus prise au sérieux.

Bien sûr, tout ceci n'est que le début. Selon Olivier Hamant, il conviendrait de redéfinir notre modèle économique, politique et social, pour le bien de notre planète, mais aussi de notre société. Cette transition, qui a déjà commencé, est possible...

1 - Steffen et al., « The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature », *Ambio*, 2007

2 - Olivier Hamant, *La Troisième Voie du vivant*, Odile Jacob, 2022

3 - Timothée Parrique, *Ralentir ou périr, l'économie de la décroissance*, Seuil, 2022

4 - Note de position sur la criticité des métaux pour l'économie française, BRGM

5 - Lusty et al., « Challenges to global mineral resource security and options for future supply », *Geological Society London Special Publications*, 2015

1 - Cet article est inspiré de Krugers et al., *Stress hormones and AMPA receptor trafficking in synaptic plasticity and memory*. Nat Rev Neurosci, 2010



Clara Migozzi, Géographie

## Le « double paradoxe » des programmes environnementaux REDD+

« Paradoxaux », les programmes visant à réduire le changement climatique par des outils financiers ont souvent été critiqués pour leurs effets pervers, à l'image des programmes REDD+ (Réduction des Émissions de gaz à effet de serre dues à la Déforestation et à la Dégénération des forêts). Mis en place par l'ONU en 2008, ces programmes devaient permettre de réduire la déforestation en arrêtant les activités d'exploitation forestières. Le programme concerne les forêts tropicales et est mis en œuvre en Amérique du Sud, en Afrique et en Asie du Sud-est. Pour compenser la perte financière liée à l'arrêt de l'exploitation des forêts, est mis en place un système de « crédits carbone ». Ces derniers sont des actifs financiers produits par les programmes environnementaux tels que REDD+ et correspondent à une tonne de CO<sub>2</sub> « capturée » par les forêts non exploitées. Ils sont achetés par les entreprises ou pays pollueurs afin de compenser numériquement leurs émissions de GES. De telle sorte, les revenus engendrés par la vente des crédits carbone compensent pour les populations locales les pertes financières induites par la mise en place d'un programme de conservation. De plus, les programmes de crédit-carbone doivent contrebalancer la perte d'emploi pour les communautés

locales par la création de nouveaux postes de gestionnaires forestiers et de techniciens du programme. REDD+ devait ainsi allier réduction de la déforestation et justice sociale accrue, impliquant les communautés dans la mise en place des projets à l'échelle locale. Or, depuis sa mise en œuvre, de nombreux paradoxes ont été mis au jour par la communauté scientifique. Nous explorerons ici la notion de « double paradoxe » développée par la chercheuse Emma Jane Lord (2025) à propos des projets REDD+ en Tanzanie. Celle-ci nous permettra de comprendre les dynamiques inégalitaires associées à ces programmes, originellement destinés à une transition environnementale socialement juste.

Un premier paradoxe concerne la dimension proprement technique des projets. En effet, si ces derniers avaient pour ambition d'inclure équitablement les populations locales dans la gestion des forêts, les exigences techniques liées à REDD+ (mesure du carbone émis, réalisation d'inventaires forestier) ont abouti à une professionnalisation du secteur forestier. Ces impératifs techniques favorisent en effet les élites locales, puisque ces dernières sont les seules à répondre aux exigences techniques liées aux postes de gestionnaires forestiers, auxquels sont alloués la plus grande partie des financements REDD+ (Chomba et al., 2016). Paradoxalement donc, les financements et les bénéfices du programme sont en majorité dirigés vers les élites qui occupent les postes techniques, et non vers les usagers des terres forestières qui sont pourtant ceux qui ont cessé leurs activités d'exploitation dans le cadre de REDD+ (Lord, 2025). Dans le cas du projet

REDD+ du corridor Kasigau au Kenya, les bénéfices liés à la vente du carbone séquestré dans les forêts ont été répartis de manière très inégalitaire, puisque 53% des revenus ont permis le financement des coûts de fonctionnement du projet, quand seulement 14% ont été redistribués aux communautés locales, ce qui correspond à 5 à 8 dollars par an et par foyer (Chomba et al., 2016).

La nature paradoxale des programmes REDD+ se traduit également dans les domaines économique et politique, qui constituent le second paradoxe identifié par Emma Jane Lord. En effet, les compensations financières contribuent à l'augmentation de la valeur du foncier forestier, qui devient une cible d'investissement à la fois pour les investisseurs privés et pour les gouvernements. Ces derniers peuvent y voir une rente possible, en particulier lorsque les projets REDD+ se situent sur des terres dont le statut foncier est incertain ou propriété de l'État concédée de façon coutumière à des communautés, comme c'est le cas en Tanzanie. Lord souligne que ces incitations financières peuvent conduire à une perte de pouvoir politique pour les assemblées des communautés locales, au profit des agences gouvernementales. Ainsi en 2013, la tentative de création par le gouvernement tanzanien d'un statut de LAFR (Local Authority Forest Reserve) pour la forêt de Masito visait à placer cette dernière

sous le contrôle de l'État et à retirer les bénéfices monétaires liés aux paiements REDD+, excluant de fait les communautés locales de la prise de décision. Alors que les programmes REDD+ placent l'empouvoirement des populations locales au cœur de son fonctionnement, des dynamiques de dépossession foncière et politique émergent donc paradoxalement.

Ainsi, les projets REDD+ reposent sur un « double paradoxe » : le caractère techno-centré du programme et le mécanisme de marché sur lequel est fondé son fonctionnement ont pu susciter des incitations perverses et des prises de pouvoirs inévitables de la part des élites locales, des investisseurs privés ou encore des gouvernements centraux, aboutissant à des résultats très éloignés des objectifs initiaux.

### Bibliographie indicative

Chomba, S., Kariuki, J., Lund, J. F., & Sinclair, F. (2016). « Roots of inequity: How the implementation of REDD+ reinforces past injustices. » *Land Use Policy*, 50, 202–213.

Lord, E. J. (2025). « Fragmenting forest governance: Land tenure and the REDD+ paradox in Kigoma pilot project, Tanzania. » *Political Geography*, 116, Article 103234.

**Il y a des dynamiques inégalitaires associées à ces programmes, originellement destinés à une transition environnementale socialement juste.**



Forêt tropicale cultivée, mxwegele, 2020



Bruno Monasson & Zacharie Dillmann, Informatique

## Le paradoxe d'une machine à tout faire : problèmes indécidables

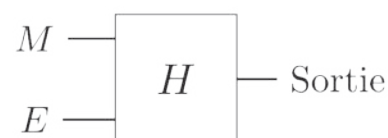
Le XXIème siècle semble marquer l'avènement des ordinateurs et systèmes intelligents dans la vie quotidienne. Il est alors légitime de se demander jusqu'où ces machines pourront évoluer. Bientôt seront-elles capables de tout faire ?

Une machine, en informatique, c'est simplement une boîte qui prend une entrée et renvoie une sortie. Quelques exemples :

- une calculatrice prend en entrée une opération comme "3x5" et renvoie en sortie le résultat, ici "15"
- un piano prend en entrée la touche pressée et joue la note correspondante
- votre chatbot préféré prend en entrée une requête et renvoie en sortie une réponse

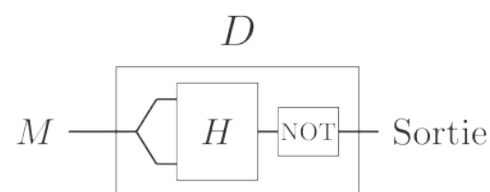
Cependant les machines ne sont pas magiques : elles exécutent des instructions prédéfinies. Si une machine est mal conçue, elle peut se bloquer dans un cycle infini comme un disque rayé. C'est le cas lorsqu'on essaye de diviser par 0 sur une vieille calculatrice ou si une machine comporte des bugs. On dit que la machine se bloque sur une entrée.

On voudrait bien détecter ces problèmes pour les éviter. Ce serait pratique s'il existait une machine qui détecte automatiquement si une autre machine va se bloquer. Formellement, on se demande donc s'il existe une machine  $H$  qui prend deux entrées : une machine  $M$  et une potentielle entrée  $E$ .  $H$  renvoie "bloqué" si la machine  $M$  se bloque sur l'entrée  $E$ , et "non bloqué" sinon. Par exemple, si on donne en entrée de  $H$  la calculatrice et le calcul "1/0", la machine renverra "bloqué" en sortie.



Supposons, quitte à se tromper, que cette machine existe. Nous allons construire une machine  $D$  à partir de  $H$  qui fonctionne de la manière suivante:

1.  $D$  prend une machine  $M$  en entrée
2.  $D$  exécute la machine  $H$  avec comme entrées  $M$  et  $M$  (une fois pour la machine et une fois pour l'entrée potentielle)
3. Puis:
  - Si le résultat de  $H$  est "bloqué",  $D$  renvoie "ok"
  - Si  $H$  renvoie en sortie "non bloqué",  $D$  se bloque (en comptant jusqu'à l'infini par exemple)



Regardons ce qui se passe si on exécute  $D$  avec comme entrée ... la machine  $D$  elle-même !  $D$  va commencer par donner sa copie deux fois à  $H$  qui va déterminer si  $D$  se bloque ou non sur l'entrée : elle-même.

- Si  $D$  se bloque, alors  $H$  renvoie "bloqué" donc  $D$  renvoie "ok" et ne se bloque pas : paradoxe !
- Si à l'inverse  $D$  ne se bloque pas, alors  $H$  renvoie "non bloqué" donc  $D$  se bloque : paradoxe, encore !

On a un problème :  $H$  ne pouvait pas exister en premier lieu ! Réponse courte à notre question initiale : non, les machines ne peuvent pas tout faire.

Le problème qu'essaye de résoudre  $H$  est appelé le problème de l'arrêt (*Halting problem* en anglais, d'où le  $H$ ). Il fait partie d'un ensemble de problèmes appelés indécidables, que les machines ne peuvent pas résoudre. Voyons comment cette classe est formellement définie.

Un problème de décision est une question, ayant comme réponses possibles Vrai ou Faux, et portant sur un ensemble précis d'éléments, qu'on appellera domaine d'entrée. Par exemple, le problème défini par la question "Est-ce que l'animal possède quatre pattes ?" et le domaine *ensemble des animaux* est un problème de décision, que nous pouvons appeler 4-PATTES. Des exemples intéressants de problèmes de décision en informatique sont la primalité d'un nombre entier, la connexité ou la 3-coloriabilité d'un graphe, la reconnaissance d'un mot par un automate...

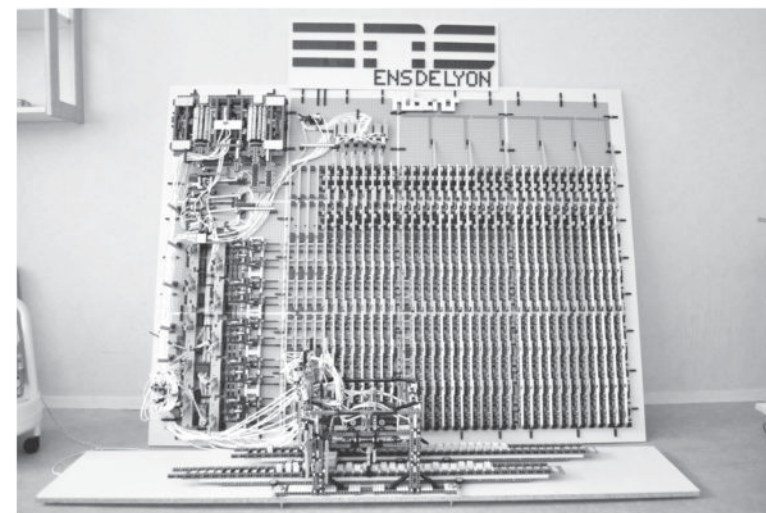
**Certains problèmes sont indécidables : aucune machine ne peut les résoudre**

Maintenant que nous avons bien défini ce qu'est un problème, nous pouvons formaliser la notion de résolubilité d'un problème. On dit qu'un problème de décision est décidable s'il existe un algorithme qui résout le problème, c'est-à-dire qui détermine pour chaque entrée la réponse de la question en un temps fini. Le problème 4-PATTES est décidable car, étant donné un animal, on peut compter son nombre de pattes en temps fini, et donc déterminer si celui-ci est égal à quatre ou non.

Toutefois, ce n'est pas le cas de tous les problèmes : il existe des problèmes dits indécidables ! C'est par exemple le cas du problème de l'arrêt, comme nous l'avons vu précédemment. L'indécidabilité du problème de l'arrêt a en fait été prouvée en 1936 par Alan Turing, avant même le développement des premiers ordinateurs !

Pour celles et ceux qui se demanderaient ce qu'est un algorithme, c'est une question tout à fait légitime et enfouie sous le tapis jusqu'ici... Un algorithme est une suite d'instructions non ambiguës écrites dans votre langage préféré : Python, OCaml, C ou même français ! Toutefois, cette définition n'est pas satisfaisante pour théoriser l'informatique car elle dépend du langage choisi et repose sur cette notion d'ambiguïté qui n'est pas claire.

Alors, des modèles bien plus généraux de calculs ont été définis à la fin des années 1930. C'est par exemple le cas de la machine de Turing (1936) qui consiste en un ruban de mémoire infini sur lequel un curseur se déplace en lisant ou en modifiant la mémoire selon un comportement défini au préalable. Ce modèle relativement simple permet de simuler tous les calculs faisables sur nos ordinateurs, tels que la soustraction de deux entiers, le tri d'une liste de nombres par ordre croissant ou encore le recherche de chemin entre deux villes. Pour l'anecdote, en 2012 une machine de Turing en Lego a été construite à l'ENS de Lyon !



◀ Machine de Turing en Lego, RUBENS, Licence CC-BY  
A découvrir sur <http://rubens.ens-lyon.fr/>



Sirian Laplace, Histoire

# La croisade contre les Sarrasins du Nord : les pays Baltes entre paradoxes passés et présents

Nourri par des représentations cinématographiques comme *Kingdom of Heaven* (2005), le lecteur contemporain verra mal une croisade avoir lieu sur les terres froides de la Baltique. Bien loin du soleil d’Acre, des Baudoin IV (1165 - 1180) ou encore des Godefroy de Bouillon (1060 - 1100), les croisades Baltes ont pour personnages, tant des évêques que des papes, des prêtres que des marchands. Ces croisades, à première vue, ne présentent pas de paradoxes particuliers. L’évangélisation semble se dérouler sans accroc depuis que des ordres militaires ont été instaurés en 1202 (notamment les chevaliers dit “du porte glaive”) par Albert de Buxhoeveden (1160 - 1229), évêque de Riga qui peinait à convertir les Lettons, Estoniens, Livoniens et autres païens (comme non convertis) au christianisme. Pourtant, ces opérations militaires aux confins du monde chrétien européen sont pleines de paradoxes qui rejaillissent sur

Henri de Livonie (1190 - 1259), chroniqueur du XIIIe siècle, des *saunas*. Néanmoins, le paradoxe baltique ne saurait se confiner aux seules frontières du passé, les croisades baltes ayant engendrées des identités plurielles pour les pays Baltes à la fois héritiers de la conquête chrétienne et des racines païennes que celle-ci a contribué à détruire.

## La terre de la vierge Marie ou comment justifier une guerre en Europe

Le Moyen Age - déconstruisons tout de suite le mythe -, n’est pas l’époque de la violence gratuite : toute entreprise militaire doit avoir sa justification. L’exemple mitigé des successives “Paix de Dieu” et “Trêve de Dieu” aux conciles de Charroux (989) et de Catalogne (1027), qui visaient à circonscrire la guerre à des jours et des lieux désignés (on ne se bat pas dans la maison du seigneur, voyons !) en sont la démonstration. Faire la guerre contre l’infidèle musulman, le vil sarrassin à l’image longuement construite par l’imaginaire chrétien selon Philippe Sénac ne constitue pas de problème éthique majeur pour la chrétienté. Mais qu’en est-il du païen Balte complètement inconnu du chrétien ? D’une extrémité balte “découverte” n’abritant qu’un système politique tribal de païens qui pratiquent encore, aux côtés du monde chrétien en expansion, le culte des ancêtres ? En d’autres termes, comment justifier pour le chrétien du XIIIe siècle la violence face à un païen qui n’a jamais effectué de *razzia*, pillage ou autre *jihad* envers la chrétienté ? Les chroniqueurs et la papauté ont trouvé la réponse au paradoxe posé entre guerre sainte et passivité de “l’Autre païen” : la terre Balte devient au fil des écrits, la terre de la Sainte Vierge, promise par Dieu. On reprend des métaphores de la Bible, les plaines froides de la Baltique deviennent, par les mots de la *Chronique rimée de Livonie* du XIVe siècle, le “vignoble du Seigneur”, celui-là même promis à Moïse. La terre sainte d’Orient se trouve ainsi liée à la

Baltique, qui devient elle aussi une terre due au Christianisme. Dès lors, qu’importe l’hostilité des populations locales accueillant la religion du Seigneur, les opérations militaires sont justifiées : se battre pour une “autre” terre promise est d’autant plus éthique qu’on en devient guerrier du Christ ou *miles christi*. Le narratif papal et croisé résout alors le paradoxe, le chrétien peut éthiquement faire une guerre sainte en Europe.

## Un ERASMUS qui a mal tourné : Henri de Livonie et son désamour des saunas

Le lecteur averti l’aura donc compris, pour que l’hostilité soit justifiée, la Papauté, les ordres militaires et les différents acteurs politiques des évêchés émergents de la Baltique ont besoin de créer un “Autre” radical. Pour se rendre compte de l’instrumentalisation des coutumes païennes des tribus livoniennes par la rhétorique chrétienne du XIIIe siècle, il convient de s’attarder sur un ERASMUS avant l’heure qui fait aujourd’hui le bonheur des historiens : celui d’Henri de Livonie. Moine allemand né en 1190, Henri de Livonie dit aussi “le Letton” est un témoin majeur de l’évangélisation Balte, il vit même, vers 1200-1210 au sein d’une communauté de païens lituaniens. Il en tira une expérience mitigée. S’il insiste sur la gentillesse de la tribu qu’il l’accueille, il exprime dans sa *Chronique* de 200 pages (une mine d’or), sa stupéfaction face à une pratique toute particulière. Les païens, explique t-il, après avoir reçu le baptême tentèrent de se laver du rituel chrétien en se baignant dans des eaux thermales près de Riga (actuelle Lettonie). Il s’en offusque, le baptême chrétien devant être conservé un jour après l’immersion ou la dispersion de l’eau bénite sur le converti, cela faisant, sans doute, le bonheur de Philippe de Sperenberg, l’archevêque de Riga qui lui commande la chronique en 1227. Les Païens se seraient t-ils défaits de leur nouvelle appartenance chrétienne ? Que nenni ! Ils n’ont juste pris que du bon temps... un instant détente au *sauna*, une pratique déjà attestée à cette période selon Loïc Chollet, spécialiste de la croisade Balte. L’incompréhension renforce alors le dépassement du paradoxe par la construction d’une altérité radicale négative, une pratique neutre le “sauna” est ici dénoncée comme une attaque contre la chrétienté, une raison de plus pour “évangéliser” au plus vite les païens.

## L’Estonie contemporaine entre paganisme et conquête croisée

Mais en quoi des chevaliers croisés, un prêtre/moine incrédule ou encore des saunas médiévaux continuent de façonner l’identité Balte de nos jours ? La réponse tient en deux mots : Tallinn et Riga. En effet les deux villes respectivement capitales de l’Estonie et de la Lettonie sont toutes deux fondées par les croisades. Que ce soit Riga en 1201, dont le nom signifie littéralement “celle qui est irriguée” (du latin *Rigare*) ou Tallinn en 1232 qui signifie en Estonien “La ville des Danois”, ces centres urbains qui façonnent l’Estonie et la Lettonie contemporaine proviennent tous deux d’une forme de colonisation européenne. Pourtant les deux nations se réclament de leurs origines baltes et païennes. Le conte estonien de *Kalevipoeg* rédigé par l’Allemand Friedrich Reinhold Kreutzwald vers 1863 fait office d’œuvre nationale et tire son inspiration dans le folklore estonien. Racontant les épopées du héros éponyme, elle est composée de vingt livres, parmi eux c’est le quinzième qui a fait le plus débat parmi les élites allemandes. En effet ! Il présente le combat entre *Kalevipoeg* et des créatures des enfers qui ressemblent étrangement aux croisés allemands. Il y a donc un paradoxe contemporain à la croisade Balte, si les géographies estoniennes et lettones ont comme fondations le tracé et l’organisation, laissée par les chevaliers Livoniens : ces nations se sont construites avec des récits refoulant cet héritage par une émancipation totale du joug germanique.

## Conclusion

Les nations baltes sont des nations tiraillées : filles de la conquête Balte autant que du folklore précédant la chrétienté, elles sont devenues, au fil du temps, l’allégorie de différents récits. Des chevaliers chrétiens faisant de la Baltique une terre sainte de la vierge, à *Kalevipoeg*, la Baltique et ses paradoxes contemporains peut se résumer par le titre du récent séminaire de l’ISHA (International Student Historical Association) : “Multiples Baltiques : réimaginer les dimensions sociales, culturelles et spatiales de l’histoire Balte.”

### Conseil bibliographiques

Loïc Chollet, *Les Sarrasins du Nord: Une histoire de la croisade balte par la littérature (XIIIe-XVe siècles)*. Alphil - Presses universitaires suisses, 2019

Sylvain Gouguenheim, *Les derniers païens. Les Baltes face aux chrétiens XIIIe-XVIIIe siècle*, Passés Composés, 2022

Ces opérations militaires aux confins du monde chrétien européen sont pleines de paradoxes qui rejaillissent sur les identités contemporaines estoniennes et lettones.

les identités contemporaines estoniennes et lettones. Explorer les croisades baltes revient donc, plus que de s’interroger sur une évangélisation forcée et brutale, à embrasser les multiples contradictions que celles-ci engendrent du XIIIe siècle à nos jours. Le paradoxe baltique est avant tout porté pour le chrétien du XIIIe siècle sur la nature du territoire balte. Terre des païens suffisamment barbares pour justifier une croisade ou simples ignorants aux coutumes simplement différentes de celles chrétiennes ? Comiquement ce paradoxe central et son dépassement peut s’illustrer dans l’expérience contrastée que fait



Olivia Lafond, Lettres

# "Qui sera le plus absolu, de l'amour, ou de la haine ?" : deux passions contraires dans les stances d'Alcionée de Pierre du Ryer (1606–1658)

Nous avons presque tous eu l'occasion (ou la chance) de lire le Cid de Pierre Corneille pendant nos études. Or, peut-être aviez-vous moins croisé une autre tragédie contemporaine:

*Alcionée*, d'un autre Pierre, Du Ryer, sous-titrée « le combat de l'honneur et de l'amour ». La postérité a moins retenu la seconde que la première en dépit de leur thème similaire.

Alcionée est un général s'étant révolté pour obtenir la promesse du roi d'épouser sa fille, Lydie. Or, la princesse ne consent pas à cette union qui nuirait à la réputation de son père ainsi qu'à la sienne. Devenue héritière du trône, elle continue de rejeter les avances d'Alcionée alors même qu'elle lutte intérieurement entre l'amour et la haine qu'elle lui porte.

Ce combat intérieur donne lieu à des stances à l'Acte III, scène I. Lydie expose le dilemme auquel elle fait face : épouser Alcionée mais trahir son honneur et celui de son père, ou bien refuser le mariage mais faire taire son amour.

Les stances peuvent se définir comme un « monologue prononcé en situation de crise » (selon les mots de Guillaume Peureux). Ce sont des strophes rigoureusement structurées de vers divers ; l'irrégularité permet, comme le dit La Ménardièrre,

« d'exprimer les Passions qui agitent diversement un esprit inquiété » (*La Poétique*, 1639). Ces stances sont le lieu du combat entre des passions à première vue

**Si elle l'aime, comment peut-elle en même temps le haïr ? et si elle le hait, comment peut-elle en même temps l'aimer ?**

opposées (si vous êtes cartésien, l'amour et la haine sont deux passions de l'âme contraires pour René) mais, il peut être intéressant de souligner que ce combat est vain. En effet, bien que Lydie souhaite délaisser son amour pour faire prévaloir son honneur, la suite de la pièce trahit la faiblesse de sa volonté, puisqu'il lui est impossible de ne pas l'aimer. Cette scène joue

alors un rôle esthétique d'effusion lyrique, de psychomachie, c'est-à-dire de combat intérieur entre différents sentiments, ici opposés.

Tout d'abord, Lydie pose la question centrale qui l'agite : « qui sera le plus absolu, // ou de l'amour, ou de la haine ? ». A première vue, l'on peut se demander comment quelqu'un pourrait hésiter entre deux passions si contradictoires : si elle l'aime, comment peut-elle en même temps le haïr ? et si elle le hait, comment peut-elle en même temps l'aimer ? Le paradoxe est posé.

Lydie se qualifie pourtant d'adversaire : d'une part, une opposition claire est posée entre les deux personnages. Le combat n'est plus une lutte passionnelle intérieure mais devient une guerre

extérieure entre deux parties, Lydie affrontant Alcionée et se plaçant du côté de la haine. Sa lutte intérieure s'extériorise dans la relation qu'elle entretient avec Alcionée. D'autre part, le terme « adversaire » est également issu du vocabulaire galant, désignant celui ou celle qui résiste à l'amour, et dont on doit « combattre » le cœur. Ici, elle ne doit pas affronter le cœur d'Alcionée, puisqu'elle le possède déjà, mais son propre cœur, se plaçant alors aussi, paradoxalement, du côté de l'amour. Par ailleurs, elle qualifie Alcionée d'adversaire à d'autres endroits de la pièce : les deux personnages, que tout veut opposer, sont rapprochés par ce terme.

Le combat est alors intérieur et extérieur : « dois-je tout faire pour vous (l'honneur) plaire, // Ne dois-je rien faire pour moi (l'amour) ? ». L'extériorité, représentée par le « vous », correspond à l'honneur qu'elle doit préserver, faisant face à son intériorité, le « moi », c'est-à-dire son amour pour Alcionée.

Lydie semble se décider par l'ouverture de la deuxième strophe : « J'aime ». L'amour semblerait triompher, se présentant en premier dans sa réflexion, l'emportant alors sur son ennemi, la haine.

Elle exprime sa souffrance extrême liée au dilemme par un souhait « je le voudrais voir au tombeau, // je voudrais qu'on m'y vît moi-même ». Il semble n'y avoir que deux issues : l'amour, ou la mort ; mort de l'un qui entraînerait inévitablement celle de l'autre. Un autre paradoxe émerge alors : elle l'aime mais souhaite le voir mourir. Sa déploration est pathétique, entendue comme ce qui est propre à attendrir l'âme, à l'émouvoir, et dépend d'une situation sans issue, d'un paradoxe.

L'amour ne peut exister seul sans sa contrepartie, la haine : « Pour te montrer généreux, Triste cœur [...] dois-tu te rendre malheureux ? ». Il semble impossible de faire coïncider l'honneur et l'amour. L'honneur implique la haine, et ainsi le malheur, tandis que l'amour la déshonore. Des deux côtés, son mal est infini. Le paradoxe s'illustre alors dans un combat impossible à résoudre.

*Qu'ai-je fait, qu'ai-je résolu ?  
Et dedans mon âme incertaine  
Qui sera le plus absolu,  
De l'amour, ou de la haine ?  
Mais dois-je encore consulter  
Après que l'on m'a vu tenter  
Tout ce que peut un adversaire ?  
Orgueil, honneur, cruelle loi,  
Dois-je tout faire pour vous plaire,  
Ne dois-je rien pour moi ?*

*J'aime, et par un destin nouveau  
J'ai parlé contre ce que j'aime ;  
Je le voudrais voir au tombeau,  
Je voudrais qu'on m'y vît moi-même ;  
Étrange effet de ce devoir,  
De ce tyrannique pouvoir  
Qui nous gourmande, et qui nous brave !  
Ha ! Pour te montrer généreux,  
Triste cœur, orgueilleux esclave,  
Dois-tu te rendre malheureux !*

*Non, non, suivons un autre objet,  
Que l'amour, que ma flamme vive ;  
Mais aimerai-je mon sujet,  
Et me rendrai-je sa captive ?  
Mais pourquoi ne puis-je l'aimer ?  
Pourquoi ne peut-il m'enflammer ?  
S'il ne règne, il en est capable ;  
Aimons donc, suivons cette loi,  
La Vertu n'est pas moins aimable  
Dans un sujet que dans un Roi.*

*Injustes et lâches desseins !  
N'est-ce pas ce sujet rebelle  
Qui jusques aux lieux les plus saints  
A porté sa main criminelle ?  
Aimerons-nous un furieux ?  
Un sujet si pernicieux,  
Qui de son Roi fit sa victime !  
Haïssons, c'est trop combattu,  
Ici mon amour est un crime,  
Et ma haine est une vertu.*

▲ Extrait de *Alcionée*, Pierre du Ryer, 1640, Acte III, scène 1



Pourtant, une première solution au paradoxe s’avance. Lydie tente de se raisonner : d’un « je » singulier, elle passe à un « nous » plus universel. Essaie-t-elle de se convaincre elle-même ou bien de convaincre le spectateur en l’incluant dans sa réflexion ?

Or, comme dans tout paradoxe, à force d’y réfléchir, on ne peut s’en sortir. Elle se perd donc dans son raisonnement et accumule les contradictions. Alors qu'elle offre au spectateur un semblant de certitude amoureuse, la voilà à nouveau hésitante. Elle pèse ses choix dans la balance : aimer un sujet, c’est-à-dire quelqu’un indigne de son rang, ou le haïr ; le problème sous-jacent dans ces stances est d’ordre politique. La pression de son rang colore sa réflexion et vient complexifier le paradoxe.

Sa résolution est claire : « aimons ! ». Encore une fois, l’amour aurait une certaine primauté sur la haine, dans le discours et dans le rang.

Malgré cette première solution, Lydie étant inconstante, sa résolution n’est pas fixe. Le paradoxe atteint une forme finale dans la dernière strophe, dans laquelle l’amour et la haine se confondent et les valeurs qu’on les leur associe sont renversées (la haine devient une vertu, l’amour devient condamnable)

Vient alors une seconde résolution : « haïssons ! ». Cette deuxième exclamation, répondant à « aimons ! » marque l’inconstance du personnage, menant à douter de la finalité de son choix. La haine, bien que seconde, l’emporte sur l’amour. Cette strophe a un ton bien plus polémique

que les trois précédentes : la haine teint les paroles de Lydie. Les rimes : « rebelle » et « criminelle » dépeignent Alcionée en véritable ennemi politique, servant de prétexte pour justifier la haine de la princesse et diminuer son amour dans un dernier essai de se raisonner. Elle, qui était du côté de l’amour dans la première strophe, admet sa défaite inévitable: « c’est trop combattu ».

Lydie déplace enfin le paradoxe vers d’autres domaines : politique « Ici mon amour est un crime » et éthique : « Et ma haine est une vertu ». Les valeurs sont renversées : ce qui est profitable est d’haïr la personne qu’elle aime.

L’amour ne pourrait ainsi exister sans une haine sous-jacente, et la haine ne saurait rester vraie sans l’amour derrière. La tragédie se clôt déjà sur ce moment clé. Pour conclure sur ce paradoxe sans divulguer le reste de la pièce, je vous propose d’écouter les dernières déclamations de Lydie face à Alcionée dans la scène finale, en espérant bien sûr que cela allume en vous un feu digne du sien pour lire la pièce !

*« Non, non, en ta faveur je  
veux bien qu’on apprenne,  
Que j’ai feint seulement,  
quand j’ai feint de la  
haine,  
Et je dois détromper ton  
esprit amoureux,  
Puisqu’en mourant trompé, tu  
mourrais malheureux. »*

▲ Alcionée, Pierre du Ryer, 1640,  
Acte V scène 4

FIN  
DU  
DOS=  
SIER

Victoria Paul, Philosophie

# Représenter le mal : le portrait du diable dans l’histoire de la peinture

On le nomme le Diable, Lucifer, Satan, Méphistophélès, ou encore le « Prince de ce monde » (Jean 12, 31) : une multiplicité de noms qui marque le caractère insaisissable de la figure du mal. Dès lors, comment représenter en peinture une entité transcendante qui échappe à toute forme stable, mais dont la présence symbolique s’est toujours imposée comme nécessaire ? Représenter Satan revient ainsi à affronter l’un des questionnements les plus anciens de l’humanité : l’origine du mal et sa place dans l’ordre du monde.

**Le diable : fils obéissant, anarchiste incompris ou sadiste narcissique ?**

La figure du Diable est en effet ambiguë et composite.

Le Diable n’est pas à l’origine décrit comme un être intrinsèquement maléfique, mais plutôt comme un serviteur obéissant de Dieu. Dans l’Ancien Testament, le Satan (dérivant de l’hébreu šāṭān) désigne « ce qui oppose, obstrue » ou « l’adversaire ». Traduit plus tard en grec par diabolos, le nom renvoie originellement à une obligation spécifique donnée par Dieu à l’un de ses anges : éprouver les hommes, les châtier voire faire obstacle face aux potentiels ennemis.

La légende de Satan est également marquée par l’épisode dans le livre d’Esaïe de la chute de l’ange rebelle. Décrit comme un « astre brillant » ou comme le « fils de l’aurore », ce lexique de la lumière vaudra à l’ange rebelle le surnom de Lucifer.

Enfin, le serpent tentateur de la Genèse est assimilé à Satan par les pères fondateurs de l’Eglise pour homogénéiser le canon biblique. Le serpent devient un instrument, voire une allégorie de Satan, qui, par la séduction et la tentation, mène l’homme au péché.

Étudier la figure de Satan revient donc à le regarder au travers d’un kaléidoscope : serviteur de Dieu, maître de l’enfer, ange rebelle ou encore le tentateur à l’origine du péché originel, il renvoie à la fois à l’ordre du monde et à notre faiblesse éthique.

**Incarnation du mal et de l’enfer, le portrait du Diable entre le monstre et l’Homme**

Dans la pensée médiévale, l’image ne représente pas seulement, elle invoque et rend présente ce qu’elle montre. Or, « présentifier » la figure de Satan apparaît potentiellement dangereux, au point que certaines de ses images sont spoliées, grattées par les fidèles qui refusent de voir son visage. Néanmoins, la représentation du Diable est nécessaire car elle porte un véritable projet pédagogique. Comme l’a montré Frances Yates dans Les arts de la Mémoire, l’ambition de l’image médiévale est de frapper la mémoire du spectateur. Elle est une imago agens, une image agissante capable d’appeler, d’émouvoir et d’enseigner. Ainsi, l’artiste représente le Diable de façon à susciter la terreur pour rappeler au fidèle la nécessité de prendre soin du salut de son âme. Les peintres sont donc confrontés à un enjeu double : l’image doit contenir les effets de son image tout en évoquant avec puissance les dangers de la tentation.

Pour ce faire, le Diable est présenté comme un monstre hybride, composé d’éléments rappelant les monstres de l’antiquité classique et les êtres fantastiques orientaux. En incluant ces motifs considérés comme païens, la figuration du Diable renvoie à la négation de l’ordre divin. Céder à sa tentation revient alors à s’éloigner de l’ordre du cosmos.



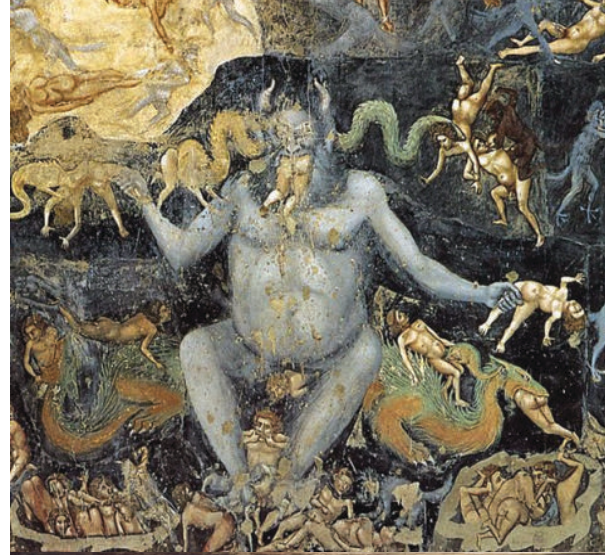
Pour autant, cette représentation n'est pas figée, la figure du Diable évolue et se transforme pour être intériorisée à partir du XVI<sup>ème</sup> siècle. L'humanisme va particulièrement contribuer à cette intériorisation de Satan en exaltant le caractère divin de l'Homme : l'Homme, en tant que créature libre, est seul responsable du mal qu'il commet. Le Diable devient ainsi une dimension de l'humanité. De cette manière, Signorelli représente dans ses fresques du jugement dernier à Orvieto (1502) ses démons et ses humains de manière uniforme. Si les couleurs inhumaines des corps marqués par des cornes et des queues crochues informent du caractère démoniaque de certaines figures, celles-ci se confondent avec la masse humaine avec laquelle elles se débattent. De la même manière, dans le Jugement Dernier (1536) de Michel-Ange, la figure du Diable se confond avec le portrait du cardinal Biagio da Cesena. Le Diable n'a plus besoin de se métamorphoser pour tromper le contemporain, c'est le contemporain en personne, qui, dans son être, est déjà l'hôte du Démon.

► De haut en bas :  
Giotto, détail du *Jugement Dernier*, 1306  
William Blake, *Satan provoquant un soulèvement chez les anges rebelles*, 1808  
Cabanel, *L'ange déchu*, 1847  
Odilon Redon, *L'ange déchu*, 1890-1895

### Le Diable, icône romantique : entre tragédie, inquiétude morale et révolte

La figure de Satan est particulièrement représentée au XIX<sup>ème</sup> siècle, qui, traversée par les désordres sociaux et la perte de repères moraux clairs, réinvestit la figure satanique en figure romanesque pour penser le désordre et la perte, mais aussi les révolutions.

Ce réinvestissement fut possible grâce à l'humanisation de Satan dans le Paradis perdu de Milton au XVII<sup>ème</sup> siècle. Dans cette épopée, il reprend l'histoire traditionnelle de la chute de l'ange pour donner une profondeur psychologique au Diable. Marqué par la défaite face à l'armée céleste et son exil, Satan ambitionne la chute de l'homme par vengeance et rancœur contre Dieu. Cette interprétation donne une dimension nouvellement tragique au personnage, miné par des problématiques universelles de l'orgueil, de la perte, des remords et de la revanche.



Cette figure aux accents romantiques se retrouve ainsi réinvestie superbement par Cabanel (1847). Le corps de l'ange déchu y est idéalisé et nu, mais contrairement au canon grec, les muscles sont contractés et tendus, soulignant son désordre intérieur. La chevelure rousse est agitée, et les bras, cherchant à cacher le visage, soulignent l'intensité du regard pénétré de haine et de colère. Pourtant, en s'approchant de plus près, on remarque une larme couler de chacun de ses yeux. Seule, sa figure colérique contraste avec le défilé angélique à l'arrière-plan. Les anges sont habillés, contrairement à Satan, dont la nudité trahit la faute à l'image de celle d'Adam et d'Ève. Pourtant, tombé trop bas pour être racheté, Satan ne se repent pas en cachant sa nudité. Il assume au contraire son nouveau statut de pécheur pour en faire le principe moteur de son existence, car comme l'écrivait Chateaubriand, en traduisant Milton : « il vaut mieux régner en enfer que servir au paradis ».

Satan permet également d'incarner les craintes et les inquiétudes des contemporains. Par exemple, chez Odilon Redon, l'ange déchu marche seul, en quête de lumière. Il manifeste l'état de l'humanité, sans cesse en marche vers une lumière qui pourrait la sauver, mais hors d'atteinte. Cependant, en tant que figure contestataire du cosmos, elle renvoie au même moment à une énergie libératrice, capable de remettre en cause l'ordre établi comme le souligne l'œuvre illustrée par William Blake du Mariage de l'enfer et du paradis. Satan y incarne l'imagination créatrice et la force émancipatrice, dont la puissance est à même de remettre en cause l'ordre divin et d'en créer un nouveau.

En bref, la représentation du Diable n'a cessé d'évoluer, oscillant entre monstruosité et humanité, condamnation morale et fascination tragique. Reflétant les peurs, les conflits et les questionnements de chaque époque, le Diable offre à l'art un moyen privilégié de penser le mal et la condition humaine. On peut donc se demander quel visage prendra dans l'histoire de l'art le Diable de notre époque marquée par la crise climatique, les guerres et la déshumanisation de l'homme via la bureaucratisation et la technologisation de nos sociétés.

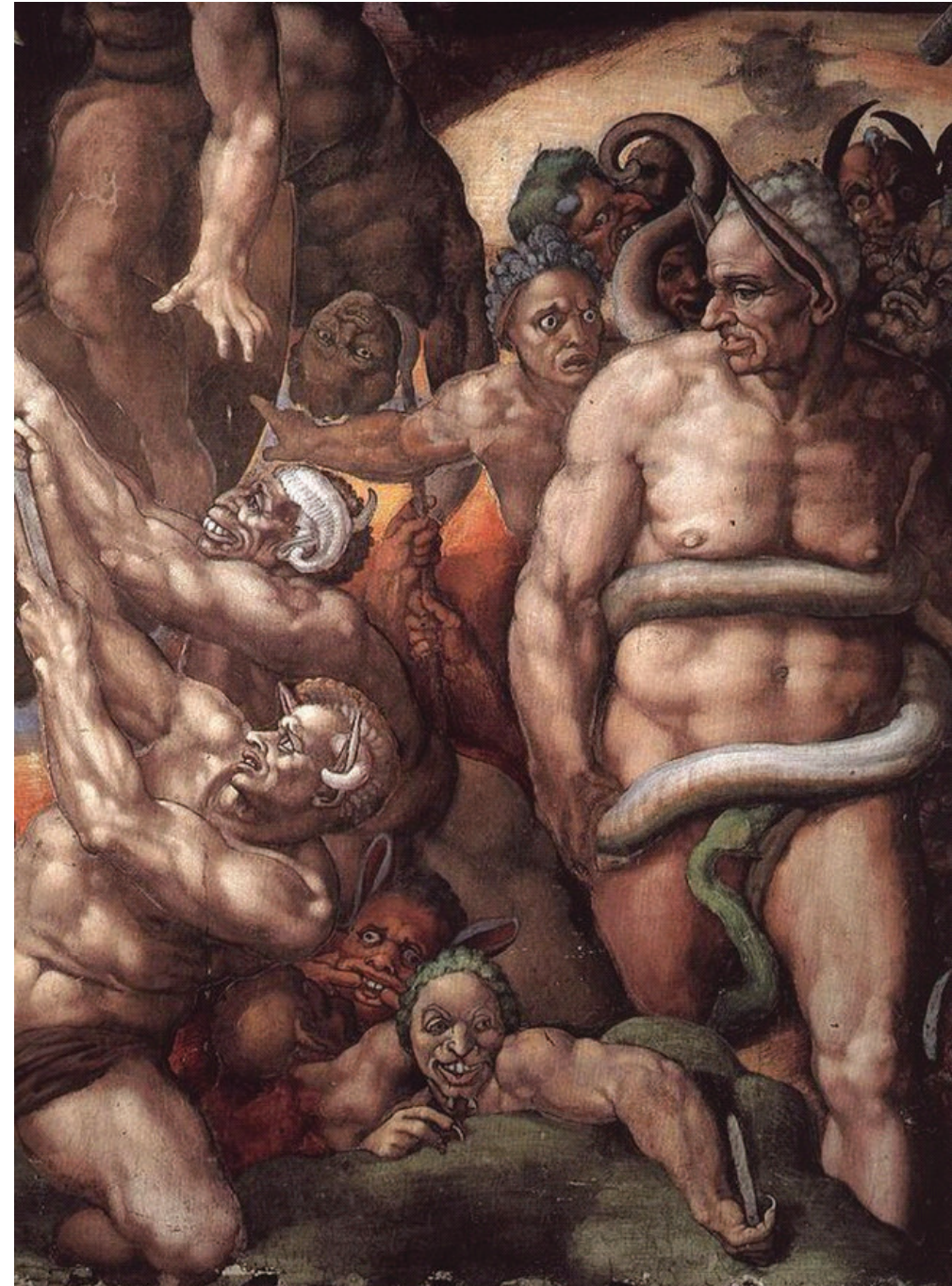
### Bibliographie

ARASSE, Daniel, 2009. *Le portrait du Diable*. Paris : Éditions Arkhê.

WALKER, Emily, 2015. *Prince of Darkness, Bearer of Light: Representations of Satan in Nineteenth-Century French Art*. Mémoire de master. University of Victoria.

BARTHOLEYNS, Gil, DITTMAR, Pierre-Olivier et JOLIVET, Vincent, 2008. *Image et transgression au Moyen Âge*. Paris

▼ Lucifer, détail du *Jugement dernier* de Michel-Ange, 1536





Lucas Gandroz-Fernandez, Sciences sociales

## Quand le libertinage nous parle consentement et viol

« Le libertin ne laisse pas derrière lui des victimes, mais des complices. La femme n'est pas séduite. Elle agit volontairement et sans illusion. »<sup>1</sup> Voilà résumée dans les mots de Philip Stewart, professeur émérite états-unien spécialiste des romans du XVIIIe siècle, l'image qu'on se fait traditionnellement du libertinage. Il ne serait jamais question que d'un simple jeu, plus ou moins inconséquent, dans lequel chaque partenaire saurait à quoi s'en tenir. Mais le consentement de la libertine est-il toujours si évident ? Se poser cette question, c'est précisément proposer une « actualisation des classiques ». Pas pour le plaisir intellectuel de relire à la lumière du présent les oeuvres du passé, mais parce que ces représentations continuent de façonner nos pratiques sexuelles contemporaines. Qu'on le veuille ou non, notre siècle a hérité de certaines valeurs portées par les textes libertins pré-révolutionnaires. Le comprendre, c'est mieux déconstruire ces schèmes de pensées qui traversent encore notre présent.

### La résistance, un aiguillon érotique ?

Le libertinage du XVIIIe siècle fait de l'obstacle le corollaire de la séduction. « Séduire, c'est amener l'autre à céder aux instances du désir »<sup>2</sup>, écrivait Jean-Marie Goulemot dans *Ces livres qu'on ne lit que d'une main*. La résistance féminine ferait partie du jeu, et ne serait jamais qu'une protestation de principe, un refus feint. Et la littérature n'en est pas le seul relais. Nombre de tableaux rococo, au premier rang desquels *La Résistance inutile* de Fragonard, mettent en scène de « douces » batailles où toute défaillance féminine est un « oui » à venir. La libertine refuserait d'abord de se donner, comme pour mieux s'abandonner par la suite.

La marquise de Merteuil, dans les *Liaisons dangereuses*, entretient elle-même cette fiction de la contrainte. A ses yeux, même si la femme a envie de

se donner, elle doit faire mine de se donner par la force. « Mais, quelque envie qu'on ait de se donner, lui fait écrire à la lettre X Laclos, quelque pressée que l'on en soit, encore faut-il un prétexte ; et y en a-t-il de plus commode pour nous que celui qui nous donne l'air de céder à la force ? » Cette « feinte résistance » va plus loin encore dans la lettre LXXXV, où l'on lit : « Et puis, pour donner plus de vraisemblance à mon consentement, le moment d'après, je ne voulais plus. »<sup>3</sup> La libertine, même consentante - et disons plus, surtout si elle l'est -, devrait simuler le refus. Sa résistance, loin d'être synonyme de rejet, apparaît tout au contraire comme signe d'acquiescement.

Et cet imaginaire n'a rien de propre au récit libertin. Le cinquième livre de l'Emile, consacré à l'éducation de Sophie, promise au protagoniste, engage la femme à refuser, qu'elle soit ou non consentante. Les mots de Rousseau, pour le moins, ont pris un coup de vieux : « Soit que la femelle de l'homme partage ou non ses desirs et veule ou non les satisfaire, elle le repousse et se défend toujours », écrit-il. Et d'ajouter : « Pourquoi consultez-vous leur bouche, quand ce n'est pas elle qui doit parler ? Consultez leurs yeux, leur teint, leur respiration, leur air craintif, leur molle résistance : voilà le langage que la nature leur donne pour vous répondre. La bouche dit toujours non et doit le dire. »<sup>4</sup> Discriminer entre un refus feint ou réel devient alors impossible, un même acte de langage pouvant avoir deux conséquences contradictoires. L'homme devrait se faire herméneute du corps féminin pour discriminer un consentement authentique d'un consentement contrefait.

On comprend alors en quoi notre époque ne s'est pas encore tout à fait débarrassée de cet imaginaire. En témoignent les propos de Gérard Depardieu tenus dans le cadre d'une affaire remontant à 1991 : « Les filles voulaient être violées. Enfin, il ne s'agit pas vraiment de viol.

C'est juste l'histoire d'une fille qui se met dans une situation qui lui plaît »<sup>5</sup>. Ces mots auraient presque pu être ceux du vicomte de Valmont - la vulgarité en moins. C'est à l'homme qu'il reviendrait de déterminer si la femme veut ou non, lisant dans son refus un acquiescement, dans le viol qu'il commet un souhait qu'elle exprimerait. L'esprit du XVIIIe siècle n'est jamais très loin...

### Viol ou pas viol ?

Mais peut-on attribuer ce terme en apparence si contemporanément connoté - celui de « viol » -, à des scènes de la littérature libertine du XVIIIe siècle ? C'est bien sur cette question que la critique se déchire. Pour Marc Hersant, professeur à Paris-III, cette lecture actualisante n'est qu'un appauvrissement des classiques : « Quand on aura fait leur procès à tous les écrivains, à tous les artistes et à tous les philosophes du passé, affirme-t-il, qu'on les aura tous jugés à l'aune de nos critères éthiques et politiques actuels, et qu'on aura trouvé toutes sortes de raisons pour les censurer et les museler, d'interdire d'en faire des objets d'enseignement notamment, on ne voit pas trop ce qu'on y aura gagné. »<sup>6</sup> Peut-être pourrait-on lui répondre : une meilleure compréhension de la généalogie de nos représentations, et, partant, les outils d'une déconstruction de nos imaginaires.

Dès lors, l'agression par le vicomte de Valmont de la présidente de Tourvel, « cette femme superbe qui avait osé croire qu'elle pourrait me résister » - comme l'indique la lettre CXXV<sup>3</sup> -, peut-elle se résumer à un simple jeu libertin ? Face à la « timidité naturelle et extrême » de

la présidente, le manipulateur Valmont reconnaît lui-même trouver en elle une « résistance vraiment effrayante. »<sup>3</sup> La présidente ne veut pas, et pourtant, Valmont la force à s'abandonner. Ce qui fait dire à la commentatrice Mélanie Slaviero qu'il est « difficile pour le lecteur ou la lectrice contemporaine de ne pas interpréter cette scène comme un viol. Ici, d'une part, Madame de Tourvel s'évanouit et ne reprend connaissance qu'après le rapport sexuel. D'autre part, son évanouissement semble tout droit causé par le chantage que lui impose Valmont puisqu'il menace de se suicider. »<sup>7</sup>

Les textes, fussent-ils du XVIIIe siècle, portent des imaginaires qui façonnent encore aujourd'hui nos enjeux contemporains et nous permettent de les mieux comprendre. Ne pas le reconnaître, c'est laisser les livres prendre la poussière sur nos étagères, sans interroger l'effet qu'ils ont sur nos représentations. Yves Citton, professeur de littérature à l'Université Paris-VIII, le dit mieux que nous : « Un texte littéraire ne continue à exister que pour autant qu'il nous parle, et qu'il ne nous parle que par rapport à nos pertinences actuelles. »<sup>8</sup> Relire ces œuvres libertines depuis nos questions contemporaines, c'est leur redonner voix et force, c'est mieux saisir comment les imaginaires du passé continuent d'éclairer, de troubler ou d'inspirer nos façons de penser le présent.

N.B. Remerciements à Raphaëlle Brin, maîtresse de conférences à l'ENS de Lyon en littérature française du XVIIIe siècle, à qui nous devons, grâce à son cours « Libertinage(s) », la majeure partie de notre réflexion.



◀ Fragonard, Jean-Honoré, *La résistance inutile*, entre 1755 et 1780, peinture sur toile, Nationalmuseum de Stockholm

5 - « En 1991, Depardieu essayait déjà une tempête en raison de ses propos sur le viol ». Le Figaro, 10 mars 2022.

6 - Hersant, Marc. « Chénier, Eschyle, Ronsard, etc. : les classiques en procès ». *Lumières*, N° 34, no 2, novembre 2019, p. 127-47.

7 - Slaviero, Melanie. « "Vous vouliez bien attendre que j'eusse dit oui, avant d'être sûr de mon consentement". Sur un viol dans Les Liaisons dangereuses : analyse critique et enjeux méthodologiques ». *Billet. Malaises dans la lecture*, 28 avril 2019.

8 - Citton, Yves, et François Cusset. *Lire, interpréter, actualiser*. Nouvelle éd. augmentée, Éditions Amsterdam, 2017.

1 - Philip Stewart. *Le Masque et la parole. Le langage de l'amour au XVIIIe siècle*. Corti, 1973.

2- Goulemot, Jean Marie. *Ces livres qu'on ne lit que d'une main. Lecture et lecteurs de livres pornographiques au XVIIIe siècle*. Alinéa, 1991.

3 - Choderlos de Laclos. *Les liaisons dangereuses*. Gallimard, 2011. Bibliothèque de la Pléiade.

4 - Rousseau, Jean-Jacques. *Emile ou De l'éducation*. Flammarion, 2009.



**Rédaction en chef** Marie Poisson-Quinton & Martin Guérin

**Rédaction et relecture** Numa Bachelier, Zacharie Dillmann, Elise G.,  
Lucas Grandoz-Fernandez, Martin Guerin, Olivier Hamant, Baptiste  
Izquierdo Rey, Olivia Lafond, Sirian Laplace, Clara Migozzi, Bruno  
Monasson, Julia P., Victoria Paul, Marie Poisson-Quinton, Gaëlle R.,  
Charlotte Rebuffat, Manon Semirat

**Illustration & mise en page** Numa Bachelier

**Communication** Victoria Paul