



HAL
open science

Phylogénèse des perceptions temporelles. Une histoire naturelle du temps.

Sylvain Montalvo

► **To cite this version:**

Sylvain Montalvo. Phylogénèse des perceptions temporelles. Une histoire naturelle du temps.. Philosophie. 2020. dumas-03692888

HAL Id: dumas-03692888

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03692888>

Submitted on 10 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

PHYLOGENÈSE DES PERCEPTIONS TEMPORELLES
UNE HISTOIRE NATURELLE DU TEMPS

Mémoire de master en philosophie
Master 2 mention philosophie, Université de Lille
Année universitaire 2019-2020

Sylvain Montalvo

Sous la direction d'Alexandre Billon

Mes sincères remerciements vont :

À mes proches.

À l'ensemble du département de philosophie de l'Université de Lille.

Les enseignants pour leur pédagogie et leur bienveillance.

L'équipe administrative et technique sans qui rien ne serait possible.

Les étudiants, et en particulier notre petit groupe de logique de la salle « De Morgan ».

Aux membres de mon jury.

Shahid Rahman, professeur de logique et d'épistémologie, pour son soutien et son *temps*.

Alexandre Billon, maître de conférences en philosophie de la psychologie, mon directeur de mémoire, pour ses précieux conseils et sa disponibilité.

Avant-propos

« Si le futur et le passé existent, je veux savoir où ils sont. » (Augustin, 2015, p. 267). Répondre à cette sollicitation n'est pas aisé. À quoi est dû cet embarras ? L'impossibilité de pointer du doigt vers le futur, comme on indiquerait le nord, implique-t-elle qu'il n'existe rien de tel ? Ou bien la difficulté provient-elle d'une incapacité à concevoir une manière de désigner un événement qui n'est pas présent ? Dans *Le Planivers* (Dewdney, 1985), Yendred, un être intelligent habitant un monde à deux dimensions s'interroge sur la localisation d'hypothétiques objets situés ailleurs sur un troisième axe dimensionnel¹. La difficulté que rencontre Augustin face à la question de la localisation des événements passés et futurs est probablement analogue à celle que rencontre Yendred quand il cherche à se représenter des objets tridimensionnels. *Homo sapiens* n'est pas cognitivement équipé pour se représenter un espace à quatre dimensions. Pourtant c'est de cette manière qu'il me semble le plus facile de satisfaire la demande d'Augustin. Le passé et le futur existent, et ils sont ailleurs dans un espace-temps à (au moins) quatre dimensions. La question qui suit est bien entendue celle de la nature de cette quatrième dimension qu'est le temps. À dire vrai, je serais bien en peine d'en proposer une caractérisation métaphysique. Je préfère rester agnostique sur ce dont je ne peux pas imaginer d'examen empirique. Ce n'est donc pas tant à la nature du temps que je vais consacrer cet essai, qu'aux liens qui unissent notre expérience du monde à des phénomènes qui semblent en émaner : les faits temporels que nous percevons.

¹ « C'était Edwards qui parlait avec lui, dictant à Alice au terminal :

« Dans quelle direction êtes-vous ?

— Vous ne pouvez pas pointer dans notre direction. Si vous le pouviez, votre bras disparaîtrait.

— Qu'est-ce qu'une dimension ?

— Voici un exemple. L'océan en dessous de vous a deux dimensions. La surface de Fiddib Har a une dimension. Un point sur cette surface n'a pas de dimension. Votre monde entier, votre univers, a deux dimensions, comme Fiddib Har.

— Est-ce que notre univers a une surface ?

— Non. Votre univers n'a pas de surface.

— Alors comment comme Fiddib Har est-il ?

[Nous nous sommes arrêtés à ce moment pour discuter entre nous de la manière de présenter cette idée.]

— Quand vous regardez la surface de l'eau, imaginez que des créatures comme des fils y vivent. Elles ne pourraient pas aller plus bas, mais resteraient toujours à la surface.

— C'est cela un monde à une dimension ?

— Oui. Vous regardez vers l'espace du dehors de cet espace. C'est comme ça que nous vous regardons.»

À travers de telles conversations Yendred appréhendait progressivement la notion de troisième dimension, avec un degré de compréhension que nous-mêmes, êtres tridimensionnels, pouvons difficilement évaluer. » (Dewdney, 1985, p. 65). Fiddib Har désigne l'unique océan de la planète bidimensionnelle Arde sur laquelle vit Yendred. Dans le livre, le dialogue est écrit en lettres capitales pour souligner qu'il s'agit d'un "contact informatique" (dont l'origine est laissée floue) entre deux univers très différents.

Je m'intéresserai en particulier à deux aspects de ces derniers. Tout d'abord, un ensemble de faits temporels semble particulier dans la mesure où il serait plus directement appréhendable que les autres. Nous avons l'habitude de le qualifier de *présent*. D'autre part, les faits temporels présents semblent être en constant changement. Ils paraissent provenir du futur et glisser vers le passé. Mais tandis que nous nous sentons, dans une certaine mesure, libres de circuler dans les trois dimensions de l'espace, le déplacement du présent semble quant à lui inéluctable et indépendant de nous. Il n'y a pas de retour en arrière possible le long de la dimension temps.

Je pense qu'une question délicate gagne toujours à être abordée sous un angle inhabituel. Si la temporalité est, je crois, classiquement traitée par le prisme de la physique, je vais tâcher de l'aborder par celui de la biologie. J'emprunte cette idée à Hugh Mellor (1998, p. 68), qui propose de rattacher les notions de présent particulier et de changement à des contraintes biologiques évolutives. Je vais développer cette idée et proposer une théorie plus exhaustive des perceptions temporelles que je vais fonder sur quatre hypothèses qui seront détaillées dans le premier chapitre. Elles seront chacune désignées par une lettre : (N) pour *Naturalisme*, (B) pour *théorie B perspective*, (G) pour *Gradient entropique*, (S) pour *hasard et Sélection*.

Les chapitres 2 et 3 pourront être considérés comme une mise à l'épreuve de la *théorie naturaliste des perceptions temporelles* fondées sur ce corpus d'hypothèse. Dans le chapitre 2, je vais m'efforcer de proposer une explication naturaliste de la particularité des faits dits présents. Le chapitre 3 sera consacré à l'aspect dynamique, continuellement changeant, du monde qui nous entoure. À l'aide des quatre hypothèses cardinales, je vais défendre la thèse qu'il est plus parcimonieux de considérer ces deux aspects de nos perceptions temporelles comme des illusions utiles, produits de notre histoire biologique, que comme d'authentiques caractéristiques du monde. Je consacrerai le dernier chapitre à proposer une phylogénèse plausible de ces illusions.

Une partie des arguments que je vais avancer en faveur de ma théorie sera issue de données médicales, en particulier de cas neuropsychiatriques. Cela n'a rien d'innocent. Je pense qu'une la plus rigoureuse possible des perceptions temporelles peut nous permettre de mieux comprendre et, *potentiellement*, mieux aider les personnes qui souffrent de leur altération.

Table des matières

Avant-propos.....	4
Chapitre 1 concernant un cadre théorique.....	10
1.1. Une théorie naturaliste des perceptions.....	10
1.1.1. Naturalisme et survenance.....	10
1.1.2. Minimalisme fonctionnaliste.....	13
1.1.3. Ce qu’implique (N).....	17
1.1.4. L’hiver de Shoemaker.....	19
1.2. La réalité des faits temporels.....	21
1.2.1. L’argument de McTaggart.....	21
1.2.2. Perspective temporelle.....	25
1.2.3. Principe de parcimonie.....	27
1.2.4. Changements non-mctaggartiens.....	29
Chapitre 2 concernant la nature du présent.....	47
2.1. Qu’appelons-nous présent ?.....	50
2.1.1. Présent mellorien.....	51
2.1.2. Présent augustinien.....	52
2.2. L’inconvénient d’être Funes.....	57
2.2.1. La valeur de l’oubli.....	58
2.2.2. Reviviscences.....	59
2.2.2.1. Le trouble de stress post traumatique.....	60
2.2.2.2. Les reviviscences sont-elles des hallucinations ?.....	61
2.2.2.3. Les reviviscences sont-elles des souvenirs ?.....	62
2.2.2.4. De la perception au souvenir.....	64
2.2.3. Apprendre, c’est oublier.....	65
2.3. Difficile à voir est l’avenir.....	68
2.3.1. Reine rouge temporelle.....	68
2.3.2. Phénotype tralfamadorien.....	70
2.3.3. Prédire n’est pas pré-voir.....	72

2.4. Les durées du présent.....	75
2.4.1. Présents expérientiels.....	76
2.4.2. Présent spécieux et unité d'action.....	77
Chapitre 3 concernant le passage du temps.....	81
3.1. Apparent passage.....	84
3.1.1. Des secondes par seconde.....	85
3.1.2. Les démons de Bergson.....	87
3.2. Vingt-quatre images par seconde.....	91
3.2.1. Akinétopsie et illusions de mouvement.....	91
3.2.2. Le cycliste et le cinémomètre.....	96
3.3. Horloge biologique.....	99
3.3.1. Neurobiologie du temps qui passe.....	100
3.3.1.1. Fréquence du métronome.....	101
3.3.1.2. Méprise temporelle.....	104
3.3.2. <i>Langeweile</i>	105
3.4. Considérations évolutionnistes sur la perception de passage.....	110
3.4.1. Détemporalisation.....	111
3.4.2. À quoi bon s'ennuyer ?.....	113
3.4.2.1. Tromper l'ennui.....	114
3.4.2.2. Un écueil adaptationniste ?.....	115
Chapitre 4 concernant une histoire naturelle du temps.....	120
4.1. Une phylogénèse des perceptions temporelles.....	123
4.1.1. Proto-perceptions temporelles.....	124
4.1.1.1. Indifférence temporelle.....	125
4.1.1.2. Chimiotaxie et relation d'antériorité.....	126
4.1.1.3. Communication et multicellularité.....	127
4.1.2. La transition Édiacarien-Cambrien : fin de l'éternité.....	129
4.1.2.1. Potentiel d'action.....	130
4.1.2.2. Le premier des melloriens.....	131

4.2. Une origine génétique du temps.....	133
4.2.1. Ce que sélectionne la nature.....	133
4.2.1.1. Pourquoi l'altruisme biologique ?.....	134
4.2.1.2. Génotype et phénotype.....	137
4.2.2. Capsules temporelles.....	138
4.2.2.1. Réplicateurs abiotiques.....	138
4.2.2.2. Machines à survie.....	139
4.2.2.3. Cristaux apériodiques.....	140
4.2.3. Raisons <i>apparentes</i> et personnes.....	142
4.2.3.1. Sénescence et dérive.....	143
4.2.3.2. Théorie de l'intérêt propre.....	145
Conclusion.....	149
Références bibliographiques.....	153

Chapitre 1 concernant un cadre théorique

Cet essai a pour objectif de proposer une théorie naturaliste des perceptions temporelles. Comme toute théorie, celle-ci doit se fonder sur un ensemble d'hypothèses préalablement établies. Si l'édifice théorique construit à partir de ces hypothèses est cohérent, il aura la fragilité d'au moins la plus faillible d'entre elles. De ce fait, je vais dans ce chapitre m'attacher à défendre ces hypothèses initiales. Je vais les présenter et soutenir qu'il est raisonnable de les accepter. Bien entendu, l'assentiment à chacune de ces hypothèses reste à la discrétion de chacun ; il sera cependant considéré comme acquis dans les chapitres suivants. En outre, je soulignerai les connexions qui unissent ces hypothèses : loin d'être indépendantes, il me semble qu'elles s'articulent naturellement. Commençons par examiner la plus fondamentale d'entre elles : l'hypothèse naturaliste.

1.1. Une théorie naturaliste des perceptions

Dans un premier temps, précisons ce qu'il faut entendre par théorie naturaliste des perceptions. Les termes « naturaliste » et « perception » ayant tous deux des acceptions variées, il convient de lever toute ambiguïté concernant leur signification dans le contexte de cet essai. Si j'entends ici ces notions dans leur sens philosophique, elles persistent à contenir suffisamment de dénnotations différentes pour qu'il soit nécessaire d'en préciser le sens minutieusement.

1.1.1. Naturalisme et survenance

Le *naturalisme* suppose une description du monde en accord avec les données actuelles des sciences naturelles. Elle reprend ce principe au matérialisme (ou physicalisme) qui stipule que le monde n'est constitué que d'objets matériels possédant des propriétés physiques ou *survenant* sur des propriétés physiques. Précisons d'emblée ce à quoi réfère le principe de survenance. David Chalmers en propose la définition suivante :

Les propriétés B surviennent logiquement sur les propriétés A, s'il n'y a pas de situations logiques possibles identiques sur le plan de leurs propriétés A tout en étant distinctes sur le plan de leurs propriétés B.² (Chalmers, 1997, p. 35, ma traduction)

La relation de survenance est transitive. Si des propriétés B surviennent sur des propriétés A et des propriétés C surviennent sur les propriétés B, alors les propriétés C surviennent sur les propriétés A. Que signifie, pour un ensemble de propriétés, survenir sur celles de la physique ? Considérons par exemple le corpus de la chimie. Si les propriétés chimiques surviennent logiquement sur les propriétés physiques, deux situations logiques possibles identiques sur le plan de leurs propriétés physiques ne peuvent être distinctes sur celui des propriétés chimiques. Imaginons une entité omnisciente quant à l'état physique du monde : un démon de Laplace connaissant à chaque instant l'ensemble des propriétés *physiques* de chaque objet dans l'univers. Est-il envisageable qu'il soit *surpris* à l'issue d'une transformation chimique ? Autrement dit, est-il possible que le résultat d'une telle transformation *diffère* de la situation initiale dans un monde où toutes les propriétés physiques des objets concernés restent identiques ? Il semble indéniable que non. Une réaction chimique met en jeu des processus dont nous connaissons le substrat physique. La combustion d'hydrocarbure en présence de dioxygène produit dans certaines conditions de l'eau, du dioxyde de carbone et de l'énergie. Ce sont autant d'objets dont nous connaissons le substrat physique (par exemple des ruptures de liaisons covalentes) si bien qu'il n'est pas envisageable qu'une telle réaction puisse avoir lieu dans de situations qui se distingueraient en termes de propriétés physiques³.

Dans le contexte d'une théorie naturaliste, il est essentiel de nous assurer qu'il en va de même pour les propriétés biologiques. Répondre à cette question revient à nier l'existence *d'au moins une propriété* particulière des êtres vivants qui ne surviendrait pas logiquement sur des propriétés chimiques et par transitivité sur des propriétés physiques. J'appellerai cette supposée propriété l'*élan vital*, et l'hypothèse de l'existence d'une telle propriété le *vitalisme*. Si les objets vivants disposent d'un élan vital, un démon de Laplace sera bien en peine de prédire l'état du monde après intervention d'êtres biologiques. Pour reprendre les termes de Chalmers, on pourrait dans ce cas imaginer deux situations identiques sur le plan physique, mais distinctes sur le plan biologique. Or, le sens commun reconnaît aux êtres vivants une place au sein du monde physique. Le bousier faisant rouler sa pelote illustre l'interaction du

² « B-properties supervene logically on A-properties if no two logically possible situations are identical with respect to their A-properties but distinct with respect to their B-properties. » (Chalmers, 1997, p. 35). Dans le cadre de cet essai, je parlerai simplement de survenance pour désigner la survenance logique.

³ On pourrait aller jusqu'à considérer que les propriétés chimiques sont des abstractions utiles de propriétés physiques. Le démon omniscient n'aurait certainement pas besoin de se référer à la chimie pour prédire l'état du monde après une combustion, mais pour nous cette science a une valeur heuristique irremplaçable.

vivant avec la matière dite inerte⁴. Notre démon laplacien assisterait à des changements de propriétés physiques qui le laisseraient perplexe : des mouvements d'objets physiques inexplicables en termes physiques, car issus de causes vitalistes. Bien que capable de les observer, il n'en trouverait aucune explication. Le *principe de fermeture causale du monde physique* serait donc transgressé dans ce contexte. Cependant, il semble difficile de remettre en cause ce principe⁵. Si toutefois cela s'avérait être le cas, il faudrait en outre apporter une explication aux *modalités de l'interaction* entre les propriétés vitales et les propriétés matérielles. Or, la biochimie nous permet de comprendre le fonctionnement des organismes vivants en termes de réactions chimiques, ayant la particularité d'être contrôlées et catalysées par un appareillage enzymatique⁶ lui-même de nature chimique. Cette théorie matérialiste apporte une explication parcimonieuse du lien entre les êtres vivants et le monde physique, entendu qu'ils en font partie intégrante. L'ensemble des faits biologiques observés peut ainsi s'expliquer avec des termes survenants sur la physique. L'ajout d'une explication vitaliste constituerait un cas de *surdétermination*. Le principe de parcimonie, ou principe d'économie d'hypothèses, nous invite ainsi à rejeter le vitalisme.

Le principe de survenance affirme donc que toutes les propriétés des sciences naturelles (chimiques, biologiques, etc.) *intéressantes* surviennent sur les propriétés physiques. Le naturalisme ne rejette pas pour autant la possibilité de l'existence d'objets ou de propriétés non physiques dans l'univers. Elle considère simplement que ces éléments hypothétiques n'interfèrent pas avec les objets physiques, si bien qu'ils ne sont pas *intéressants* dans le contexte d'une théorie des perceptions. En effet, les perceptions sont ici envisagées dans une perspective fonctionnaliste : elles mettent en jeu l'interaction d'objets physiques dans le cadre d'une chaîne causale pouvant aboutir à un changement d'état interne ou à un comportement ouvert. Lorsque je perçois de la musique, ce sont une succession de vibrations dans l'air qui atteignent mon tympan, sont transmises à mon oreille interne puis à mon système nerveux central via le nerf acoustique. La suite des événements peut consister en la formation d'un souvenir de la mélodie, le comportement « battre la mesure » ou encore

⁴ Je n'envisage pas ici une version déflationniste de ce *dualisme vitaliste* qui considérerait que l'élan vital n'intervient que dans certaines situations particulières. Une telle stratégie de repli serait, quoiqu'il arrive, à terme irréfutable, puisqu'il est bien évidemment impossible de prouver l'*inexistence* d'élan vital où que ce soit dans l'univers. L'élan vital est ici envisagé comme une propriété de tous les êtres vivants, ne survenant pas sur des propriétés physiques, mais jouant un rôle fonctionnel fondamental dans l'action de tout être vivant.

⁵ Il serait intéressant d'explorer les limites du principe de fermeture causale du monde physique. Mais si on m'affirmait qu'il peut être pris en défaut, je parierais plus sereinement sur le fait que la rupture se situe au niveau de singularités telles que les trous noirs que sur Terre. On peut également noter que l'existence même de l'univers semble être une infraction à ce principe. Ces deux questions dépassent évidemment le cadre de cet essai.

⁶ Les enzymes sont des molécules ayant la propriété de catalyser des réactions chimiques. Certaines d'entre elles peuvent être activées et désactivées par différents signaux (il s'agit de la régulation allostérique qui peut survenir par la liaison d'un messenger chimique à la molécule, entraînant un changement de conformation). Elles tiennent un rôle absolument fondamental dans tout processus biochimique, puisqu'elles permettent d'accélérer et de contrôler les réactions chimiques nécessaires au fonctionnement d'une cellule.

l'expression verbale d'une opinion esthétique⁷. Il s'agit d'un ensemble de conséquences descriptibles par les propriétés suggérées par les sciences naturelles.

L'approche naturaliste met par ailleurs l'emphase sur d'autres niveaux explicatifs que le niveau strictement physique. Cela ne signifie pas qu'en dernier lieu, le principe de survenance des propriétés d'intérêt sur les propriétés physiques n'est pas respecté. Bien au contraire, ce principe va s'avérer fondamental puisqu'il nous permettra d'utiliser librement des notions issues de la biologie, de la psychologie, etc. sans avoir à systématiquement les rapporter explicitement à leur corrélat physique, sous réserve qu'il y ait survenance. Néanmoins, le paradigme naturaliste se focalisera sur un système explicatif différent de celui que propose généralement la physique. Les explications physicalistes prennent essentiellement la forme d'explications causales, notamment à partir de causes proximales. L'exemple typique consiste en l'action immédiate et réciproque de deux objets l'un sur l'autre en mécanique newtonienne⁸. Le paradigme biologique peut faire appel à des explications d'une autre nature : des explications en *apparence* téléologiques. On peut ainsi expliquer la forme des ailes d'une chauve-souris par leurs finalités : permettre le vol, assurer la thermorégulation, etc. L'aile semble *adaptée* à ses fonctions. Il ne s'agit bien entendu que de finalités apparentes. Il est en principe possible d'expliquer la forme de l'aile par une histoire longue et immensément complexe d'organisations d'objets physiques. Cependant, l'explication naturaliste permet d'expliquer la physiologie, la morphologie voire la psychologie du vivant en termes de *fonction*. Il est ainsi légitime d'expliquer la morphologie des ailes de chiroptères *par* les fonctions qu'elles réalisent, à condition de garder à l'esprit qu'en dernier lieu cette explication est rétrospective et doit rester réductible à une explication physique.

1.1.2. Minimalisme fonctionnaliste

Parmi les propriétés que j'ai décrites comme survenant sur les propriétés physiques, je n'ai pour l'instant pas abordé les propriétés psychologiques. Or, notre théorie se voulant une théorie des perceptions, c'est en termes psychologiques (ou compatibles avec la psychologie)

⁷ Je considère donc l'expression verbale comme un comportement au même titre que tout autre comportement moteur. Le fait que son contenu sémantique réfère à des notions non réductibles à la physique ne signifie pas que quelque chose ne survenant pas sur le physique a lieu dans le cerveau. Un petit programme informatique peut tout à fait « émettre » des opinions esthétiques, par exemple en renvoyant aléatoirement « beau » ou « laid » à chaque image qui lui est présentée. Ajoutons un nuancier d'opinions et un système d'apprentissage par renforcement lié à la conformité de l'« opinion » émise avec celle d'humains et nous aurons tôt fait de faire de notre programme un esthète.

⁸ Notons qu'une des principales difficultés théoriques soulevées par la physique newtonienne résidait justement dans l'existence d'une force agissant à distance, c'est-à-dire une cause *non proximale* : la gravité. On peut voir dans le changement de paradigme opéré par la relativité générale un élément de réponse à ce problème.

qu'elle doit être formulée. Il faut donc également répondre à la question suivante : les propriétés psychologiques surviennent-elles également sur la physique ?

Prenons pour hypothèse nulle que l'objet de la perception est un objet matériel. Selon G. E. Moore, nous avons un accès épistémique aux objets matériels (constitutifs du monde extérieur), non pas directement, comme le voudrait l'hypothèse nulle, mais par le biais de « données de sens » (*sense-data*, Moore, 1953)⁹, définis comme l'objet de l'appréhension directe des sens, autrement dit l'objet effectif de nos perceptions. Peut-on comparer les deux hypothèses et trancher de manière déterminante ? John Austin, prenant l'exemple de la vision, remarque que la controverse repose en fait essentiellement sur un désaccord linguistique :

Le fait que nous décrivons normalement, identifions ou classons ce que nous voyons de multiples manières différentes, qui varient parfois en fonction du degré d'audace de nos conjectures rend non seulement inutile et malencontreux de pourchasser les différents sens de « voir », mais, en outre, il dévoile incidemment l'erreur des philosophes qui ont soutenu que la question « que voyez-vous ? » n'admet qu'une seule réponse correcte, telle que par exemple : « une partie de la surface de la chose » [c'est-à-dire la donnée de sens]. (Austin, 2007, p. 190)

Il me semble qu'à cela s'ajoute une mauvaise considération de ce que sont les perceptions. Il ne s'agit pas d'états, mais de processus. Moore, montrant à un auditoire une enveloppe blanche et rectangulaire, affirme que bien que divers observateurs voient le même objet, leurs données de sens diffèrent notamment selon l'angle avec lequel il observe l'enveloppe, ou la lumière que celle-ci réfléchit vers leurs yeux (Moore, op.cit.). Cette idée repose sur une conception ascendante (*bottom-up*) des perceptions. Les sens transmettraient à notre esprit une « photographie »¹⁰ de l'enveloppe que celui-ci pourrait interpréter. Or, il semble au contraire que l'enveloppe est perçue *par défaut* comme blanche et rectangulaire par tous les observateurs, du fait que leur connaissance a priori des enveloppes font de ces caractéristiques les propriétés standards de ces objets¹¹. Constater que non, l'enveloppe n'est pas *perçue* comme rectangulaire, mais comme trapézoïde, et que non, l'enveloppe n'est pas

⁹ Moore ne considère pas que les données de sens sont le seul moyen d'acquérir des connaissances sur ces objets, ce qui impliquerait le caractère privé et incommunicable de toute connaissance. Il attribue également des rôles au sens commun, au témoignage d'autrui, aux inférences. Ces éléments s'appuient cependant, selon lui, en dernier lieu sur des données de sens.

¹⁰ Je n'ai pas de meilleure analogie, même si je reconnais le caractère réducteur de celle-ci.

¹¹ Il serait instructif de réitérer la démonstration de Moore, mais de sonder les personnes quant à ce qu'elles jugent être la forme et la couleur de l'enveloppe. J'anticipe que la réponse : rectangulaire *et* blanche. Cette réponse serait non seulement relativement consensuelle, mais également plus pertinente que la réponse attendue en termes de données de sens. Cela suppose en revanche que les participants à l'expérience partagent un fond culturel commun, avec notamment la connaissance préalable qu'habituellement les enveloppes sont blanches et rectangulaires. Elle permet par exemple la reconnaissance ultérieure du même objet présenté dans un contexte différent ou encore la reconnaissance d'une enveloppe quand bien même celle-ci n'est pas exactement similaire aux exemples à partir desquels nous avons appris à reconnaître une enveloppe. Reconnaissons que cela est plutôt utile au quotidien.

perçue comme blanche, mais comme grisâtre du fait de l'éclairage demande un effort supplémentaire de détachement vis-à-vis de notre représentation par défaut des enveloppes. Cet effort peut même s'avérer vain, comme l'illustre l'illusion de l'échiquier d'Adelson. Sur la figure 1¹², savoir que les cases A et B sont de même couleur ne permet pas de produire la sensation que B n'est *pas* plus claire que A.

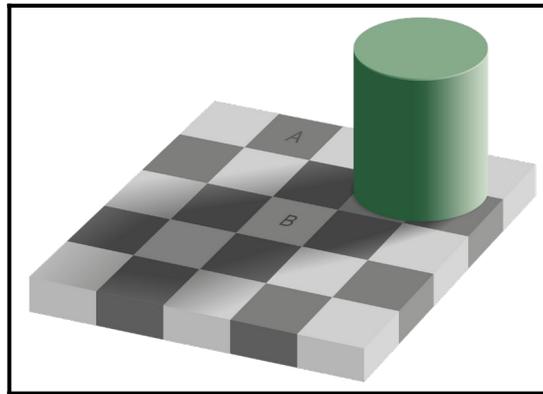


Figure 1 : échiquier d'Adelson (1995)

Je propose ainsi d'adopter une approche *minimaliste fonctionnaliste*. Pour un minimaliste fonctionnaliste, la seule chose *intéressante* est le fait que l'objet matériel soit, via le processus de la perception, à l'origine d'un changement d'état interne ou d'un comportement ouvert de l'organisme qui perçoit. Qu'importent les éventuels intermédiaires. Les notions d'états internes et de comportements ouverts sont issues du paradigme fonctionnaliste tel que présenté par Hilary Putnam : les perceptions peuvent s'envisager comme des *entrées sensorielles*. Elles sont susceptibles de modifier ou non l'état interne de l'organisme. Les comportements ouverts sont des *sorties motrices* (au sens le plus large : toute sortie observable) dont la survenue dépend des inputs sensoriels et de l'état interne (Putnam, 2002). Cette perspective peut paraître réductrice, ne semblant pas rendre compte de la richesse des processus mentaux. Néanmoins, le minimalisme fonctionnaliste n'exclut pas la complexité. Il ne dit rien du nombre d'états internes pouvant coexister, de l'interaction des uns sur les autres, des rétroactions des comportements, eux-mêmes objets de perception réflexive, sur les états internes ou de l'effet des états internes sur les comportements guidant la perception (qui, soulignons-le, est également un processus *actif*). La perception peut tout à fait être envisagée comme un processus inférentiel, fondé sur un principe de minimisation du décalage entre ce que nos connaissances sur le monde (permettant de prédire les stimuli sensoriels attendus) et les stimuli qui atteignent réellement nos sens, susceptibles de corriger nos connaissances sur le monde. Jakob Hohwy parle du principe de la « minimisation de

¹² Figure 1 : Edward H. Adelson, « Checkersshadow Illusion », 1995, consulté le 19.5.20 à partir de <http://persci.mit.edu/gallery/checkersshadow>

l'erreur de prédiction » (*prediction error minimization*, Hohwy, 2013, p. 42)¹³. Tout ce qu'affirme le minimalisme fonctionnaliste est que, si nombreux et riches en interactions soient-ils, perceptions, états internes et comportement constituent les trois seuls éléments fondamentaux de la psychologie.

Il n'est pas nécessaire de déterminer avec précision où se situent ces éléments dans l'enchaînement du processus menant de la perception au comportement. Comme nous l'avons vu, perception, états internes et comportements forment un réseau d'interactions réciproques au sein duquel il serait vain de supposer l'existence de frontières essentialisantes qui distinguerait de façon pertinente la perception de l'état interne qui la sépare du comportement qui en découle. Je propose donc de considérer l'ensemble perception-états internes-comportement comme un *trait phénotypique* dont la manifestation comportementale ouverte est un élément d'intérêt particulier dans la mesure où il peut aisément être observé. J'inclus bien sûr le rapport verbal d'une perception parmi ces comportements ouverts, mais avec la réserve suivante : la personne émettant un rapport verbal n'a pas un accès épistémique directe aux processus qui la conduisent à émettre ce rapport verbal, ni aux boucles inférentielles qui participent à l'élaboration de la perception. L'affirmation « Je perçois la case B plus claire que la case A » est donc à considérer comme une donnée comportementale qui ne témoigne que du résultat du processus perceptif et de son interaction avec les états internes qui finissent par produire le comportement de cet énoncé. L'énoncé n'est pas directement identifiable à la perception entendue comme un processus actif, mais constitue notre meilleure voie d'accès à celle-ci.

Il nous reste à déterminer si ces trois propriétés psychologiques surviennent logiquement sur la physique. En d'autres termes, les événements mentaux sont-ils pleinement réductibles à des événements physiques ? Selon David Chalmers, les propriétés mentales se divisent en deux catégories. D'une part, celles qui semblent d'emblée accessibles aux sciences naturelles : la mémoire, la dimension physiologique des émotions, l'aspect cognitif de nos raisonnements, etc. D'autre part, celles qui relèvent du « problème difficile » (*the hard problem of consciousness*, Chalmers, 1997, p.xi-xii). Il s'agit de propriétés dites phénoménales, aussi appelées qualia. Elles concernent « ce que cela fait » (*what is it like*, Nagel, 1974) de faire l'expérience d'un état mental, par exemple une perception. J'ai déjà pris position en faveur du matérialisme éliminativiste, considérant qu'il n'y avait rien de tel que d'*irréductibles qualia* (Montalvo, 2019, p. 53-56). Dans le cadre de cet essai, nous pouvons

¹³ L'illusion de l'échiquier d'Adelson peut s'expliquer ainsi. Notre connaissance préalable sur l'alternance des couleurs des cases d'un échiquier est suffisamment ancrée pour ne pas être réfutée par la similarité des sensations produite par A et B, d'autant que la présence de l'ombre du cylindre fournit une explication au caractère erroné des sensations. Ce mécanisme perceptif, s'il ne fournit pas une représentation exacte du réel, permet de répondre de façon pragmatique à la question « de quelle couleur est la case B, attendu que dans le cas d'un échiquier la réponse est binaire : noire ou blanche.

rester agnostiques sur la question des propriétés phénoménales, dans la mesure où elles n'intéressent pas le théoricien naturaliste. Elles requerraient un appareil théorique dont les sciences naturelles ne disposent pas¹⁴. Elles ne relèvent donc pas du champ d'études que je m'attache à élaborer ici. Si nous pouvons rester silencieux au sujet de propriétés telles que les qualia ou toute autre propriété surnaturelle (c'est-à-dire ne survenant pas sur les propriétés matérielles), il est toutefois requis de ne pas prendre appui sur ces dernières dans l'élaboration de la théorie. Dès lors, notre théorie naturaliste se doit de rendre compte des perceptions en termes de propriétés matérielles perçues et traitées par des entités matérielles qui produisent des comportements observables selon le principe du minimalisme fonctionnaliste.

Je propose de formuler la première hypothèse de la théorie naturaliste des perceptions temporelles de la façon suivante :

(N) : hypothèse naturaliste : l'ensemble des propriétés du monde intéressantes survient sur des propriétés matérielles (physiques). L'ensemble des objets du monde intéressants sont des objets matériels. Les propriétés psychologiques peuvent en particulier être réduites aux processus décrits par le minimalisme fonctionnaliste, respectant le principe de survenance sur les propriétés matérielles.

1.1.3. Ce qu'implique (N)

Le paradigme naturaliste implique de ne pas supposer de distinction qualitative qui pourrait séparer *homo sapiens* du reste du règne animal. Bien évidemment, une grande partie de cet essai s'appuiera sur des données issues de la psychologie et de la biologie humaine. Cela n'est lié qu'à l'abondance de données scientifiques concernant notre espèce. Cependant, rien n'exclut que mes conclusions s'appliquent à d'autres organismes vivants, à commencer par nos cousins les plus proches : les autres primates. Comme le souligne Frans de Wall, le cerveau humain est un « cerveau de primate agrandi à l'échelle » (de Wall, 2018, p. 163). La structure globale de l'encéphale humain est en tout point comparable à celle des autres membres de cet ordre. S'il n'existe pas de frontière notable entre *homo sapiens* et le reste du règne animal, notons que cela ne revient pas à proclamer l'absence de différences entre l'humain et les autres animaux. Nous sommes les seuls représentants du genre *homo*, qui présente des caractéristiques particulières vis-à-vis des autres membres de la famille des hominidés¹⁵ : la bipédie exclusive, un volume de la boîte crânienne plus important, la possibilité d'un langage

¹⁴ Cela est valable pour les sciences de la nature dans leur développement actuel. David Chalmers défend la possibilité future d'un élargissement du champ de ces sciences de manière à inclure ces (hypothétiques) données (Chalmers, 1997, p. 276-277).

¹⁵ Chimpanzés, bonobos, orangs-outans et gorilles pour les espèces vivant actuellement.

articulé, etc. Ce que j'affirme est qu'aucune de ces différences n'est *particulière* dans la mesure où l'on retrouve des dissemblances tout aussi nombreuses et significatives entre les autres hominidés, chaque genre ayant ses propres spécificités. Plus généralement, aucun argument ne vient étayer la thèse que l'être humain serait *plus évolué* (quoi que cela puisse vouloir dire) que n'importe quelle espèce vivant actuellement. Chacune est adaptée à sa manière à son habitat. Le développement d'un système nerveux complexe et les autres traits du genre *homo* ne sont que des *stratégies évolutives* (je reviendrai sur cette notion) parmi d'innombrables autres stratégies représentées dans le monde du vivant. Aucune ne peut se prévaloir d'une quelconque *supériorité*, quelle que soit la signification que l'on rattache à ce qualificatif. Il n'y a pas d'échelle aristotélicienne du vivant au sommet de laquelle trônerait l'humanité.

De la même manière que l'être humain est un animal comme les autres, les animaux sont des êtres vivants comme les autres. Le naturalisme va plus loin. En l'absence de propriétés particulières attachées au vivant, que les organismes biologiques ne sont pas fondamentalement différents des autres objets. Cela s'illustre par la difficulté à tracer une frontière claire entre le vivant et le non-vivant. Ainsi, le fait de disposer d'un métabolisme¹⁶ est parfois proposé comme caractéristique du vivant. Les virus n'ayant pas de métabolisme propre, ils dépendent de cellules hôtes pour leur reproduction. Il ne s'agirait donc pas d'êtres vivants. Mais qu'en serait-il des automobiles, qui tout comme de nombreux êtres vivants consomment des composés carbonés et du dioxygène produisant un travail (au sens mécanique) et des déchets (du monoxyde et du dioxyde de carbone, des oxydes d'azote et de l'eau pour ne citer qu'eux) ? Patrice David et Sarah Samadi retiennent, quant à eux, la reproduction comme caractéristique fondamentale du vivant (David et Samadi, 2011, p. 12). Ceci permet d'exclure les voitures et d'inclure les virus. Mais cela implique également d'inclure les prions¹⁷, les plasmides¹⁸, les virus informatiques¹⁹, voire les cristaux de sels de la mer Morte²⁰. La reproduction ne semble, pas plus que le métabolisme, en mesure de délimiter un ensemble d'objets du monde matériel qui serait « l'ensemble des objets vivants ». De même, je considère que rien ne vient distinguer qualitativement *homo sapiens* d'autres

¹⁶ On peut définir le métabolisme comme un ensemble de réactions chimiques contrôlées permettant à un organisme de produire l'énergie nécessaire à son développement et son fonctionnement. Les organismes qui nous sont les plus familiers ont un métabolisme principalement basé sur le dioxygène et divers composés carbonés dont la réaction contrôlée libère de l'énergie du dioxyde de carbone et de l'eau.

¹⁷ Protéines enzymatiques, ayant la particularité de catalyser la transformation de protéines proches en copies d'elles-mêmes. Les prions sont responsables des maladies à prions telles que Creutzfeldt-Jakob.

¹⁸ Molécules d'ADN présentes notamment dans certaines bactéries et capable de réplication autonome et susceptible de se transmettre d'un hôte bactérien à un autre.

¹⁹ Programme informatique produisant des copies d'eux-mêmes et susceptible d'être transmis d'un ordinateur à un autre.

²⁰ Le sel dissout dans l'eau s'agglomère pour former des cristaux susceptibles de se rompre (ce qui est analogue à une division) pour former deux cristaux plus petits qui vont eux-mêmes agglomérer d'autres molécules de sel.

organismes vivants, je conteste donc l'idée d'une frontière qualitative entre matière dite inerte et matière dite vivante.

Cela étant dit, force est de constater que l'espèce humaine dispose d'un appareil perceptif riche et susceptible de ce que nous allons chercher à expliquer en détail : les perceptions temporelles. Je n'affirme pas que seule cette espèce dispose de cette propriété psychologique (je défendrai d'ailleurs le contraire). Mais elle possède la particularité de communiquer par un langage dont nous pouvons comprendre quelques variantes, en tant que membres de cette espèce²¹. Cela fait des individus qui la composent de bons sujets d'étude pour explorer le mécanisme de la perception temporelle. Il convient à présent de définir cette notion, en respectant les restrictions imposées par (N).

1.1.4. L'hiver de Shoemaker

(N) implique de considérer l'objet de nos perceptions comme matériel. Notons d'ores et déjà que l'objet de la perception est *toujours* une ou plusieurs *propriétés* d'un objet matériel. Nous ne connaissons les objets physiques que par le prisme de leurs propriétés, tout simplement, car nous ne pouvons interagir avec eux que par le biais de ces dernières²². Le temps entre-t-il dans la catégorie des objets de perception ? Je vais tâcher de provisoirement contourner le problème m'appuyant sur une remarque de J. J. C. Smart, « nous ne pensons jamais au temps, mais seulement à des faits temporels »²³ (1949, ma traduction). Je vais donc assimiler *perception temporelle* et *perception de faits temporels*, ne me prononçant pas sur la nature exacte du temps. Précisons ce que nous allons entendre par *faits temporels* dans le cadre de cet essai. Je considérerai que cette notion peut référer à deux choses. D'une part, à un événement, au sens que donnent les physiciens à ce mot : « quelque chose qui arrive en un point particulier de l'espace à un moment particulier. » (Hawking, 2018, p. 41). D'autre part, j'inclus dans le concept de fait temporel les relations temporelles qui lient les événements. Nul besoin d'envisager directement l'essence du temps : ce qui *nous intéresse*, conformément à (N), ce sont les propriétés physiques des objets et leurs *changements*. Examinons l'hypothèse de Smart selon laquelle seuls les faits temporels nous sont accessibles perceptivement.

21 Je m'excuse d'avance auprès d'éventuels lecteurs non humains. Je serais ravi d'un échange de points de vue.

22 Ce qui n'exclut pas que nous ayons connaissance de ces objets comme des objets et non comme une somme de propriétés. Comme le fait remarquer Moore (1953), nous avons connaissance de ces objets, non seulement par le biais des sensations, mais également par le témoignage d'autrui, la mémoire et diverses inférences. Quand bien même, ces données seraient elles-mêmes issues de sensations, elles attestent que les objets existent indépendamment de nos perceptions de leurs propriétés. Le fait que nous n'ayons de contact avec les objets matériels que par le biais de leurs propriétés n'implique pas qu'ils soient assimilables à ces dernières.

23 « we never do think about time, but only about temporal facts » (Smart, 1949)

Sydney Shoemaker a défendu l'idée qu'on pouvait distinguer *temps* et *changement* en proposant une expérience de pensée dans le cadre de laquelle il serait raisonnable de considérer qu'une période de temps puisse exister sans qu'il s'y produise de quelconques changements. En d'autres termes, une période de temps sans faits temporels. Il imagine un univers divisé en trois régions distinctes, A, B et C, dont les habitants sont capables de communiquer les uns avec les autres. Supposons, propose-t-il, que des périodes de temps sans changement adviennent régulièrement dans l'une ou l'autre de ces régions : cela passerait initialement inaperçu pour les habitants de la région en question, jusqu'à ce qu'ils remarquent un changement brutal de configuration dans les deux autres régions. Les habitants des autres régions, quant à eux, seraient témoins de cette période de gel. Bien entendu, il ne s'agit pas ici, au sens strict, de temps sans changement, puisque les changements persistent dans les régions dégelées et les objets de la région gelée changent au moins de propriétés relationnelles vis-à-vis des objets des autres régions. Mais Shoemaker poursuit son argument :

Nous pouvons imaginer, tout d'abord, que les habitants du monde découvrent, à l'aide d'horloges localisées dans les régions dégelées, que les gels locaux ont toujours la même durée, disons un an. [...] Supposons qu'on découvre que dans la région A, les gels locaux ont lieu tous les trois ans, que dans la région B ils ont lieu tous les quatre ans et que dans la région C ils ont lieu tous les cinq ans. Ayant fait ce constat, ils peuvent aisément calculer [la fréquence] de gels simultanés. [...] Ces trois régions constituant l'intégralité de l'univers, dire qu'il y a un gel simultané dans les trois régions tous les soixante ans revient à dire que tous les soixante ans il y a un gel total pendant un an.²⁴ (Shoemaker, 1969, ma traduction)

Il ne nous est pas nécessaire de contester la plausibilité de l'argument de Shoemaker. Remarquons que durant *l'hiver de Shoemaker* – le gel intéressant l'intégralité de l'univers – aucune perception temporelle n'a lieu. Pourquoi les habitants de cet univers ne supposeraient-ils pas qu'en outre, tous les premiers lundis du mois à midi et demi, un autre hiver shoemakerien survient ? Et surtout, s'en soucieraient-ils ? Dans le scénario de Shoemaker, la survenue attendue d'un hiver est l'occasion de festivités pour les habitants de son univers. Mais supposons que les habitants se trompent de date pour l'organisation de leur

24 « We can imagine, first, that the inhabitants of this world discover, by the use of clocks located in unfrozen regions, that local freezes always last the same amount of time – let us suppose that the length of freezes is always exactly one year. We can also imagine that they keep records of local freezes and find that they occur at regular intervals-let us suppose that it is found that in region A local freezes have occurred every third year, that in region B local freezes have occurred every fourth year, and that in region C local freezes have occurred every fifth year. Having noticed this they could easily calculate that, given these frequencies, there should be simultaneous local freezes in regions A and B every twelfth year, in regions A and C every fifteenth year, in regions B and C every twentieth year, and in all three regions every sixtieth year. Since these three regions exhaust their universe, to say that there will be simultaneous local freezes in all three regions every sixtieth year is to say that every sixtieth year there will be a total freeze lasting one year. » (Shoemaker, 1969).

célébration²⁵. Personne ne serait en mesure de le remarquer. Nous pouvons estimer que les hivers shoemakeriens n'ont pas leur place dans le paradigme institué par l'hypothèse (N), tout simplement parce qu'ils ne sont *intéressants* pour personne.

Ainsi, ce n'est pas une théorie des perceptions du temps que je souhaite élaborer, mais bien une théorie des perceptions temporelles. La question de la nature même du temps relève difficilement du cadre imposé par (N) et le fait que notre théorie nous autorise à rester indécis à cet égard est un avantage indéniable. Les perceptions temporelles sur lesquelles nous allons nous pencher sont des perceptions de faits temporels ayant lieu dans un monde matériel, autrement dit de *d'événement et de changements physiques*. Nous allons à présent examiner la nature de ces changements, notamment dans la mesure où ils semblent impliquer un *avant* et un *après*.

1.2. La réalité des faits temporels

L'hypothèse (N) impose de développer une conception des faits temporels pouvant s'énoncer en termes exclusivement physiques (ou réductibles à de tels termes). J'ai donc proposé de considérer les faits temporels comme des *changements* de propriétés des objets physiques. J. M. E. McTaggart affirme que les changements ne peuvent pas exister. Examinons l'argument qu'il développe.

1.2.1. L'argument de McTaggart

McTaggart rejette l'existence du temps à l'aide de l'argument suivant (1908, ma formalisation) :

1. Le temps implique le changement.
2. Le changement implique de considérer que les moments temporels ainsi que les événements qui les occupent ont les propriétés d'être (généralement²⁶) futurs, présents et passés.
3. Ces propriétés sont incompatibles.

Conclusion : les prémisses 2 et 3 impliquent que le changement est impossible, associées à la prémisse 1 : *le temps n'existe pas*.

²⁵ Peut-être ignorent-ils que l'hiver de Shoemaker tombe sur une année bissextile.

²⁶ Faisons abstraction d'hypothétiques premier et dernier moments du temps qui ne sont jamais respectivement futur et passé.

J'ai conclu la partie précédente avec l'idée que notre théorie n'avait pas à se positionner quant à l'ontologie du temps. Nos objets d'intérêt seront les faits temporels observables, indépendamment de la nature sous-jacente du temps. L'argument de McTaggart me semble pouvoir être reformulé de façon à préserver cet agnosticisme temporel. La prémisse 1 peut ainsi s'entendre de la façon suivante : l'existence de faits temporels implique le changement. Par ailleurs, il s'agit d'une conception particulière du changement, que j'appellerai *changement mctaggartien*. Nous reviendrons sur la distinction entre changements mctaggartiens et non-mctaggartiens. Dans un souci de clarté et de cohérence avec la littérature, je vais examiner l'argument de McTaggart dans ses termes traditionnels : temps pour faits temporels, changement pour changement mctaggartien.

Pour défendre son argument, McTaggart anticipe une objection qui pourrait concerner la prémisse 3. En effet, ces propriétés ne sont incompatibles que dans la mesure où elles sont entretenues de manière simultanée. Or, rien dans la prémisse 2 ne stipule que ces propriétés doivent être attribuées simultanément aux moments ou aux événements. Prenons un moment *M* présent : nous pouvons dire qu'il *est* présent, *a été* futur et *sera* passé. Mais cela signifie également « que *M* est présent à un moment présent, passé à un moment du futur et futur à un moment du passé »²⁷ (McTaggart, 1908, ma traduction). Or, chacun de ces trois moments dérivés étant eux-mêmes supposés être futurs, présents et passés, « une difficulté similaire apparaît » (*a similar difficulty arises*, *ibid.*) puisque s'ils sont eux-mêmes successivement futurs, présents et passés, c'est qu'ils l'auront été à différents moments. McTaggart conclut que ce problème se répète indéfiniment ce qui amène une contradiction. La prémisse 3 est donc sauvée.

Craig Bourne propose de contourner le problème en postulant que l'ordre supérieur est de nature différente : « non temporalisé » (*tenseless*, Bourne, 2006). Or, ce que McTaggart affirme dans la prémisse 2, c'est que « la distinction du passé, du présent et du futur est essentielle au temps »²⁸ (*op.cit.*, ma traduction). En effet, une autre caractérisation possible des moments et événements temporels prend la forme d'une succession : ils constitueraient une « série B » (*B series*, *ibid.*) ordonnée en termes d'antériorité et de simultanéité. McTaggart rejette l'hypothèse que seule la série B permette à du changement d'advenir dans la mesure où les relations entre événements dans cette série sont fixes. Prenons trois événements :

27 « that *M* is present at a moment of present time, past at some moment of future time, and future at some moment of past time. » (McTaggart, 1908).

28 « the distinction of past, present and future is essential to time » (*ibid.*) Nous pouvons assimiler ici le temps au changement et reformuler la citation de la façon suivante : *la distinction du passé, du présent et du futur est essentielle au changement.*

- V : la découverte du vaccin par Edward Jenner
- C : la campagne mondiale de vaccination contre la variole
- E : l'éradication de la variole.

V et C entretiennent une relation d'antériorité : la mise au point du vaccin est antérieure à la campagne de vaccination. C et E sont considérés comme simultanés²⁹. À tout moment, V est, a été et sera toujours antérieur à C et C est, a été et sera toujours contemporain de E. Pour McTaggart, cela signifie que la série B ne peut contenir d'authentiques changements. Une solution avancée par Bourne consiste à admettre la validité de l'inférence des prémisses 2 et 3 à l'impossibilité du changement, tout en niant la prémisse 1. Cette approche est commune à deux théories du temps : le présentisme et la théorie B.

Le présentisme est une variante possible de la théorie A :

Théorie A : le temps existe. Il contient un moment particulier : le présent. Le présent est en déplacement relatif par rapport aux événements, si bien que des événements futurs deviennent présents puis passés.

Différentes formes de la théorie A peuvent être défendues, selon la valeur ontologique accordée aux événements temporels. Par exemple, la théorie de l'« univers croissant » (*growing up universe*) suppose que seuls le présent et le passé existent, si bien qu'à mesure que le temps s'écoule (c'est-à-dire que le présent se « déplace ») de plus en plus de faits accèdent à l'existence. D'autres théories accordent le statut d'existence à tous les faits ou uniquement aux faits présents et futurs. Enfin, selon le présentisme, seuls les faits présents existent. Comme le souligne Craig Bourne, ce dernier est l'unique variante de la théorie A en mesure de résister à l'argument de McTaggart :

La racine du problème est de considérer quoi que ce soit (événements, faits ou autre) comme *existant* dans « le passé » ou « le futur », c'est-à-dire comme y étant déjà localisés avec ces temporalités (*tenses*) ontologiquement significatives. Éliminer l'ontologie d'un événement n'est donc pas pertinent ; il faut plutôt montrer comment éliminer du discours le passé et le futur comme localisations où les objets de toute sorte résident avec ces temporalités ontologiquement significatives. J'affirme que l'argument de McTaggart est valide, mais qu'il

²⁹ Bien évidemment, la campagne de vaccination s'est étendue sur plusieurs années, a débuté avant l'éradication de la variole (qui est par définition événement instantané, bien qu'on ne puisse en connaître la date exacte) et s'est poursuivie quelques années après. Par souci de simplicité, j'admets ici que ces deux événements sont simultanés, bien que le second ait eu lieu durant le premier.

n'affecte que les [théories A] (*tensed positions*) qui affirment que plus d'une temporalité (*tense*) peut être attribuée à un objet.³⁰ (Bourne, *op.cit.*, p. 75, ma traduction)

Si le présentisme est la seule *théorie A* pouvant résister à l'argument de McTaggart, ce n'est pas la seule théorie *tout court*. Nous l'avons vu, les théories A ont en commun deux présuppositions : l'existence d'un présent particulier et l'écoulement du temps. Une alternative à la théorie A consiste à nier l'existence de ce moment privilégié que serait le présent. Une telle théorie considère que les seules propriétés temporelles légitimes sont celles qui permettent aux événements et aux moments de constituer ce que McTaggart appelle la série B. Ces propriétés, rappelons-le, sont relationnelles : antériorité et simultanéité. Il s'agit de la théorie B, que je formule ainsi :

Théorie B : le temps existe. Il est composé de différents moments. Chaque moment du temps existe de la même manière et le temps ne s'écoule pas.

La théorie B permet également d'éviter la conclusion de McTaggart en s'attaquant à la prémisse 1. Il ne s'agit pas cette fois de parler de temporalité relative à un ordre supérieur non-temporalisé, mais de considérer d'emblée que notre notion du temps comme constitué de futur, présent et passé est erronée. Il n'y a notamment, dans la théorie B, aucun moment qui pourrait s'enorgueillir d'être *le* moment présent. Le principal problème posé par la théorie B est son exotisme vis-à-vis du sens commun : il semble que nous faisons l'expérience d'un moment présent particulier qualitativement distinct de tous les autres moments concevables. Comme le souligne Arthur Prior, nous adoptons une attitude particulière vis-à-vis du moment que nous considérons comme présent, si bien que si, conformément à la théorie B, chaque moment existe de la même manière, il est difficile de comprendre pourquoi nous ressentons un soulagement lorsqu'un événement déplaisant, tel qu'un rendez-vous chez le dentiste, semble passé alors même que son statut d'existence reste identique (Prior, 1959). Je propose de résoudre ce problème en faisant appel à la notion de *perspective temporelle*.

30 « the root of the problem is thinking of anything—events, facts, or whatever—as existing in 'the past' or 'the future'—i.e., as already being located there with those ontologically significant tenses. Eliminating an event ontology is, therefore, irrelevant to avoiding contradiction; rather, it needs to be shown how to eliminate talk of the past and future as locations where objects of any kind reside with these ontologically significant tenses. I say McTaggart's argument is valid, but only affects tensed positions which assert that more than one tense is ever had by an object. » (Bourne, *op.cit.*, p. 75). Bourne parle de *tensed theories* pour référer à ce que j'appelle ici théories A.

1.2.2. Perspective temporelle

Hugh Mellor (1998) rejoint la conclusion de McTaggart au sujet de l'inconsistance de la série A. Cependant, il n'en tire pas les mêmes conclusions concernant la réalité du temps. En effet, l'argument de McTaggart contre la réalité du temps repose sur l'hypothèse que la série A, irréductible à la série B en ce qu'elle rend compte de la notion de changement, est essentielle au temps. Selon Mellor, il est possible de décrire le temps en termes uniquement B. Les événements sont présentés en relation d'antériorité ou de simultanéité les uns avec les autres. Ces relations étant éternelles, accepter la conception de Mellor revient à faire le deuil de la notion de dynamique du temps. Cependant, ceci paraît entrer en contradiction avec la notion même de changement et avec le rapport que nous entretenons avec les faits temporels. Nos perceptions du monde semblent restreintes au moment présent, ou plus exactement à un passé très proche lorsque nous percevons des événements spatialement proches³¹. De plus, nos attitudes propositionnelles vis-à-vis du passé et du futur ressemblent à la mémoire et à l'attente augustinienne³². Comment concilier cela avec la supposée équivalence de chaque moment au sein de la série B qui serait constitutive du temps ?

Je vais envisager le problème par le prisme de la token-réflexivité³³ (*token-reflexivity*) pour mieux préciser comment se produit cette survenance logique. Le fait qu'un événement soit présent au moment de l'énonciation de l'énoncé-type « g est actuellement le cas » est vrai au moment de son énonciation si et seulement si g est le cas au moment de l'énonciation. Si j'entretiens la croyance (ou verbalise l'énoncé) que « l'épidémie de grippe a lieu actuellement », les conditions de vérité de la proposition ne peuvent être déterminées en l'absence d'un contexte d'énonciation, pouvant être ou non contemporain de l'épidémie de grippe :

- Si le token de l'énoncé-type « l'épidémie de grippe a lieu actuellement » est énoncé durant l'épidémie, le token a une valeur de vérité vraie
- Si le token est énoncé à distance d'une épidémie grippale, sa valeur de vérité est fausse

³¹ La vitesse de la lumière étant finie, plus l'objet de notre perception est lointain, plus notre perception temporelle concerne un fait temporel passé.

³² « ce qui m'apparaît maintenant avec la clarté de l'évidence, c'est que ni l'avenir, ni le passé n'existent. Ce n'est pas user de termes propres que de dire : "il y a trois temps, le passé, le présent et l'avenir." Peut-être dirait-on plus justement : "il y a trois temps : le présent du passé, le présent du présent, le présent du futur." Car ces trois sortes de temps existent dans notre esprit et je ne les vois pas ailleurs. Le passé du présent c'est la mémoire ; le présent du présent, c'est l'intuition directe ; le présent de l'avenir, c'est l'attente » (Augustin, 2015, p. 269).

³³ J'utilise la distinction anglophone token-type qui n'a pas d'équivalent consensuel en français. Il faut entendre le token comme l'instanciation ou l'exemplification d'un type. Si j'affirme avoir dans ma bibliothèque le même livre qu'un ami, je laisse entendre que nous avons deux exemplaires d'un même livre. Nous avons des tokens différents d'un même type. Ici, un token-énoncé correspondra à un acte d'énonciation particulier d'un énoncé-type.

En l'occurrence, c'est la présence de l'indexical « actuellement » qui rend la valeur de vérité du token de l'énoncé dépendante du contexte d'énonciation. Celle-ci injecte une perspective temporelle dans la valeur de vérité du token, si bien que du point de vue d'un moment temporel donné, un token antérieur sera considéré comme passé, un token simultané comme présent et un token ultérieur comme futur pour un même énoncé-type. Comme François Recanati le souligne, l'indexicalité n'est pas la seule façon de rendre la valeur de vérité d'un énoncé-token dépendant du contexte d'énonciation. Un énoncé tel que « l'épidémie de grippe progresse » peut également requérir une saturation³⁴ qui peut être de nature pragmatique (Recanati, 2007, p. 3). Par exemple, si le contexte d'énonciation est un article journalistique, il est implicitement entendu que l'énoncé porte sur un fait d'actualité (autrement dit contemporain de la publication). Le contexte pragmatique joue dans ce cas un rôle analogue à la présence dans l'énoncé d'un indexical. Cette approche nous permet de construire des énoncés temporels pourvus de sens sans jamais faire appel à des termes A. L'entretien de pensées ou l'énonciation de propositions d'allure superficiellement A est systématiquement réductible à une pensée (ou un énoncé) B implicitement ou explicitement associé à un contexte de pensée (ou d'énonciation).

Ainsi, la propriété de token-réflexivité des énoncés temporalisés (*tensed utterances*) introduit la notion de perspective nécessaire à déterminer leur valeur de vérité. Concernant les séries A et séries B, on peut s'appuyer sur la distinction token-type pour expliquer que la série B des événements, fondamentale, n'est pas incompatible avec l'énonciation de phrases temporalisées (*tensed sentences*, c'est-à-dire contenant des termes A) dans la mesure où il est possible d'évaluer leur valeur de vérité relativement à un moment donné de la série B définissant un présent contextuel. On établit ainsi une correspondance entre « passé » et antérieur, « présent » et simultané, et « futur » et postérieur, à condition de fixer le contexte d'énonciation comme moment déterminant le présent du discours. Ce présent correspond à celui que Recanati envisage comme un temps neutre qui serait l'une des deux facettes du discours temporalisé :

La maîtrise d'un discours authentiquement temporalisé repose sur deux habiletés distinctes : l'usage et la compréhension de phrases temporellement neutres (c'est-à-dire conjuguées au présent), et la capacité à penser au temps et de mettre en contraste le passé et le futur avec le présent.³⁵ (Recanati, op.cit., p. 70, ma traduction).

³⁴ C'est-à-dire mettre en mots une fonction propositionnelle qui requiert un argument temporel pour constituer une proposition authentique.

³⁵ « mastery of genuine temporal talk rests on two distinct abilities: the ability to use and understand simple, temporally neutral sentences (i.e. sentences in the present) and the ability to think about times and to contrast the past and the future with the present. » (Recanati, 2007, p. 70)

Recanati souligne que le présent grammatical a des usages distincts, en particulier celui d'être temporellement neutre *ou bien* de désigner le « moment présent ». Or ce *moment présent* n'est autre que le moment de l'énonciation. L'association du présent neutre avec un contexte d'évaluation peut permettre de construire une grammaire faisant appel au passé et au futur, mais uniquement dans le cas où il y a recouvrement entre l'instant *défini comme présent* et la circonstance temporelle d'énonciation. Le « noyau du présent grammatical » de Prior (*present tense 'kernel'*, cité par Recanati, *ibid.*) est davantage à entendre comme un *noyau du moment de l'énonciation*.

Ce développement autour de la notion de perspective temporelle peut tout à fait entrer dans le cadre d'une théorie B. Elle y constitue alors une réponse parcimonieuse à l'existence d'énoncés A et d'événements mentaux (croyances) A, autrement dit d'énoncés et de croyances temporalisés (*tensed*), sans présupposer un présent particulier et l'écoulement du temps qui caractérisent la théorie A. Nous avons donc à notre disposition deux théories capables de résister à l'argument de McTaggart. Il me reste à proposer une bonne raison de préférer la *théorie B perspective* à la *théorie A présentiste*.

1.2.3. Principe de parcimonie

Nous sommes à présent confrontés à un dilemme. Avec la version présentiste de la théorie A et la théorie B perspective, nous avons deux théories à même de résister à l'argument de McTaggart. Elles semblent par ailleurs toutes deux capables d'expliquer l'apparence des faits temporels tels que nous les observons. Existe-t-il des raisons de pencher en faveur de l'une ou l'autre de ces théories ? Selon Craig Bourne, il est légitime de privilégier le présentisme, en vertu de ce qu'il appelle la « parcimonie ontologique » (*ontological parsimony*, *op.cit.*, p. 68). Je vais ici discuter cet argument, qu'il formule ainsi :

« [le] présentisme est *quantitativement* plus parcimonieux que la théorie B (*tenseless theory*) ; à savoir, l'ensemble des objets que postule [le] présentisme est un strict sous-ensemble des objets postulés par la théorie B. »³⁶ (*ibid.*, ma traduction)

³⁶ « ersatzer presentism is *quantitatively* more parsimonious than the tenseless theory ; that is, the set of object that ersatzer presentism postulates is a proper subset of those objects that the tenseless theory postulates » (Bourne, *op. cit.*, p. 68). La version du présentisme défendue par Bourne, qu'il nomme *ersatzer presentism* postule que les autres temps ont une existence abstraite tandis que le présent a une existence concrète. Cette position lui permet de contourner certaines difficultés posées au présentisme de Arthur Prior. Ne contestant pas les arguments de Bourne en faveur de *cette* version du présentisme, je la présente simplement comme *présentisme* par souci de clarté. Pour un développement sur l'*ersatzer presentism*, voir son chapitre 2.

L'argument de Bourne est incontestable³⁷, mais est-il pertinent ? Il le serait peut-être *toute chose égale par ailleurs*. Mais ce serait faire l'impasse sur la prodigalité de la théorie A concernant d'autres aspects, non pas ontologiques, mais théoriques. Quel est le moteur qui permet au présent de se déplacer ? À quelle vitesse et pourquoi celle-ci plutôt qu'une autre ?³⁸ Comment se produisent la création et la disparition des objets au fil du temps ?

Si le présentisme est ontologiquement parcimonieux, il suppose, pour répondre à ces questions, un corpus théorique bien plus vaste que la théorie B. Or, le principe de parcimonie est avant tout un principe d'économie *d'hypothèses*. En l'absence de présent particulier, il n'y a ni moteur, ni vitesse, ni création, ni disparition. L'appel au principe de parcimonie semble donc davantage jouer en faveur de la théorie B. C'est en vertu de ce principe que je propose d'adopter la théorie B perspective comme la deuxième de nos hypothèses initiales :

(B) : « théorie B perspective » : *les faits temporels existent et sont correctement décrits par la théorie B : ils sont liés par des relations d'antériorité ou de simultanéité. Chaque moment existe tout autant qu'un autre et il n'y a rien de tel qu'un passage du temps. Les propriétés A surviennent sur les propriétés B selon une perspective temporelle, liée à une forme d'indexicalité de la propriété B relative à un observateur.*

Comme nous l'avons vu, (B) implique le rejet de la prémisse 1 de l'argument de McTaggart, selon laquelle les faits temporels impliquent le changement mctaggartien. La notion de *perspective temporelle* nous permet de rendre compte de cette apparence de changement sans supposer, comme le ferait un présentiste, ce « changement authentique » au sens de McTaggart. La théorie B implique nécessairement l'existence de propriétés B. Les propriétés A, quant à elles, ne peuvent exister que dans la mesure où une certaine perspective est entretenue sur le monde. Ainsi, l'existence de propriétés A est intimement liée à l'existence d'objets physiques dont une ou plusieurs propriétés B sont liées à un moment particulier (indexical). Les animaux sont bien évidemment des exemples paradigmatiques de tels objets physiques, dans la mesure où leurs comportements peuvent être vus comme directement liés à des propriétés A, à savoir des croyances sur l'état du monde à un moment donné. Il reste à expliquer pourquoi certains êtres vivants entretiennent des croyances A. Hugh Mellor propose que la réponse soit à chercher dans la théorie de l'évolution³⁹. Avant de

³⁷ Quand la théorie B postule la réalité équivalente de tous les objets, faits et événements de l'univers, le présentisme se limite à ceux, bien moins nombreux, qui existent à *un* instant donné (appelé présent)

³⁸ Cette question fera l'objet d'un examen plus approfondi dans le chapitre 3.

³⁹ Nous reviendrons en détail sur la proposition de Mellor dans le chapitre 2.

nous pencher sur celle-ci, il est nécessaire de clarifier la distinction entre changement mctaggartien et changement non-mctaggartien.

1.2.4. Changements non-mctaggartiens

McTaggart nie l'existence du temps, car une série B des moments, indépendante de toute série A, ne serait pas en mesure de rendre compte de changements que l'existence du temps est supposée impliquer. Comme je l'ai déjà évoqué, nul besoin de nous attarder sur la nature de cet objet supposé que serait le temps. Conformément à (N), seuls les faits temporels nous intéressent⁴⁰. Un hypothétique *premier moteur* aristotélicien ne rentre pas dans le champ de la physique telle que nous la concevons aujourd'hui (voir la note 5, à propos du principe de fermeture causale). Par ailleurs, le présentisme nous propose une vision aux antipodes du principe attribué à Lavoisier. Pour le présentiste, *rien ne se transforme, tout se perd et tout se crée*. La théorie B implique quant à elle, l'idée d'un univers-bloc (*bloc-universe*) ayant (au moins) quatre dimensions : trois spatiales et une temporelle. La théorie B s'apparente donc à une forme d'éternalisme, à moins de supposer un méta-temps au cours duquel cet univers-bloc pourrait *changer*. (N) proscrit une telle supposition qui n'appartient pas au corpus des sciences naturelles. En ce sens, l'argument de McTaggart nous conduit bien à nier l'existence d'une certaine forme de changements : les changements relationnels *entre* faits temporels et le changement d'un supposé moment présent. Ce sont les changements mctaggartiens. Pour autant, ne peut-on pas envisager une notion du changement à même de rendre compte de l'évolution de la vie et des croyances A ?

Une difficulté provient du fait que la perspective temporelle suggérée par (B) doit, conformément à (N) survenir sur la physique. Elle doit faire partie intégrante de l'univers, entretenir les mêmes relations d'antériorité ou de simultanéité avec les autres faits temporels. Comment réconcilier le changement de perspective et avec la rigidité des relations temporelles ? Cette question sera au cœur du développement de cet essai. Je vais donc me contenter ici de montrer que cette réconciliation est concevable.

Lorsque je prends le train Strasbourg – Lille et que j'observe le paysage défiler par la fenêtre, je suis témoin de changements de reliefs. Cela ne signifie pas que la France est le théâtre d'une activité géologique intense. Le fait que les Vosges me semblent initialement se rapprocher, puis s'éloigner, témoigne simplement du fait que ma perspective se modifie au fur et à mesure du trajet. Lorsque je décris l'univers comme un bloc à quatre dimensions, je

⁴⁰ On pourrait aller jusqu'à proposer que (N) implique d'emblée un rejet de la théorie A, y compris dans sa forme présentiste, dans la mesure où la théorie A ne parvient pas à rendre compte, *en termes physiques*, du déplacement relatif du présent.

prends soin de distinguer ses trois dimensions spatiales de sa dimension temporelle. Pourquoi une telle distinction ? Pour la simple raison qu'il semble possible de se déplacer avec un certain degré de liberté selon les trois axes spatiaux (je peux par exemple effectuer un trajet de retour Lille – Strasbourg), alors que le changement de perspective temporelle semble toujours ordonné de la même façon. L'expérience précède le souvenir, l'espoir précède la déception et le départ précède l'arrivée. L'image du train rend acceptable la notion de changement en termes de perspective spatiale. Mais le train semble exiger du temps pour que ce changement de perspective ait lieu : je suis plus vieux de quelques heures à mon arrivée à Lille. Est-il possible de décrire une différence perspective temporelle sans supposer une dimension relativement à laquelle le changement de perspective temporelle aurait lieu ? J'entends par là un référentiel par rapport auquel la perspective temporelle serait amenée à se modifier, au même titre que le temps semble faire office de dimension référentielle aux changements de perspective spatiale. Je pense qu'une partie de la difficulté provient du fait que la langue française (comme beaucoup d'autres) utilise essentiellement des termes A, par le biais des adverbes temporels et de la conjugaison. Mais interrogeons sur l'origine de cette impression de changement. Je rappelle que nous avons envisagé le changement comme une différence de propriétés des objets matériels. Sommes-nous les témoins directs de ce changement *non-mctaggartien* ? Ce sera l'objet d'un approfondissement dans cet essai, mais j'aimerais au moins affirmer qu'il est envisageable que la réponse soit négative. La différence entre l'état du monde avant et après une épidémie est l'objet d'un jugement qui ne peut avoir lieu qu'après l'événement, dans la mesure où il suppose un accès épistémique aux deux états du monde⁴¹. Il s'agit donc, au moment du jugement, qui constitue le noyau de la perspective temporelle (voir 1.2.2), non pas d'une comparaison entre deux perspectives temporelles, mais bien la comparaison à *un moment donné* de l'état observable du monde avec le souvenir simultanément entretenu de l'état du monde tel qu'il était avant l'épidémie. À ma charge de démontrer qu'il est envisageable que le changement non-mctaggartien puisse survenir sur de telles propriétés psychologiques : des comparaisons de souvenirs et de perceptions. Mais cela est-il plus invraisemblable que la conclusion de l'argument de McTaggart ? Pour en juger, intéressons-nous à la survenance des changements non-mctaggartiens sur les propriétés psychologiques et physiques.

⁴¹ Je présume ici que nous avons un accès épistémique au moment « présent » par le biais des perceptions, aux moments « passés » par le biais de la mémoire, et qu'il n'y a pas d'accès épistémique équivalent aux moments « futurs ». J'étayerai cette hypothèse dans la partie suivante.

1.3. Désordre chronologique

Considérons la *flèche psychologique du temps* : l'asymétrie entre le souvenir et l'anticipation, entre l'espoir et le regret. En d'autres termes, considérons le caractère asymétrique de la relation d'antériorité des faits psychologiques, entendus comme un sous-ensemble de faits temporels. Quel peut-être le substrat physique de cette flèche ? Autrement dit, sur quelle(s) propriété(s) physique(s) présentant la caractéristique d'être asymétrique peut survenir la flèche psychologique ? La théorie A suggère le changement mctaggartien. La flèche du temps psychologique serait colinéaire à la flèche du temps physique, car toutes deux dépendent du déplacement du présent relativement aux événements physiques et psychologiques. Cela entrerait directement en contradiction avec l'hypothèse (B). Cela supposerait également une distinction ad hoc entre événements physiques et psychologiques, dans la mesure où leur corrélation ne serait qu'indirecte, via le déplacement du présent. Cela enfreindrait donc également (N). Ce que nous cherchons est un changement physique non-mctaggartien sur lequel est susceptible de survenir un changement psychologique.

1.3.1. Horloges astronomiques

Nous avons vu que les perceptions temporelles ont pour objet des faits temporels, à savoir des événements et relations temporelles entre événements. Les faits temporels sont ordonnés selon une relation d'antériorité, par essence asymétrique. De façon plus exhaustive, ils entretiennent une disjonction exclusive de relations : deux faits temporels e et e^* sont soit liés par une relation d'antériorité soit par une relation de simultanéité. Je m'autorise à faire abstraction du cas où e et e^* seraient partiellement contemporains, en supposant que l'ensemble des faits est réductible à une conjonction d'états du monde instantanés (conjonction infinie si on souhaite que la ligne du temps forme une série continue de ces états). Ainsi, fondamentalement, nous avons une série (continue ou discrète) de faits temporels tels que deux faits f et f^* entretiennent toujours une relation d'antériorité, transitive et asymétrique, l'un avec l'autre (soit f est antérieur à f^* , soit f^* est antérieur à f).

Pour que cette propriété des faits temporels survienne sur des propriétés physiques, il est au préalable nécessaire que ces dernières soient également asymétriques⁴². Or, comme le

42 Quant à la transitivité, elle est supposée par le fait que nous ne considérons qu'une unique dimension temporelle et par le principe de non-contradiction. L'unicité de la dimension temporelle n'est pas à proprement parler une conséquence directe des hypothèses (N) ou (B), qui pourraient tolérer une forme d'univers à plusieurs branches. Cette question me semble néanmoins dépasser le cadre de cet essai, et je tiendrai la transitivité comme acquise dans la mesure où elle est compatible avec notre développement.

souligne Richard Feynman, les principales lois de la physique sont insensibles à la « direction du temps ». Elles sont symétriques :

La loi de la gravitation est insensible à la direction du temps. Si vous faites passer à l'envers un film montrant des phénomènes où seule la gravitation intervient, il aura l'air parfaitement normal. On peut mettre ceci sous une forme plus précise. Si l'on renverse d'un seul coup la vitesse de chacune des particules d'un système, même compliqué, alors le système reviendra sur ses pas en suivant exactement sa piste à l'envers. (Feynman, 2001, p. 131)

Il précise qu'il en va de même pour les lois de l'électricité, du magnétisme et des interactions nucléaires (ibid.). Nous pouvons néanmoins trouver certaines propriétés physiques asymétriques. Il en va ainsi de la radioactivité bêta⁴³. Cependant, pour constituer le fondement physique des relations unissant nos faits temporels, il ne suffit pas de trouver des propriétés physiques ayant la particularité d'être asymétriques : encore faut-il établir un lien entre cette asymétrie et celles des relations entre faits temporels. Ainsi, Feynman ajoute :

Le fait que je puisse vous parler dépend des interactions chimiques, il dépend des forces électriques, assez peu des forces nucléaires, il dépend aussi de la gravitation, mais pas de la radioactivité bêta. Malgré tout, je fonctionne à sens unique : quand je parle, ma voix s'envole dans l'air, elle ne revient pas s'engouffrer dans ma bouche ouverte ; et cette irréversibilité ne peut pas être attribuée à la radioactivité bêta (ibid., p. 132)

D'autres propriétés physiques partagent avec nos faits temporels leur caractère asymétrique. C'est notamment le cas de l'expansion de l'univers. Or, là encore, le lien avec l'irréversibilité des phénomènes qui nous intéressent semble relever davantage de la corrélation accidentelle que de l'explication par survenance. Le problème de l'origine du temps occupait déjà Augustin au tournant du V^{ème} siècle :

Qu'on ne me dise [pas] que c'est le mouvement des corps célestes qui constitue le temps. Lorsque la prière d'un homme fit arrêter le Soleil, afin que s'achevât la victoire, le Soleil était immobile, mais le temps marchait ; car la bataille fut menée à sa fin dans le temps nécessaire. (Augustin, 2015, p. 273)

Nous pourrions dire la même chose de l'expansion de l'univers : rien ne laisse supposer que si elle s'arrêtait ou s'inversait, nous ne pourrions en être témoins ; que nos perceptions temporelles s'en verraient elles aussi respectivement stoppées ou retirées de notre

43 Émission d'un électron ou d'un positron lors d'une désintégration radioactive.

mémoire. Ainsi, quand bien même la désintégration bêta et l'expansion de l'univers semblent être *colinéaires* de notre flèche psychologique, rien ne permet d'établir un lien de survenance entre elles et la relation d'antériorité qui lie les faits temporels. C'est donc ailleurs qu'il nous faut chercher le substrat physique de cette dernière.

1.3.2. Gradient entropique

Examinons à présent un autre phénomène physique qui semble asymétrique : le transfert thermique, c'est-à-dire la chaleur. Carlo Rovelli explique que « dans les équations élémentaires du monde, la flèche du temps apparaît seulement lorsqu'il y a de la chaleur. » (Rovelli, 2018, p. 38). Selon la deuxième loi de la thermodynamique (ci-après *seconde loi*), un transfert thermique ne peut avoir lieu que du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. À l'échelle microscopique, la température désigne le degré d'agitation thermique des particules. La seconde loi ne vaut qu'à l'échelle macroscopique et est liée au fait qu'il y a un nombre bien plus grand de configurations dans lesquelles l'agitation de ces particules est en moyenne uniformément répartie entre les deux objets que de configurations dans lesquelles elle est différente d'un corps à l'autre. Une autre manière de présenter cet effet statistique macroscopique consiste à dire qu'il y a bien plus de configurations désordonnées que de configurations ordonnées possibles. Prenons un Rubik's cube et mélangeons-nous. Toutes les combinaisons résultant de ce mélange sont équiprobables, mais nous ne considérons qu'une seule d'entre elles comme ordonnée : celle où chaque face ne comporte qu'une couleur. La probabilité de l'obtenir en effectuant une série de mouvements aléatoires à partir d'une position donnée est d'une sur 43 252 003 274 489 856 000 pour un cube classique composé de vingt-six éléments. La probabilité d'un transfert thermique d'un corps macroscopique froid vers un corps macroscopique chaud est considérablement moindre. Le désordre est quantifiable en termes d'*entropie*. La seconde loi peut de façon équivalente se formuler ainsi : toute transformation d'un système thermodynamique s'effectue avec augmentation de l'entropie globale. L'entropie, notée S , se calcule à l'aide de la formule suivante :

$S = k \cdot \log(W)$; où k correspond à la constante de Boltzmann et W est « une mesure du nombre de façons dont les molécules d'un système peuvent être arrangées pour produire la même énergie totale. »⁴⁴ (Atkins, 2010, p. 54, ma traduction)

⁴⁴ « a measure of the number of ways that the molecules of a system can be arranged to achieve the same total energy » (Atkins, 2010, p.54)

Notons que k étant une *constante* la variation de S ne dépend que de celle de W . À énergie constante, W est purement et simplement une quantification du désordre. L'entropie n'est donc rien de plus qu'une mesure du désordre lié à l'agitation thermique (la température) et aux configurations possibles des particules qui composent un système. Comme le désordre tend à augmenter lorsqu'un changement spontané a lieu⁴⁵, il est légitime d'endosser la formulation atkinsienne de la *seconde loi* :

L'entropie de l'univers augmente au cours de tout changement spontané⁴⁶ (*ibid.* p. 49, ma traduction)

J'apporterai deux précisions à cette formulation. D'une part, nous considérons l'entropie de l'univers, car l'univers est *par définition* un système isolé : il contient *tout* et n'a pas d'extérieur. D'autre part, tout changement peut être considéré comme spontané si on s'en tient à l'hypothèse (N). En effet, bien que des diminutions locales d'entropie soient possibles, notamment du fait de l'action d'entités biologiques⁴⁷, ces diminutions seront toujours associées à un changement spontané auxiliaire, par exemple une transformation d'*énergie libre*⁴⁸ en chaleur. Nous avons pour tout changement une augmentation l'entropie globale. Réparer un vase cassé ou extraire le sucre dissout dans l'eau est possible, mais requiert un investissement en énergie libre qui se paiera en chaleur libérée à l'extérieur du système, donc en augmentation globale de l'entropie. En d'autres termes, toute diminution locale de l'entropie s'accompagne d'une augmentation de l'entropie de l'univers. Nous pourrions, de ce fait, reformuler la définition de Peter Atkins : *l'entropie de l'univers augmente au cours de tout changement.*

L'augmentation inéluctable de l'entropie constitue un candidat intéressant au titre de substrat physique de la relation d'antériorité. Elle est en mesure de rendre compte de la plupart des faits temporels que nous sommes amenés à observer. Pour autant, ce gradient entropique peut-il être entendu comme la nature même du temps ? Ludwig Wittgenstein affirme que :

⁴⁵ Par effet statistique : quelle que soit la configuration d'un Rubik's cube, tout changement spontané (c'est-à-dire non dirigé) a significativement plus de chance d'éloigner l'état du Rubik's cube de l'état ordonné que de l'en rapprocher. L'exemple du cube trouve ici sa limite dans la mesure où l'on se restreint à deux éventualités : ordonné (résolu) ou désordonné (non résolu). En pratique, le désordre est quantifiable, un système peut être plus ou moins désordonné. Lorsqu'un sucre se dissout dans de l'eau (autre exemple de changement spontané), le système devient progressivement plus désordonné à mesure que les molécules de saccharose se mélangent aux molécules d'eau.

⁴⁶ « the entropy of the universe increases in the course of any spontaneous change » (*ibid.*, p. 49)

⁴⁷ Par exemple des humains résolvant des Rubik's cubes.

⁴⁸ Énergie à même de fournir un travail (ordonné), par opposition à la chaleur (énergie désordonnée).

Le principe d'entropie aboutit à ceci, que le temps changerait de direction si les hommes un beau jour se mettaient à marcher à reculons. (Wittgenstein, 2002, p. 73)

L'hypothèse (N) nous autorise à considérer les personnes comme des objets physico-chimiques complexes. Si l'entropie diminuait, elles se mettraient effectivement à « marcher à reculons », le mouvement de leurs jambes étant notamment lié à des réactions chimiques au niveau des jonctions neuro-musculaires. Mais c'est l'ensemble des réactions enzymatiques qui se déroulent dans leur organisme qui s'inverserait : elles rajeuniraient, leurs souvenirs s'effaceraient, etc. Nous avons conclu que si l'expansion de l'univers s'inversait, il serait concevable que nous le remarquions. Pourrions-nous remarquer une telle inversion du gradient entropique ? De toute évidence, ni avec notre mémoire, ni avec notre pensée lesquels sont des processus eux-mêmes soumis à la seconde loi. La proposition d'une inversion du gradient entropique impliquant un changement de direction du temps est même dépourvue de sens. Ce n'est que par commodité que j'ai jusqu'à présent parlé d'une augmentation du gradient entropique comme ayant *implicitement* lieu *dans* le temps. Or ma proposition est que le gradient entropique *constitue* le substrat physique des changements non-mctaggartiens. Il n'est pas question d'un temps sous-jacent au cours duquel l'entropie augmenterait, mais du gradient entropique comme explication du lien entre relation d'antériorité des faits temporels et perception des faits temporels⁴⁹. L'entropie ne croît pas : le gradient entropique constitue une dimension, permet de définir un ordre. Un fait temporel f est qualifié d'antérieur à f^* dans la mesure où l'entropie globale de l'univers simultanément à f a une valeur moindre à celle au moment de f^* . Nous pourrions par ailleurs définir arbitrairement cette relation comme une relation de postériorité. Dès lors, par définition les événements seraient postérieurs aux souvenirs et les hommes marcheraient à reculons. Mais lorsque nous parlons d'antériorité, nous le faisons conformément à un rapport que nous entretenons avec les événements. Nous disons d'un fait temporel qu'il est antérieur à un autre lorsque nous avons déjà perçu (et en avons le souvenir) le premier lorsque nous percevons le second. Si le gradient entropique définit un ordre, le sens de cet ordre est une propriété psychologique.

De façon plus générale, un événement est antérieur à un autre lorsqu'il est possible qu'il reste une *trace* (j'emprunte ce terme à Rovelli) du premier lorsque le second a lieu. Les changements prédits par la thermodynamique, par exemple le fait que deux corps ayant *initialement* une température différente atteignent *ensuite* l'équilibre thermique sont des faits temporels entretenant une relation d'antériorité dans la mesure où nous percevons une diminution du différentiel thermique et non une augmentation. Cette observation n'est pas accidentelle, mais liée au fait que les changements qui ont lieu dans notre esprit et qui sont le

⁴⁹ L'existence de ce « temps sous-jacent » n'est pas exclue, mais inaccessible dans le contexte de notre théorie.

substrat physique de tels changements temporels sont également des changements thermodynamiques. « Les pensées se déroulent du passé vers le futur, et non le contraire, et en effet, penser produit de la chaleur dans la tête... »⁵⁰ (Rovelli, op.cit., p. 39).

Tous les changements que j'ai évoqués dans cette partie peuvent être envisagés comme des changements non-mctaggartiens. Ce développement est donc tout à fait compatible avec l'hypothèse (B). Nos états mentaux sont des faits temporels, si bien que le fait que nous soyons partie intégrante du gradient entropique produit l'impression que c'est l'entropie de l'univers qui augmente à mesure que les changements ont lieu, alors que ces deux phénomènes sont les deux faces d'une même pièce. Autrement dit, les perceptions ne se produisent pas *avant* les souvenirs *parce que* l'entropie de l'univers est inférieure *avant*. Au contraire, c'est parce que les perceptions se produisent quand l'entropie est plus basse et que la création de souvenirs implique une augmentation de l'entropie que l'on peut affirmer que l'entropie est initialement basse⁵¹. Il nous amène à la formulation de la troisième hypothèse :

(G) : « gradient entropique de l'univers » : la relation d'antériorité entre faits temporels survient sur un changement non-mctaggartien, à savoir une différence quantitative de l'entropie totale de l'univers. L'antériorité est définie par l'ordre dans lequel les souvenirs succèdent aux perceptions.

Un dernier point reste à aborder. Pourquoi existe-t-il des objets physiques ayant la propriété d'entretenir des perceptions et une perspective sur le monde ? Des éléments de réponse ont déjà été évoqués. Comme nous venons de le voir, la relation d'antériorité semble être initialement définie en termes psychologiques. De plus, comme évoqué en 1.2.3, la « mise à jour » non-mctaggartienne de ces propriétés psychologiques, relativement à la perspective B d'un observateur immergé dans la série B, c'est-à-dire dont les états mentaux sont eux-mêmes des faits temporels, trouve vraisemblablement son explication dans l'avantage évolutif que confère ce caractère. Afin d'intégrer ce qui sera notre dernière hypothèse initiale, je vais proposer une esquisse des principes et mécanismes de la théorie de l'évolution.

⁵⁰ Conformément à l'hypothèse (B), le déroulement « du passé vers le futur » évoqué par Rovelli désigne une relation d'antériorité.

⁵¹ Cette remarque illustre l'intérêt de l'approche naturaliste vis-à-vis d'une théorie physicaliste : il est fructueux de donner la priorité dans la formulation de notre théorie à une donnée biologique, en l'occurrence psychologique et de définir une relation de propriétés physiques *en fonction* de ces données biologiques.

1.4. Le biais du survivant

Je consacrerai une partie conséquente de cet essai à expliciter le fondement évolutif de notre théorie naturaliste. Dans le cadre de la définition de nos hypothèses initiales, je me contenterai donc d'une description relativement concise de la théorie de l'évolution. Je laisserai notamment provisoirement de côté la question suivante : à quelle échelle agit la sélection naturelle ? Pour le moment, je vais arbitrairement dépeindre une théorie de l'évolution centrée sur les organismes comme unités de réplication, c'est-à-dire comme objets de l'action de la sélection naturelle. Par ailleurs, je n'entrerai pas dans le détail de certains mécanismes qui jouent pourtant un rôle fondamental dans l'évolution du vivant telle que nous la connaissons⁵². Enfin, je ferai l'hypothèse (en réalité fautive) qu'il y a correspondance directe entre génotype et phénotype. Nous reviendrons sur ces deux dernières notions, mais supposer leur identité nous permet pour le moment de nous focaliser sur l'hérédité des caractères phénotypiques, c'est-à-dire observables. Le schéma que je vais esquisser ici correspond donc à une conception idéalisée de l'évolution des caractères phénotypiques au sein d'une population d'organismes panmictiques⁵³. Toutefois, aucune de ces simplifications n'entrave la possibilité d'une explication évolutionniste. Tous les éléments laissés de côté sont contingents dans le sens où l'évolution pourrait avoir lieu en leur absence. C'est d'ailleurs le cas en algorithmie évolutionniste : des programmes informatiques se basant sur une conception idéalisée de la théorie de l'évolution fonctionnent en faisant l'impasse sur bon nombre de mécanismes en jeu dans l'évolution biologique.

1.4.1. Un serrurier aveugle

J'évoquais en 1.1.1, avec l'exemple de l'aile de la chauve-souris, que le paradigme naturaliste nous autorisait à décrire certains objets physiques en termes de fonction dont la réalisation peut être plus ou moins *optimisée*. Cette notion d'optimisation soulève un premier point qu'il est important de souligner : l'indifférence de la nature. Rien n'est intrinsèquement bon ou mauvais dans la nature. Parler d'optimisation, c'est toujours parler d'optimisation *pour* quelque chose⁵⁴. Les considérations morales ne sont rien d'autre que des constructions psychologiques elles-mêmes explicables biologiquement. Cela ne les rend pas *justifiables* biologiquement. Le champ lexical de l'évolution comporte des notions telles que l'harmonie

⁵² Transmission horizontale, recombinaisons méiotiques, hybridation, endosymbiose, etc.

⁵³ Population dont les individus se reproduisent tous et aléatoirement (Thomas et al., 2016, p. 60).

⁵⁴ L'aile chiroptérienne est notamment optimisée *pour* le vol.

(des cellules formant un organisme complexe), la valeur sélective (de tel ou tel trait phénotypique), de stratégie évolutive, etc. Il est indispensable de garder à l'esprit que ces notions ne sont que des métaphores. Celles-ci présentent de ce fait deux inconvénients majeurs. D'une part, elles ont l'apparence de jugements normatifs. Or, il est bien évidemment inacceptable de grimer les résultats descriptifs des sciences naturelles en idéaux prescriptifs. D'autre part, elles charrient avec elles l'idée d'une finalité. J'ai intitulé cette sous-partie *le biais du survivant*⁵⁵ pour souligner le fait qu'il n'y a aucun dessein derrière l'optimisation de tel ou tel caractère, par exemple la forme de l'aile de la chauve-souris. L'apparence téléologique est un biais rétrospectif : nous n'observons chez les êtres vivants que les caractères qui ont une propriété particulière, celle d'avoir été compatibles avec (voire d'avoir favorisé) leur propre perpétuation. Il s'agit d'une sous-population, d'un échantillonnage biaisé, de l'ensemble des caractères biologiques qui sont apparus et qui ont, pour l'immense majorité, disparu.

Pour souligner cette différence entre finalité réelle et finalité apparente, prenons l'analogie de la confection d'une clé. La serrure est la survie (ou la reproduction) ; la clé est le moyen d'y parvenir. Une clé est généralement adaptée à sa serrure, car l'intention d'un serrurier était qu'elle remplisse sa fonction. Cela constitue une explication téléologique. Le serrurier, connaissant la conformation de la serrure, a mis à profit son savoir-faire afin de créer la clé appropriée. Mais il ne s'agit pas de la seule façon de construire une clé adaptée à une serrure donnée. Ce qui s'apparente le plus à une clé dans notre organisme est les anticorps produits par les lymphocytes B. Notre système immunitaire ne contient pas de serrurier. Il obtient la bonne clé par un mécanisme non téléologique, à savoir par essais et erreurs. Les lymphocytes B, chefs d'orchestre du système immunitaire adaptatif, synthétisent aléatoirement une immense variété d'anticorps. Cette variété n'est pas innée, mais produite par recombinaison aléatoire d'éléments simples ; comme si le motif général du panneton d'une clé était issu de la combinaison aléatoire d'un répertoire de motifs simples. Un premier

⁵⁵ Il est d'usage d'expliquer ce biais par l'histoire du travail Abraham Wald sur les avions britanniques durant la Seconde Guerre mondiale (Mangel et Samaniego, 1984). Pour optimiser le blindage des avions, de la Royal Air Force, il avait été envisagé de renforcer les parties de la carlingue les plus endommagées au retour des avions à la base. On supposait ces parties plus exposées aux impacts. Wald a mis le doigt sur une erreur logique sous-jacente : les avions de retour au sol n'étaient qu'une sous-population de l'ensemble des avions partis en mission. Le fait qu'ils fassent partie de la petite moitié à rentrer de mission illustre que les dommages qu'ils avaient subis n'étaient justement pas létaux. En partant de l'hypothèse que les impacts étaient en fait uniformément répartis sur la carlingue, c'étaient justement les zones intactes qu'il fallait renforcer. Les avions ayant été touchés à ce niveau n'étant, justement, pas revenus. Ce même biais du survivant est à garder à l'esprit lors de l'évaluation de pratiques de santé : si seules les personnes qui témoignent de l'efficacité de la psychanalyse ou de l'acupuncture sur tel ou tel trouble sont celles qui effectivement vont mieux, cela ne signifie pas qu'elles sont représentatives de la totalité des patients qui se sont tournés vers ces pratiques. On peut imaginer qu'il s'agit de sous-populations des patients dont ceux qui n'ont pas « bénéficié » de ces pseudo-médecines, n'ont pas fait publicité de l'inefficacité de celles-ci avant de se tourner vers d'autres thérapies. Plus généralement, il convient *toujours* de s'assurer que la population étudiée est *représentative* de la population d'intérêt : le biais du survivant est un cas particulier de biais de sélection.

système de régulation assure que ces anticorps ne réagissent pas avec des antigènes présents naturellement dans le corps⁵⁶. Les anticorps qui franchissent cette première sélection avec succès sont susceptibles de rencontrer l'antigène d'un agent pathogène : une serrure. Parmi l'immense variété d'anticorps produits aléatoirement par le système immunitaire, il est très improbable qu'un anticorps pris au hasard corresponde à l'antigène, mais il est également extrêmement probable que *l'un d'entre eux* ait une conformation correspondant *suffisamment* à l'antigène. J'entends par là que la structure de l'anticorps ressemble suffisamment au négatif de l'antigène pour que l'anticorps puisse remplir sa fonction immunitaire. Lorsqu'un anticorps compatible est mis en relation avec l'antigène, le lymphocyte B portant cet anticorps sera sélectionné par un mécanisme d'activation sélectif de *ce* lymphocyte. Cela entraîne sa reproduction en grande quantité permettant de faire face à la menace ainsi détectée⁵⁷.

Cette clé aura été fabriquée de façon purement aléatoire, sans connaître par avance la serrure à laquelle elle était *apparemment* destinée. Or, ce hasard, associé à un système de sélection efficace, à savoir la reproduction sélective du lymphocyte adapté, permet en définitive d'obtenir des anticorps ayant l'apparence de molécules produites spécifiquement pour s'associer avec un antigène précis. Il s'agit de l'essence de la sélection naturelle, et l'explication de l'apparente téléologie de ses produits.

1.4.2. Forces de la nature

Je vais maintenant présenter trois mécanismes explicatifs fondamentaux de la théorie de l'évolution. Le concept de « force » est bien sûr à entendre au sens figuré. Ce dont nous allons parler sont des processus qui expliquent des changements dans les propriétés biochimiques, morphologiques ou comportementales des êtres vivants. Les trois mécanismes envisagés n'épuisent pas l'ensemble des possibilités explicatives envisageables à cette fin. Ils constituent simplement les rouages les plus élémentaires de la théorie de l'évolution.

1.4.2.1. Mutations et sélection

L'exemple du serrurier aveugle illustre l'un des mécanismes principaux de l'évolution : la sélection naturelle. Reprenons l'exemple de l'aile de la chauve-souris. Celle-ci est adaptée au vol, non pas parce qu'un ingénieur l'a conçue à cette fin, mais parce qu'elle a été sélectionnée parmi d'innombrables variants généralement moins efficaces. Le fait de posséder

⁵⁶ Un dysfonctionnement à cette étape pouvant être à l'origine de maladies auto-immunes.

⁵⁷ Par ailleurs, cet anticorps sera mis en mémoire afin de faciliter sa reproduction en cas de re-présentation de l'antigène étranger. C'est sur ce principe que sont fondés les vaccins.

une aile de *cette* forme est, pour les individus concernés dans la population globale de chiroptères d'une espèce donnée, un avantage vis-à-vis d'individus dont les ailes seraient moins aérodynamiques, ne permettant pas, par exemple, d'accomplir aussi bien ce vol remarquablement agile. Il s'agit d'un avantage pour la chasse, donc pour l'alimentation et en dernier lieu la survie. On parle de *valeur sélective* pour désigner quantitativement la *différence* d'aptitude à la survie et à la reproduction d'individus d'une même population différant sur un ou plusieurs caractères⁵⁸. Nous en revenons au biais du survivant. Cependant, la sélection naturelle ne permet pas, à elle seule, de rendre compte de la conformation de l'anticorps ou de la morphologie de l'aile. Remarquons d'une part que la sélection naturelle ne peut agir qu'en présence de variants. C'est parce que l'organisme produit une grande variété de lymphocyte B qu'il est possible de sélectionner celui qui est le plus approprié à l'attaque d'un antigène donné. C'est parce que tous les ancêtres des chauves-souris n'avaient pas exactement la même forme d'aile que certains d'entre eux ont eu des chances *relativement* accrues de survie. Le mécanisme à l'origine de la diversité est la *mutation*. Je ne vais pas entrer ici dans le détail des mécanismes de mutation dans le monde du vivant. Je vais me restreindre à son expression phénotypique, c'est-à-dire à la différence observable, quel qu'en soit le processus sous-jacent. La reproduction est un phénomène imparfait : les individus d'une génération ne sont pas des copies conformes des individus de la génération précédente⁵⁹. Ces erreurs de reproduction peuvent être classées en trois catégories : neutres, délétères et favorables. Les dernières sont les plus rares, au même titre que le lymphocyte B idéal est rare dans la population de tous les lymphocytes B. Cependant, par définition, elles favoriseront la capacité de l'individu qui en est porteur à se reproduire. Ainsi, au bout de quelques générations et en l'absence d'autre force que la sélection, un nouveau caractère avantageux se généralise à l'ensemble de la population. La mutation peut donc se définir comme une erreur de copie aléatoire, pouvant dans certains cas s'apparenter à une heureuse maladresse. Cependant, mutation et sélection ne suffisent pas à elles seules à expliquer la diversité du vivant.

58 « La *valeur sélective* peut être exprimée comme étant le nombre de descendants laissé par un individu au cours de sa vie : elle dépend de son génotype et de l'environnement » (David et Samadi, 2011, p. 26). « Elle dépend de deux composantes majeures : la survie et la fécondité » (ibid, p. 99). Cette définition reste imparfaite, puisqu'il faudrait également tenir compte de la survie et de la fécondité de toute la descendance. Elle sera cependant suffisante.

59 Je considère ici mutation dans un sens très large. Bien évidemment, les organismes qui ont adopté la reproduction sexuée ont d'autres sources de variabilité que la mutation au sens strict. Les mécanismes de recombinaison et de brassage qui expliquent que deux enfants d'un même couple n'ont pas le même phénotype toute chose égale par ailleurs. J'inclus par commodité ces mécanismes dans la grande famille des « mutations » entendues comme sources de variabilité. En effet, ces mécanismes sont eux-mêmes régulés par la sélection (Thomas et al., 2016, p. 137).

1.4.2.2. Tâtonnements évolutifs

La sélection naturelle favorisera toujours les caractères dont la variante confère un avantage immédiat. En d'autres termes, elle favorisera toujours les individus ayant une valeur sélective plus importante, même si théoriquement une valeur sélective encore supérieure est accessible au prix d'une diminution initiale. On parle de *paysage adaptatif* (ou paysage de Wright) pour désigner les différences de valeur sélective : un pic correspond à un maximum local de valeur sélective (Thomas et al., 2016, p. 503). La sélection naturelle tendra toujours vers le pic le plus proche, même s'il est loin de constituer l'optimum global qui requerrait la traversée de vallées. Si les mutations et la sélection étaient les seules forces de l'évolution, les descendants directs du cenancêtre⁶⁰ n'auraient pu emprunter qu'un seul chemin évolutif, menant à l'optimum local. Comment expliquer, dès lors, la diversité du vivant ? Il faut pour cela comprendre que la sélection naturelle n'est pas un phénomène instantané. Si des individus de moindre valeur sélective, mais potentiellement plus proches d'un autre pic sur le paysage adaptatif sont isolés pour former une sous-population indépendante, ils pourront évoluer pour leur propre compte vers des optimums différents. On peut parler de stratégies évolutives différentes, tout en gardant à l'esprit qu'il n'y a aucun stratège derrière ce phénomène. Il existe plusieurs possibilités pour qu'une sous-population de valeur sélective moindre prospère. Il peut s'agir d'un groupe d'individus migrant se retrouvant isolé de la population originelle (que nous avons supposé panmictique, voir note 53). Il peut également s'agir d'individus ayant survécu à un événement ayant décimé une partie du groupe indépendamment de la valeur sélective de chacun. Enfin, un changement local d'environnement (pris au sens large : modification du climat, apparition d'un prédateur, raréfaction d'une ressource, etc.) peut soudainement rendre avantageux un caractère qui ne l'était pas auparavant. Le paysage adaptatif n'est pas figé. Je propose de regrouper ces trois phénomènes, ayant pour caractéristique de favoriser aléatoirement un échantillon de la population envisagée, sous le terme de *dérive*⁶¹. Tandis que la sélection naturelle produit rétrospectivement un biais du survivant, la dérive produit un biais d'échantillonnage aléatoire.

Cette description des mécanismes de l'évolution, loin d'être exhaustive, contient les deux idées essentielles qui permettent d'expliquer l'émergence d'organismes tels que des primates au cerveau développé et des chauves-souris aux ailes agiles, mais également l'ensemble du monde vivant dont chaque membre a développé ses propres stratégies évolutives *apparentes* : par hasard et sélection. J'évoque le cerveau dans la mesure où il s'agit

⁶⁰ Dernier ancêtre commun à l'ensemble des êtres vivants actuellement, aussi appelé LUCA pour l'acronyme anglophone *Last Universal Common Ancestor*

⁶¹ Certains auteurs réservent ce terme à la deuxième situation.

de l'organe par excellence impliqué dans les perceptions temporelles telles que nous les avons esquissées : s'appuyant sur un appareil perceptif, des mécanismes mnésiques et l'outillage biologique requis pour traiter les informations qui en sont issues afin de produire des comportements. Je parlerai de *phénotype temporel* pour désigner l'ensemble de ces caractères et leur fonctionnement combiné. Lorsque cela s'avérera nécessaire, je reviendrai sur certaines des nombreuses approximations que j'ai soulignées dans cette partie. Mais pour l'heure, les éléments mis en avant ici me permettent de formuler la dernière de nos quatre hypothèses fondamentales :

(S) : hasard et sélection : les traits phénotypiques (dont le phénotype temporel) d'un organisme sont le fruit du hasard et de la sélection, notamment par le biais des trois principales forces de l'évolution : mutation, sélection et dérive. Les mutations et la dérive sont des phénomènes aléatoires, la sélection est directionnelle.

Les perceptions temporelles sont ici considérées comme intégrant un phénotype temporel observable. Conformément à (N) et dans le cadre du minimalisme fonctionnaliste, le critère que je retiendrai pour évaluer la présence et la nature de perceptions temporelles chez un individu ou un organisme sera la présence de comportements dont l'explication la plus parcimonieuse fera appel à de telles perceptions. Parmi ces comportements, l'exemple paradigmatique est le rapport verbal de la perception temporelle.

1.5. Élaborer un cadre théorique

Dans ce chapitre, j'ai proposé de définir quatre hypothèses sur lesquelles je vais baser le développement de la théorie naturaliste des perceptions temporelles. La plus fondamentale d'entre-elles, (N), stipule que notre théorie s'inscrit dans un cadre matérialiste. Sans forcément prendre position sur le plan métaphysique, elle nous interdit néanmoins de faire appel, dans notre élaboration théorique, à des propriétés qui ne pourraient être traduites en conjonctions de propriétés physiques. L'hypothèse (B) ajoute une contrainte concernant un sous-ensemble des propriétés étudiées par notre théorie : les propriétés temporelles (entendues comme les propriétés relationnelles portant sur des faits temporels). Elles doivent pouvoir s'exprimer en termes exclusivement B, c'est-à-dire sans utilisation irréductible de termes A (faisant référence à un présent particulier). Quand le recours à ces derniers s'avère indispensable, il faut s'assurer qu'ils soient traduisibles en termes B, ce que nous permet la perspective temporelle. L'hypothèse (G) nous permet d'établir cette perspective sans enfreindre les limitations imposées par (N), à partir d'une dimension temporelle définie en termes d'un gradient quantitatif d'une propriété physique : l'entropie. Une telle définition de la dimension temporelle, s'affranchissant de tout recours à des unités de temps irréductibles, assure la compatibilité entre (N) et (B). Enfin, (S) nous fournit un cadre explicatif pour l'existence d'organismes capables de perceptions temporelles de nature perspective. Les hypothèses (N), (B), (G) et (S) semblent donc fournir le cadre théorique requis.

Il est toutefois nécessaire d'attester que ce cadre théorique est solide, en montrant l'absence d'incompatibilités entre les hypothèses. Une tension semble par exemple exister entre (S) et (G). L'évolution tend à *organiser* la matière alors que (G) stipule un gradient entropique, une désorganisation croissante, colinéaire du temps de l'évolution. Toutefois, les êtres vivants ne sont pas des systèmes isolés. Leur activité d'organisation est associée à une libération de chaleur par l'ensemble des processus biologiques. Les changements observés dans le monde du vivant vont dans le sens d'une organisation locale croissante, mais celle-ci est associée à une désorganisation globale grandissante. Ainsi, le mode d'organisation du vivant stipulé par (S) ne constitue pas une infraction à l'hypothèse (G).

Une autre dissension semble exister entre d'une part (B) qui apparaît supposer un certain déterminisme et (S) et (G) qui font appel à la notion de hasard. (S) stipule que le hasard joue un rôle nécessaire dans l'apparition de structures complexes tels que les organismes vivants, sous la forme, notamment, de mutations aléatoires et de la dérive

génétique. (G), quant à elle, fait appel à la notion de probabilité dans le cadre de la définition de l'entropie. Ces conceptions de phénomènes aléatoires, plus ou moins probabilistes, sont-elles incompatibles avec (B) ? Il semble tout d'abord qu'une partie des événements aléatoires dont il est question ne le soit de façon évidente que d'apparence. Le hasard de la dérive génétique n'est par exemple que lié à notre méconnaissance des événements qui ont conduit certaines populations à être décimées, séparées, déplacées au cours des temps géologiques. Elle procède d'un échantillonnage dont le processus ne nous échappe que pour des raisons pratiques. Je propose de considérer les phénomènes d'apparence aléatoires plus fondamentaux, en particulier ceux qui se produisent à l'échelle microscopique (le hasard des mutations évoqué dans (S) et l'improbabilité entropique au cœur de (G)), par le prisme de la question de l'indétermination de la physique microscopique. En effet, il est possible de ramener ces deux aspects au principe d'incertitude de Heisenberg qui stipule qu'il existe une limite fondamentale à la précision avec laquelle on peut *connaître* les propriétés physiques d'une particule. Cependant, cette limite est-elle inexorablement contradictoire avec l'univers-bloc décrit par (B) ? Elle peut poser une difficulté à une conception déterminisme stricte, question que je ne vais pas aborder ici. Toutefois, il ne me semble pas que (B) implique un tel déterminisme. Considérer que les événements en apparence futurs (relativement à notre perspective temporelle) sont indéterminés peut être entendu ainsi : il existe des faits temporels dont la survenue n'est pas prévisible par les seules données des événements qui lui sont antérieurs. La date de désintégration d'un atome de radium peut très bien être logiquement indépendante de son histoire. Il s'agirait d'une entrave au principe de fermeture causale et au déterminisme, mais cela ne signifie pas que l'événement n'existe pas déjà « quelque part » dans une région de l'univers-bloc postérieur à l'observation de cet atome encore intact.

J'affirme que nos quatre hypothèses sont compatibles entre elles et sont à même de constituer un cadre théorique à minima cohérent. Néanmoins, les endosser n'a de sens que si elles ont chacune, ainsi que leur combinaison, un intérêt pour le développement de notre théorie. L'objectif de cette dernière sera de rendre compte des perceptions temporelles chez *homo sapiens*, d'éventuelles altérations de ces mécanismes perceptifs (par le prisme de la psychopathologie) et d'inscrire ces traits psychologiques dans le contexte plus large de la phylogénèse de notre espèce et de sa place au sein du monde vivant. Plusieurs questions sont soulevées par l'existence de ces dernières et l'objet de notre construction théorique sera d'y apporter une réponse. Les perceptions temporelles se limitent-elles à la perception de relations entre des faits temporels ? Pourquoi ces perceptions existent-elles ? Quelles ont été les conditions de leur apparition ? Quelles sont leurs limites et comment les expliquer ? À quelle

condition peut-on affirmer qu'un organisme est sujet à des perceptions temporelles ? Concernant cette dernière interrogation, rien ne permet de supposer que les perceptions temporelles n'existent que chez l'être humain et l'objet de cet essai n'est certainement pas de proposer une énième hypothèse fallacieuse sur *le propre de l'homme*⁶². Bien au contraire, nous irons jusqu'à décentrer la question des perceptions temporelles des organismes complexes pour chercher leur origine auprès de la plus fondamentale des briques du vivant : le gène. Les réponses apportées à chacune des questions que je viens d'évoquer seront autant de matériel utilisable dans le développement de la théorie, au même titre que nos hypothèses initiales.

La première question que je vais aborder concerne la nature et les limites des perceptions temporelles. En effet, si (B) stipule qu'il n'y a pas de présent particulier, comment expliquer que nous fassions l'expérience d'un moment présent, qui semble en outre être partagé par nos pairs ? Rien ne semble de prime abord contraindre nos perceptions à se limiter à une fenêtre temporelle donnée. Il semblerait qu'en se fiant à (B), nous pourrions avoir un point de vue bien plus étendu sur l'univers. Cette possibilité est-elle envisageable ? Dans le cas contraire, quelles sont les contraintes qui restreignent nos perceptions. Je pense trouver des réponses à ces questions dans les hypothèses (S) et (G) et c'est ce que je m'attacherai à développer dans le prochain chapitre. Par ailleurs, en admettant qu'une explication convaincante de nos *œillères temporelles* soit établie, il reste que même au cours de notre expérience présente, nous sommes témoins de changements en apparence mctaggartiens. Nous voyons les nuages se déplacer et la pluie tomber. Dans la musique, nous percevons une mélodie structurée et non une succession de notes indépendantes. L'ennui semble douloureusement « ralentir » un écoulement du temps avec lequel nous avons une familiarité intuitive. Les hypothèses (S) et (G) nous seront là encore d'un grand secours, enrichies des conclusions du chapitre consacré aux perceptions présentes. Une explication satisfaisante à ces problèmes, nous permettra alors d'en proposer une histoire évolutive. Celle-ci nous conduira à ce composant fondamental de la vie qu'est le gène, dont les propriétés que nous établirons apporteront, je l'espère, un regard différent sur notre conception du temps. Cette analyse a pour vocation finale de montrer qu'une appréhension naturaliste du temps peut enrichir notre compréhension de celui-ci.

62 « Les proclamations de « caractère unique » passent généralement par quatre phases : d'abord répétées à l'envi, elles sont ensuite défiées par de nouvelles découvertes, puis elles refluent lentement, avant d'être enterrées définitivement dans la honte. » (de Waal, 2018, p. 165).

Chapitre 2 concernant la nature du présent

J'ai consacré le premier chapitre de cet essai à définir quatre hypothèses de travail sur lesquelles fonder notre théorie des perceptions temporelles. Nous avons vu que ces dernières ont pour objet des faits temporels, à savoir des événements et les relations temporelles qu'ils entretiennent. Le projet de construire une théorie des perceptions temporelles n'a de sens que si celle-ci permet d'expliquer des observations et d'effectuer des prédictions. Une observation de prime abord étonnante concerne la *limitation* de nos perceptions temporelles. Pourquoi semblent-elles concentrées sur un moment particulier que nous appelons *présent* ? Quels sont les déterminants des limites de nos perceptions à *ce* moment au détriment de ceux qui le suivent ou le précèdent ?

Ces limites sont analogues à celles de toutes nos autres modalités perceptuelles, mais requièrent au même titre que ces dernières des explications spécifiques. Je prendrai l'exemple comparatif de la vision⁶³. Spatialement, notre champ visuel est limité en termes de résolution⁶⁴, d'étendue⁶⁵ et de profondeur de champ⁶⁶. En outre, la gamme de longueurs d'onde que nos yeux sont en mesure de capter est restreinte : on parle de *spectre visible* pour des longueurs d'onde entre 380 et 780 nm. Enfin, l'intensité lumineuse permettant la vision est également bornée : dans la nuit noire nous sommes aveugles, face au soleil nous sommes éblouis. Ces limites sont susceptibles de varier à différentes échelles. Tout d'abord, chez une même personne, les mécanismes d'accommodation permettent de faire varier la profondeur de champ et l'habituation améliore momentanément la perception dans la pénombre. D'une personne à l'autre, un examen ophtalmologique met en évidence des variations significatives d'acuité visuelle, c'est-à-dire de résolution spatiale. Enfin, il existe une pluralité de *phénotypes visuels*⁶⁷ qui diffèrent d'une espèce animale à l'autre, comme autant de stratégies évolutives alternatives. De nombreuses espèces d'abeilles ont par exemple la capacité percevoir dans l'ultraviolet. Ces limitations et les capacités d'adaptation qui leur sont associées résultent d'une part de contraintes physiques insurmontables⁶⁸ avec lesquelles les

⁶³ Ces données reposent en particulier sur les chapitres 11 et 12 de Purves et al. (2015)

⁶⁴ Plus petit écart angulaire que nous parvenons à distinguer

⁶⁵ Écart angulaire maximal entre deux objets visibles ensemble

⁶⁶ Distance et épaisseur de la zone de netteté

⁶⁷ J'emploie le terme de phénotype visuel de façon analogue à *phénotype temporel* (voir 1.4.2.2), pour désigner le fonctionnement perceptif incluant l'effet de ces dernières en termes d'état internes et en dernier lieu de comportements. Ces derniers sont les indices observables de l'existence d'un phénomène perceptif, dans la mesure où la perception (associé à l'état interne) constitue l'explication la plus parcimonieuse du comportement constaté. C'est ainsi et seulement ainsi que nous avons défini les perceptions dans le chapitre précédent, si bien que nous avons pu nous affranchir d'une considération phénoménologique de ces dernières.

⁶⁸ Il est par exemple strictement impossible de voir à travers les murs en lumières visibles, car ces ondes électromagnétiques sont absorbées par la matière qui les compose. Aucune stratégie évolutive ne sera en mesure

organismes doivent composer. D'autre part elles sont le fruit d'adaptations et de compromis dont résulte une optimisation de la valeur sélective. Ainsi, le spectre visible correspond à une gamme de longueurs d'onde facilement transmises par l'atmosphère terrestre, les animaux nocturnes sont sensibles à des intensités lumineuses plus faibles, le champ visuel résulte d'un compromis entre résolution, étendue et profondeur de champ.

Nos perceptions temporelles ont des limitations analogues dont nous allons tâcher d'élucider les origines physiques et adaptatives. En particulier, les faits temporels que nous qualifions de *présents* sont concentrés dans une fenêtre temporelle limitée. Cela peut sembler paradoxal dans la mesure où l'hypothèse (B) réfute l'existence d'un présent particulier. L'ensemble des faits temporels devraient donc être perceptuellement accessibles et aucun d'entre eux ne devrait, semble-t-il, être privilégié. Toutefois, rappelons-nous que l'hypothèse (B) contient la notion de perspective. Une analogie spatiale nous sera ici utile. Si l'ensemble des objets qui occupent l'espace ont une existence équivalente et qu'il n'y a pas d'*endroit* particulier, notre perspective spatiale limite les objets que nous pouvons percevoir à notre champ visuel. Celui-ci définit un *ici* qui correspond au lieu où la perception se produit. De même, l'égalité d'existence de tous les faits temporels n'implique pas leur égale accessibilité perceptive. Hugh Mellor émet l'hypothèse que l'explication du caractère présent de nos perceptions est de nature évolutionniste :

Ce qui rend utile notre habitude [de nous focaliser sur les événements présents] est le fait que la lumière qui nous montre les événements proches [spatialement] se déplace bien plus vite que nous pouvons, ou devons y réagir. C'est notamment vrai des événements tels que l'approche de prédateurs, de partenaires ou de nourriture, auxquels notre réaction opportune et celle de notre espèce dépend pour la survie. Si nous laissions nos yeux nous donner des croyances-futures à propos de ces événements, nous ne réagirions pas [à ces événements] au moment opportun ; si nous laissions nos yeux nous donner des croyances-passées, nous ne réagirions tout simplement pas ; dans les deux cas, nous succomberions. C'est bel et bien notre habitude de laisser nos yeux nous donner des croyances A de présence (*now-beliefs*) qui permet notre survie, ce qui explique que nous soyons nés avec, précisément car lorsque cela importe, elle nous donne des croyances A (*A-beliefs*) uniquement quand elles sont vraies.⁶⁹ (Mellor, 1998, p. 68, ma traduction)

de dépasser cette contrainte.

69 « What makes our default habit useful is that the light which shows us nearby events travels far faster than we can, or need to, react to them. This is true in particular of events, like the approach of predators, partners or food, on our timely reaction to which we and our species depend for survival. If we let our eyes give us future-beliefs about these events, we would not act on them in time; if we let them give us very past-beliefs, we would not act on them at all; and either way we would die out. It is only the habit of letting our eyes give us now-beliefs that lets us survive, which is why we are born with it, precisely because, when it matters, it almost always gives us A-beliefs only when they are true. » (Mellor, 1998, p. 68).

Le terme d'*habitude* (*habit*) est à comprendre, il me semble, au sens d'*adaptation*. L'hypothèse de Mellor est celle d'un avantage évolutif à entretenir des *croiances A*, à savoir des croyances dont l'énoncé impliquerait l'usage d'un indexical temporel (« il y a *maintenant* un danger »)⁷⁰. Le fait, à priori contingent, que le point de référence nécessaire à l'élimination de l'indexicalité est toujours le moment de l'entretien de la croyance A est lié à *l'impératif d'action* qui résulte de ces énoncés ou croyances A : un danger *présent* requiert une réaction *présente*. C'est ici que la sélection naturelle peut fournir une explication à la synchronisation des croyances A avec l'état du monde au moment de leur entretien. Je vais appeler *présent mellorien* l'objet des perceptions temporelles générant des croyances A dont le point de référence perspectif est quasi-simultané à l'acte de percevoir. Pourquoi parler de *quasi-simultanéité* ? D'une part de la vitesse finie de la lumière ; nous ne percevons que des faits temporels antérieurs à l'initiation du processus perceptif. Cela est pragmatiquement négligeable en ce qui concerne les perceptions sur lesquelles la sélection naturelle a pu avoir une influence. D'autre part, un délai, lié au temps de traitement de l'information, sépare la perception de la mise à jour de la croyance A concernant l'état du monde. On peut mettre en évidence ce léger décalage entre le fait temporel et la mise à jour des croyances par le temps de réaction comportementale faisant suite à la perception d'une menace : la réaction peut être rapide, mais n'est pas immédiate.

La proposition de Mellor va servir de fil rouge à notre exploration des limites de nos perceptions temporelles. Je vais dans un premier temps chercher à définir ces limites : quelle est la taille de la fenêtre temporelle des perceptions temporelles ? Autrement dit, quelle est la durée du *présent mellorien* ? Quelles sont les contraintes qui limitent cette fenêtre temporelle ? Pourquoi n'avons-nous pas d'accès perceptif aux passé et futur apparents ? La possibilité de telles perceptions semblerait de prime abord constituer un avantage. Nous nous interrogerons sur la concevabilité et sur l'existence de phénotypes temporels instanciant de telles perceptions. L'asymétrie entre faits temporels antérieurs et postérieurs à l'instant référentiel de la perception impose de traiter ces deux sujets séparément. En effet, nous verrons que les contraintes limitant ces deux types de perceptions hypothétiques sont sensiblement différentes. Je conclurai ce chapitre avec la question de l'adaptabilité des perceptions temporelle : le présent mellorien, subjectif par définition, est-il le même pour toutes nos modalités sensorielles ? Peut-il varier en dimensions ? Ces questions nous conduiront vers le chapitre 3 où j'aborderai les propriétés de phénotypes temporels laissées de côté dans l'analyse des perceptions présentes.

⁷⁰Étant donné qu'ils sont supposés refléter l'état du monde au moment où ces croyances A sont entretenues, ces énoncés A sont en principe systématiquement traduisibles en énoncés B, dépourvus d'indexicaux, mais associés à un référentiel temporel. Ce point de référence (ou perspective) correspondant au moment où l'entretien de la croyance a lieu (« il y a un danger *au moment où j'ai cette pensée* »).

2.1. Qu'appelons-nous présent ?

Sur un plan évolutif, disposer d'un système nerveux est particulièrement coûteux. Le cerveau humain consomme ainsi à lui tout seul environ soixante pour cent du glucose circulant (Wasserman, 2009)⁷¹. De plus, son temps de maturation requiert un investissement parental important. Comme le souligne Richard Dawkins, ces coûts se paient en opportunités perdues (Dawkins, 2016, p. 71). L'énergie consacrée au fonctionnement du système nerveux aurait pu être investie dans la production de gamètes plus nombreux ou plus riches en énergie. L'investissement parental important constitue la *stratégie K*, dans laquelle le nombre de descendants est restreint (Thomas et al., 2016, p. 110)⁷². Le cas d'*homo sapiens* est particulier dans la mesure où le système nerveux requiert un temps de maturation tel que le nouveau-né reste dépendant de ses parents pendant de nombreuses années. On considère que le développement du cerveau humain n'est pas achevé à l'âge de vingt ans (Purves et al., 2015, p. 554)⁷³. Compte tenu de l'investissement que représente un système nerveux complexe, les avantages qu'il confère doivent être très significatifs. Cela semble être confirmé par l'observation suivante : la stratégie consistant à investir dans un système nerveux complexe est apparue indépendamment dans plusieurs embranchements phylogénétiques. L'exemple le plus remarquable est celui des céphalopodes⁷⁴. Il s'agit d'une classe d'invertébrés qui partage avec *homo sapiens* un ancêtre commun vieux d'au moins six cents millions d'années (époque à laquelle nous nous intéresserons dans le chapitre 4) et qui de toute évidence ne disposait pas d'un système nerveux élaboré (Godfrey-Smith, 2018, p. 100). Cette hypothèse est appuyée par le constat que l'organisation du système nerveux des céphalopodes diffère drastiquement de celle des vertébrés. Chez les vertébrés, le cerveau et la moelle épinière tiennent un rôle prépondérant : ils concentrent la quasi-totalité du traitement de l'information par l'animal. Le système nerveux des pieuvres est, par comparaison, bien plus décentralisé avec une relative autonomie des tentacules qui possèdent chacun des centres de décision indépendants (ibid., p. 75). On peut considérer le système nerveux de la pieuvre comme une société de ganglions nerveux qui travaillent en relative coordination tout en conservant une indépendance fonctionnelle importante. Cette altérité architecturale contraste avec de remarquables

⁷¹ Il ne dispose pas, contrairement au foie ou aux muscles squelettiques, de grandes réserves énergétiques. Son métabolisme repose donc en grande partie sur les apports sanguins. Un calcul simple à partir de cette donnée, des différents stocks énergétiques de l'organisme et de la consommation des autres organes, aboutit à une consommation d'environ vingt pour cent de l'énergie totale du métabolisme par le cerveau.

⁷² Par opposition à la *stratégie r* qui consiste à produire un grand nombre de descendants phénotypiquement diversifiés, ayant chacun une probabilité de survie moindre, mais dont la diversité permet d'augmenter qu'au moins certains d'entre eux présentent un phénotype à un environnement difficilement prévisible (Thomas et al., op.cit, p. 110).

⁷³ Une certaine plasticité cérébrale est bien évidemment conservée tout au long de la vie, ce qui implique une part d'arbitraire dans la définition du stade « développé » du système nerveux.

⁷⁴ Dont les représentants actuels sont les pieuvres, les calmars, les seiches et les nautilus.

similarités comportementales. Les pieuvres font preuve de curiosité, manipulation de l'environnement, voire élaborent des outils (ibid., p. 64). Ces attitudes sont fonctionnellement comparables aux comportements d'apprentissage et de résolution de problèmes observés chez les primates ou les corvidés. L'observation de tels phénomènes de *convergence évolutive* suggère que l'avantage conféré est important. Quelle est, dès lors, l'utilité de systèmes nerveux sophistiqués justifiant leur apparition indépendante au cours de différentes histoires évolutives ? La réponse réside, à mon avis, dans la rapidité d'adaptation qu'un système nerveux permet face à un environnement versatile. Autrement dit, il s'agit d'une réponse biologique à une contrainte temporelle.

2.1.1. Présent mellorien

Nous avons déjà vu que l'évolution permettait aux organismes de s'adapter aux conditions changeantes de l'environnement dans lequel elle a lieu. La limite de ces mécanismes d'adaptation est temporelle : l'évolution est un phénomène lent⁷⁵. L'évolution n'est pas le seul mécanisme permettant une adaptation aux variations de l'environnement. Des boucles comportementales simples, probablement apparues tôt dans l'histoire de la vie, permettent des ajustements rapides à des variations d'un paramètre donné de l'environnement. Certaines cyanobactéries marines peuvent par exemple ajuster leur distance à la surface *en fonction* de la température de leur environnement, ce qui permet de maintenir une activité enzymatique optimisée pour une gamme de température donnée. Néanmoins, la particularité des organismes disposant d'un système nerveux est leur capacité à s'adapter quasiment en *temps réel*, c'est-à-dire de façon quasi-synchronisée, à des *changements complexes* de l'environnement, pouvant comporter plusieurs paramètres. Pour se faire, ils ont besoin de perceptions *à jour* de leur environnement. Bien entendu, ces notions de temps réel et de mise à jour doivent se conformer aux contraintes imposées par l'hypothèse (B). Comment les traduire en termes de relations d'antériorité ou de simultanéité et selon une perspective temporelle ? Prenons le fait temporel suivant (et son contexte) :

Je circule à vélo sur une piste cyclable.

La porte d'une voiture garée à cheval sur la piste s'ouvre, me barrant la route.

⁷⁵ Même lorsque les générations s'enchainent extrêmement rapidement, comme chez les bactéries, le délai d'apparition d'un trait adaptatif se compte au minimum en jours et reste très incertain puisque fondé sur le hasard (hypothèse (S)). Un exemple concerne l'apparition de résistances bactériennes à des doses croissantes d'antibiotiques, magnifiquement illustré par Baym et al. (2016, voir notamment le film S1 des documents annexes), mettant en évidence les caractères *progressifs, aléatoires et itératifs* de l'apparition de mutants résistants.

Ma perception de la portière me permet d'éviter l'accident en adoptant une réponse comportementale appropriée à la situation : freiner. Cela fonctionne, car perceptions et réactions sont suffisamment proches temporellement pour que mon comportement soit pertinent vis-à-vis de la situation rencontrée⁷⁶. Si mes perceptions avaient pour objet des faits temporels de deux heures antérieurs à l'état du monde au moment où elles se produisent, j'entreprendrais probablement la pensée « danger. freiner. » sur un brancard aux urgences. Les perceptions temporelles sont fonctionnelles dans la mesure où elles portent sur un état du monde quasi-contemporain du processus perceptif. C'est donc le fait temporel « je perçois » qui constitue le point de référence temporel permettant de considérer comme événement présent, les faits temporels en relation de simultanéité avec la perception. L'exemple de l'emportierage illustre la pertinence du présent mellorien en termes compatibles avec l'hypothèse (S) : les perceptions temporelles favorisent les comportements permettant la survie et assurent qu'ils aient lieu au bon moment. Ce bon moment est définissable en termes de synchronicité, donc il est compatible avec l'hypothèse (B). Le présent mellorien est donc l'ensemble des faits temporels qui sont objets de perception *normale*, c'est-à-dire les faits temporels qui sont relativement contemporains de l'acte de perception. Cette relation de simultanéité étant contingente, il est nécessaire d'en apporter une explication. Cette dernière doit rendre compte de la synchronicité, mais aussi de l'envergure temporelle du présent mellorien : est-il instantané ou s'étend-il sur une durée ? Dans le second cas, quels sont les déterminants de cette durée ?

2.1.2. Présent augustinien

Une première hypothèse envisageable serait que le présent n'a *pas* de durée. J'appellerai *présent augustinien* un tel moment sans étendue, défini comme le point de jonction entre passé et futur. Ce présent instantané pose une difficulté fondamentale au théoricien A (voir 1.2.1) qui croit en l'existence d'un présent particulier. William James décrit ainsi ce problème :

⁷⁶ Cela suppose également qu'une grande variété de paramètres environnementaux soit analysée durant ce bref laps de temps : reconnaissance de forme pour la portière, prise en considération du contexte (je suis à vélo), estimation de ma vitesse et évaluation du risque de collision, etc. Une myriade de variables doivent être correctement analysées et mises en relation pour que mon comportement soit approprié.

Ce n'est qu'en tant que partie de l'organisation mouvante et vivante d'une étendue plus grande que le strict présent est appréhendable. Il ne s'agit, en fait, que d'une abstraction tout à fait idéale, non seulement jamais réalisée dans la sensation, mais probablement jamais même concevable par ceux qui ne sont pas coutumiers de la méditation philosophique. La réflexion nous amène à la conclusion qu'il *doit* exister, mais son existence ne peut en aucun cas être un fait de notre expérience immédiate.⁷⁷ (James, 1995, p. 608-609, ma traduction)

Une métaphore spatiale nous permet une fois encore de mieux appréhender l'enjeu conceptuel auquel le théoricien A doit faire face. Il serait impossible de percevoir visuellement un objet matériel doté d'une seule dimension si un tel objet hypothétique nous était présenté. Comme nous venons de le voir, nos perceptions visuelles sont limitées en termes de résolution spatiale. Un objet à *une* dimension, c'est-à-dire un fil dépourvu de toute épaisseur, ne pourrait jamais être observé. En effet, cette épaisseur étant nulle, elle serait toujours strictement inférieure à la résolution maximale d'un œil, aussi aiguë soit-il. Un problème similaire se poserait pour un temps dénué de durée : quelle que soit la capacité de résolution temporelle de l'organe concerné, il sera toujours trop bref pour être perceptible. On pourrait objecter que les faits temporels observés ne sont, quant à eux, jamais dépourvus de durée. Mais ils ne sont dès lors, pas strictement présents. Cette difficulté conduit Henri Bergson à nier la concevabilité d'un présent sans durée, ce qu'il qualifie d'« illusion des Éléates » (Bergson, 2013, p. 134)⁷⁸, soulignant les paradoxes qu'engendrerait une telle conception du temps « divisible infiniment » (ibid.)⁷⁹. La solution de Bergson consiste à refuser l'analogie entre espace et temps pour désamorcer les difficultés liées au présent augustinien. Elle se heurte néanmoins à d'autres complications. En effet, il doit dès lors définir la durée comme une *qualité* : non mesurable, non quantifiable. Cela l'amène à critiquer l'approche psychophysique dont le programme consiste précisément à mesurer l'intensité de sensations en fonction de stimuli : « l'élément qualitatif que l'on commence par

⁷⁷ « it is only as entering into the living and moving organization of a much wider tract of time that the strict present is apprehended at all. It is, in fact, an altogether ideal abstraction, not only never realized in sense, but probably never even conceived of by those unaccustomed to philosophic meditation. Reflection leads us to the conclusion that it *must* exist, but that it *does* exist can never be a fact of our immediate experience » (James, 1995, p. 608-609)

⁷⁸ En référence aux paradoxes de Zénon d'Élée, parmi lesquels celui d'Achille et la tortue, supposés apporter des arguments contre la notion de mouvement (Huggett, 2019).

⁷⁹ « De cette confusion entre le mouvement et l'espace parcouru par le mobile sont nés, à notre avis, les sophismes de l'école d'Élée ; car l'intervalle qui sépare deux points est divisible infiniment, et si le mouvement était composé de parties comme celles de l'intervalle lui-même, jamais l'intervalle ne serait franchi. Mais la vérité est que chacun des pas d'Achille est un acte simple, indivisible, et qu'après un nombre donné de ces actes, Achille aura dépassé la tortue. L'illusion des Éléates vient de ce qu'ils identifient cette série d'actes indivisibles et *sui generis* avec l'espace homogène qui les sous-tend. Comme cet espace peut être divisé et recomposé selon une loi quelconque, ils se croisent autorisés à reconstituer le mouvement total d'Achille, non plus avec des pas d'Achille, mais avec des pas de tortue. [...] Pourquoi Achille dépasse-t-il la tortue ? Parce que chacun des pas d'Achille et chacun des pas de la tortue sont des indivisibles en tant que mouvements, et des grandeurs différentes en tant qu'espaces » (Bergson, 2013, p. 134).

éliminer des choses extérieures pour en rendre la mesure possible est précisément celui que la psychophysique retient et prétend mesurer » (ibid., p. 97). Or, force est de constater que l'entreprise psychophysique est fructueuse. Elle parvient à formuler des prédictions empiriquement vérifiables, telles que la loi de Weber, pourtant citée par Bergson : « la quantité d'excitation qu'il faut ajouter à la première pour que la conscience s'aperçoive d'un changement sera dans un rapport constant avec elle. » (ibid., p. 95). Remarquons que la définition de la durée, comme qualité ineffable, introduite par Bergson est difficilement compatible avec notre hypothèse fonctionnaliste (N) : toute perception à l'origine d'un comportement, y compris verbal, consiste en une forme de mesure, effectuée à l'aide des outils que constituent nos organes sensoriels.

James accepte, quant à lui, les résultats d'entreprises expérimentales telles que la psychophysique (James, op.cit., p. 616-617). La réponse qu'il apporte au problème du présent augustinien est donc différente. Il propose l'existence d'une « projection perspective des objets passés sur la conscience présente » (ibid., p. 630). Le contenu de cette projection correspond à ce que James appelle « présent spécieux » (*specious present*)⁸⁰. Il en estime la durée à environ douze secondes, quoique celle-ci soit susceptible de varier (ibid., p. 642). Notons que cette durée ne constitue pas nécessairement celle de l'acte de perception, mais toujours celle du contenu de la perception : le présent mellorien. Sur quelle base James fonde-t-il l'idée que le présent spécieux contient la projection de faits temporels passés ? Edmund Husserl remarque qu'écouter de la musique, « lorsqu'un son nouveau retentit, le précédent n'a pas disparu sans laisser de trace, sinon nous serions bien incapables de discerner les relations entre sons qui se suivent l'un et l'autre. » (Husserl, 2019, p. 19). La notion de présent spécieux, pouvant contenir ce que Husserl appelle des rétentions⁸¹, peut permettre de résoudre ce que j'appellerai le *paradoxe de l'arpège* : nous ne percevons pas de la même manière un accord arpégé et un accord plaqué⁸². Pourtant, si telle ou telle durée était simplement « comprimée » dans notre perception, les notes arpégées devraient former une unité perçue exactement comme si elles formaient un accord plaqué. Or, nous les percevons « à la fois distinctement et immédiatement » (*both distinctly and immediately*, James, op.cit., p. 613).

⁸⁰ Terme emprunté à E. R. Clay, qui contraste avec le *passé manifeste* (*obvious past*) et le *présent réel* (*real present*), référant au présent de la conscience qui embrasse le présent réel (augustinien), mais également des faits temporels passés récents (James, 1995, p. 609).

⁸¹ « À l'« impression » s'attache continûment le souvenir primaire, ou, comme nous disons, la rétention. [...] Car la continuité de phases, qui s'accrochait à chaque « maintenant », n'était rien d'autre qu'une telle rétention et qu'une continuité de rétentions. Dans le cas de la perception d'un objet temporel [...], elle a son terme à tout moment dans une appréhension-de-maintenant, dans une perception au sens d'une position-comme-maintenant. Pendant qu'un mouvement est perçu, une saisie-comme-maintenant est comme le noyau vis-à-vis d'une queue de comète de rétentions ; elle est reliée aux instants présents antérieurs du mouvement. » (Husserl, 2019, p. 45)

⁸² « Les notes d'un accord, pour former une harmonie doivent résonner simultanément. Il y a plusieurs façons d'y parvenir : les notes peuvent être jouées simultanément, l'accord est plaqué ; quand les notes sont jouées successivement, l'accord est arpégé » (Abromont et de Montalembert, 2001, p. 99)

Le problème qui réside dans les analyses de James et de Husserl me semble provenir de leur attachement à une référence au présent augustinien. L'abstraction idéale qui *doit* exister selon James, l'instant présent évoqué par Husserl. Le présent spécieux me paraît être une explication ad hoc au paradoxe de l'arpège, c'est-à-dire au fait que notre perception porte sur une durée alors que le présent réel *doit* être augustinien :

Si on conçoit un point de temps, tel qu'il ne puisse être divisé en particules d'instant, si petites soient-elles, c'est cela seulement qu'on peut dire « présent », et ce point vole si rapidement du futur au passé qu'il n'a aucune étendue de durée. Car s'il était étendu, il se diviserait en passé et en futur, mais le présent n'a point d'étendue. (Augustin, 2015, p. 266)

Dans le cadre de (B), ce problème ne surgit pas. Il n'est pas supposé que le présent mellorien soit dépourvu d'étendue. Au contraire, c'est plutôt le fait qu'il ne porte pas sur l'ensemble des faits temporels qui pose un problème au théoricien B. Ce problème est précisément l'objet de ce chapitre. Cela ne signifie pas que l'hypothèse (B) résout directement le paradoxe de l'arpège :

Une succession de sensations n'est pas, en soi, une sensation de succession. Étant donné qu'à la succession de nos sensations s'ajoute une sensation de leur propre succession, celle-ci doit être traitée comme un fait additionnel requérant sa propre élucidation.⁸³ (James, op.cit., p. 627, ma traduction).

Je consacrerai le troisième chapitre de cet essai à la question de la perception en apparence directe des changements et des mouvements. Avant cela, il nous faut nous intéresser aux perceptions temporelles du présent mellorien. J'ai montré que l'hypothèse (S) permettait d'expliquer la corrélation entre perceptions temporelles et présent mellorien, c'est-à-dire le fait que les perceptions temporelles ont pour objets des faits temporels relativement proches de la perception, entendue comme processus biologique respectant l'hypothèse (N). Il reste à expliquer pourquoi elles sont limitées à une fenêtre temporelle d'une envergure donnée (douze secondes selon James, mais nous discuterons de ce paramètre). Je vais tout d'abord m'attacher à expliquer pourquoi nos perceptions temporelles ne semblent porter *que* sur la période restreinte que j'ai désignée comme le présent mellorien. En premier lieu je vais m'intéresser à la limitation de ces perceptions « vers le passé » : pourquoi n'avons-nous apparemment pas un accès perceptif à des événements significativement antérieurs à l'acte de

⁸³ « A succession of feelings, in and of itself, is not a feeling of succession. and since, to our successive feelings, a feeling of their own succession is added, that must be treated as an additional fact requiring its own special elucidation. » (James, 1995, p. 627).

perception ? Je poursuivrai avec le problème de prime abord symétrique de la perception d'événements « futurs », à savoir ultérieurs à l'acte de perception. Les réponses apportées nous permettront de rendre compte de ce qu'est la *durée du présent*.

2.2. L'inconvénient d'être Funes

Jorge Luis Borges décrit ainsi les séquelles de son personnage après un accident de cheval :

Quand [Funes] était revenu à lui, le présent ainsi que les souvenirs les plus anciens et les plus banals étaient devenus intolérables à force de richesse et de netteté [...] sa perception et sa mémoire étaient maintenant infaillibles. (Borges, 1983, p. 114)

Si Irénée Funes n'a pas connaissance de son propre futur, il a un savoir infini à propos de son passé, du moindre détail de la moindre scène de sa vie passée :

Ces souvenirs n'étaient pas simples ; chaque image visuelle était liée à des sensations musculaires, thermiques, etc. Il pouvait reconstituer tous les rêves, tous les demi-rêves. Deux ou trois fois il avait reconstitué un jour entier ; il n'avait jamais hésité, mais chaque reconstitution avait demandé un jour entier. (ibid.)

Rien parmi les hypothèses (N), (B) et (G) ne s'oppose en principe à la possibilité de conserver le souvenir de l'intégralité de nos expériences passées, voire de celles de nos ancêtres. Il existe ainsi une mémoire phylogénétique, « qui a son origine dans l'expérience accumulée par les espèces [...]». Les informations ainsi stockées ne dépendent pas de l'expérience postnatale, mais de ce qu'une espèce donnée a rencontré de façon régulière dans son environnement » (Purves et al., 2015, p. 697). Faisons abstraction de la mémoire phylogénétique pour nous focaliser sur le cas de la mémoire individuelle⁸⁴. Si on n'observe pas de phénotypes semblables à celui de Funes hors de la fiction, la limite doit être liée à l'hypothèse (S). De prime abord, disposer d'une mémoire telle que celle de Funes semble constituer un avantage. Ne jamais être sujet à l'oubli permettrait, semble-t-il, de ne jamais manquer d'opportunités par omission⁸⁵, de bénéficier d'un rappel exhaustif d'expériences passées pertinentes dans une situation donnée, etc. Quels en seraient les inconvénients ?

⁸⁴ Les enjeux conceptuels sont strictement identiques. C'est également le cas de forme de mémoires externalisées, telles qu'on en observe dans le monde animal. Les fourmis laissent par exemple derrière elles des phéromones leur permettant de « se souvenir » d'une carte des points d'intérêt et de désintérêt. Ces souvenirs sont de fait partagés par l'ensemble de la colonie (Moussaïd, 2019, p. 67). Les livres qu'écrivent et recopient certains *homo sapiens* en fournissent un autre exemple.

⁸⁵ Par exemple en oubliant la localisation d'une ressource... ou l'endroit où nous avons laissé nos clés.

2.2.1. La valeur de l'oubli

Borges imagine les troubles que pourrait présenter Funes : incapable de se laisser aller au sommeil, de concevoir des idées générales en tant qu'abstractions d'idées particulières qui requièrent un processus d'oubli des particularités. Borges va jusqu'à évoquer son incapacité à penser : « Penser, c'est oublier des différences, c'est généraliser, abstraire. » (Borges, op.cit., p. 118). Il me semble que l'on peut formaliser ces idées en termes compatibles avec l'hypothèse (S). L'intérêt biologique de l'oubli, sa valeur sélective, réside dans le caractère parcimonieux du processus. Emmagasiné un stock encyclopédique d'informations représente un coût biologique majeur au sens de Dawkins (voir 2.1). Conformément à l'hypothèse (G), la création et la conservation de souvenirs requièrent un investissement en énergie libre⁸⁶. L'énergie ainsi investie n'est dès lors plus disponible pour d'autres fonctions biologiques. La sélection naturelle produit des stratégies apparentes d'optimisation des coûts et l'oubli en constitue un exemple particulièrement remarquable.

On a l'habitude de distinguer, au sein de la mémoire à long terme, mémoire épisodique (souvenir d'événements vécus dans leur contexte) et mémoire sémantique concernant les faits et concepts décontextualisés. Il est cependant peu plausible que ces deux systèmes se soient développés indépendamment. Une hypothèse plus parcimonieuse serait que les informations sont initialement stockées avec leur contexte en mémoire épisodique puis que des mécanismes d'oublis interviennent pour abstraire les éléments essentiels des souvenirs épisodiques et les intégrer au corpus de la mémoire sémantique (Gil, 2018, p. 255). Conformément à (S), l'expérience acquise est donc le fruit d'un compromis entre coût investi et utilité espérée.

J'ai déjà évoqué la notion d'harmonie dans l'ontogenèse des organismes multicellulaires : il est nécessaire que chaque organe contribue harmonieusement au fonctionnement de l'organisme dans son ensemble. George Canguilhem critique la notion de normalité (au sens statistique) dans la définition du fait pathologique. Soulignons toutefois qu'il ne conteste pas qu'un écart quantitatif à la norme puisse être à l'origine de la différence qualitative qu'il tient pour critère fondamental de la maladie (Canguilhem, 2013, p. 31). De telles anomalies, dont les exemples paradigmatiques sont les maladies en *hypo-* ou *hyper-* telles que les dysthyroïdies, viennent perturber le fonctionnement équilibré de l'organisme. Il est tout à fait plausible qu'un fonctionnement harmonieux des différentes facultés mentales,

⁸⁶ Qui sera convertie en énergie désorganisée, c'est-à-dire en chaleur. Rappelons-nous que les processus cérébraux sont calorifères.

telles que la mémoire, l'attention⁸⁷, la flexibilité mentale⁸⁸ ou la résolution de problèmes⁸⁹ soient également requis. Funes semble se perdre dans les méandres du temps, incapable de distinguer le passé du présent, tant ses souvenirs sont riches et vifs, indiscernables à ses yeux du moment réellement présent. On peut faire l'hypothèse que ses capacités attentionnelles ne sont pas capables de se fixer sur l'information *utile*, qu'il présente un défaut *relatif* de flexibilité mentale l'empêchant de se focaliser sur les données pertinentes : la perception utile à l'action, à la production d'un comportement adapté, portant sur le présent mellorien.

De telles perceptions, ayant pour objet un événement passé, existent bel et bien. Elles constituent des faits pathologiques. On pense bien évidemment aux cas d'hypermnésies⁹⁰, mais je souhaite prendre pour exemple le cas malheureusement courant des reviviscences traumatiques.

2.2.2. Reviviscences

Nos hypothèses de travail ne posent aucune barrière stricte aux perceptions de faits passés. Rappelons que c'est en fait la norme : à strictement parler, la vitesse de la lumière et du son, celle de la propagation du signal le long de nos fibres nerveuses et le temps d'activation de nos récepteurs sensoriels font que l'intégralité de nos perceptions porte sur le passé. Mais comme le soulignait Mellor, ces délais sont en pratique négligeables à l'échelle biologique. En temps normal, on peut considérer que nos perceptions sont contemporaines de leur objet. Ce fonctionnement, pur produit évolutif, est bien sûr imparfait et sujet à la pathologie, au sens disharmonieux que je viens d'évoquer. Je vais illustrer cela avec le trouble de stress post-traumatique (TSPT) et l'un de ses symptômes cardinaux : les reviviscences.

87 « L'attention suppose à la fois l'orientation et la concentration mentale vers une tâche et l'inhibition des activités concurrentes. » (Gil, 2018, p. 234)

88 « L'être humain peut être amené à choisir entre plusieurs éventualités (ce peut être en situation clinique une tâche de *classement catégoriel*) puis, en fonction des contingences, changer de choix, ce qui suppose d'inhiber le premier choix et de se diriger ensuite vers un autre. Le défaut d'inhibition entraîne une *persévération*, une adhérence à la tâche [...]. La flexibilité mentale désigne ainsi la capacité d'adapter ses choix aux contingences. » (ibid., p. 237)

89 « La résolution de problèmes illustre et résume a mise en œuvre de processus électivement organisés par le lobe frontal. Les problèmes désignent les « questions à résoudre portant sur un résultat inconnu à trouver à partir de certaines données ou sur la méthode à suivre pour obtenir un résultat supposé connu ». Tout problème nécessite donc : l'investissement de l'individu interrogé et la focalisation de son attention : l'analyse des données du problème ; 'établissement d'une stratégie, c'est-à-dire d'un programme ; l'exécution contrôlée de ce programme sous-tendue par la mémoire prospective ; l'évaluation du résultat, c'est-à-dire la comparaison du résultat obtenu et des données initiales en termes d'acceptabilité et de crédibilité. » (ibid., p. 238)

90 Tel que le patient d'Alexandre Luria évoqué par Robin Renaud : « Chez cet autre être sans oubli, toute connaissance une fois acquise entrait infailliblement et sans retour dans la mémoire. Mais lui aussi avait du mal à comprendre et utiliser les idées abstraites. Comme Funes, cet homme avait la plus grande difficulté à former un concept général aussi élémentaire que celui de « chien », lequel implique déjà qu'on ait oublié les caractéristiques particulières de mille chiens particuliers. » (Renaud, 2016, p. 74)

2.2.2.1. Le trouble de stress post traumatique

Pour présenter le TSPT, je vais m'appuyer sur le *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5, American Psychiatric Association, APA, 2015)*⁹¹. Les critères diagnostiques du TSPT comportent des éléments cliniques et anamnestiques. Les premiers constituent la tétrade syndromique du TSPT :

- *Des reviviscences.* Elles sont définies dans le DSM-5 comme des *souvenirs* (nous reviendrons sur cet aspect) répétitifs et involontaires. Elles sont vives, chargées émotionnellement et portent sur plusieurs modalités sensorielles. La personne peut décrire *revivre* l'expérience, *comme si* l'événement était présent. On peut observer des réactions physiologiques notables lors de ces épisodes (accélération du rythme cardiaque et autres signes de stress). Il est également possible que les reviviscences prennent la forme de cauchemars traumatiques. Elles peuvent être accompagnées de *réactions dissociatives* (sur lesquelles nous reviendrons également). Il est à noter que les reviviscences peuvent être spontanées, mais que leur survenue est favorisée par l'exposition à des indices évocateurs de l'événement traumatique.
- *Des conduites d'évitement.* La personne présentant un TSPT évite volontairement de s'exposer à des stimuli en lien avec l'événement. Il peut s'agir d'évitements cognitifs (s'efforcer de ne pas penser à l'événement) ou comportementaux (éviter le contact de personnes, lieux, objets ou situation en lien avec l'événement).
- *Une altération négative des cognitions et de l'humeur.* Il s'agit de distorsions cognitives pouvant porter sur les causes ou des conséquences de l'événement, un sentiment de culpabilité ou de honte, des symptômes dépressifs, voire un sentiment de détachement vis-à-vis des autres.
- *Une hypervigilance.* L'hypervigilance peut se manifester par des troubles du sommeil, une tendance exacerbée au sursaut, des difficultés de concentration, une irritabilité. Ce syndrome est à mettre en lien avec l'activation persistante du système nerveux autonome sympathique (dont les paroxysmes peuvent se manifester par les réactions physiologiques évoquées dans le cas des reviviscences).

⁹¹ Sa définition est assez consensuelle dans la communauté scientifique et on retrouve peu ou prou les mêmes caractéristiques dans les autres classifications, telles que la *Classification Internationale des Maladies (CIM)* de l'Organisation mondiale de la santé. Ils sont également recherchés et évalués dans les principales échelles d'évaluation clinique du TPST, telles que la « PCLS : version stress de l'échelle post-traumatique » ou l'« échelle modifiée des symptômes traumatiques (EMST) » (Bouvard et Cottraux, 2010, p. 183-186).

Pour poser un diagnostic de TSPT, il convient en outre de répondre aux critères anamnestiques suivants. La personne doit avoir été exposée à la mort ou à une menace de mort, à une blessure grave ou à des violences sexuelles. Cette exposition doit avoir été directe : soit l'événement concerne la personne elle-même, soit elle en a été témoin directe⁹². Enfin, les symptômes doivent être présents depuis au moins un mois (en deçà, on parle de trouble de stress aigu).

L'ensemble des symptômes du TSPT sont dépendants les uns des autres. Je vais toutefois me concentrer particulièrement sur le premier d'entre eux, les reviviscences, et plus particulièrement sur les *reviviscences diurnes* (excluant donc les cauchemars traumatiques).

2.2.2.2. Les reviviscences sont-elles des hallucinations ?

Nous l'avons vu, les reviviscences sont un symptôme cardinal du TSPT. Il existe bien évidemment une grande variabilité dans leurs manifestations d'une personne à l'autre, amenant à considérer « un continuum allant de la reconstruction mentale quasi-exacte d'un événement réel à la construction d'une situation entièrement hypothétique »⁹³ (Martin et Williams, 1990, ma traduction). Cependant, les souvenirs intrusifs du TSPT impliquent généralement de « revivre intensément l'événement dans le présent »⁹⁴ (Brewin et al., 2010, ma traduction). Pour préciser la nature des reviviscences, je propose de répondre à deux questions. Les reviviscences sont-elles des hallucinations ? Les reviviscences sont-elles des souvenirs ?

Concernant le caractère hallucinatoire de la reviviscence, appuyons-nous sur la définition de l'hallucination dans le DSM-5 : « perception sensorielle qui procure la même sensation immédiate de réalité qu'une perception réelle, en l'absence de stimulation externe de l'organe sensoriel intéressé » (APA, 2015, glossaire). Si les reviviscences sont bien de nature perceptive, il apparaît qu'elles n'ont pas lieu *sans stimulation*. La stimulation de l'organe sensoriel intéressé a bien eu lieu : durant l'événement traumatique. La reviviscence est une perception qui est temporellement décorrélée de son objet, produisant des croyances A fausses, au sens de Mellor, c'est-à-dire dont la valeur de vérité a changé du fait du changement de perspective, conformément à l'hypothèse (B). Les reviviscences sont des perceptions qui ne portent pas sur le présent mellorien. Certes, le contenu de la reviviscence

⁹² Des nuances tendent à être apportées au critère d'exposition. Il semble en effet que l'exposition à des événements de moindre intensité, mais de façon répétée et inattendue, soit susceptible de produire des symptômes de TSPT. Dans cet essai, nous nous focaliserons sur le TSPT « typique ».

⁹³ « a continuum from the near veridical reconstruction in the mind of a real event to the construction of an entirely hypothetical situation » (Martin et Williams, 1990).

⁹⁴ « intense reliving of the event in the present » (Brewin et al., 2010)

est susceptible de différer de l'événement dans le monde auquel il correspond, d'où le continuum évoqué par Martin et Williams. Cependant, n'est-ce pas le cas de toute perception ? En opposition au modèle ascendant classique des perceptions, et conformément à (N) et notre attitude minimaliste fonctionnaliste, nous pouvons faire valoir que toute perception est une *reconstruction*, une inférence basée sur notre représentation a priori du monde et les signaux de nos sens (Hohwy, 2013, chapitre 6). Nous avons tous fait l'expérience d'illusions visuelles ou auditives, de perturbations de nos perceptions liées à la fatigue, de paréidolies, etc. Ces exemples illustrent le caractère imparfait, et orienté par nos connaissances préalables, de nos perceptions en tant que vecteurs de notre représentation du monde. Dès lors, le caractère parfois imparfait des reviviscences ne s'oppose pas à leur description en termes de perceptions ayant un objet *réel*. Il ne s'agit donc *pas* d'hallucinations. Faut-il dès lors considérer les reviviscences comme des *souvenirs* ?

2.2.2.3. Les reviviscences sont-elles des souvenirs ?

Brewin et al. proposent une *théorie de la représentation duelle du TSPT* (« the dual representation theory of PTSD », Brewin et al., op.cit.). Ils suggèrent que deux systèmes sont normalement en charge des mécanismes de rappel mnésique. Le système C (pour *contextuel*) serait en charge des rappels verbaux, liés aux contextes, pouvant être automatiquement ou délibérément sollicités. Il met à profit le lobe temporal médial et en particulier l'hippocampe, dont le rôle est bien connu dans la mémoire déclarative (Gil, op.cit., p. 259-260), et le cortex préfrontal impliqué dans les fonctions exécutives et dont on peut supposer le rôle dans l'élaboration de stratégies de rappel (ibid., p. 235-237). Le système S (pour *sensoriel*) a, quant à lui, pour substrat les aires cérébrales directement impliquées dans les mécanismes de la perception. Le fonctionnement normal met à profit ces deux systèmes de façon harmonieuse, notamment dans le rappel par association (l'émergence involontaire d'un souvenir en lien avec un contexte donné) :

Le rappel associatif (involontaire) a pour base neurale le fonctionnement de l'hippocampe et du cortex temporal médial adjacent, qui rétablit une expérience consciente antérieure en activant un réseau de zones impliquées dans la perception de l'événement.⁹⁵ (Brewin et al., op.cit., ma traduction)

⁹⁵ « associative (involuntary) retrieval has its neural basis in the functioning of the hippocampus and surrounding medial temporal cortex, which reinstates a previous conscious experience by activating a network of areas involved in the original perception of the event. » (Brewin et al., 2010)

Les reviviscences sont donc, dans ce modèle, liées à des expériences dont le caractère extrêmement stressant a déséquilibré le système duel en faveur du système S. Ainsi, les informations sont stockées d'une manière telle que le rappel est avant tout de nature sensorielle et non déclarative (contextuelle). Cela expliquerait l'impression de revivre l'expérience traumatique. Brewin et al. avancent même qu'il pourrait s'agir d'un processus adaptatif :

L'information pouvant s'avérer critique pour la survie future, elle est capturée sous forme d'images sensorielles, permettant à un maximum de donnée d'être traitées et enregistrées (au détriment du contexte temporel et spatial). Les reviviscences sont un processus adaptatif dans le cadre duquel les informations stockées peuvent être re-présentées and traitées en plus grande profondeur une fois que le danger est passé.⁹⁶ (ibid., ma traduction)

S'il me semble qu'une telle hypothèse doit être sujette à caution⁹⁷, force est de constater qu'elle s'intègre bien dans le paradigme que nous avons mis en place avec l'hypothèse (S). Par ailleurs, deux arguments jouent en faveur de l'hypothèse de la représentation duelle. D'une part, l'efficacité remarquable des psychothérapies basées sur l'exposition (van Dis et al., 2020 ; Carpenter et al., 2018) met en exergue l'importance rétablir un équilibre entre l'accès contextuel (système C) et l'accès sensoriel (système S), limitant le caractère envahissant des reviviscences. Elles semblent permettre à l'événement traumatique de devenir un souvenir stocké de façon normale. D'autre part, l'hypothèse duelle permet de faire des prédictions testables en termes de régions du cerveau impliquées dans une reviviscence en contraste avec celles qui sont activées dans la mobilisation d'un souvenir normal. Pour tester cela, Whalley et al. (2013) ont constitué trois groupes de sujets présentant respectivement : un TSPT, un antécédent d'exposition à un événement traumatique (voir les critères anamnétiques du TSPT en 2.3.2.1) n'ayant *pas* développé de TSPT, et un épisode dépressif caractérisé (EDC). Il a été demandé à chacun des groupes d'écrire une narration de l'événement traumatique (ou du pire événement de vie en mémoire pour le groupe EDC), puis les patients ont été exposés à des mots ou groupes de mots issus de ces narratifs tout en passant une imagerie fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf) cérébrale. L'objectif de cet examen est d'observer l'activation ou l'inactivation de certaines régions en cas d'épisode de reviviscence. La conclusion des auteurs est que lors d'une reviviscence, et non lors de

⁹⁶ « Because the information may be critical for future survival, it is captured in the form of sensory images, allowing maximally large amounts of data to be processed in parallel and recorded (although not provided with a spatial or temporal context). Flashbacks are an adaptative process in which stored information can be re-presented and processed in greater depth once the danger is past. » (ibid.)

⁹⁷ Il peut s'agir d'un cas d'écueil adaptationniste : attribuer une *fonction adaptative* à un processus qui n'est qu'un sous-produit d'une autre adaptation.

souvenirs non pathologiques, on constate bel et bien une activation des régions associées au système S (notamment le cortex visuel primaire) associée à une diminution de l'activité des régions en lien avec le système C (notamment l'hippocampe et le cortex préfrontal). Les auteurs remarquent également une augmentation des aires motrices du cortex durant les épisodes de reviviscences, « suggérant que les reviviscences sont une forme de mémoire qui facilite l'action sur l'environnement (comme le combat ou la fuite) »⁹⁸ (Whalley et al., op.cit., ma traduction).

Je répondrai donc à la question du caractère des reviviscences de la façon suivante. Il s'agit bien de souvenirs, mais de souvenirs pathologiques. Or, comme nous l'avons vu, elles ont également des propriétés analogues aux perceptions, pouvant même être indifférenciables de perceptions dont l'objet est réellement contemporain. Comment distinguer perception et souvenir ?

2.2.2.4. De la perception au souvenir

La conception humienne de la mémoire propose une distinction quantitative plutôt que qualitative entre perception et souvenir :

Nous constatons par expérience que, lorsqu'une impression a été présente à l'esprit, elle y fait à nouveau son apparition en tant qu'idée, et cela de deux façons différentes : soit elle conserve une large part de sa vivacité initiale quand elle réapparaît, et elle est alors, en quelque sorte, intermédiaire entre une impression et une idée, soit elle perd intégralement cette vivacité, et c'est une idée parfaite. La faculté par laquelle nous répétons nos impressions de la première manière s'appelle la MÉMOIRE, et l'autre, l'IMAGINATION. [...] Il est évident que la mémoire conserve la forme originelle sous laquelle les objets ont été présentés et que, chaque fois que nous nous en écartons en nous remémorant quelque chose, cela provient d'un certain défaut ou d'une certaine imperfection de cette faculté. (Hume, 1991, p. 50-51)

Ce qui distingue une perception immédiate d'un souvenir est une différence en termes de vivacité. Comment comprendre cette notion de vivacité ?⁹⁹ Je propose l'existence d'une information associée au contenu perceptif que nous pourrions appeler *sentiment de*

⁹⁸ « suggest that flashbacks are a form of memory that facilitates action on the environment (such as fight or flight). » (Whalley et al., 2013)

⁹⁹ Il est évident qu'une interprétation littérale est ouverte à la critique triviale. Le fait de porter des lunettes de soleil ne produit pas l'impression que le monde qui nous entoure est l'objet d'un souvenir du seul fait que l'impression qu'il produit est moins vive.

*présence*¹⁰⁰. Une perception présente est associée à un fort sentiment de présence, qui est en temps normal quantitativement moins fort pour un souvenir. David Hume souligne une continuité qualitative entre la perception présente et la *perception du passé* à laquelle nous pourrions identifier le souvenir. L'idée de Hume est corroborée par les éléments psychopathologiques issus de l'étude du TSPT. Il semble en effet que lors des reviviscences, le caractère *revécu* de l'événement traumatique soit lié à un fort sentiment de présence lié à la plurisensorialité et au niveau de détail de la reviviscence. Whalley et al. parlent ainsi d'un « fort sentiment de familiarité » (*a strong feeling of familiarity, op.cit.*).

2.2.3. Apprendre, c'est oublier

On peut donc considérer le souvenir comme une perception dégradée d'un fait temporel antérieur à l'acte de perception. La dégradation est avant tout d'ordre quantitatif. Les éléments non pertinents de la perception originelle sont retranchés si leur pertinence n'est pas suffisante. Des mécanismes neurobiologiques tels que la potentialisation synaptique à long terme¹⁰¹ (PTL, Purves et al., *op.cit.*, p. 171) jouent probablement un rôle déterminant, pouvant fournir un substrat physico-chimique à l'objet psychologique qu'est le souvenir. La sélection de l'information pertinente devant être *abstraite* fait probablement intervenir l'intensité émotionnelle de l'événement et la focalisation attentionnelle lors de la perception initiale (Gil, *op.cit.*, p. 260-261). Le TSPT constitue l'illustration morbide de l'influence de ces deux paramètres. La répétition joue également un rôle dans la construction du souvenir. Or, qu'est-ce que la répétition, sinon la re-présentation de stimuli similaires, aux variations accidentelles près ? Le rôle de la répétition est empiriquement mis en évidence par le conditionnement classique : un stimulus neutre est associé de façon répétée à un stimulus inconditionnel (déclenchant toujours la réponse comportementale). Après plusieurs itérations, le stimulus neutre, devenu stimulus conditionnel, est en mesure de déclencher la réponse en l'absence du stimulus inconditionnel (il s'agit des conclusions d'Ivan Pavlov, reprises par Cottraux, 2017, p. 38-39). « Apprendre, c'est oublier ce qu'on a déjà appris et oublier l'état précédant l'apprentissage. » (Renaud, 2016, p. 49)

100 Ou, symétriquement, *sentiment de passé* pour les souvenirs, pour reprendre la terminologie de William James (*op.cit.*, p. 605). Les deux conceptions sont fonctionnellement équivalentes.

101 « La longue durée de la PTL [potentialisation à long terme] montre que cette forme de plasticité synaptique peut être utilisée comme mécanisme de stockage à long terme de l'information. [...] L'exigence d'une corrélation temporelle entre l'activité des éléments pré- et postsynaptiques est le postulat central de la théorie de l'apprentissage proposée par Hebb en 1949. Selon Hebb la corrélation entre l'activité de la terminaison présynaptique et celle du neurone [postsynaptique] renforce la connexion synaptique qui les relie, et c'est précisément ce que l'on constate lors de la PTL » (Purves et al., 2015, p. 171)

En définitive, ce qui explique qu'en temps normal nos perceptions sont contemporaines du présent mellorien n'est pas dû à une particularité objective du moment présent, exclue par l'hypothèse (B), ni par quel qu'état de l'âme bergsonienne, incompatible avec l'hypothèse (N). Aucune implication de l'hypothèse (G) ne contraint nos perceptions temporelles à une limitation vers le passé, dans la mesure où ces perceptions et la formation des souvenirs sont, elles-mêmes, des processus intégrés dans le gradient entropique :

Pour laisser une trace, il est nécessaire que quelque chose s'arrête, cesse de bouger, et cela ne peut se produire qu'avec un processus irréversible, c'est-à-dire en dégradant l'énergie en chaleur. C'est la raison pour laquelle les ordinateurs chauffent, le cerveau chauffe, les météorites tombées sur la Lune la réchauffent, et même la plume d'oie des copistes des abbayes bénédictines du Moyen Âge réchauffe un peu le papier là où elle dépose son encore. Dans un monde sans chaleur, tout rebondit de façon élastique et rien ne laisse de traces. (Rovelli, 2018, p. 192).

Ce n'est donc qu'une conséquence de l'hypothèse (S) qui explique la limite postérieure de nos perceptions. Hugh Mellor donne une explication similaire à la limite antérieure de nos perceptions : « Si nous laissions nos yeux nous donner des croyances-futures à propos de ces événements, nous ne réagirions pas [à ces événements] au moment opportun » (op.cit., voir note 69). Cette analyse me semble erronée à deux égards. D'une part, il semblerait biologiquement particulièrement avantageux de percevoir le *futur mellorien*, à savoir des faits temporels ultérieurs à l'acte de perception. D'autre part, même si, conformément à l'argument de Mellor, nos perceptions anticipées étaient susceptibles de nous distraire du présent mellorien au point de constituer un handicap évolutif, cela n'expliquerait pas pourquoi l'objet des perceptions ne serait pas à minima légèrement décalé vers le futur afin de compenser le délai de traitement de l'information par notre système nerveux. Je pense donc que la limitation n'est pas à chercher, cette fois, dans l'hypothèse (S), mais bien dans l'hypothèse (G). Carlo Rovelli poursuit ainsi :

C'est la présence d'abondantes traces du passé qui donne la sensation familière d'un passé déterminé. L'absence de traces analogues pour le futur donne la sensation d'un futur ouvert. L'existence de traces permet à notre cerveau de disposer de vastes cartes des événements passés, alors que rien de semblable ne se produit pour les événements futurs. (Rovelli, op.cit.)

J'ajouterai simplement que, comme nous l'avons vu, la question peut être envisagée dans l'autre sens. La définition de l'antériorité étant essentiellement psychologique : ce qui est

futur est ce dont nous n'avons pas de trace. Il s'avère que c'est également le sens croissant du gradient entropique et les deux phénomènes se trouvent liés par le fait que les processus psychologiques surviennent sur des processus physiques calorifères.

2.3. Difficile à voir est l'avenir

Selon notre hypothèse (B), l'ensemble des faits temporels ont la même réalité. Il en résulte qu'ils sont tous susceptibles d'être objets de perception. Une première contrainte, nous l'avons vu, est liée au caractère perspectif de nos perceptions. L'égalité d'existence des objets indépendamment de leur localisation spatiale n'implique pas que nous puissions tous les percevoir : nos perceptions visuelles sont par là limitées par notre perspective spatiale. Seul un objet situé dans notre champ visuel est susceptible d'être perçu par la vue¹⁰². De plus, la façon dont nous le percevons dépend bien évidemment de la perspective que nous entretenons avec celui-ci. Il en va de même pour la perception de faits temporels : elle est restreinte par la perspective mentionnée dans l'énoncé de (B). Nous avons vu qu'une des explications de cette restriction est d'ordre évolutif. Cependant, cette explication, conforme à (S), n'est pas en mesure de rendre compte de notre incapacité à percevoir des événements postérieurs à l'acte de perception. De toute évidence, de telles perceptions constitueraient un avantage évolutif. Si elles existaient, il serait même prévisible qu'une *course à l'armement* évolutive ait lieu.

2.3.1. Reine rouge temporelle

Dans la formulation de l'hypothèse (S), j'ai insisté sur le rôle de la sélection naturelle comme seule « force » directionnelle de l'évolution. J'ai souligné qu'elle tendait à rejoindre un pic sur le paysage adaptatif, correspondant à un maximum de valeur sélective (voir 1.4.2.2). J'ai précisé que ce paysage adaptatif était susceptible de varier avec les changements (non-mcTaggartiens) de pressions de sélection. La valeur sélective dépend essentiellement de la relation de l'organisme avec son environnement : sa capacité à le mettre à profit et à s'en défendre afin d'augmenter sa probabilité de survie et de reproduction. Nous avons également vu que la dérive est à l'origine de la diversité du vivant telle que nous l'observons aujourd'hui. Il est à présent nécessaire de mettre l'accent sur un aspect de l'environnement et sa variabilité. *L'environnement, c'est les autres*. Je ne mets pas en cause l'effet d'autres phénomènes tels que les variations climatiques, les éruptions volcaniques ou les impacts d'astéroïdes. Mais force est de constater que ces phénomènes sont rares ou lents, même à l'échelle des temps géologiques¹⁰³. La principale cause de changements environnementaux est

¹⁰² J'ajouterai que sa présence dans notre champ visuel n'implique pas que nous le percevions. Comme je l'ai déjà évoqué, la perception est un processus actif : la perception suppose un certain niveau d'attention. L'expérience du *gorille invisible* en constitue un exemple frappant (Simons et Chabris, 1999).

¹⁰³ Bien évidemment, le changement climatique actuel est un contre-exemple de la lenteur de ces variations. Mais il s'agit justement d'un exemple de l'impact des êtres vivants, en l'occurrence l'espèce humaine, sur

la variation qualitative, par le processus même de l'évolution, ou quantitative (l'augmentation de la population) des autres êtres vivants. Les liens entre les individus, mais également entre les espèces, sont de nature très diverse : prédation, parasitisme, coopération ou symbiotisme pour ne citer que ces catégories, incluant elles-mêmes de nombreuses variantes¹⁰⁴. Une hypothèse découlant de l'importance des relations entre êtres vivants est le principe de la *reine rouge* : l'ensemble du paysage adaptatif change du fait de l'évolution des espèces, et ce changement implique lui-même l'évolution de ces dernières : la course est nécessaire pour rester à la même place dans un paysage adaptatif en constant mouvement (Thomas et al., op.cit., p. 576). Bien que cette hypothèse manque de confirmation empirique, je vais la mobiliser pour réfléchir à une situation évolutive bien plus hypothétique encore : *la course à la prophétie*.

La course à l'armement évoquée constituerait un cas particulier de reine rouge ne mettant en rapport que deux lignées évolutives :

Il est pratique d'utiliser la métaphore d'une course à l'armement dès lors que nous avons des avantages adaptatifs progressifs dans une lignée, comme réponse évolutive aux contre-adaptations progressives d'une lignée ennemie. Il est important de comprendre quels sont les groupes qui font la course l'un contre l'autre. Ce ne sont pas des individus, mais des lignées. Bien entendu, ce sont les individus qui attaquent et se défendent, qui tuent ou évitent d'être tués. Mais la course à l'armement prend place à une échelle de temps évolutive, or les individus n'évoluent pas. Ce sont les lignées qui évoluent, et les lignées qui affichent des tendances progressives en réponse aux pressions de sélections instaurées par les autres lignées.¹⁰⁵ (Dawkins, 2016, p. 93-94, ma traduction)

Imaginons à présent un scénario à deux espèces, par exemple un prédateur et une proie, dont l'une développe la capacité de percevoir des faits temporels légèrement futurs (postérieurs à l'acte de perception). Cet avantage, s'il apparaît chez la proie, lui permet d'anticiper plus efficacement l'attaque d'un prédateur. Bien évidemment, cela ne lui permet pas de s'échapper à coup sûr. Pour peu qu'elle soit d'ores et déjà acculée au moment où elle

l'environnement. Il ne s'agit, par ailleurs, pas du seul exemple d'effet à grande échelle du vivant sur le climat : la grande oxydation de l'atmosphère et des océans, survenue il y a 2 à 2,4 milliards d'années, est probablement liée au développement d'organismes pratiquant la photosynthèse (Thomas et al., op.cit., p. 8).

104 Prenons l'exemple du parasitisme : est-il exclusif ou facultatif ? À quel point et de quelle manière est-il délétère pour l'hôte ? De quelle façon le phénotype de l'hôte est-il manipulé par le parasite et réciproquement ?

105 « It is convenient to use the metaphor of an arms race whenever we have progressive improvements in adaptations in one lineage, as an evolutionary response to progressive counter-improvements in an enemy lineage. It is important to realize who are the parties that are 'racing' against one another. They are not individuals but lineages. To be sure, it is individuals who attack and defend, individuals who kill or resist being killed. But the arms race takes place on the evolutionary time-scale, and individuals do not evolve. It is lineages that evolve, and lineages that exhibits progressive trends in response to the selection pressures set up by the progressive improvements in other lineages » (Dawkins, 2016, p. 93-94).

perçoit l'attaque à venir, son destin restera scellé. Néanmoins, cette adaptation augmente significativement sa probabilité de survivre toutes choses égales par ailleurs. Quelle serait la contre-adaptation attendue des prédateurs ? Il s'agirait bien entendu d'anticiper la prophétie adverse et donc de développer une perception analogue d'événements non encore advenus. On peut envisager qu'une course à l'armement se mettrait en place, de sorte qu'à chaque fois que les perceptions futures d'une espèce s'améliorent l'autre réponde par une amélioration au moins similaire.

Quel serait le résultat final d'une telle compétition ? La perception d'événements futurs n'a de sens que si elle confère un avantage sélection, conformément à l'hypothèse (S). Cependant, pour qu'elle confère un tel avantage, il faut qu'elle puisse avoir un effet comportemental. Or, cet effet comportemental que constitue par exemple le comportement de fuite de la proie serait lui-même objet de perception future pour le prédateur, qui adapterait son comportement en réponse. Si de telles stratégies d'action et de réaction en fonction de perceptions futures advenaient, elles constitueraient une infraction à l'hypothèse (B), puisqu'il s'agirait de perceptions de futurs alternatifs dont le contenu dépendrait lui-même des perceptions du futur d'organismes susceptibles d'agir en fonction de ces perceptions. Cela supposerait la réalité de divergences temporelles, qui même sans être finalement actualisées pourrait être l'objet d'*authentiques perceptions*.

La reine rouge temporelle condamne-t-elle les hypothèses (S) et (B) à être contradictoires ? Remarquons tout d'abord que de tels phénotypes n'ont jusqu'à présent jamais été observés dans la nature. La question que soulève ce constant est donc : l'absence de perceptions prophétiques est-elle contingente, susceptible d'apparaître au gré de l'évolution, ou impossible ? Dans le second cas, à quelle contrainte cette impossibilité est-elle due ? On pourrait de prime abord supposer qu'une telle course à la divination serait incompatible avec l'hypothèse (S), dans la mesure où elle aboutirait à un statu quo. Nos deux espèces finiraient par atteindre le même potentiel prophétique. Cependant, nous avons vu que l'évolution était myope et ne prenait pas en considération les résultats finaux. Or, rien dans l'hypothèse (S) n'interdit le premier pas : celui de la proie percevant les événements légèrement à l'avance. L'hypothèse (S) n'implique aucune contrainte qui empêcherait la perception de futurs melloriens. La solution, si elle existe, est donc à chercher ailleurs.

2.3.2. Phénotype tralfamadorien

La reine rouge temporelle ne constitue un problème que dans la mesure où les perceptions ayant pour objets des faits temporels ultérieurs au point de référence perspectif

sont possibles. Est-ce le cas dans le contexte de notre corpus d'hypothèse ? Nous avons vu que (B) stipulait l'égalité d'existence de tous les faits temporels, suggérant en principe leur accessibilité perceptive. Cette égale existence implique que de telles perceptions n'auraient rien de surnaturelles, ne transgressant pas l'hypothèse (N). Enfin, selon (S), l'avantage évolutif conféré aurait tendance à promouvoir de tels phénotypes. Il nous reste à examiner l'hypothèse (G).

Billy Pilgrim, le protagoniste d'*Abattoir 5*, fait la rencontre d'une espèce extraterrestre, les tralfamadoriens¹⁰⁶, dont l'expérience du temps diffère drastiquement de la nôtre. L'un de ces extraterrestres la décrit en ces termes :

Les Terriens sont les grands spécialistes de l'explication, révélant pourquoi tel événement possède telle structure, prévoyant comment faire naître ou éviter d'autres circonstances. Je suis tralfamadorien et le temps se déploie devant moi de la manière dont vous distingueriez peut-être une chaîne des Rocheuses. Tout temps est le temps du tout. Il est inaltérable. Il ne se prête ni aux avertissements ni aux raisonnements. Il existe, un point c'est tout. Décomposez-le en moments et vous comprendrez que nous sommes tous, comme je l'ai déjà signalé, des insectes dans l'ambre. (Vonnegut, 2016, p. 98)

Le champ perceptif temporel du tralfamadorien est étendu à tel point qu'il englobe l'intégralité de la quatrième dimension ce qui inclut des faits temporels ultérieurs à leur perception. Un phénotype tralfamadorien est-il compatible avec nos hypothèses ? Comme nous l'avons vu, il n'entre pas en contradiction avec (N) et (B). Remarquons que les tralfamadoriens sont passifs, ils décrivent le temps comme *inaltérable*. Ceci est conforme à (B), mais l'hypothèse (S) permet-elle l'apparition d'êtres vivants tels que les tralfamadoriens ? Les tralfamadoriens ne semblent tirer aucun bénéfice biologique de leurs capacités de perception temporelle étendue. Aucune pression de sélection ne peut favoriser une perception qui ne peut engendrer de comportement augmentant la valeur sélective. Selon cette hypothèse, bien que cela ne soit pas *en principe* impossible, la probabilité que des objets complexes tels que les tralfamadoriens soient apparus sans l'effet de la sélection naturelle, seule force directionnelle de l'évolution, est infinitésimale. Supposons alors que les tralfamadoriens puissent en fait mettre à profit leurs perceptions. Peut-être les tralfamadoriens rencontrés par Billy Pilgrim ont-ils acquis une forme de sagesse traitant la passivité comme une vertu en l'absence de prédateurs. Peut-être sont-ils les descendants nihilistes de

¹⁰⁶ Pour me servir de l'œuvre de Kurt Vonnegut comme base pour cette expérience de pensée, je pars du principe que les tralfamadoriens sont de nature biologique, produits d'une évolution dont la mécanique est similaire à celle des êtres vivants sur Terre et qu'ils ne sont pas dotés de pouvoirs surnaturels.

vainqueurs d'une course biologique à l'anticipation. Dès lors, leur phylogenèse serait compatible avec l'hypothèse (S). Tournons vers (G).

Le cerveau, au même titre que tout système biologique, peut être considéré comme une machine thermodynamique. Il maintient son organisation interne en transformant de l'énergie libre et en chaleur. Toute acquisition d'information est un changement non-mctaggartien impliquant une augmentation de l'entropie globale de l'univers. Il y a colinéarité entre les changements d'état cérébral qu'impliquent la perception et la mise en mémoire et le gradient entropique de (G). Un *souvenir du futur*, tel qu'en possèdent les tralfamadoriens enfreignent ce principe : l'organisation de la matière qu'impliquerait un tel phénotype supposerait un gain d'organisation au niveau cérébral (l'organisation de la matière sous forme de « traces » du futur pour reprendre l'image de Carlo Rovelli, voir 2.2.3) associé à une *diminution* de l'entropie globale de l'univers, l'information *remontant* le gradient entropique. (G) interdit un tel phénomène et constitue donc la contrainte qui empêche fondamentalement le développement de perceptions tralfamadoriennes.

S'il n'y a pas de telle course à l'armement dans le monde animal, c'est uniquement parce que (G) interdit qu'une perception ait pour objet un événement ultérieur au moment référentiel de l'acte de percevoir. Cependant, s'il n'y a pas de *perception* du futur, Carlo Rovelli souligne néanmoins que « les vastes mécanismes du cerveau [...] se sont formés au cours de l'évolution pour faire des calculs qui concernent les futurs possibles : c'est ce que nous appelons « décider » » (op.cit., p. 192).

2.3.3. Prédire n'est pas pré-voir

Conformément à (B), l'avenir n'est pas stricto sensu en mouvement. Cependant, les paramètres qui nous permettent d'inférer sa nature sont l'objet de changements non-mctaggartiens. Ils correspondent aux modifications de notre état épistémique vis-à-vis du futur mellorien. Comme le souligne Daniel Dennett, « les cerveaux sont, par essence, des machines à anticiper » (*anticipation machines*, 1993, p. 177). J'évoquais le coût évolutif que représente un système nerveux et sa compensation en termes d'adaptabilité comportementale (voir 2.1). Cette adaptabilité n'est possible que dans la mesure où le système nerveux est constamment en train d'effectuer des prévisions sur l'état à venir du monde afin de produire un comportement optimisé. Selon Jakob Hohwy, le cerveau entretient un modèle du monde dont le canevas initial est issu de l'histoire évolutive des systèmes nerveux ayant rencontré des régularités dans l'environnement susceptibles de permettre certaines prédictions, certaines anticipations (Hohwy, 2013, p. 37). Ce modèle initial, comparable à la mémoire

phylogénétique dont j'ai déjà mentionné l'existence (voir 2.2), n'est pas rigide. Le modèle est susceptible d'être amendé à mesure que des écarts apparaissent entre ses prédictions au sujet de l'état du monde à un instant ultérieur à l'acte de prédiction et les perceptions qui renseignent sur l'état effectif du monde (ibid., p. 42). Il s'agit d'un processus d'apprentissage et nous remarquons à nouveau le rôle clé de l'oubli dans ce processus :

Le système doit *apprendre* à la fois différentes interactions dans différents contextes, et découvrir des variations de bruits et d'incertitude. Mais surtout, cet apprentissage du contexte, du bruit et de l'incertitude ne doit être basé que sur les ressources sensorielles accessibles.¹⁰⁷ (ibid., p. 59, ma traduction)

L'apprentissage par répétition que nous avons déjà abordé me semble constituer un moyen robuste d'extraire le signal du bruit dans le processus perceptif. Le bruit, variable, est oublié, et le signal, invariant, est appris (voir 2.2.3). L'apprentissage correspond à une mise à jour du modèle du monde généré par le cerveau. Un lien est établi dans ce modèle entre perception, mémoire et anticipation. L'anticipation n'est donc pas une perception dont l'objet serait un fait temporel ultérieur à l'acte d'anticipation, mais une extrapolation probabiliste de l'état du monde probable inféré à partir des souvenirs, aussi bien phylogénétiques qu'expérientiels. Selon ce modèle, une course biologique à l'anticipation a bel et bien lieu, dans un paradigme évolutionniste tel que stipulé par (S), mais sans contrevenir aux hypothèses (G) et (B). Les futurs possibles anticipés ne sont pas différents futurs perçus, mais différentes hypothèses cherchant à se rapprocher de l'unique futur réel. Bien évidemment, plus la projection est lointaine dans le futur, plus la probabilité de la survenue d'événements imprévus et imprévisibles est grande. Ainsi la fiabilité des inférences issue du modèle diminue rapidement avec leur portée. Il y a un « compromis entre l'échelle de temps et le niveau de détail »¹⁰⁸ (ibid., p. 27, ma traduction).

Il est envisageable que ce niveau de précision, rapidement décroissant, corresponde aux limites antérieures floues du présent spécieux évoquées par William James (op.cit., p. 613). Ce modèle permet également de rendre compte aux protentions husserliennes, dont le contenu est indéterminé, mais dont la présence signale que « quelque chose arrivera » (Husserl, 2019, p. 139). Comme le fait remarquer Barry Dainton, si nous n'avons pas une idée précise ce qui du contenu des perceptions ultérieures, « nous ne sommes pas surpris que notre expérience continue ; à chaque instant, nous nous attendons à ce que quelque chose arrive

¹⁰⁷ « the system has to *learn* both about different interactions in different contexts, and learn about varying levels of noise and uncertainty. Importantly, this learning about context and noise and uncertainty has to be based only on the sensory resources available » (Hohwy, 2013, p. 59)

¹⁰⁸ « a trade-off btween time scale and level of detail », ibid., p. 27

ensuite »¹⁰⁹ (Dainton, 2006, p. 153, ma traduction). Non seulement nous ne sommes pas surpris de la survenue de nouvelles perceptions, mais leur contenu est lui-même sujet à anticipation. Cette anticipation, dans le modèle de Hohwy, a un rôle économique : puisque nous entretenons un modèle relativement fidèle du monde, nos sens n'ont besoin de ne traiter que des *erreurs de prédiction* (Hohwy, op.cit., p. 42-46).

Ainsi, les implications de (S) ont aussi un rôle dans nos inférences à propos du futur mellorien, dont l'accès est limité par une contrainte liée à l'hypothèse (G). Ces considérations nous permettent de mieux saisir les raisons de la limitation de la fenêtre temporelle de nos perceptions immédiates : l'importance du processus de l'oubli pour en extraire l'information utile et l'anticipation inférentielle limitée par l'inconsistance des régularités du monde qui règle le modèle que notre esprit entretient de celui-ci et qui joue un rôle dans le caractère *actif* du processus perceptif. Une question reste néanmoins en suspens : quels sont les paramètres de cette fenêtre perceptive, tant en termes d'envergure que de pouvoir de discrimination ? Ces paramètres sont-ils fixes ou susceptibles de varier ? Dans le second cas, quels sont les déterminants de ces variations ?

109 « we are not surprised that our experience continues; at any moment we expect that *something* will come next » (Dainton, 2006, p. 153)

2.4. Les durées du présent

Au même titre que la perception spatiale, la chronoception apparaît être une propriété associée aux différentes modalités sensorielles. Il est ainsi judicieux de discuter du pouvoir de résolution temporelle de celles-ci, au même titre que nous avons parlé de leur résolution spatiale (voir l'introduction de ce chapitre). Le présent spacieux semble être l'émanation de fonctions exécutives intégratives, dévolues à la programmation d'actions en fonction d'information issues notamment de systèmes subordonnés traitant les informations sensorielles, en faisant notamment remonter les erreurs de prédiction. Il est comparable au champ perceptif (la plus large fourchette réunissant deux faits temporels au sein de la même perception). Les systèmes subordonnés, plus spécialisés dans le traitement d'informations issues d'une modalité sensorielle, déterminent les limites de nos capacités perceptives, c'est-à-dire *le présent expérimentiel*, durée minimale requise pour que deux stimuli soient perçus comme distincts.

Ainsi, le présent expérimentiel détermine au sein d'un présent spacieux donné notre capacité à distinguer différents instants : les perceptions *immédiates et distinctes* évoquées par James. De toute évidence, la question de l'entendu et de la résolution du champ perceptif temporel est une question empirique, pouvant faire l'objet d'une évaluation systématique. Barry Dainton récapitule les résultats de telles explorations :

Il y a trois résultats [empiriques] pertinents. Tout d'abord, lorsqu'on présente à des sujets deux stimuli en succession rapide (par exemple deux clics, deux flashes de lumières, deux tapes sur le poignet), si l'intervalle Δt entre deux stimuli externes est inférieur à un certain niveau, le *seuil de coïncidence*, les stimuli sont perçus comme coïncidents. Les seuils de coïncidence varient selon les modalités. Dans le cas de l'expérience auditive, il est de l'ordre de 2-3 ms (millisecondes), dans le cas de la vision 20 ms et dans le cas du touché 10 ms. Pour des intervalles légèrement plus grands que Δt , bien que les sujets détectent deux stimuli distincts, ils sont incapables de dire lequel survient avant l'autre. C'est uniquement quand Δt dépasse ce *seuil d'ordonnement* que les sujets perçoivent un stimulus comme occurring avant l'autre. De manière intéressante, le seuil d'ordonnement est identique pour toutes les modalités, approximativement 30 ms, c'est-à-dire à peu près dix fois la durée du seuil de coïncidence pour le son, mais seulement une fois et demie le seuil de coïncidence pour la vision. Enfin, un éventail d'expériences, sur la précision des rappels à court terme et l'estimation de temps, sur la perception de la parole et les temps de décisions, suggère que des périodes d'environ trois

secondes jouent un rôle privilégié dans notre expérience du temps.¹¹⁰ (Dainton, op.cit., p. 170, ma traduction)

2.4.1. Présents expérimentiels

La durée du présent expérimentiel varie selon les modalités sensorielles. On pourrait s'imaginer qu'un seuil de coïncidence similaire existe également dans d'autres processus mentaux. Il serait bien difficile d'en prendre la mesure¹¹¹. On peut également spéculer sur sa variation d'un être vivant à l'autre, en fonction de l'utilité biologique de disposer d'une résolution temporelle dans telle ou telle modalité sensorielle, en accord avec (S). Cette notion de résolution temporelle est sur ce plan, analogue à la résolution spatiale. La résolution temporelle de l'audition humaine est plus fine que sa résolution spatiale, mais la résolution spatiale auditive humaine est bien plus grossière que celle de la chauve-souris¹¹².

L'organisation hiérarchique des processus perceptifs (Hohwy, op.cit., p. 27) constitue une explication parcimonieuse des différences objectivables entre différentes durées de ce que nous aurions naturellement tendance à appeler le *présent*. Elle implique une distribution des tâches au sein de l'esprit, avec des systèmes de bas niveau traitant avec précision des informations spécialisées et des systèmes intégratifs de haut niveau recevant des informations des premiers, essentiellement sous la forme de réponse à des erreurs de prédiction. Cela est contradictoire avec l'idée d'une unité fonctionnelle de l'esprit, mais aucune de nos hypothèses initiales ne stipule la réalité d'une telle unité.

Il n'y a pas [dans le cerveau] de quartier général, de théâtre cartésien où « tout se rejoint » pour l'analyse d'un témoin central. Au lieu d'un tel flux unique (aussi large soit-il), il y a de

110 « There are three pertinent results. First, when subjects are presented with two stimuli in quick succession (e.g. two clicks, two flashes of light, two taps on the wrist), if the interval Δt between the external stimuli is below a certain level, the coincidence threshold, the stimuli are perceived to coincide. The coincidence threshold varies between the modalities. In the case of auditory experience, it is of the order of 2–3msec (milliseconds), in the case of vision 20msec and in the case of touch 10msec. For intervals only slightly greater than Δt , although subjects can detect two distinct stimuli, they are unable to tell which comes before the other. It is only when Δt exceeds this order threshold that subjects perceive one stimulus as occurring before the other. Interestingly, the order threshold is the same for all modalities, it is approximately 30msec, i.e. about ten times the length of the coincidence threshold for sound, but only one and a half times greater than the coincidence threshold for vision. Finally, a variety of experiments, on accuracy of short-term recall and time estimation, on speech perception and decision times, suggests periods of about three seconds play a privileged role in our experience of time. » (Dainton, op.cit., p. 170)

111 Ce serait difficile, mais pas conceptuellement impossible. On pourrait imaginer corrélérer une tâche mentale avec un enregistrement de l'activité cérébrale ayant une résolution temporelle très fine pour effectuer une telle mesure. L'inconvénient de l'IRMf (IRM fonctionnelle) est sa faible résolution temporelle, mais l'électro-encéphalogramme (EEG) est plus prometteur à ce niveau. J'ignore si de telles expériences ont déjà été menées ou même si des technologies actuellement existantes le permettraient en pratique.

112 Peut-être avons là une piste de réponse à la question de Thomas Nagel : « qu'est-ce que cela fait d'être une chauve-souris ? » (*what is it like to be a bat?*, Nagel, 1974, voir 1.1.2)

multiples canaux au sein desquels des circuits spécialisés essayent, en pandémoniums parallèles, de faire différentes choses¹¹³ (Dennett, 1993, p. 253, ma traduction).

Les agents du pandémonium évoqué par Dennett sont fonctionnellement comparables à ce que j'ai appelé système. Ils sont organisés hiérarchiquement de façon tel que chaque échelon hiérarchique constitue lui-même une unité fonctionnelle (un système), capable si nécessaire d'échanger des informations avec d'autres unités fonctionnelles (Minsky, 1988, p. 20). Notre théorie n'implique donc pas que les perceptions temporelles constituent un unique « flux de conscience » (*stream of consciousness*, Dainton, 2006). Aucune durée ne peut se prévaloir d'être *la* durée du présent mellorien : elle est la durée du présent d'*un* système à *un* niveau hiérarchique. Les systèmes de bas niveau ont une résolution plus fine que les systèmes intégratifs dont la fonction est d'assimiler une image d'ensemble à partir d'attendus a priori et des informations reçues des systèmes inférieurs, sous la forme de signaux d'erreurs de prédiction. Au plus bas niveau, elle dépendra directement des propriétés de la modalité sensorielle intéressée. À plus haut niveau, ces données sont abstraites pour être utilisées afin de modifier l'état interne de tel ou tel système ou pour programmer un comportement. Il n'est pas surprenant qu'une différence existe entre les seuils de coïncidence et d'ordonnement. Si on garde à l'esprit que les systèmes inférieurs ont pour rôle de signaler les erreurs de prédictions des systèmes supérieurs, encore faut-il que ces derniers produisent des prédictions pour l'ordonnement de stimuli, ce que n'implique pas nécessairement la prédiction d'une distinction de deux stimuli. Il me semble tout à fait vraisemblable que diverses pressions de sélection aient ajusté l'ensemble des paramètres ici évoqués, conformément à l'hypothèse (S).

2.4.2. Présent spacieux et unité d'action

La durée du présent spacieux admet vraisemblablement des ajustements contextuels. La question déterminante pour de tels ajustements est la suivante : quelles informations perceptuelles sont cohérentes entre elles de manière à former une unité pouvant guider l'action ou l'apprentissage ? La durée du présent spacieux est déterminée par la réponse biologique à cette question. Il est légitime de se demander comment l'esprit détermine, semble-t-il par avance, la durée de ce présent spacieux. La réponse se trouve, je pense, dans le

¹¹³ « there is no central Headquarters, no Cartesian Theater where « it all comes together » for the perusal of a Central Meaner. Instead of such a single stream (however wide), there are multiple channels in which specialist circuits try, in parallel pandemoniums, to do their various things » (Dennett, 1993, p. 253)

modèle de Hohwy : le cerveau anticipe, selon la nature des faits temporels perçus, la durée probable d'un présent spécieux optimal¹¹⁴.

Enfin, un aspect reste à élucider, auquel Husserl s'est confronté :

Il est inconcevable que la continuité des phases soit tel qu'elle contienne deux fois le même mode de phase, ou même qu'elle le contienne déployée sur toute une extension partielle. De même chaque instant (et chaque laps de temps) est distinct pour ainsi dire « individuellement » de chaque autre, et qu'aucun ne peut avoir lieu deux fois, de même aucun mode d'écoulement ne peut avoir lieu deux fois. (Husserl, op.cit., p. 42)

Si l'organisation de nos perceptions temporelles se fait en termes de présents spécieux, que se passe-t-il si une donnée perceptuelle est pertinente au sein de deux présents spécieux successifs ? Comme le remarque Husserl, nous n'avons pas pour autant, semble-t-il, de perceptions multiples d'un même fait temporel. Dans le contexte d'une succession de notes de musiques (voir le paradoxe de l'arpège 2.1.2), la dernière note d'un accord arpégé peut s'avérer être également la première d'un second accord. Deux considérations sembleraient envisageables. Soit la note n'est finalement associée qu'à l'un des accords, soit elle est perçue deux fois. Aucune de ces possibilités ne semble correspondre à l'expérience que nous faisons communément de la musique. Des problèmes similaires se posent évidemment pour un grand nombre de faits temporels perçus par diverses modalités sensorielles. Le cerveau agrège des faits temporels entre eux, formant le présent spécieux, ce qui permet notamment l'apprentissage par association et la réaction à une conjonction d'événements. Cependant, un fait temporel donné semble pouvoir appartenir à plusieurs de ces présents spécieux. Or, une fois encore, cela ne pose un problème que dans le paradigme d'un esprit unifié, dont j'ai précisé qu'aucune raison issue de nos hypothèses initiales ne nous permet de postuler l'existence. Un même fait temporel peut informer différents systèmes travaillant en parallèle et dont l'action peut requérir des données issues de faits temporels plus ou moins espacés dans le temps. Ces nuances constituent une explication parcimonieuse et compatible avec nos hypothèses de travail de l'apparente diversité de ce que nous appelons *présent*. L'« expérience » d'une unité du flux de la conscience, exposée par Barry Dainton (2006, p. 28)¹¹⁵ constitue une abstraction de haut niveau hiérarchique, ne reflétant pas la réalité du

114 Le présent spécieux doit être long quand l'événement attendu est étendu dans le temps. Le cerveau peut anticiper la durée de l'événement s'il a déjà rencontré des événements analogues. À défaut, on peut spéculer qu'il s'agit d'un acquis phylogénétique. Je ne prétends pas que ce fonctionnement est infallible, mais il constitue vraisemblablement une optimisation similaire à celle de toutes les caractéristiques phénotypiques que nous avons envisagées.

115 « l'unité dans la conscience est quelque chose dont nous faisons l'expérience, dont nous avons une appréhension (*an awareness of*), que nous remarquons » (« the unity within consciousness is something we experience, something we have an awareness of, something we can notice », Dainton, 2006, p. 28)

fonctionnement sous-jacent, auxquels les systèmes supérieurs sont d'ailleurs aveugles (Minsky, op.cit., p. 212)¹¹⁶.

Au sein de ces divers présents spécieux, nous parvenons à distinguer différentes parties entretenant des relations d'antériorité et de postériorité. Or, ces différentes parties ne constituent de toute évidence pas des instants augustinien (pour les raisons développées en 2.1.2). En outre, au sein d'un présent spécieux donné, toutes les parties ne semblent pas se valoir. L'expérience (au sens de Dainton) semble révéler que des faits temporels sont particulièrement saillants, ce qui pourrait laisser penser qu'ils représentent *le* présent réel au sein de l'unité d'action que constitue le présent spécieux. Je propose de considérer ces *présents expérimentiels* comme les briques du présent spécieux, objet de traitement par des systèmes de plus bas niveau. Les limites du présent spécieux sont quant à elles déterminées par l'ensemble d'informations qui est pertinent de rassembler en vue de la programmation d'une action. L'ouverture de la portière de la voiture (évoquée en 2.1.1) associée à un ensemble de perceptions auxiliaires (voir note 76) forme une perception présente au sens spécieux, car des perceptions variées et successives sont nécessaires à la programmation du comportement de freinage.

En conclusion, nos hypothèses de travail nous ont fourni tout le matériel nécessaire à élaborer une explication plausible du présent perçu et de ses caractéristiques. Nous n'avons cependant pas épuisé l'éventail des perceptions temporelles dont notre théorie naturaliste est supposée rendre compte. En effet, outre les perceptions présentes et la perception de relations d'antériorité et de simultanéité, nos perceptions ont d'autres objets au sein desquels le temps semble jouer un rôle. Il s'agit de la perception de succession (que j'ai pris soin, avec James, de distinguer des successions de perceptions), du mouvement et de changements apparemment mcTaggartiens. Je vais consacrer le prochain chapitre à l'étude de ces perceptions temporelles. L'aboutissement de notre travail descriptif des perceptions temporelles telles que rencontrées chez l'humain nous permettra d'envisager une histoire phylogénétique de telles perceptions. La complexité des processus impliqués suggère en effet qu'il s'agit du fruit d'un long périple évolutif.

¹¹⁶ « nos agents de plus haut niveau ne sont généralement pas informés de ce que font les agents de plus bas niveau. Ils supervisent et régulent, mais comprennent à peine, ce qui se passe parmi leurs subordonnés » (« our higher-level agencies are generally unaware of what our lower-level agents do; they supervise and regulate – but scarcely comprehend at all – what happens among their subordinates », Minsky, op.cit., p. 212)

Chapitre 3 concernant le passage du temps

J'ai jusqu'à présent laissé en suspens l'*aspect dynamique* de nos perceptions temporelles. Ce que j'entends par aspect dynamique concerne d'une part la perception que nous avons du mouvement d'un objet, non pas seulement comme une succession de positions à différents instants, mais comme un authentique changement mcTaggartien dont nous semblons être témoins. Il s'agit d'autre part de la perception plus diffuse d'un *passage du temps*. Il est intéressant de noter que compte tenu de la *durée de présent*, envisagé comme spacieux ou expérientiel, il est légitime de considérer que toutes nos perceptions temporelles contiennent une dimension dynamique. Cela peut être à la fois vrai pour la perception du changement, mais également pour celle de la persistance.

Chaque fois que nous observons un mouvement, notre expérience visuelle a un caractère temporel ; le contenu d'une telle expérience est tout autant temporel que spatial. Penser, en tant qu'activité, implique la succession continue de pensées et d'images mentales, indépendamment du caractère continu ou fragmenté de son contenu. De plus, *la succession des pensées et des perceptions est elle-même quelque chose dont nous faisons l'expérience ; la succession n'est pas qu'une succession d'expériences, c'est une succession dans l'expérience. J'ai précisé que nous avons également une expérience directe de la persistance.* Pensons à ce que cela fait d'entendre un son constant. Bien que le son ne varie pas en tonalité, timbre ou volume, nous faisons l'expérience directe du son qui persiste. C'est comme si, à chaque instant, il y avait un renouvellement continu du même contenu auditif, un renouvellement dont nous faisons directement l'expérience. Ou pensons à une sensation de douleur invariable, mais durable ; aussi longtemps que la douleur est ressentie, elle est ressentie comme une présence continue. Cette expérience d'écoulement ou de passage est commune à toutes les sensations ; en effet, une sensation dépourvue de cette caractéristique semble inconcevable – peut-être est-ce pour cela qu'une expérience sensorielle dépourvue de durée, n'existant que par elle-même, semble impossible à concevoir. Je me suis focalisé sur des types particuliers d'expérience, mais ce qui vaut pour des types d'expérience particuliers vaut également pour le flux de conscience comme un tout : chacune de ses parties montre les mêmes caractéristiques dynamiques ; la totalité du flux, à chaque instant, subit le passage ; il

s'écoule comme un tout, et cela aussi longtemps qu'il dure.¹¹⁷ (Dainton, 2006, p. 114, ma traduction et je souligne)

Comment parvenir à expliquer cette caractéristique dynamique de nos perceptions en respectant le cadre de nos hypothèses initiales ? Je tiens tout d'abord à rappeler que le caractère unifié du flux de conscience (*stream of consciousness*)¹¹⁸ n'est pas présumé par l'hypothèse (N) (voir 1.1.4). Étant donné que c'est bien d'une unité de la *conscience* dont il parle et non de l'esprit, et que nous avons laissé de côté les questions délicates relatives à l'expérience consciente, il me paraît raisonnable de rester agnostiques sur cette hypothétique unité de la conscience. Je propose par ailleurs de considérer ce que Dainton appelle « la composante phénoménale intrinsèque de mon expérience » comme l'objet de nos perceptions temporelles indépendamment de la notion de phénoménalité. En effet, la question déborde du cadre de la phénoménologie et concerne la perception en général. Il n'est pas nécessaire de supposer un caractère phénoménal des couleurs ou des formes pour aborder leur perception et les comportements qui y sont associés (c'est-à-dire le phénotype visuel). Il en va de même pour le mouvement. Le point que je souhaite plus spécifiquement aborder est donc celui que j'ai souligné dans le texte, et que je reformulerai ainsi : la perception du changement n'est pas qu'un changement dans la perception, le changement est lui-même objet de perception. Cette constatation rentre-t-elle en conflit avec nos quatre hypothèses ? Je voudrais m'arrêter quelques instants sur la réponse que Hugh Mellor tente d'apporter :

Si nous voulons que nos croyances A (*A-beliefs*) restent vraies, nous devons continuellement les changer, et certaines plus que d'autres. [...] À quelle fréquence mes croyances présentes (*now-beliefs*) temporelles doivent changer dépende de leur degré de précision. [...] Nous avons tant de croyances A que nous devons toujours changer certaines d'entre elles,

117 « Consider some basic data. If I hold my hand in front of me and rotate it at the wrist, I see this rotation as clearly as I see my fingers: my hand's movement is as much a part of the intrinsic phenomenal content of my experience as its colour, shape or size. Whenever we see movement, our visual experience has a temporal character; the content of such an experience is as much temporal as it is spatial. It is not just in perception that we directly experience change. Thinking, as an activity, involves a continuous succession of occurrent thoughts and mental images, irrespective of whether the content or subject matter of these is continuous or fragmented. Moreover, the succession of thoughts and perceptions is itself something we experience; the succession is not just a succession of experiences, it is a succession within experience. I said that we also directly experience persistence, a fact which may be slightly less obvious, until it is pointed out. Think of what it is like to hear an unvarying auditory tone. Even though the tone does not vary in pitch, timbre or volume, we directly experience the tone *continuing on*. It is as though, from moment to moment, there is a continual renewal of the same auditory content, a renewal which is directly experienced. Or think of an unvarying yet enduring pain sensation; for as long as the pain is felt, it is felt as a continuous presence; this presence is not static but dynamic, it is an enduring presence. This experienced flow or passage is common to all sensations; indeed, a sensation lacking this characteristic seems inconceivable—perhaps this is why a strictly durationless sensory experience, existing all by itself, seems impossible to conceive. I have been concentrating on particular types of experience, but what holds of particular types of experience also holds of the stream of consciousness as a whole: every part of it exhibits the same dynamic characteristics; the stream as a whole, from moment to moment, undergoes passage; it flows as a whole, and it does so for as long as it lasts. » (Dainton, 2006, p. 114)

118 Terme employé par Dainton que j'identifie ici à la succession des états internes de l'esprit.

notamment nos croyances présentes. Ces changements incarnent la vérité psychologique de la fausseté métaphysique que le temps s'écoule.¹¹⁹ (Mellor, 1998, p. 66, ma traduction)

La notion de précision des croyances temporelles concorde avec les différentes durées des présents spécieux et expérientiels. De plus, cette idée de précision dépasse les croyances temporelles immédiatement liées aux perceptions présentes telles que je les ai décrites dans le chapitre précédent. La croyance qu'une épidémie a actuellement lieu (pour reprendre l'exemple évoqué en 1.2.2) peut rester vraie et ne pas nécessiter de révision pendant plusieurs semaines. Elle n'est pas pour autant l'objet d'une perception temporelle immédiate. Comme le souligne Arne Ranta, « une proposition temporelle employée dans la vie de tous les jours a souvent un niveau de précision défini, au-delà duquel il n'est pas significatif d'aller » (Ranta, 1994, p. 104, ma traduction)¹²⁰.

La proposition de Mellor me semble insuffisante dans la mesure où elle serait également compatible avec des perceptions temporelles prenant la forme d'une succession de perceptions instantanées dépourvues de l'apparente fluidité qui accompagne leur enchaînement. Elle ne résout donc pas le paradoxe de l'arpège, qui stipule qu'un accord arpégé n'est pas perçu comme la simple succession des notes qui le composent (voir 2.1.2).

La perception immédiate du changement mcTaggartien semble entrer directement en contradiction avec l'hypothèse (B). Je vais consacrer la première partie de ce chapitre à réfuter cette incompatibilité. Toutefois, montrer que la perception de mouvements est compatible avec nos hypothèses ne suffit pas à expliquer l'existence de telles perceptions. Je vais donc poursuivre avec une explication positive de leur existence. Nous allons distinguer la question des perceptions de changement de celle d'un passage du temps. Je vais tâcher d'apporter à ces deux éléments du phénotype temporel une explication compatible avec l'hypothèse (S).

119 « if we are to keep our A-beliefs true, we must keep changing them, and some more often than others. [...] How often my now-beliefs about the time need changing depends on how precise they are. [...] We have so many A-beliefs that we must always be changing some of them, especially our now-beliefs. These changes embody the psychological truth in the metaphysical falsehood that time flows. » (Mellor, 1998, p. 66)

120 Je poursuis la citation : « Dans une discussion portant sur des événements historiques basée sur une chronique qui n'indique que l'année, il n'y a aucune justification à une plus grande précision que les années. [...] L'année 1509 est *la réponse exacte* à la question *Quand Henry VIII a-t-il été couronné ?* dans cette situation. Dans une discussion à propos des naissances et des décès, sur la base des travaux de référence ordinaire, l'échelle appropriée et l'ensemble des jours [...]. Dans une discussion sur les départs et arrivées des trains, sur la base d'un tableau d'affichage, l'échelle appropriée et l'ensemble des minutes. Dire, *le train 55 arrive à Oslo à 14 h 37 et 12 secondes*, dans une telle discussion est une absurdité. » (« A time-dependent proposition employed in everyday life often has a fixed level of accuracy, beyond which it is not meaningful to go. In a discussion of historical events on the basis of a chronicle that only indicates years, there is no basis for a greater accuracy than years. [...] The year 1509 is the *exactly right answer* to the question *When was Henry VIII enthroned?* In this situation. In a discussion about births and deaths on the basis of works of reference of the ordinary kind, the appropriate scale is the set of days [...]. In a discussion about departures and arrivals of trains on the basis of timetable, the appropriate scale is the set of minutes. To say, *train 55 arrives in Oslo at 14.37.12* in such a discussion is nonsense. », Ranta, 1994, p. 104, je n'ai pas reproduit les alinéas)

3.1. Apparent passage

Les perceptions mises en avant par Barry Dainton sont indéniables. Le mouvement des objets est une donnée aussi essentielle à notre vision que leur couleur. Le rythme est une partie intégrante de l'écoute musicale au même titre que le timbre des instruments et la tonalité des notes. De manière plus générale, nous avons montré dans le chapitre 2 que toute perception présente avait une certaine étendue temporelle : à défaut de changement toute perception contient à minima de la persistance.

L'existence de cet aspect de nos perceptions semble incompatible avec (B), qui stipule qu'il n'y a rien de tel qu'un passage du temps. J'appellerai *argument par l'expérience* (terme que j'emprunte à Robin Le Poidevin, 2009, p. 76) une inférence du type : *je perçois des changements mctaggartiens donc il y a un passage (objectif) du temps*¹²¹. Le passage est donné dans la perception et il semble, selon cet argument, qu'aucune réduction du passage à du non-passage (ou à une illusion de passage) ne soit possible. Autrement dit, « illusoire ou pas, il y a néanmoins un passage qui requiert une explication » (Schuster, 1986, ma traduction)¹²². Un tel argument est-il décisif ? Remet-il en question l'hypothèse (B) ?

121 L'argument est présenté ici sous une forme forte (déductive). Une version atténuée (abductive) consisterait à affirmer que le passage objectif du temps constitue la meilleure explication à notre perception de changements mctaggartien. Je pense que le développement qui va suivre peut constituer une objection aux deux formes de l'argument par l'expérience.

122 « illusion or not, there is nonetheless in passage which still requires explanation ». Je complète l'argument avec un autre passage de l'article de M. M. Schuster : « Mais où dans tout cela [dans la théorie B] y a-t-il la moindre suggestion de mouvement ? Si le flux du temps est, selon la métaphore expressive, mais troublante d'Hermann Weyl, la conscience « qui rampe le long de la ligne de vie de mon corps », il doit au moins y avoir quelque chose qu'on pourrait concevoir comme un rampement. Milič Čapek, qui peut être considéré comme l'un des plus fervents défenseurs du temps dynamique, a précisément avancé cet argument. « Tout système statique », a-t-il souligné, « de Parménide à McTaggart en passant par Bradley, est condamné par le même problème. Si la réalité est atemporelle (*timeless*), d'où provient l'illusion de la succession ? ». Čapek ajoute un peu plus loin : le fait que Weyl admette que « tout du moins notre 'conscience aveuglée' rampe elle-même le long de la ligne du monde vers la zone de l'univers qualifiée de 'future' reconnaît au moins le mouvement de notre conscience vers le futur. » (« But where in all of this is there even the least intimation of movement? If the flow of time is, in that picturesque but troublesome metaphor of Hermann Weyl, consciousness "crawling upward along the life-line of my body" there must at least be something which one might conceivably interpret as crawling. Milič Čapek, who may be ranked among the more resolute defenders of transient time, has made exactly this point. "All static systems," he argues, "from Parmenides to Bradley to McTaggart are plagued by the same problem: If true reality is timeless, where does the illusion of succession come from?" Čapek adds shortly thereafter: Weyl's admission "that at least our 'blindfolded consciousness' creeps along the world line of its own body into the area of the universe called 'future' . . . recognizes at least the movement of our consciousness to the future." », Schuster, 1986).

3.1.1. Des secondes par seconde

Un argument avancé contre un passage du temps (au sens de la théorie A) est l'apparente contradiction inhérente à la notion d'une *vélocité du temps*. Je vais proposer un commentaire de l'analyse que propose Ned Markosian de cet argument. Il propose d'en distinguer deux formes, tel qu'on peut les retrouver chez J. J. C. Smart. Il avance tout d'abord que « si le temps est une rivière s'écoulant [...] nous postulons une seconde échelle de temps relativement à laquelle le flux des événements le long de la première dimension temporelle est mesuré »¹²³ (Smart, 1949, ma traduction). Smart poursuit en montrant que cette seconde dimension étant elle-même de nature temporelle, devrait de même s'écouler et sa mesure impliquerait dès lors une troisième dimension temporelle, et ainsi de suite. Je rejoins tout à fait Markosian qui désamorce l'argument en refusant la prémisse selon laquelle le passage du temps implique l'existence d'une seconde dimension temporelle (Markosian, 1993). Il me semble plus important de nous intéresser à la seconde proposition de Smart¹²⁴. Je vais en adopter la formalisation proposée par Markosian :

Le deuxième argument du taux de passage

- (1) S'il fait sens de dire que le temps passe, alors la question 'à quelle vitesse le temps passe-t-il ?' fait également sens.
- (2) Si la question 'à quelle vitesse le temps passe-t-il ?' fait sens, alors il est possible d'en fournir une réponse cohérente.
- (3) Il n'est pas possible de donner une réponse cohérente à cette question
- (4) [Conclusion.] Il ne fait pas sens de dire que le temps passe.¹²⁵ (ibid., ma traduction)

Markosian remarque que toute question relative à une vitesse a pour réponse une comparaison entre deux mouvements. Par exemple la vitesse d'un coureur est comparée au mouvement de l'aiguille d'un chronomètre. Selon lui, le mouvement de l'aiguille n'est en fait

¹²³ « If time is a flowing river [...] we are postulating a second time-scale with respect to which the flow of events along the first time-dimension is measured (Smart, 1949)

¹²⁴ « 'À quelle vitesse j'avance dans le temps ?' ou 'À quelle vitesse le temps s'est-il écoulé hier ?'. Nous ne savons pas comment nous serions supposés répondre à ces questions. Quelle sorte de mesure devrions-nous faire ? Nous ne savons même pas en quel type d'unité notre réponse devrait être exprimée. 'J'avance dans le temps à combien de seconde par – ?' pourrions-nous commencer. Et nous serions coincés. Qu'est-ce qui pourrait remplir le blanc ? Pas 'secondes' évidemment. » (« 'How fast am I advancing through time?' or 'How fast did time flow yesterday?' We do not know how we ought to set about answering it. What sort of measurements ought we to make? We do not even know the sort of units in which our answer should be expressed. 'I am advancing through time at how many seconds per – ?' we might begin, and then we should have to stop. What could possibly fill the blank? Not 'seconds' surely. » Smart, ibid.)

¹²⁵ « The Second Rate of Passage Argument ; (1) If it makes sense to say that time passes, the nit makes sense to ask 'How fast does time pass?' ; (2) If it makes sense to ask 'How fast does time pass?', then it's possible for there to be a coherent answer to this question ; (3) It's not possible for there to be a coherent answer to this question ; [Concluision] It doesn't make sense to say that time passes. » (Markosian, 1993)

que le témoignage indirect du « pur passage du temps » (*pure passage of time*, *ibid.*) qui est le vrai changement étalon qui nous permet de définir une vitesse. L'existence de mesure de vitesse implique donc l'existence sous-jacente d'un passage du temps. Il me semble que c'est sur ce point que l'analyse de Markosian trouve sa limite. Tout d'abord, en admettant qu'un authentique passage existe, il ne semble pas faire l'objet de perception. Nos perceptions de passage sont, en admettant qu'elles portent sur le pur passage de Markosian, imprécises et variables (nous y reviendrons) : elles ne peuvent fournir un témoignage fiable de ce putatif pur passage. C'est bien la raison pour laquelle nous employons un chronomètre lorsqu'une mesure précise est requise. Or ce que mesure le chronomètre n'est pas un pur passage du temps, mais bien un changement non-mctaggartien. Le déplacement de l'aiguille d'un chronomètre transforme de l'énergie libre en chaleur et c'est ainsi que la position de l'aiguille réfère à une localisation le long du gradient entropique de l'hypothèse (G).

Qu'en serait-il de la vitesse du pur passage lui-même ? Dans l'hypothèse où nous y aurions un accès épistémique, à quoi ressemblerait le résultat de sa mesure ? Markosian propose qu'il soit mesurable en fonction de lui-même. Cette idée me semble acceptable : s'il y a vraiment quelque chose de tel qu'un passage du temps, alors il peut constituer son propre étalon. Je nie bien évidemment l'antécédent, mais l'implication fait sens. C'est ainsi qu'une réponse peut être proposée : la vitesse du temps est d'une unité de temps par unité de temps (Maudlin, 2009, p. 112 ; Skow, 2011)¹²⁶. On peut admettre qu'il s'agisse d'une vitesse si on définit la vitesse comme un changement par unité de temps. Le passage du temps constituant, dans ce contexte, le changement envisagé, et celui-ci étant mesuré en unité de temps, parler de sa vitesse en secondes par seconde peut sembler cohérent. On pourrait opposer que les unités s'annulent, mais cela ne me semble pas être objection convaincante. Il est par exemple possible de préciser la posologie d'un médicament en milligrammes par kilogramme¹²⁷ : le fait que mathématiquement les unités s'annulent n'empêche pas cette formulation de la posologie d'être informative. La difficulté de la réponse en « seconde par seconde » vient davantage du fait qu'elle parait trivialisier la question. Ces auteurs partent légitimement du présupposé d'un passage du temps (selon moi par argument par

¹²⁶ « Ainsi, le temps passe en effet au taux d'une heure par heure, ou d'une seconde par seconde, ou de 3.600 secondes par heure... » (« So time does indeed pass at the rate of one hour per hour, or one second per second, or 3.600 seconds per hour... », Maudlin, 2009, p. 112)

« Étant donné que la localisation du maintenant par rapport au temps t une seconde dans le future est t lui-même, le maintenant se déplace à une seconde par seconde. » (« Since the NOW's location relative to the time t one second in the future is t itself, the NOW moves at one second per second », Skow, 2011)

¹²⁷ La posologie du paracétamol chez l'enfant est par exemple de $15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ toutes les 6 heures. On pourrait rétorquer qu'il s'agit implicitement d'unités différentes : une masse de paracétamol et une masse de corps humain. On pourrait également considérer que cela signifie exprimer une quantité de paracétamol en pourcentage de masse de corps humain. Ces objections ne me paraissent pas rendre l'expression d'une posologie en unité de même nature dépourvue de sens. Tim Maudlin donne d'autres exemples de ratio d'unités similaire qui garde tout leur sens, par exemple la conversion monétaire (*op.cit.*, p. 113).

l'expérience¹²⁸). Ils désamorcent la critique de l'incohérence d'un tel passage. Mais leur solution n'est rien d'autre qu'une nécessité analytique : le début et la fin d'un événement qui dure une seconde sont séparés d'une seconde, comment en pourrait-il aller autrement ? Or un aspect remarquable de notre expérience du passage est sa variabilité. Quand J. C. C. Smart se demande à quelle vitesse s'est écoulée la journée d'hier, ce n'est pas une réponse du type « à soixante minutes par heure en moyenne » à laquelle il s'attend. D'ailleurs, quand on pose une telle question, c'est bien l'expérience de l'interlocuteur qu'on interroge. On présume par exemple que du fait d'une activité rébarbative la journée a dû lui paraître longue. Une réponse satisfaisante prendrait une tournure du type « et bien, figure toi que je ne l'ai pas vu passer ». La question porte sur un *jugement de passage* (nous reviendrons sur cette notion). Pour que la question soit pertinente, il faut que la réponse soit contingente. D'une part, il est évident que comme les jugements de passage peuvent différer drastiquement d'une personne à l'autre, selon des paramètres sur lesquels nous reviendrons. D'autre part, l'idée que la vitesse du temps aurait pu être objectivement différente produit les conséquences absurdes auxquelles nous allons maintenant nous intéresser.

3.1.2. Les démons de Bergson

Selon Henri Bergson, la perception qualitative (voir 2.1.2) que nous avons de la durée est telle que si un malin génie altérait l'écoulement du temps nous en aurions nécessairement conscience. Il semble facile d'imaginer l'action d'un tel démon : accélération du passage du temps dans un paradigme A (voir 1.2.1) ou condensation des événements dans la quatrième dimension supposée par l'hypothèse (B) et constituée du gradient entropique proposé dans (G). Nous allons donc suivre l'expérience de pensée de Bergson et nous interroger sur l'impact qu'aurait un tel scénario pour un observateur vivant.

Supposons un instant qu'un malin génie, plus puissant encore que le malin génie de Descartes, ordonnât à tous les mouvements de l'univers d'aller deux fois plus vite. Rien ne serait changé aux phénomènes astronomiques, ou tout au moins aux équations qui nous permettent de les prévoir, car dans ces équations le symbole t ne désigne pas une durée, mais un rapport entre deux durées, un certain nombre d'unités de temps, ou enfin, en dernière analyse, un certain nombre de simultanés ; ces simultanés, ces coïncidences se produiraient encore en nombre égal ; seuls les intervalles qui les séparent auraient diminué ; mais ces intervalles n'entrent pour rien dans les calculs. *Or ces intervalles sont précisément la durée vécue, celle*

¹²⁸ Je n'ai pas trouvé d'autres raisons qui conduiraient à ce présupposé. S'il en existe, ce qui suit devra être reconsidéré.

que la conscience perçoit : aussi la conscience nous avertirait-elle bien vite d'une diminution de la journée, si, entre le lever et le coucher, nous avions moins duré. Elle ne mesurerait pas cette diminution, sans doute, et même elle ne l'apercevrait peut-être pas tout de suite sous l'aspect d'un changement de quantité ; mais elle constaterait, sous une forme ou sous une autre, une baisse dans l'enrichissement ordinaire de l'être, une modification dans le progrès qu'il a coutume de réaliser entre le lever du soleil et son coucher. (Bergson, 2013, p. 193-194, je souligne)

Je tiens d'emblée à défendre l'hypothèse (N) et le minimaliste fonctionnaliste face à l'idée qu'il y aurait des perceptions « de la conscience » (quoi qu'on mette derrière ce terme) irréductiblement qualitatives, ne pouvant ni être objet de mesure ni être corrélé à un phénomène pouvant faire objet de mesure. On peut rétorquer que la douleur est un exemple d'expérience privée et qu'aucun outil de mesure ne permet de l'évaluer. Je répondrai : « sur une échelle allant de zéro à dix, à quel point avez-vous mal ? »¹²⁹. Voilà une mesure de l'intensité de la douleur, via l'un de ses corrélats : le rapport verbal. Les potentiels évoqués auditifs¹³⁰ permettent le dépistage de la surdité chez le nouveau-né, bien avant l'âge normal d'acquisition de la parole. De manière plus générale, nos récepteurs sensoriels¹³¹ *sont des appareils de mesure*¹³². Les perceptions temporelles, dépourvues d'un organe dédié (voir 2.4) feraient-elles exception ?

L'hypothèse (N) implique que les perceptions temporelles sont fondamentalement liées à des changements de nature matérielle dans le cerveau. Selon (G), ces changements s'inscrivent dans le gradient entropique ; et en effet tout changement dans le cerveau implique transformation d'énergie libre en chaleur. Laissons intervenir le démon de Bergson. Tous les mouvements (autrement dit les changements) arrivent deux fois plus vite. De quelle façon pourrions-nous le remarquer ? Selon (G) et (N), l'action du démon concerne également nos processus cérébraux, donc les processus mentaux qui surviennent sur ces derniers, voir les hypothétiques changements qualitatifs qui seraient corrélés. Comment pourrions-nous nous apercevoir du tour du malin génie ? Allons plus loin. Imaginons un autre démon bergsonien qui ordonnerait à tous les changements de s'opérer non pas deux fois plus vite, mais *de plus en plus vite*, de façon exponentielle ce qui suppose qu'une vélocité temporelle tendant vers l'infini. Là encore, aucun moyen de nous en rendre compte. La structure de relation entre faits temporels décrite par (B) et sous-tendu par (G) n'est en rien altérée. Faisons alors l'hypothèse

129 Je complète : « la note de zéro correspond à l'absence de douleur, celle de dix à la pire douleur que vous puissiez imaginer ». Il existe d'autres corrélats objectifs de la douleur : expression facile, fréquence cardiaque, activation de certaines aires cérébrales, etc.

130 Mesure à l'aide d'électrodes de l'influx nerveux des voies auditives (de l'oreille interne au lobe temporal).

131 Les cônes et bâtonnets de la rétine, les cellules ciliées de l'oreille interne, les chimiorécepteurs, mécanorécepteurs, thermorécepteurs, barorécepteurs, propriocepteurs, nocicepteurs, tonorécepteurs...

132 Il n'y a pas lieu ici de discuter de l'association de qualia aux perceptions (voir 1.1.2). Si de telles choses existent, elles sont aux moins strictement corrélées aux fonctions de mesure nos organes sensoriels.

d'un démon qui, quant à lui, inverserait la vitesse des changements : la relation d'antériorité devient relation de postériorité. Certes les vases brisés se reconstituent et le cachet d'aspirine dissout se recompose. Mais nos souvenirs disparaissent, tandis que nous marchons à l'envers (comme le proposait Wittgenstein, voir 1.3.2). Là encore, où se situerait la différence dans l'expérience ? À chaque moment, il y a corrélation entre la configuration de notre organisme et l'état du monde, le long du gradient entropique. Allons jusqu'à l'expérience de pensée d'un dernier démon. Celui-ci n'accélère pas la vitesse du temps. Il ne l'inverse pas non plus . Il mélange de façon purement aléatoire l'ordre des moments (je fais la supposition que (B) comporte un nombre fini de faits temporels). Mais, une fois encore, à chaque instant, les êtres vivants ne sont pas exclus de la manipulation. Chaque perception reste corrélée à l'état du monde au moment où elle se produit, rien de *remarquable* ne se produit.

L'action de ces démons suppose l'existence d'un méta-temps dans lequel ils peuvent modifier l'organisation du temps tel que nous en faisons l'expérience, ce qui s'apparente à la seconde échelle de Smart. Conformément à l'hypothèse (N), ne prenons pas position quant à l'existence d'une telle dimension qui serait le terrain de jeu des démons de Bergson. Qu'importe l'action hypothétique de ce pandémonium, ce qui compte de notre point de vue est la corrélation entre la configuration de nos états mentaux et celle de l'univers, conforme à (G). C'est cette corrélation, et rien d'autre, qui constitue la perspective temporelle inhérente à l'hypothèse (B).

Pour cette raison, je refuse la conclusion de Bergson. La conscience ne nous avertirait de rien du tout. Et quelle pourrait bien être cette « baisse de l'enrichissement ordinaire de l'être » dont il est fait mention ? Notion qui me paraît d'autant plus douteuse qu'elle contrevient au principe que s'impose Bergson de *ne pas quantifier* l'expérience. Postuler un méta-temps au sein duquel les démons de Bergson pourraient réaliser leurs forfaits laisse la porte ouverte à la possibilité qu'un tel scénario soit le cas. On peut accepter cette hypothèse, mais elle ne serait pas *intéressante* au sens de (N) : nous n'aurions aucun moyen de l'étudier et elle n'aurait assurément *aucune* implication sur ce qui me semble être le véritable enrichissement ordinaire de notre être : la construction de souvenirs.

Ce qui est réellement intéressant pour notre étude est précisément un point qui n'est pas abordé par les auteurs défendant le passage objectif du temps. C'est le fait que la notion de *vélocité temporelle* reflète une dimension objectivable de nos perceptions temporelles qui n'est absolument pas liée à un authentique écoulement du temps. Lorsque nous nous ennuyons, le temps peut paraître douloureusement long. Divers états physiologiques modifient notre rapport au passage *apparent* du temps. Ces données ne sont pas triviales :

elles sont partie prenante de nos perceptions temporelles et méritent d'être traitées avec tout le sérieux que nous avons accordé aux autres caractéristiques des perceptions temporelles. Les prendre en compte ne revient en rien à accepter l'argument par l'expérience. Prenons-les comme elles sont : des *jugements de passage*, des aspects de notre phénotype temporel que l'on peut explorer empiriquement, notamment sur la base de rapports verbaux. Ces jugements de passage méritent d'autant plus notre attention qu'ils peuvent être source de détresse et s'intégrer dans un processus psychopathologique.

3.2. Vingt-quatre images par seconde

Le cinéma porte mal son nom : aucune des images présentes sur la pellicule d'un film n'est elle-même en mouvement¹³³. Le septième art est basé sur une illusion : celle de mouvement produite par une succession rapide d'images, traditionnellement vingt-quatre images par seconde, bien que l'effet puisse se produire à une fréquence plus faible. De ceci, nous pouvons d'ores et déjà conclure que l'impression de mouvement peut apparaître à partir d'objets inanimés. Pour formuler cela dans les termes de nos hypothèses : l'impression de mouvement peut exister lorsque nous avons affaire à une succession, définie par (B), suffisamment proche sur le gradient temporel, défini par (G), de faits temporels. Le mouvement est bien une donnée des perceptions visuelles, mais cela n'implique pas que nous soyons témoins d'un authentique changement mctaggartien. Succession et proximité, autrement dit une forte densité de changements non-mctaggartiens, sont les ingrédients du mouvement apparent. Toutefois, cette possibilité d'une impression de mouvement sans changement mctaggartien ne répond pas à la question à laquelle une théorie des perceptions temporelles est censée répondre. Pourquoi sommes-nous sujets à cette illusion de mouvement plutôt que pas ? Pour y répondre, je vais une fois encore me tourner vers un cas de dysfonctionnement de cette aptitude. Les conséquences d'un tel trouble seront éclairantes sur la fonction de cette impression de mouvement en termes conformes à l'hypothèse (S).

3.2.1. Akinétopsie et illusions de mouvement

Zihl et al. nous rapportent le cas d'une patiente de quarante-trois ans, présentant une *akinétopsie* à la suite d'un accident vasculaire cérébral (AVC) ayant affecté une région du cortex occipital extrastré (l'analogue chez *homo sapiens* de l'aire V5 décrite chez le macaque).

Le trouble visuel dont se plaignait la patiente était une perte de la vision du mouvement dans les trois dimensions. Elle avait des difficultés à verser du thé dans une tasse, car le liquide lui donnait l'impression d'être figé, comme un glacier. De plus, elle ne pouvait pas arrêter de verser à temps, car elle était incapable de percevoir le moment où le liquide atteint le bord de la tasse. La malade se plaignait d'une difficulté à suivre un dialogue, car elle ne pouvait pas

¹³³ Cinéma signifiant mouvement. Je vais dans cette partie me focaliser sur les perceptions temporelles visuelles. Je partirai du principe que des phénomènes similaires existent pour les autres modalités sensorielles, sans étayer cette hypothèse pour chacune d'entre elles.

voir les mouvements du visage de son interlocuteur, et en particulier celui de ses lèvres. Dans une pièce où marchaient plus de deux personnes, elle se sentait mal à l'aise et en insécurité, quittant généralement la pièce immédiatement, car « les personnes étaient soudainement ici et là, mais je ne l'es ai pas vu se déplacer ». Elle rencontrait le même problème d'une façon encore plus prononcée dans les rues ou places bondées, qu'elle évitait autant que possible. Elle ne pouvait pas traverser la rue du fait de son incapacité à estimer la vitesse d'une voiture. Elle pouvait toutefois identifier la voiture elle-même sans difficulté. « Quand je regarde la voiture, elle me semble très loin. Et puis, quand je veux traverser, la voiture est soudain toute proche. »¹³⁴ (Zihl et al., 1983, ma traduction)

Un tel tableau est effectivement très rare, mais d'autres cas analogues sont décrits dans la littérature¹³⁵. Ces différents cas illustrent bien qu'une *cécité au mouvement* (*visual motion blindness*) peut exister indépendamment de toute autre altération des fonctions visuelles, telles que la reconnaissance des formes ou des couleurs. Cela suggère l'existence d'un système spécialisé de traitement de l'information liée au mouvement. Or, effectivement, le point commun de tous ces cas est qu'ils semblent liés à une lésion de la même région cérébrale : l'analogue de l'aire V5.

Toutes les cellules dans cette région sont spécifiquement activées par le mouvement (*motion selective*), et l'immense majorité d'entre elles est spécialisée dans une direction (*directionally selective*). La plupart ne sont pas activées par l'orientation (*orientation selective*) et aucune d'entre elles n'est activée par la longueur d'onde (*wavelength selective*). Cette région est à tel point spécifique de l'activation par le mouvement, qu'on y fit initialement référence comme région du mouvement [...]. Il s'agissait de la première zone du cortex visuel (*visual area*) apportant une preuve solide suggérant que le cortex visuel des primates est fonctionnellement

134 « The visual disorder complained by the patient was a loss of movement vision in all three dimensions. She had difficulty, for example, in pouring tea or coffee into a cup because the fluid appeared to be frozen, like a glacier. In addition, she could not stop pouring at the right time since she was unable to perceive the movement in the cup (or a pot) when the fluid rose. Furthermore the patient complained of difficulties in following a dialogue because she could not see the movements of the face and, especially, the mouth of the speaker. In a room where more than two other people were walking she felt very insecure and unwell, and usually left the room immediately, because 'people were suddenly here or there but I have not seen them moving'. The patient experienced the same problem but to an even more marked extent in crowded streets or places, which she therefore avoided as much as possible. She could not cross the street because of her inability to judge the speed of a car, but she could identify the car itself without difficulty. 'When I'm looking at the car first, it seems far away. But then, when I want to cross the road, suddenly the car is very near.' » (Zihl et al., 2002)

135 Semir Zeki (1991) passe en revue de rares cas cliniques publiés au cours du vingtième siècle : notamment par Potzl and Redlich en 1911 (lésion bilatérale des lobes occipitaux), Riddoch en 1917 (blessures par balle de plusieurs soldats) ou le cas décrit par Zihl et al.

spécialisé, avec différentes zones traitant différentes caractéristiques de la scène visuelle.¹³⁶
(Zeki, 1991, ma traduction)

Sur un plan neurobiologique, le mouvement d'un objet semble être encodé spécifiquement, au même titre que sa forme ou sa couleur. On peut raisonnablement considérer que cet encodage prend la forme de potentiels d'action qui sont le médium universel du transport de l'information dans les fibres nerveuses. La perception d'une couleur n'implique pas la reproduction de celle-ci *quelque part* dans le cerveau, mais l'encodage de l'information liée au pattern d'activation des photorécepteurs de la rétine associé à cette couleur. De même, il semble que le mouvement perçu dans l'environnement fasse l'objet d'un même type d'encodage. On pourrait supposer que la perception du mouvement n'est que l'abstraction d'une différence entre deux positions d'un objet à deux instants différents. Or le processus de traitement de l'information visuelle est bien plus complexe. Les mouvements de balayage de nos yeux ne nous donnent par exemple pas l'impression que tout notre environnement bouge en permanence autour de nous. Conformément à l'hypothèse de Jakob Hohwy que nous avons déjà abordé (voir 2.3.3), il semble que ce ne soit pas directement la différence entre deux stimulations de la rétine qui produise l'impression de mouvement, mais qu'elle est l'objet d'un traitement à un niveau hiérarchique supérieur. Celui-ci prend notamment en compte le mouvement prévisible des objets dans notre champ visuel, lié au mouvement des yeux et de la tête¹³⁷. Ainsi, l'impression de mouvement n'est pas directement issue de l'activité des photorécepteurs de la rétine, mais comme le reste de nos perceptions, est reconstruite conformément à un modèle attendu du monde sur lequel se base notre cerveau. Cela constitue une réponse à l'argument par l'expérience (présenté en 3.1) : l'existence de changements mctaggartiens n'est pas la seule explication disponible à nos perceptions de tels changements apparents. (B) nous invite dès lors à rejeter l'argument.

L'hypothèse neurobiologique de l'illusion de mouvement trouve une confirmation dans le fait que des images fixes, même en l'absence d'un défilement analogue à celui de la pellicule d'un film, peuvent parfois tromper notre cortex visuel en produisant une impression de mouvement alors que l'objet est statique. Je prendrai deux exemples. Certaines images comportant un motif répété peuvent produire l'illusion d'un mouvement en périphérie du

¹³⁶ All cells in it are motion selective, and the overwhelming majority are directionally selective; most are not orientation selective and none is wavelength selective. So distinctive is the area in its motion selectivity, that it was first referred to as the motion area, and subsequently called V5. It was the first visual area to provide strong evidence suggesting that the visual cortex of the primate brain is functionally specialized, with different areas processing different attributes of the visual scene (Zeki, 1991)

¹³⁷ « L'inférence perceptive fonctionne en tandem avec l'inférence active, si bien que les modèles internes génèrent des prédictions tenant compte des mouvements de l'observateur, dont le mouvement des yeux, de la tête et du corps dans l'environnement » (« Perceptual inference works in tandem with active inference to such an extent that internal models normally generate predictions on the basis of the perceiver's movement, including eye movement, head movement, and movement of the body in the environment », Hohwy, 2013, p. 119)

champ visuel en cas de fixation d'un point central (Fraser et Wilcox, 1979 ; Faubert et Herbert, 1999)¹³⁸. Il est plausible d'attribuer cet effet à l'aspect répétitif des motifs qui rend difficile la prise de repères nécessaire à l'élaboration du modèle au sens de Jakob Hohwy. Le cerveau interpréterait de petites erreurs de prédictions sur la position de points situés en périphérie comme liées à un mouvement de l'objet. La forme en spirale de certaines illusions de ce type peut également impliquer l'apriori selon lequel une spirale est un indice de mouvement. Voici l'interprétation que donnent Faubert et Herbert du phénomène :

L'illusion de dérive périphérique [i.e. l'illusion de mouvement en périphérie du champ visuel] est générée par l'interaction de trois processus : la remise à zéro liée aux mouvements des yeux, aux battements de paupières et autres phénomènes transitoires ; les effets d'ordre temporel produits par des inhomogénéités de lumières ; et l'intégration spatiotemporelle de la vision périphérique.¹³⁹ (Faubert et Herbert, 1999, ma traduction)

La remise à zéro qu'ils évoquent est comparable à l'annulation des mouvements endogènes dans la perception visuelle : les centres de l'oculomotricité et des mouvements céphaliques *informent* les centres visuels qui peuvent ainsi soustraire les mouvements endogènes de la perception visuelle¹⁴⁰ (Crapse et Sommer, 2008). Les inhomogénéités correspondent aux anomalies de prédiction liées au caractère répétitif du motif. Enfin l'intégration spatiotemporelle de la vision périphérique est liée à une diminution de la précision du modèle prédictif dans la périphérie du champ visuel¹⁴¹. Autrement dit, la résolution temporelle et spatiale y est moindre, ce qui favorise la mésinterprétation de l'objet perçu.

La rémanence de mouvement (*motion aftereffect*) est un autre exemple d'illusion de mouvement associée à la perception d'un objet immobile. À la suite de l'observation prolongée d'un mouvement continu, on peut avoir l'impression du mouvement inverse d'un autre objet. Barlow et Hill (1963) expliquent ce phénomène par un mécanisme d'adaptation des neurones impliqués dans la perception du mouvement. L'adaptation neuronale à court terme est un effet reconnu dans la plupart des modalités sensorielles : à moins d'y prêter attention, nous ne ressentons pas le contact des vêtements sur notre peau ; l'arrêt d'un bruit de

¹³⁸ Fraser et Wilcox parlent d'une « illusion de l'escalator » (*escalator illusion*) et Faubert et Herbert d'une « illusion de dérive périphérique » (*peripheral drift illusion*).

¹³⁹ « the peripheral-drift illusion is generated by the interaction of three processes: resetting produced by eye movements, blinks, or other transients; temporal-order effects generated from the luminance inhomogeneities; and spatiotemporal integration in the visual periphery. » (Faubert et Herbert, 1999)

¹⁴⁰ Une façon très simple de constater ce phénomène consiste à appuyer sur l'un de nos yeux (l'autre étant fermé). Cela produit la perception d'un mouvement relatif de l'environnement qu'on ne constate pas lors d'un mouvement équivalent de la tête. (Hohwy, op.cit., p. 39)

¹⁴¹ « Nous proposons que l'illusion ne soit perçue qu'en vue excentrée, car l'information est intégrée sur des régions relativement larges en périphérie » (« We propose that the illusion is only perceived with eccentric viewing because information is integrated over relatively large regions in the periphery », *ibid.*)

fond que nous n'avions pas remarqué peut nous le faire discerner rétrospectivement. Des résultats plus récents tendent à étendre ce mécanisme d'adaptation au mouvement à des perceptions bien plus fines que les effets de rémanence décrits par Barlow et Hill. « Les mécanismes d'adaptations sous-jacents à la rémanence de mouvement sont vraisemblablement une partie intégrante des réponses sensorielles aux stimuli de mouvement naturel »¹⁴² (Glasser et al. 2011, ma traduction).

Les anomalies de perception du mouvement d'un objet, associées à une préservation des autres propriétés de la vision, soulignent bien que *succession de perception n'est pas perception de succession*. Un traitement supplémentaire s'ajoute *normalement* aux perceptions temporelles visuelles, consistant en une donnée sur la dynamique de l'objet perçu : une *perception synchronique du mouvement*. Je pense qu'il est légitime de comparer l'akinétopsie à ce que nous verrions en regardant un film dont la fréquence d'affichage serait inférieure au seuil requis pour donner l'illusion du mouvement à des images elles-mêmes fixes. Les lésions cérébrales à l'origine de ce trouble auraient pour effet de rompre l'illusion du mouvement, transformant le phénotype temporel visuel de la personne concernée en une *suite ordonnée* de perceptions sans la fluidité apparente à l'origine de l'impression d'un passage du temps. Cette idée du caractère illusoire de nos perceptions de passage est renforcée par l'évidence de cas où du mouvement est perçu en l'absence de tout changement, même non-mctaggartien. Le passage du temps, dont le mouvement des objets semble être la preuve la plus tangible, peut être envisagé comme une illusion perceptive. Si le mouvement perçu est strictement corrélé à l'activation de neurones dont la fonction est d'encoder cette caractéristique, les changements mctaggartiens semblent être des artefacts perceptifs liés à l'activation des circuits cérébraux opportuns. Ce n'est donc pas la perception différentielle de la position d'un objet qui est à l'origine de l'impression de mouvement. Mon hypothèse est qu'à chaque objet est attribué, entre autres caractéristiques, un vecteur encodant son mouvement attendu. *Perception de succession n'est, réciproquement, pas succession de perceptions*.

Par commodité, je me suis focalisé dans cette partie sur les perceptions visuelles de changement. Rien ne laisse pourtant présager que c'est une particularité de cette modalité. Steven Sparr rapporte ainsi le cas d'un patient de nonagénaire, musicologue à la retraite ayant présenté un AVC du lobe temporal droit. Sur le plan sémiologique, il décrit une « incapacité à

142 « the adaptation mechanisms underlying the generation of MAEs [motion after-effects] are likely an integral part of sensory responses to natural motion stimuli » (Glasser et al., 2011)

discerner une mélodie malgré une perception préservée de la tonalité, du rythme et de l'harmonie. »¹⁴³ (Sparr, 2002, ma traduction).

Pour être exhaustifs, il nous reste à apporter une explication à l'existence de ces systèmes perceptifs particuliers. Pourquoi, normalement, percevons-nous un monde dynamique ?

3.2.2. Le cycliste et le cinémomètre

J'ai présenté l'importance d'entretenir des perceptions présentes, autrement dit dont l'objet est quasi-simultané avec l'acte de perception, à l'aide de l'exemple du vélo et de la voiture mal garée (voir 2.1.1)¹⁴⁴. J'avais mentionné le fait qu'outre la perception de l'ouverture de la porte, de nombreux paramètres devaient être pris en compte afin que mon comportement soit adapté, au sens de (S) (voir note 76). Parmi eux, une estimation de la distance qui me sépare de la voiture ainsi qu'une *estimation de ma vitesse*. De mon point de vue, cela revient à estimer la vitesse à laquelle les objets se déplacent autour de moi lorsque je pédale.

Quel que soit leur fonctionnement, les cinémomètres¹⁴⁵ produisent une réponse synchronique précisant la vitesse de l'objet au moment de la mesure. Imaginons que notre automobiliste négligent était préoccupé par le fait qu'il venait d'être flashé pour excès de vitesse. La contravention qu'il recevra quelques jours plus tard comportera, je crois, une photo de son véhicule associé à une indication de sa vitesse. Il est évident que la voiture sera statique sur la photo, la mention d'une vitesse en kilomètres par heure adjointe au document joue le rôle de quantification vectorielle de son déplacement. Nos perceptions de mouvement peuvent s'expliquer de la même façon : il s'agit de données synchroniques symbolisées au niveau cérébral par ce que nous avons appelé avec James *perception de succession*. Le changement mctaggartien apparent résulte de l'existence d'une information concernant la vitesse des objets, dont le déplacement est un changement non-mctaggartien, conformément à l'hypothèse (B).

Ce qui me permet d'estimer ma vitesse à vélo, et donc de prendre la décision appropriée de freiner correspond à cette donnée issue du traitement de l'information visuelle par les aires spécialisées dans le traitement du mouvement. Bien entendu, il s'agit là d'une

143 « Our patient was found to have profound inability to discern melody despite intact perception of pitch, rhythm, and harmony. » (Sparr, 2002).

144 Je circule à vélo sur une piste cyclable. La porte d'une voiture garée à cheval sur la piste s'ouvre, me barrant la route.

145 Instrument de mesure de la vitesse d'un objet mobile relativement à un référentiel considéré comme fixe. Des exemples concrets sont le compteur de vitesse qui équipe certains vélos ou les radars autoroutiers.

stratégie évolutive. Avec des capacités cognitives et attentionnelles suffisantes, peut-être serait-il concevable que notre perception des changements non-mctaggartiens dans le monde prenne la forme de comparaisons itératives d'états du monde perçu. Cependant, selon (S) et les conclusions que nous avons tirées du chapitre 2, il est nécessaire que le traitement de l'information soit efficace malgré des ressources cognitives limitées. Nous pouvons à nouveau nous référer au modèle de Jakob Hohwy qui, en restreignant l'effet des stimuli sensoriels à des corrections d'erreur de prédiction propose un modèle cognitivement économique des perceptions temporelles d'apparence dynamique.

Un bon modèle statistique fera des prédictions fiables, un modèle appauvri en fera de moins bonnes. Par exemple, mon modèle statistique du mouvement d'une voiture me permet de prédire avec précision si je peux traverser la rue. En revanche, mon piètre modèle des balles et des lanceurs au cricket ne me permet pas de prédire de façon remarquable comment frapper. L'erreur entre les prédictions statistiques du modèle et les données collectées quand les choses ont lieu correspond à l'erreur de prédiction du modèle.¹⁴⁶ (Hohwy, 2013, p. 43, ma traduction)

Lorsque ce système cognitif est pris en défaut, comme dans le cas de la patiente présentée par Zihl et al., des actions simples de la vie courante deviennent quasi impossibles à réaliser. Cette patiente a d'ailleurs mis en place une stratégie pour compenser partiellement son déficit, en particulier contre les dangers liés à la circulation motorisée. « Elle a progressivement appris à estimer la distance des véhicules en mouvement par le biais de leur bruit devenant plus fort »¹⁴⁷ (Zihl et al, op.cit., ma traduction). La technique qu'elle a mise en place consiste à tirer profit d'une perception dynamique auditive. Elle ne semble pas avoir « appris » à comparer la position du véhicule à deux instants, à estimer la durée les séparant et en déduire la vitesse ; attitude qui semblerait naturelle si la perception de succession était superposable à la succession de perceptions. En présence d'un déficit de la perception synchronique du mouvement, cette personne s'est repliée sur une autre modalité sensorielle, plutôt que sur ses successions de perceptions¹⁴⁸.

¹⁴⁶ « A good statistical model will predict with much accuracy, a poor one with less accuracy. For example, my statistical model of car movement allows me to predict with some accuracy whether I can make it over the street. In contrast, my hapless model of cricket balls and bowlers does not allow me to predict with any noteworthy accuracy how to bat. The error between a statistical model's predictions and the data collected when things actually happen is then the model's prediction error. » (Hohwy, 2013, p. 43)

¹⁴⁷ « She gradually learned to 'estimate' the distance of moving vehicles by means of the sound becoming louder » (Zihl et al. op.cit.) Cela représente une stratégie d'adaptation mettant à profit d'autres modalités sensorielles que celle lésée afin de rétablir certaines capacités fonctionnelles. Il s'agit d'un point important de toute thérapie de rééducation, notamment post-AVC. Le travail des ergothérapeutes consiste justement à aider la personne à mettre en place des solutions alternatives face aux problèmes liés à un déficit parfois irrécupérable. Cela peut consister en des aménagements de l'environnement, mais également à la mise au point de stratégie mettant à profit des aptitudes préservées.

¹⁴⁸ Je souligne ce point, car il me semble constituer un argument fort en faveur du rôle de la perception synchronique du mouvement. Bien entendu, il s'agit du témoignage d'un cas d'akinéopsie, et ne saurait

Je propose ainsi de considérer la perception du mouvement comme la perception d'une donnée supplémentaire concernant un objet, venant s'ajouter à des données telles que sa forme ou sa couleur. Cette perspective est compatible avec la considération du mouvement de l'objet comme un changement non-mcTaggartien, conformément à notre hypothèse (B). L'existence d'un apparent dynamisme dans nos perceptions ne requiert donc pas le postulat d'un authentique passage du temps. Toutefois, un point reste à élucider. Même en l'absence de mouvement perçu, il semble exister une forme d'appréhension d'un passage du temps. Cette appréhension serait à l'origine de *jugements de passage* qui peuvent différer selon que l'on s'ennuie où qu'au contraire on soit absorbé par une tâche. Ces observations, ainsi que celles d'altération de ces perceptions de passage de certains cas pathologiques requièrent également une explication. Je vais montrer que celle-ci peut s'intégrer à nos hypothèses.

3.3. Horloge biologique

La perception de changements n'est pas le seul rapport expérientiel que nous entretenons avec un écoulement du temps. En effet, l'absence de stimulation sensorielle n'empêche pas d'estimer des durées et ne met pas fin à l'impression d'un passage du temps.

Cela ne demande qu'un petit effort d'introspection pour constater [...] que *nous n'avons pas plus l'intuition d'une durée que nous avons l'intuition d'une extension, dépourvue de tout contenu sensible*. De même qu'en fermant les yeux nous percevons un champ visuel obscur au sein duquel un jeu d'ombre persiste ; de même nous ne sommes jamais distraits d'impressions extérieures distinctes, nous sommes toujours intérieurement immergés de ce que Wundt a quelque part appelé la pénombre de notre conscience générale. Nos battements de cœur, notre respiration, les pulsations de notre attention, des fragments de mots et de phrases traversant notre imagination, sont ce qui peuple cet obscur habitat. Or tous ces processus sont rythmiques, et nous les appréhendons, comme ils se produisent, dans leur totalité [...]. En bref, aussi vide que puisse être notre esprit, une forme de *processus changeant* nous reste sensible et ne peut être exclue.¹⁴⁹ (James, 1995, p. 619-620, ma traduction)

On peut classer les rythmes biologiques en trois catégories (Poirot et Schröder, 2016, p. 53-54). Les *rythmes infradiens*, dont la période dépasse une journée, comprennent par exemple les cycles d'hibernation, de migration ou de reproduction rencontrés chez certaines espèces¹⁵⁰. Le *rythme circadien*, qui est le principal objet d'étude de la chronobiologie, correspond à des cycles d'environ vingt-quatre heures. Il est marqué chez l'homme par la production rythmique d'hormones, en particulier l'adrénocorticotrophine hypophysaire (ACTH) le matin et la mélatonine épiphysaire le soir¹⁵¹. La régularité de production de ces messagers dépend de leur synchronisation par des donneurs de temps externes, au premier plan desquels la lumière ambiante (ibid., p. 57). Enfin, les *rythmes ultradiens* sont tous les rythmes biologiques dont la fréquence est inférieure à vingt-quatre heures. Nous allons plus

particulièrement nous pencher sur ceux dont l'ordre de grandeur est la milliseconde. Plusieurs
149 « It takes but a small exertion of introspection to show [...] that *we can no more intuit a duration than we can intuit an extension, devoid of all sensible content*. Just as with closed eyes we perceive a dark visual field in which a curdling play of obscurest luminosity is always going on ; so, be we never so abstracted from distinct outward impressions, we are always inwardly immersed in what Wundt has somewhere called the twilight of our general consciousness. Our heart-beats, our breathing, the pulses of our attention, fragments of words or sentences that pass through our imagination, are what people this dim habitat. Now, all these processes are rhythmical, and are apprehended by us, as they occur, in their totality [...]. In short, empty our minds as we may, some form of *changing process* remains for us to feel and cannot be expelled. » (James, 1995, p. 619-620)

150 La température semble en être l'un des principaux déterminants, comme en témoigne l'impact du réchauffement climatique sur certaines espèces (Inouye et al., 2000).

151 En l'absence de troubles associés, par exemple des anomalies de la sécrétion de mélatonine chez des personnes présentant un trouble du spectre autistique (Poirot et Schröder, 2016, p. 144).

modèles proposent de décrire la production de rythmes biologiques ultradiens et de les intégrer à une explication de notre capacité à estimer correctement des durées. Nous allons nous concentrer sur l'un d'entre eux : le modèle SET (pour *scalar expectancy theory*).

3.3.1. Neurobiologie du temps qui passe

John Wearden décrit ainsi le modèle SET. Il est composé d'un pacemaker (ou métronome) produisant régulièrement des pulsations, d'un accumulateur en mesure de stocker ces pulsations, d'une mémoire de travail et d'une mémoire de référence, ainsi que d'un comparateur :

Le pacemaker est connecté à l'accumulateur via un interrupteur. Les contenus de l'accumulateur sont transférés dans dépôt en mémoire de travail, et si l'événement chronométré (*timed*) constitue une durée « standard », sont transféré dans la mémoire de référence. Pour produire un comportement, les contenus de la mémoire de travail sont comparés avec des échantillons issus de la mémoire de référence, et un processus de décision exploite ces deux représentations temporelles pour produire une réponse observable.¹⁵² (Wearden, 2016, p. 28, ma traduction)

Rien ne permet de considérer que ce modèle décrive le fonctionnement d'un *organe de la chronoception*, mais il est envisageable que les neurones fournissent de façon décentralisée de tels pacemakers, ce que j'appellerai l'*hypothèse du métronome biochimique*. Un exemple de processus rythmique ubiquitaire dans le cerveau est la production de potentiels d'action. Il s'agit du principal mécanisme de transmission de l'information le long des axones et dendrites des neurones. Chacun de ces événements est similaire (les potentiels d'action ne varient pas en intensité ou en durée) et l'information est exclusivement codée par leur rythme d'émission. La fréquence maximale est déterminée par une période réfractaire suivant chaque émission¹⁵³ (Purves et al., 2015, p. 47). Ainsi, la rythmicité des processus biochimiques est au cœur du fonctionnement de notre système nerveux. Ne préjugeons cependant pas que les potentiels d'action constituent directement les métronomes du modèle SET. Il s'agit avant

152 « The pacemaker is connected to the accumulator via a switch. Accumulator contents are transferred to a working memory store, and if the event timed constitutes a « standard » duration, are then transferred to the reference memory. To generate behaviour, the contents of working memory are compared with a sample taken from reference memory, and a decision process operates on these two time representations to produce an observed response » (ibid., p. 28)

153 « Noter qu'au fur et à mesure que le potentiel d'action se propage, la membrane se repolarise sous l'effet de l'ouverture des canaux K^+ et de l'inactivation des canaux Na^+ . Le potentiel d'action laisse ainsi derrière lui un « sillage » de réfractorité qui empêche sa propagation à rebours » (Purves et al., 2015, p. 51)

tout de montrer que la production de changements rythmiques existe à la plus petite échelle du fonctionnement cérébral.

Wearden décrit les protocoles expérimentaux permettant de déterminer les caractéristiques du modèle SET. Je n'en mentionnerai que quelques-uns. La production temporelle (*temporal production*) et la reproduction temporelle (*temporal reproduction*) consistent respectivement à demander à la personne de produire un intervalle donné (en unités connues par la personne, par exemple les secondes) et de reproduire le plus fidèlement la durée d'un intervalle qui lui a été présenté (Wearden, op.cit., p. 223-226). La généralisation temporelle (*temporal generalization*) requiert tout d'abord de présenter aux participants un intervalle arbitrairement déterminé comme standard qu'il leur est demandé de retenir. Diverses durées sont ensuite présentées et la personne doit déterminer s'il s'agit ou non de la durée standard ainsi définie (ibid., p. 231-232). Dans l'épreuve de bisection (*temporal bisection*) se sont deux intervalles standards qui sont définis et la personne doit estimer de quel différentes durées présentées se rapprochent le plus (ibid., p. 229-231). Quelles caractéristiques de notre horloge biologique sont mises en évidence par ces tests ?

Deux propriétés sont particulièrement saillantes. En premier lieu la précision moyenne (*mean accuracy*). Si l'estimation de la durée d'intervalle (et donc la réussite aux épreuves que je viens de mentionner) présente une certaine variabilité, l'estimation moyenne sur un grand nombre de répétitions de l'épreuve correspond finement à la durée définie comme standard. En outre, cette variabilité est scalaire (*scalar property of variance*) : plus la durée standard est importante, plus la variance des résultats sera élevée *autour de la moyenne* (ibid., p. 29). Autrement dit, nos capacités d'estimation des durées sont globalement précises, mais la précision diminue à mesure que nous évaluons des intervalles plus larges. Ces résultats sont toutefois susceptibles d'être altérés dans différentes conditions. Intéressons-nous à celles-ci.

3.3.1.1. Fréquence du métronome

L'hypothèse du métronome biochimique a une première implication vérifiable. La vitesse des processus chimiques est corrélée à la température à laquelle elles ont lieu (Prigogine, 1996, p. 63). Dès lors, si l'hypothèse biochimique est correcte, alors une augmentation de la température du cerveau doit produire une accélération de l'horloge biologique¹⁵⁴, prédiction testée par Marcel François (1927). Le protocole employé par

¹⁵⁴ « La question précise et très délimitée que nous avons essayé de résoudre a été de savoir si l'on pouvait considérer notre appréciation du temps comme un phénomène psycho-physiologique. » (François, 1927).

François consiste à induire une hyperthermie par méthode diathermique¹⁵⁵. L'évaluation des perceptions de durée se fait par deux méthodes : production et reconnaissance de rythme¹⁵⁶. Voici le résultat obtenu :

L'hypothèse de travail dont nous sommes partis pour effectuer nos recherches se vérifie sans aucune exception. Pour 15 des séances de production de rythme, il y a une élévation de la température interne du sujet dans la suite de l'application des courants diathermiques. Dans ces 15 cas, sans chercher une analyse plus fine pour l'instant, nous remarquons qu'il y a eu comme corolaire de cette élévation thermique une accélération se traduisant, dans l'appréciation temporelle, par un raccourcissement de la durée apparaissant comme étant le tiers de la seconde, donc une augmentation du nombre de tapes fournies pendant la seconde réelle. La même remarque s'applique exactement aux expériences d'appréciation de rythmes. Après la diathermie l'appréciation du rythme de quatre à la seconde s'est produite à un niveau supérieur à celui où elle se produisait avant l'élévation thermique. (François, 1927)¹⁵⁷

John Wearden souligne que plusieurs autres expériences ont été menées, impliquant l'installation d'un casque chauffant, la fièvre, ou la variation circadienne de la température corporelle, avec des résultats concordants (Wearden, op.cit., p. 17)¹⁵⁸.

L'expérience de Marcel François suggère indirectement que la fréquence du pacemaker est susceptible de varier en fonction de contraintes exogènes. A-t-on des raisons de penser que, en dehors de telles conditions expérimentales, cette fréquence est sujette à variation ? Sylvie Droit-Volet (2014) propose que le niveau d'excitation (*arousal level*), qui

155 « des courants alternatifs que l'organisme peut supporter sans aucun danger [...] grâce à la fréquence extraordinairement rapide avec laquelle ces courants changent de sens. [...] Or, la propriété essentielle des courants diathermiques, et sur laquelle sont basées toutes les nombreuses applications thérapeutiques que l'on en tire aujourd'hui est, précisément, de provoquer, par une activation générale de tous les processus physiologiques, une appréciable élévation de la température interne s'étendant à tout l'organisme, y compris les hémisphères cérébraux » (ibid.)

156 « Les appréciations temporelles dont nous nous sommes proposé de suivre les variations, ont été de deux sortes : d'une part la production par le sujet, au moyen de frappes effectuées sur une clé de Morse, d'un rythme, à une cadence imposée qui a été choisie de trois à la seconde (un à la seconde pour quelques-unes des expériences préliminaires) ; d'autre part, l'appréciation d'un rythme par le sujet. Nous produisons au moyen d'un métronome dont la vitesse de battement peut être modifiée au cours de la marche de l'appareil (métronome de Binet-Korsten) une cadence allant de 3 à 8 battements à la seconde (ou de 8 à 3) et le sujet nous arrêtaient quand il estimait qu'était atteinte la cadence de quatre à la seconde. » (ibid.)

157 Notons que Marcel François a pris soin d'éliminer deux facteurs potentiels de confusions :

- la fréquence cardiaque : « en moyenne nous notons une accélération du pouls après la séance de diathermie. Mais, le pour cent de cette accélération ne suit aucunement, dans de très nombreux cas, la valeur de l'augmentation thermique. » (ibid.)
- l'effet direct du courant diathermique : « les cas, relativement nombreux, où l'application diathermique, pour les raisons que nous avons exposées plus haut, ne fut suivie d'aucune élévation thermique. » (ibid.)

158 Il remarque toutefois que lors de ces expériences les études étaient toujours prospectives, c'est-à-dire que les participants savaient par avance que l'estimation de durée était un objectif des expériences, ce qui a pu induire un biais. Pour cette raison, je me contenterai de noter que ces résultats expérimentaux sont conformes à ce qui est attendu si l'hypothèse biochimique est correcte.

serait lié à l'action d'un neurotransmetteur (la dopamine), affecte la fréquence de notre métronome :

L'administration d'agonistes dopaminergiques indirects, comme la méthamphétamine ou la cocaïne, qui augmentent le taux de dopamine dans le cerveau, ont montré une accélération du temps subjectif. À l'inverse, la diminution du taux de dopamine dans le cerveau via un bloqueur des récepteurs dopaminergiques (l'halopéridol) entraîne un ralentissement du temps subjectif.¹⁵⁹ (Droit-Volet, 2014, p. 483, ma traduction)

Droit-Volet s'intéresse à des conditions écologiques qui seraient également susceptibles de modifier la fréquence du métronome biochimique. Des émotions telles que la peur semblent constituer de bons candidats (ibid., p. 485-488). Je reviendrais sur l'interprétation que fait Droit-Volet de ces résultats. Il semble tout du moins que, dans le cadre du modèle SET, la composante pacemaker soit partiellement responsable de la variabilité de nos jugements de passage. Une augmentation de sa fréquence, qu'elle soit liée à la température, l'administration d'un psychotrope ou un contexte émotionnel propice, semble lié à l'expression d'une perception *ralentie* du temps. Cela doit, à minima, être le cas dans les systèmes cognitifs responsables des jugements de passage, par opposition à un changement à l'échelle des systèmes de bas niveau hiérarchiques déterminant la résolution temporelle (abordés dans la définition du *présent expérientiel* en 2.4.1). Une expérience de Stetson et al. (2007) comparant la résolution temporelle visuelle basale avec celle en condition de stress (lors d'un saut à l'élastique) conclue à une absence d'augmentation des performances perceptives malgré l'augmentation des durées estimées.

Il est plausible que la rythmicité soit une caractéristique générale du système nerveux et rien ne laisse supposer que la variabilité de sa fréquence ne soit pas, elle aussi, ubiquitaire. Pour autant, cela n'implique pas que les jugements de durée et de passage soient, quant à eux, propres à un système cognitif dédié. Ils mettent vraisemblablement en jeu les autres éléments du modèle SET, en particulier la mémoire de travail et le comparateur.

¹⁵⁹ « The administration of indirect dopamine agonists (DA) such as a methamphetamine or cocaïne, which increase the level of dopamine in the brain, has been shown to speed up subjective time [...]. By contrast, decreasing the level of dopamine in the brain using a DA-receptor blocker (haloperidol) leads to a slowing down of subjective time [...]. » (Droit-Volet, 2014, p. 483)

3.3.1.2. Méprise temporelle

Ferdinand Binkofski et Richard Block (1996) rapportent le cas d'un patient, BW, de soixante-quatre ans, sans antécédent de troubles neurologiques, ayant présenté une altération soudaine et durable de sa perception du passage du temps :

BW rapportait que le temps lui semblait passer très rapidement. Il décrivait ce dont il faisait l'expérience comme un « mouvement accéléré » des événements, comme l'effet *time-lapse* d'un film. Il se plaignait de ne plus pouvoir supporter de regarder la télévision, car la succession des événements était trop rapide pour être suivie. En raison de cette grande rapidité des événements, il rapportait essayer de penser plus lentement. Il décrivait également le sentiment que la vie avait commencé à passer trop vite pour lui. Les proches de BW relataient que, alors qu'il était auparavant très énergique, depuis le début de ces symptômes neurologiques, il restait essentiellement apathique dans son fauteuil et dormait plus qu'avant. En accord avec cela, BW rapportait se fatiguer bien plus facilement qu'auparavant. Ses proches ont également remarqué que ses mouvements paraissaient relativement lents et maladroits, qu'il semblait indifférent aux autres et réticent à communiquer.¹⁶⁰ (Binkofski et Block, 1996, ma traduction)

Les auteurs rapportent des symptômes neurologiques apparus conjointement, notamment une aphasie motrice (trouble de la production du langage), une négligence spatiale droite (perturbations dans le traitement des données sensorielles spatialisées) et des attitudes de persévération (répétitions improductives de comportements stéréotypés). Ils ne relèvent cependant ni désorientation temporo-spatiale ni atteinte de la mémoire à long terme. Lors de plusieurs tests de production temporelle, durant lesquels il était demandé à BW de générer des intervalles de soixante secondes, ce dernier a en moyenne majoré ses productions de plus de deux cents secondes (l'erreur moyenne chez les sujets contrôle étant de vingt-quatre secondes).

Le diagnostic de BW, confirmé par imagerie cérébrale, est celui d'une tumeur (un glioblastome) du cortex préfrontal supérieur gauche. Cela concorde avec l'hypothèse de Meck et N'Diaye (2005) selon laquelle le cortex préfrontal joue un rôle déterminant dans les

¹⁶⁰ « BW reported that time seemed to be passing very quickly. He described what he experienced as an 'accelerated motion' of events, like in a time-lapse film. He complained that he could no longer tolerate watching television, because the progression of events was too quick for him to follow. Because of the apparent high rate of events, he said that he tried to think more slowly. He also described the feeling that life had begun to pass too quickly for him. BW's relatives reported that although he formerly was energetic, after the onset of his neurological symptoms he mainly sat apathetically in his armchair and slept more than usual. Consistent with this, BW reported that he became fatigued more easily than he used to be. His relatives also noticed that his movements seemed relatively slow and clumsy, that he seemed indifferent to others, and that he was reluctant to communicate. » (Binkofski et Block, 1996).

perceptions temporelles. Le cortex préfrontal est en effet directement impliqué dans la mémoire de travail, ce qui concorde avec le rôle attribué à cette dernière dans le modèle SET, mais également dans les processus décisionnels et la capacité à différer une action, autrement dit à générer de l'attente. Certaines lésions du lobe frontal ont ainsi pour répercussion fonctionnelle une perte de la capacité d'inhiber ou de différer une action, et par corolaire d'anticiper des actions ayant des conséquences à long terme¹⁶¹.

Si le modèle SET a ses limites – il ne s'agit que d'un modèle qui n'est pas assimilable au substrat neurologique sous-jacent – il permet de mettre l'emphase sur différents processus qui semblent impliqués dans les jugements portant sur le passage du temps. Tout d'abord, la rythmicité neurobiologique permet d'effectuer des « mesures » de durée indépendamment de toute observation d'un changement extérieur : c'est un changement interne, décrit comme le remplissage de l'accumulateur, qui permet l'estimation des durées. Ici encore, nul besoin de postuler un pur passage du temps comme le ferait Ned Markosian : ce sont bien des changements physiques, compatibles avec l'hypothèse (G), qui sont comparés entre eux. La production d'un changement interne ne serait pas suffisante pour permettre la production de jugements de durée ou de jugements de passage en l'absence d'un comparateur mettant en lien le contenu de l'accumulateur et, soit un changement perçu, soit une référence temporelle mémorisée (une durée de référence socialement acquise, par exemple une seconde ou une minute). Considéré de cette manière, la perception d'un passage du temps n'implique ni une « sensation qui nous est donnée par la conscience et non le travail mécanique de la substance cérébrale » (Bergson, op.cit., p. 57), ni même l'existence d'un authentique et objectif passage du temps. Rien d'incompatible, donc, avec nos hypothèses (N) ou (B). Il reste à souligner que disposer d'un système chronoceptif n'implique pas son utilisation constante. Encore faut-il prêter *attention* à ce passage perçu du temps.

3.3.2. Langeweile

Le cas du patient BW illustre bien qu'il existe une forte corrélation entre jugement de durée et jugement de passage. Ce dernier, bien que conscient de ses troubles, reste biaisé dans ses estimations de durée. À l'inverse, quand le temps semble se dilater, il est commun de surestimer la durée passée. Quel désespoir dans une période d'ennui de regarder sa montre et

¹⁶¹ Cela est notable dans le célèbre cas de Phineas Gage, victime d'un accident ayant causé de graves lésions des cortex préfrontaux, dont les répercussions ont été un changement profond dans sa personnalité. « Ce dernier avait perdu une caractéristique propre à l'homme : faire des projets pour son avenir, en tant qu'être social » (Damasio, 2006, p. 38)

de constater qu'il est *seulement* telle heure ! Cependant, force est de constater que la corrélation entre jugement de durée et jugement de passage n'est pas une règle absolue. On peut en avoir l'intuition : quand nous avons conscience de nous ennuyer, sommes-nous étonnés de l'heure qu'indique la pendule ?

John Wearden a réalisé l'expérience suivante : un groupe de participants est invité à regarder un extrait de film (*Armageddon*) pendant neuf minutes, tandis qu'un autre groupe doit simplement attendre durant la même période. Il leur est ensuite demandé de fournir un jugement de passage *relativement à la normale*, c'est-à-dire préciser si de leur point de vue, le passage du temps était plus rapide ou plus lent que d'ordinaire¹⁶². Puis, après une période tampon de dix minutes où les deux groupes étaient invités à lire, il leur a été demandé de produire un jugement de durée. Les résultats sont les suivants :

En moyenne, le passage du temps [dans le groupe Armageddon] a été jugé plus rapide que la normale, et le temps passé à attendre plus lent. [...] Il n'y avait pas de différence significative entre les estimations [rétrospectives de durée] des deux groupes, bien que la période Armageddon ait été jugée légèrement plus longue. Ainsi, il semble que les jugements de passage du temps peuvent différer entre deux événements, sans la moindre différence dans leur durée jugée rétrospectivement, suggérant que les deux types de jugements sont, dans une certaine mesure, indépendants¹⁶³ (Wearden, op.cit., p. 132, ma traduction).

J'ai déjà évoqué l'hypothèse de l'augmentation de la résolution temporelle dans les situations où le passage du temps est jugé ralenti. Elle semble partiellement démentie par l'expérience de Stetson et al. (voir 3.3.1.1). Ces derniers proposent un biais rétrospectif lié à la composante émotionnelle dont on connaît l'impact sur la mémorisation (voir 2.2.2.1) :

Nous faisons l'hypothèse que l'implication de l'amygdale dans la mémoire émotionnelle peut conduire à une distorsion rétrospective des jugements de durée, du fait d'une plus grande richesse, et peut-être un encodage secondaire, des souvenirs lors d'un rappel ultérieur, des

¹⁶² Il n'est pas précisé dans le papier ce à quoi réfèrent les notions de « normal » et « ordinaire » concernant le passage du temps.

¹⁶³ « Participants either watched 9 min of the film « Armageddon », chosen because it was one of the rare action films virtually devoid of violence, or waited for the same period for the experiment to begin. On average, passage of time during the Armageddon period was judged as faster than normal, and time spent waiting as slower. Participants spent 10 min reading, then were asked for a retrospective time judgments regarding the film or waiting period. There was no significant difference between the mean estimates of the two groups, although the Armageddon period was judged as slightly longer. Therefore, it appears that passage of time judgements could differ between two events, without any difference in their duration when judged retrospectively, suggesting that the two types of judgements are, at least to some extent, independent. » (ibid., p. 132).

On peut noter plusieurs limites quant au protocole proposé par John Wearden. Tout d'abord, il n'y a pas de définition précise de ce qu'on entend par jugement de passage *normal*. On peut donc suspecter un caractère idiosyncrasique des réponses. Une autre restriction de l'expérience est son aspect rétrospectif. Alors que nous avons vu que des différences notables pouvaient exister entre les jugements prospectifs et rétrospectifs de durée, rien n'exclut qu'il en aille de même pour les jugements de passage.

événements aussi saillants ont pu être interprétés à tort comme s'étendant sur une plus longue période.¹⁶⁴ (Stetson et al., op.cit., ma traduction)

Émettre un jugement de passage suppose avoir porté son attention sur le passage du temps et en avoir conservé un souvenir. Or les ressources attentionnelles, dont nous avons vu le caractère limité, sont elles-mêmes impliquées dans les capacités de mémorisation. Une hypothèse serait donc que nous ne pouvons émettre de jugement de passage que dans la mesure où nos ressources attentionnelles n'étaient pas complètement accaparées par la tâche effectuée. Cela rendrait compte de l'impression « de ne pas voir le temps passé » lors d'une tâche particulièrement engageante sur le plan attentionnel. Cette hypothèse est-elle plausible ? Nous avons vu que l'attention correspondait d'une part à l'orientation mentale vers une tâche, mais aussi à l'inhibition des activités incompatibles (voir 2.2.1). La notion d'activité incompatible (ou concurrente) souligne que l'attention peut être divisée dans la mesure où les tâches ne sollicitent pas les mêmes ressources cognitives. Il est possible de circuler à vélo tout en discutant, car l'attention portée sur l'activité motrice ne met pas en jeu, dans une certaine mesure, les mêmes circuits que ceux impliqués dans le langage. Il est nécessaire ici de préciser une distinction au sein même du concept d'attention. L'attention *endogène* qui correspond à l'orientation de l'esprit sur une tâche, en d'autres termes la concentration. À l'inverse, l'attention *exogène* désigne la situation où les capacités cognitives ne sont plus focalisées sur un objet volontairement déterminé, mais attiré par un événement extérieur (Hohwy, op.cit., p. 196). Je peux être perdu dans mes pensées en faisant du vélo, mais l'ouverture d'une porte de voiture sur ma route va produire de l'attention exogène nécessaire à ma réaction de freinage. Dans le cas de tâches cognitives particulièrement engageantes, c'est-à-dire requérant « nouveauté, complexité et mise à profit des aptitudes »¹⁶⁵ (ibid., p. 138, ma traduction), l'attention est totalement absorbée par la tâche. Dès lors, elle ne se fixe pas sur la perception du passage, ce qui produit l'impression rétrospective d'un écoulement rapide. De même pour la consommation d'alcool (Odgen et al, 2011)¹⁶⁶. Non pas qu'elle soit particulièrement engageante sur le plan attentionnel (quoique souvent associée à un contexte

164 « we speculate that the involvement of the amygdala in emotional memory may lead to dilated duration judgments retrospectively, due to a richer, and perhaps secondary encoding of the memories. Upon later readout, such highly salient events may be erroneously interpreted to have spanned a greater period of time. » (Stetson et al., 2007).

165 « novelty, complexity, and skill use » (ibid., p. 138). Voir également Wearden et al. (2014).

166 « Les participants dans le groupe placebo étaient le plus susceptibles de rapporter que le temps passait à la même vitesse que la normale. Une dose élevée d'alcool a conduit à davantage de rapports d'une sensation de temps passant plus rapidement que la normale alors qu'une dose faible d'alcool a conduit à davantage de rapports du temps passant plus lentement » (« Participants in the placebo conditions were most likely to report that time was passing at the same speed as normal. A high dose of alcohol led to more reporting of the sensation of time passing more quickly than normal whereas a low dose of alcohol led to more reports of time passing more slowly. », Odgen et al., 2011)

festif, ce qui peut être un facteur confondant¹⁶⁷), mais du fait de la diminution engendrée des capacités attentionnelles (Martini et al., 2017). Remarquons qu'en situation d'investissement cognitif intense ou d'altération des capacités attentionnelles, la perception du changement (telle que nous l'avons analysée en 3.2) perdure évidemment. Cela souligne encore la distinction qu'il faut faire entre perception du changement, qui n'est pas affecté par l'engagement attentionnel, et perception du passage pouvant être inhibé par celui-ci. L'hypothèse de l'attention portée ou non sur le passage rend compte des deux données relevées par Wearden : lorsque je suis pleinement engagé cognitivement, je n'ai plus la perception d'un passage à tel point que le jugement de durée peut lui aussi être dévoyé. La situation inverse me semble identifiable à l'ennui (*die Langeweile*).

L'hypothèse d'une origine attentionnelle de la perception de passage conduit à l'idée suivante : il n'y a perception d'un *long moment* (*lange Weile*) que lorsqu'il y a attention portée au passage et celle-ci est proportionnelle aux ressources attentionnelles disponibles. Cette idée semble corroborée par les études en psychologie portant sur l'ennui :

Les modèles de perception temporelle supposent que l'attention est requise pour traiter les indices extérieurs concernant le passage du temps, tels que les changements de position des aiguilles d'une montre ou de lumière ambiante. Un décompte interne enregistre ces indices comme unités de temps ayant passé. Si l'attention est absorbée par l'activité en cours, au lieu d'être allouée au monitoring du passage du temps, les indices temporels sont susceptibles d'être ignorés et les durées vont être sous-estimées. [...] La perception d'un lent passage du temps durant des épisodes d'ennui pourrait provenir d'une incapacité à s'engager pleinement dans l'activité en cours. À la place, de l'attention est allouée aux indices temporels, ce qui conduit à la perception consciente du passage du temps, qui dès lors semble s'éterniser.¹⁶⁸ (Eastwood et al., 2012, ma traduction).

Il me semble important d'ajouter à l'analyse de Eastwood et al. que, conformément au développement de ce chapitre, les indices concernant le passage du temps ne sont pas

¹⁶⁷ Ce que soulignent Wearden et al. : « L'examen des données suggère que le temps passant plus rapidement que la normale était associé au fait d'être avec des amis et de participer à des festivités. Ces deux activités étaient régulièrement rapportées en conjonction avec la consommation d'alcool » (« Examination of the data suggests that time passing more quickly than normal was associated with being around friends and being at parties. Both of these activities were also consistently reported in conjunction with alcohol consumption », Wearden et al., 2014).

¹⁶⁸ « Models of time perception posit that attention is required to process cues regarding the passage of time, such as changes in the position of the hands of a clock or in ambient lighting. An internal counter keeps track of such cues as units of time that have passed. If attention is absorbed by the current activity instead of being allocated to monitoring the passage of time, temporal cues are likely to be missed and duration will be underestimated. [...] the perceived slow passage of time during episodes of boredom may arise from a failure to fully engage attention with the current activity. Instead, attention is allocated to temporal cues, leading to conscious perception of the passage of time, which therefore appears to drag. » (Eastwood et al., 2012).

nécessairement « extérieurs »¹⁶⁹. Le modèle SET propose que la chronoception puisse s'appuyer sur des changements internes, intrinsèques au fonctionnement du système nerveux. Cela ne contredit pas le reste de leur analyse. On peut comprendre l'ennui comme une attention exogène pénible portée sur le passage du temps, dont les déterminants sont les entraves à la bonne focalisation de l'attention endogène, notamment si la difficulté de la tâche requérant l'attention est disproportionnée (dans les deux directions) comparativement aux capacités cognitives de la personne. Le rôle du caractère aversif attribué à un stimulus étant, selon le modèle de l'apprentissage opérant¹⁷⁰, de diminuer la fréquence d'apparition du comportement associé à des conséquences délétères en termes de valeur sélective. Une expérience de Nederkoorn et al. (2006) illustre de façon frappante l'intensité de l'aversion produite par l'ennui. En condition d'ennui, les sujets ont une propension à s'auto-infliger des chocs électriques¹⁷¹. L'ennui semble être un état affectif encore plus aversif que la douleur. Cela nous amène donc à la question du rôle biologique de l'ennui et plus généralement de la perception du passage théorique dans le cadre de l'hypothèse (S).

¹⁶⁹ En partant du principe qu'extérieur est entendu comme ne faisant pas partie du substrat physique des processus liés au traitement de l'information (en l'occurrence le système nerveux).

¹⁷⁰ Il s'agit typiquement du stimulus douloureux qui a pour fonction (dans le cas de la douleur aiguë et hors de cas pathologiques) de prévenir des comportements susceptibles de produire des lésions corporelles.

¹⁷¹ Ce constat est conforme à, et peut trouver une explication dans, la théorie de Chapman et al. (2006) selon laquelle les comportements autoagressifs (*deliberate self-harm*), à l'exclusion des comportements suicidaires, peuvent revêtir une fonction d'évitement des émotions aversives. Toutefois, Nederkoorn et al. font remarquer que : « le constat que l'ennui augmente le nombre d'auto-infliction de chocs électriques, alors que la tristesse ne le fait pas, suggère que la stimulation électrique sert spécifiquement à interrompre l'assommante monotonie et non de réguler et éviter les expériences émotionnelles négatives en général. » (« The finding that boredom increased the number of self-administered electric shocks, whereas sadness did not, suggests that the electric stimulation served specifically to interrupt the tedious monotony and not to regulate and avoid general negative emotional experiences., Nederkoorn et al., 2016 »)

3.4. Considérations évolutionnistes sur la perception de passage

Comme l'ont illustré les rares cas d'akinétopsie, la perception du mouvement (ou perception du changement) tient un rôle fonctionnel important dans l'élaboration d'un comportement adapté à la survie. Le monde qui nous entoure est intrinsèquement dynamique (au sens de changements non-mctaggartiens et à notre échelle de temps), aussi il est nécessaire d'entretenir une représentation du monde qui incorpore ces propriétés. En outre, il est cognitivement économique de percevoir un objet et sa dynamique, que de mémoriser les positions successives de l'objet. La perception de mouvement, indépendamment d'une succession de perceptions de positions, est donc ce à quoi on pourrait s'attendre, y compris dans un monde où il n'y a pas d'authentique passage du temps (conformément à notre hypothèse (B)). Postuler l'existence de ce passage nécessiterait dès lors un autre appui que l'argument par l'expérience qui part de ces perceptions de mouvement pour inférer un écoulement du temps. Toutefois, nous avons noté qu'une forme de perception de passage existe même en l'absence de mouvement ou de changement observé par l'une ou l'autre de nos modalités sensorielles. Le modèle SET propose une explication également compatible avec nos hypothèses, l'idée principale étant qu'en l'absence de changement extérieur pouvant faire office de comparateur, le système nerveux produit lui-même du changement permettant une chronoception indépendante des autres modalités sensorielles. Comme toute perception, elles ont une composante attentionnelle centrale. Une tâche engageante suffit à nous faire oublier ce passage, mais il nous est douloureusement rappelé lorsque l'ennui fait son apparition.

Cette idée d'une perception de passage n'est pas incompatible avec (B). L'objet de la perception, en l'occurrence le passage du temps, n'est pas supposé refléter une réalité du monde. Ce processus s'inscrit dans le contexte de l'hypothèse (G), dans la mesure où l'horloge biologique transforme de l'énergie libre en chaleur : son substrat physique est vraisemblablement à trouver au niveau de l'activité rythmique (et calorifère) de nos cellules nerveuses. Reste à savoir comment se situe cette perception vis-à-vis de l'hypothèse (S). Je propose de développer une explication à partir d'une série de cas de patient présentant une altération spécifique de cette perception de passage : la *détemporalisation*. Je propose de distinguer les distorsions de l'éprouvé temporel dans la détemporalisation de celles retrouvées dans l'ennui en me basant sur un critère médical. L'ennui est une composante normale de la vie psychique tandis que les détemporalisations se présentent dans le contexte de pathologies

neuropsychiatriques. Je souhaite là aussi inférer la fonction à partir de l'observation de dysfonctions.

3.4.1. Détemporalisation

On peut tout d'abord considérer la détemporalisation comme un symptôme appartenant au syndrome de dépersonnalisation. Le statut de la dépersonnalisation comme entité nosologique à part entière reste controversé¹⁷². Mauricio Sierra (2012, p. 26) rapporte néanmoins cinq symptômes (ou catégories de symptômes) qui semblent relativement constants :

- Des changements dans l'expérience corporelle.
- Une perte du sentiment d'agentivité.
- Une anesthésie émotionnelle.
- Des changements dans l'expérience subjective.
- Une plainte liée à des changements dans la perception visuelle de l'environnement.

Ces symptômes ont généralement un caractère ineffable, pouvant rendre le diagnostic difficile. Cela peut expliquer la méconnaissance de ce trouble dont la prévalence pourrait pourtant être équivalente à celle de troubles psychiatriques plus connus (tels que la schizophrénie ou le trouble bipolaire) : supérieure à un pour cent en population générale (ibid., p. 53-54). Nous allons nous focaliser sur l'altération de l'expérience subjective temporelle, qui semble en particulier concerner la perception du passage du temps. Cette caractéristique semble fréquemment associée au trouble¹⁷³, et on la retrouve dans de nombreux cas cliniques. Aubrey Lewis présente par exemple le rapport verbal de l'un de ses patients :

¹⁷² Comme la plupart des troubles psychiatriques, puisqu'ils sont généralement définis en termes de signes et symptômes et non d'étiologie sous-jacente. La spécificité de la controverse concernant la dépersonnalisation réside dans la pertinence de rassembler ces différents symptômes dans un même spectre nosographique.

¹⁷³ « dans nos séries de patients, 70 % approuvaient un item de la Cambridge Depersonalization Scale (CDS) décrivant cette expérience : il semble que les choses que j'ai faites récemment ont eu lieu il y a très longtemps. Par exemple, quelque chose que j'ai fait ce matin semble avoir été fait il y a des semaines. » (« in our series of patients 70 % endorsed an item of the Cambridge Depersonalization Scale describing this experience: it seems as if things that I have recently done had taken place a long time ago. For example, anything which I have done this morning feels as if it were done weeks ago. », Sierra, 2012, p. 35). Je précise que la CDS n'a pas de traduction française scientifiquement validée, ma traduction ne constitue donc pas un item d'une échelle utilisable avec un patient francophone.

Tout semble bien plus long. J'aurais dit que c'était l'après-midi, alors qu'ils disent qu'il est midi. Ils me disent toujours qu'il est plus tôt que ce que je pense et c'est comme si j'avais tort, mais ne pouvais m'empêcher de penser que j'ai raison. Je ne vois jamais la fin de quoi que ce soit, aucune fin au monde. Je ne sais pas si je mourrai rapidement durant ce que nous appelons le temps et n'aurai alors plus de sensation. Le temps a une limite, mais je ne sais pas laquelle. *Le temps passe, c'est certain, il y a de la progression, mais pas de façon ordinaire à présent* ; il semble y avoir de longues pauses et puis cela reprend de façon ordinaire. *J'ai ressenti deux fois que le temps restait figé*. Je suppose que je juge mon temps de la manière où je sens la position du soleil ; j'ai remarqué qu'elle changeait très soudainement, comme par la volonté de quelqu'un. Je pense que personne ne mourra jamais.¹⁷⁴ (Lewis, 1932, à partir d'un dossier de patient, ma traduction, je souligne, je n'ai pas repris la typographie).

Cette présentation fait presque parfaitement miroir à celle du patient BW de Binkofski et Block (voir 3.3.1.2). Lewis ne précise pas le diagnostic de cette personne, mais considère qu'on retrouve des anomalies similaires dans une grande variété de contexte : épisode dépression, voire mélancolie, trouble obsessionnel, épisode maniaque ou trouble schizophrénique pour les cas qui sont décrits¹⁷⁵. Je ne pense pas qu'il s'agisse dans chaque cas d'authentique détemporalisation. Cependant, celui que j'ai cité me semble particulièrement typique, notamment dans la décorrélation que la personne décrit entre sa reconnaissance des changements extérieurs, mais son impression que le passage est anormal, voire aboli.

Je vais également citer un cas rapporté par Pierre Janet qui me semble particulièrement bien illustrer la détemporalisation inscrite dans un syndrome de dépersonnalisation :

À ce moment-là, dit-elle, elle a senti dans sa tête quelque chose de dérangé et elle a immédiatement donné prise à une maladie extrêmement intéressante que nous avons décrite sous le nom de psychasthénie et maladie du doute, et cela a duré pendant des années. Cette maladie était caractérisée par la suppression d'une foule de sentiments [...]. Parmi ces

¹⁷⁴ « Everything seems very much longer. I should have said it was afternoon, though they say it is midday. They always tell me it is earlier than I think and it looks as if I'm wrong and I can't help feeling I'm right I cannot see any end to anything, any end to the world I don't know whether I shall die quickly within what we call time and then have no more feeling Time has a limit, but I don't know what limit Time certainly passes, there is progression but not in the ordinary way now; there seem to be long pauses and then it goes on in the ordinary way I've felt twice that time is standing still I suppose I judge my time by the way I feel where the sun is; I noticed it very suddenly changes as though at the will of someone I think no one will ever die. » (Lewis, 1932)

¹⁷⁵ « dans les états maniaques et dépressifs, dans la schizophrénie, dans les états de rumination obsessionnelle, dans les encéphalites léthargiques, dans les syndromes confusionnels toxiques, dans l'épilepsie et dans les dissociations hystériques. » (« in manic and depressive states, in schizophrenia, in obsessive-ruminative tension states, encephalitis lethargica, toxic confusional and delirious forms, epilepsy and hysterical dissociations. », Lewis, 1932, je ne me risquerai pas à interpréter ces termes dans leur sens contemporain, quand ils en ont toujours un).

phénomènes de la perte des sentiments, il y en a un qui devient aujourd'hui extrêmement intéressant : cette même personne, au milieu de doutes ses plaintes, non seulement disait : « Les objets qui m'entourent sont irréels », mais elle ajoutait « C'est très drôle, les journées ne durent plus » - Qu'est-ce que cela veut dire ? – « Eh bien, disait-elle, je constate qu'il est le soir, je constate que l'horloge marque telle heure, et chaque fois cela me surprend parce qu'il ne s'est rien écoulé depuis le matin. [...] il s'est écoulé huit jours, dites-vous, mais c'est la même chose que l'événement précédent. Nous sommes huit jours auparavant, il n'y a pas eu le temps » (Janet, 2006, p. 49)

Dans ce cas, comme dans celui rapporté par Aubrey Lewis, je pense qu'une partie de la difficulté à interpréter les propos de ces personnes (voire l'impression d'incohérence) réside dans l'inefficacité du langage à décrire explicitement ces altérations des perceptions temporelles. Leur caractère ineffable. Ce qui me semble remarquable dans ces cas cliniques, et qu'on retrouve dans une certaine mesure dans le cas de BW, est l'impact relativement minime de la détemporalisation sur le fonctionnement des individus. Bien entendu, ces troubles engendrent une importante souffrance. Mais l'impact sur les activités quotidiennes et le comportement reste discret¹⁷⁶. Si la perception de mouvement est quasiment indispensable à l'exécution de la plupart des gestes du quotidien, quel rôle tient la perception du passage ? Tentons d'inscrire cet aspect du phénotype temporel, la perception de passage, dans le cadre de l'hypothèse (S).

3.4.2. À quoi bon s'ennuyer ?

Dans le fonctionnement normal des perceptions de passage du temps, il semble donc y avoir principalement deux cas de figure. Soit nous portons notre attention sur les changements (environnants ou internes) et le temps nous semble s'éterniser. C'est la situation d'ennui. Soit nos capacités attentionnelles sont orientées ailleurs, par exemple si nous sommes particulièrement absorbés par une tâche, et nous *ne voyons pas le temps passer*. Ne pas voir le

¹⁷⁶ « À la différence de la plupart des phénomènes psychopathologiques où les rapports subjectifs sont généralement associés à des manifestations comportementales objectives, la détresse exprimée par les patients avec dépersonnalisation ne semble pas accompagnée de changements comportementaux observables. » (Unlike the case with most psychopathological phenomena where subjective reports are usually associated with objective behavioural manifestations, the distressing complaints of patients with depersonalization do not seem accompanied by observable changes in behaviour », Sierra, op.cit., p. 132). Ma réserve sur la remarque de Mauricio Sierra concerne l'opposition entre rapport « subjectifs » et manifestations comportementales « objectives ». Le comportement verbal est tout aussi objectif que n'importe quel autre comportement moteur, en témoigne la validité de la CDS que Sierra lui-même présente. Bien évidemment, il faut comprendre dans cette citation que l'impact comportemental de la dépersonnalisation semble restreint au comportement verbal, ce qui contraste par exemple avec les cas d'akinétopsie (voir 3.2.1).

temps passer ne signifie pas avoir l'impression que le temps s'écoule plus vite : cela reflète simplement notre disposition à être étonnés lorsque nous nous référons à un donneur de temps externe (par exemple une horloge) de voir qu'il est *déjà telle heure*. Tandis que dans une situation d'ennui, les changements observables nous paraissent ralentis (la trotteuse se traîne sur le cadran de notre montre), lorsque nous ne voyons pas le temps passer, nous ne faisons pas l'observation inverse. Il s'agit donc d'un jugement essentiellement rétrospectif. Pour preuve, le divertissement, qui par définition accapare l'attention, est la stratégie la plus évidente pour *faire passer le temps*. Je voudrais conclure ce chapitre par une explication conforme à l'hypothèse (S) de ces considérations.

3.4.2.1. Tromper l'ennui

Je me focaliserai principalement sur l'ennui (*Langeweile*), dans la mesure où c'est ce contexte de perception de passage qui semble le plus lié à des productions comportementales. Comme l'illustre l'expérience de Nederkoorn et al. (op.cit.), l'ennui est puissamment aversif. Selon le modèle de l'apprentissage opérant, une conséquence aversive a une fonction importante : éviter à la personne de réitérer un comportement associé à cette conséquence. Une première piste évolutionniste serait donc la suivante : l'ennui pousse la personne à agir.

Un problème posé par le modèle inférentiel des perceptions tel que présenté par Jakob Hohwy est celui de la chambre sombre (*the dark room problem*). Dans l'optique de réduire les minimiser les erreurs de prédictions, une attitude cohérente semblerait être de s'isoler dans un environnement particulièrement prévisible : une pièce sombre où rien ne se passe (Sun et Firestone, 2020). Force est de constater qu'une telle attitude, si elle correspond à ce qui est attendu dans le modèle de l'esprit prédictif, s'avère incompatible avec l'idée d'un esprit produit de l'évolution, favorisant les comportements augmentant la valeur sélective. L'ennui pourrait être un moyen de réconcilier ces deux cadres explicatifs. L'ennui produit de l'erreur de prédiction qui induirait à s'éloigner de la situation le générant. La prédiction dans la chambre sombre devrait être « tout va rester tel qu'il est ». Or, l'ennui apparaissant progressivement, la situation change *contrairement* à ce qui aurait été prévisible : de l'erreur de prédiction émerge. On pourrait rétorquer que l'ennui est parfaitement prévisible dans cette situation, ce que Zekun Sun et Chaz Firestone font remarquer ¹⁷⁷. Cependant, cette parade me

177 « Par exemple, suffisamment de temps passé dans la chambre vous rendrait certainement affamé et assoiffé ; ne sortiriez-vous pas pour satisfaire ces besoins ? Vous le feriez, mais cette observation ne fait que décaler le problème original. Si les agents ont pour seul but de minimiser les erreurs de prédiction, alors ces états ne devraient être évités que dans la mesure où ils augmentent cette erreur. Cependant, pour une personne oisive dans la chambre sombre, la faim est particulièrement prévisible. » (« For example, enough time in the room would surely make you hungry or thirsty; wouldn't you leave to satisfy such needs? Indeed, you would; but this observation only refocuses the original problem. If agents aim only to minimize prediction-error, then states

semble une fois encore fondée sur une conception trop unificatrice de l'esprit. L'ennui peut tout à fait, et pour des raisons évolutives dès lors évidentes, être le fruit d'un substrat neural suffisamment indépendant des circuits en charge de la minimisation des erreurs de prédiction liées au comportement (ceux-là mêmes qui seraient satisfaits par la chambre sombre) pour que leur effet soit envisagé comme une contingence extérieure venant générer de l'erreur de prédiction au même titre qu'une anomalie perceptive externe, dans le système qui tendrait à chercher l'isolement sensoriel comme stratégie de réduction de l'erreur prédictive.

Une autre explication de l'avantage que procurerait l'ennui viendrait de son utilité pour évaluer l'efficacité d'un processus cognitif en cours. Comme nous l'avons vu, l'ennui apparaît essentiellement lorsqu'il y a décorrélation entre la tâche à accomplir et les capacités cognitives mobilisables. L'hypothèse serait que l'ennui joue un rôle métacognitif, répondant de manière synchronique à la question « suis-je entrain d'employer mes ressources à bon escient ? ». L'ennui aurait un rôle de renforcement négatif¹⁷⁸ et de retour d'information sur l'état des processus cognitifs (Winkielman et al., 2002). Là encore, l'idée repose sur une conception décentralisée de l'esprit où certains systèmes ont besoin d'être informés par d'autres de l'efficacité de leur activité.

Ces deux hypothèses ne sont pas mutuellement exclusives et apportent une explication compatible avec (S) de l'existence de l'ennui dans le monde animal. Cependant, expliquer l'ennui est une chose, apporter une explication à l'existence de perceptions de passage en général en est une autre. Il s'agira de la dernière pièce du puzzle de notre phénotype temporel.

3.4.2.2. Un écueil adaptationniste ?

Au sujet de la perception de passage, Sylvie Droit-Volet avance l'explication suivante :

Une menace à venir produit une distorsion temporelle, le temps étant jugé plus long que la normale, mais sans perturber la sensibilité au temps (*sensitivity to time*). Cela démontre qu'une émotion de peur ne désorganise pas la perception du temps. Au contraire, ces distorsions temporelles permettent à l'organisme de s'adapter efficacement aux événements à venir. Comme l'explique Darwin, lorsqu'un organisme fait l'expérience de la peur, ses réactions émotionnelles sont organisées par des états

should be avoided only insofar as they increase prediction-error. However, for someone idling in a dark room, hunger is highly predictable. », Sun et Firestone, 2020).

178 Dans le modèle opérant, un renforcement négatif engendre une augmentation de la fréquence d'un comportement dans la mesure où ce comportement permet *d'éviter une conséquence aversive*, en l'occurrence l'ennui.

de défense motivationnels permettant la survie. Quand un sujet est confronté à un danger imminent, les pupilles se dilatent, le cœur s'accélère, la pression artérielle augmente, les muscles se contractent. L'ensemble du corps est mobilisé afin d'être prêt à réagir (c'est-à-dire à attaquer ou fuir) aussi vite que possible. Par conséquent, sans perturber le traitement de l'information temporelle (*the processing of time*), l'horloge interne tourne plus vite, permettant ainsi à l'individu d'agir plus précocement. La surestimation du temps dans une situation anxiogène serait alors associée à la préparation automatique de l'organisme à agir ou bouger.¹⁷⁹ (Droit-Volet, op.cit., ma traduction)

Les effets physiologiques de la peur reflètent l'activation sur système nerveux sympathique, et par la même du système dit « combat-fuite » (*fight or flight*), présenté par Walter Cannon (1915). Je resterai plus sceptique sur l'interprétation de la distorsion temporelle. Celle-ci est effectivement rapportée par les personnes en situation de danger vital, par exemple lors d'un accident de voiture (Arstila, 2012). Mais comme nous l'avons vu avec l'étude de Stetson et al. (voir 3.3.1.1), il n'est pas évident que cette distorsion présente les avantages décrits par Droit-Volet. Surestimer une durée ou percevoir un passage du temps anormal n'implique pas une accélération des capacités de prise de décision ou même d'analyse du contexte anxiogène. Je pense que Droit-Volet est ici victime d'un écueil adaptationniste : elle cherche à attribuer une origine évolutive à une observation qui n'en a pas forcément. Nous avons vu que deux éléments présentaient un avantage évolutif indéniable : percevoir le mouvement et ressentir de l'ennui. Peut-être que les altérations de la perception du passage en elle-même ne sont que la résultante de ces adaptations. L'organisme dispose d'un processus chronoceptif nécessaire à la perception et l'anticipation des mouvements et changements dans le monde, et à l'adaptation à ces derniers. La perception de passage pourrait très bien être un effet secondaire (*by-product*) relativement neutre de ces derniers. Neutre signifie dans ce contexte invisible pour la sélection naturelle. Dès lors, inutile de chercher une explication adaptative à l'*existence* de cette perception du passage du temps. À l'inverse, ce serait sa disparition du phénotype temporel qui serait le fruit d'une adaptation qu'il faudrait élucider. Or en l'absence d'inconvénient biologique lié à ces perceptions – ce

179 « a forthcoming threatening event produces a time distortion, with time being judged longer than normal, but without disrupting sensitivity to time. This demonstrates that the emotion of fear did not disorganize the perception of time. On the contrary, these distortions of time enable the organism to adapt efficiently to forthcoming events. As Darwin explains, when an organism experiences fear, emotional reactions are organized by motivational states of defense that ensure survival. When a subject is confronted with an imminent danger, the pupils dilate, the heart accelerates, the blood pressure increases, the muscles contract. The whole body is mobilized to be ready to react (i.e., to escape or attack) as quickly as possible. Consequently, without disturbing the processing of time, the internal clock runs faster, thus ensuring that the individual is prepared to act earlier. The overestimation of time in a fearful situation would therefore be associated with the automatic preparation of the organism to act or to move. » (Droit-Volet, op.cit.)

qui est corroboré par l'observation que les comportements de personnes présentant des états de détemporalisation sont peu affectés – rien n'oriente la sélection naturelle vers leur élimination. L'écueil adaptationniste consiste à attribuer un rôle adaptatif à tout élément phénotypique observé. Or nombre d'entre eux n'ont pas besoin de telles explications (Gould et Lewontin, 1979)¹⁸⁰.

En conclusion, le passage du temps fait indéniablement partie du phénotype temporel, au moins chez *homo sapiens*. En témoignent les rapports verbaux de telles perceptions, aussi bien dans des contextes quotidiens comme les situations d'ennui que dans des cas plus dramatiques (dont la détemporalisation). Rien ne laisse supposer que ce trait phénotypique n'est pas partagé dans le monde animal. En effet, nous avons vu que des perceptions qui y semblent liées, en particulier celle du mouvement et du changement dans le monde observé, sont explicables en termes d'intérêt évolutif. La question serait plutôt : jusqu'à quel point (en termes d'éloignement phylogénétique) ce trait est-il retrouvé ? La perception d'un passage du temps est surtout présente lorsque l'ennui fait son apparition. L'ennui a également un rôle évolutif probable dont j'ai proposé quelques hypothèses. Il est plausible que la perception de passage en elle-même soit le fruit de l'existence d'horloges biologiques requises pour le bon fonctionnement des perceptions de mouvement et des situations d'ennui, qu'on peut reformuler en perception d'une certaine inefficacité cognitivo-comportementale qu'il est favorable de contrer. Peut-être, comme le suggère Sylvie Droit-Volet, les perceptions de passage ont elles-mêmes une fonction évolutive. Mais jusqu'à preuve du contraire, les considérer comme le corrélât accidentel de ces deux adaptations me semble une explication satisfaisante.

Dans les chapitres 2 et 3, j'ai développé une explication naturaliste des perceptions temporelles dont j'ai distingué différents aspects. D'une part, la perception d'un présent contrastant avec les événements antérieurs et postérieurs qui constituent respectivement passé et futur relatifs. D'autre part, l'aspect dynamique de nos perceptions, à tel point contradictoire avec l'hypothèse (B), qui stipule l'inexistence d'un passage du temps, qu'en première lecture

¹⁸⁰ « Nous ne doutons pas du fait que le tyrannosaure utilisait ses minuscules pattes avant pour quelque chose. Si elles étaient apparues de novo, nous aurions encouragé la recherche d'une raison adaptative immédiate. Mais elles sont, après tout, la forme réduite d'homologues fonctionnels chez des ancêtres (les membres plus longs des allosaures par exemple). Ainsi, nous n'avons pas besoin d'une explication explicitement adaptative de la réduction de taille en elle-même. Il est probable qu'il s'agisse d'un corrélât développemental de l'agrandissement de la tête et des membres postérieures, en termes allométriques. » (« We don't doubt that *Tyrannosaurus* used its diminutive front legs for something. If they had arisen *de novo*, we would encourage the search for some immediate adaptive reason. But they are, after all, the reduced product of conventionally functional homologues in ancestors (longer limbs of allosaurs, for example). As such, we do not need an explicitly adaptive explanation for the reduction itself. It is likely to be a developmental correlate of allometric fields for relative increase in head and hindlimb size. », Gould et Lewontin, 1979).

elles ont pu fournir un argument *contre* cette hypothèse. Il s'avère que la conjonction de nos quatre hypothèses fournit un cadre théorique qui permet de rendre compte de façon exhaustive des différents aspects de notre phénotype temporel. Ce n'est vraisemblablement pas la seule théorie à pouvoir aspirer à ces résultats, mais compte tenu du caractère parcimonieux de mes hypothèses initiales, j'estime que la théorie naturaliste des perceptions temporelles s'avère particulièrement satisfaisante.

Je souhaite clore cet essai par une perspective supplémentaire : celle d'apporter un éclairage nouveau sur l'origine des perceptions temporelles. Ce travail impliquera un retour en arrière dans l'histoire du vivant, notamment basée sur la méthode phylogénétique, qui nous amènera à une considération qui me semble originale de cette chose que nous appelons le temps.

Chapitre 4 concernant une histoire naturelle du temps

J'ai consacré le premier chapitre de cet essai à la déposition de quatre hypothèses formant les bases d'une théorie naturaliste des perceptions temporelles. L'hypothèse naturaliste (N) stipule que celle-ci doit trouver son assise dans les données actuelles de la science, sans faire appel à des hypothèses ad hoc non objectivables. (B) nous fournit un cadre parcimonieux pour comprendre l'organisation des faits temporels, compatible avec l'approche naturaliste. Elle spécifie que les faits temporels entretiennent des relations d'antériorité ou de simultanéité. L'hypothèse (G) nous fournit un substrat physique sur lequel peuvent survenir ces relations entre faits temporels : un gradient entropique définissant un ordre des faits temporels. Le sens de cet ordre, déterminant la relation d'antériorité trouve son origine notre appréhension perspective des événements. Nous considérons qu'un fait est antérieur à un autre lorsque le premier a pu laisser une trace dans le monde au moment où le second a lieu. Les faits psychologiques sont des faits temporels comme les autres, survenant sur un substrat physique : l'organisation de la matière dans le cerveau. Nous appelons souvenir une trace laissée par le fait d'une perception antérieure¹⁸¹. L'existence d'une organisation sophistiquée de la matière, pouvant réagir lorsqu'un fait temporel donné requiert une action concomitante et pouvant *utiliser* les traces laissées par des perceptions antérieures en vue de sa propre existence trouve une explication plausible dans notre quatrième hypothèse : (S). Celle-ci n'est autre que la théorie de l'évolution qui montre comment la matière peut s'organiser de manière complexe à partir d'un système désordonné¹⁸², par le simple biais de deux mécanismes fondamentaux : le hasard et la sélection.

Les chapitres 2 et 3 ont mis en évidence que ces quatre hypothèses de travail étaient suffisantes pour expliquer le phénotype temporel humain, c'est-à-dire l'ensemble des traits comportementaux observables témoignant de perceptions temporelles chez *homo sapiens*. Une théorie des perceptions temporelles qui se contenterait de ces résultats laisserait un goût d'inachevé : il me reste à expliquer comment de tels phénotypes ont pu apparaître, autrement dit proposer une histoire naturelle crédible de l'évolution des perceptions temporelles. Dans le contexte de l'hypothèse (N) et du principe de minimalisme fonctionnaliste, je vais considérer qu'il existe une perception donnée dès lors que l'existence de celle-ci constitue l'explication la plus parcimonieuse de l'observation d'un certain comportement¹⁸³. Nous ne pouvons pas

¹⁸¹ Ou considéré comme tel, puisqu'il existe également de faux souvenirs.

¹⁸² Au prix d'une transformation d'énergie libre en chaleur, l'évolution ne contrevient pas à l'hypothèse (G).

¹⁸³ Je laisse le soin à une personne souhaitant défendre une définition plus restrictive des perceptions d'en apporter les raisons.

observer directement les comportements d'organismes ayant vécu il y a plusieurs millions d'années, mais il est possible de les inférer à partir d'indices morphologiques ou contextuels. La mise en évidence d'un appareil locomoteur suggère la façon dont l'animal se déplaçait, la présence d'un appareil masticatoire apporte des indices sur son mode d'alimentation. La présence de différents individus dans la même strate d'un site fossilifère peut suggérer de possibles interactions : prédation, parasitisme, vie en groupe, etc.

Outre l'examen de pièces fossiles, nous pouvons également nous appuyer sur l'*argument phylogénétique* pour inférer l'existence d'un comportement chez un organisme ancien. Celui-ci consiste à attribuer un trait phénotypique au dernier ancêtre commun d'organismes disposant tous deux de ce trait. Plus les organismes actuels partageant un caractère commun sont éloignés dans l'arbre phylogénétique, plus leur dernier ancêtre commun est vraisemblablement ancien. Cet argument phylogénétique trouve ses limites dans le cas où il existe une forte pression de sélection en faveur de l'apparition d'une fonction. C'est d'autant plus vrai que les possibilités de la réaliser sont réduites par des contraintes, par exemple physiques. C'est cela qui explique la ressemblance entre l'aile d'une chauve-souris (voir 1.1.1), celle d'un ptérodactyle et celle d'un oiseau¹⁸⁴. Ces groupes n'ont pas d'ancêtre commun ailé, mais l'*analogie*¹⁸⁵ de la forme des ailes s'explique par les contraintes aérodynamiques inhérentes au vol. Il est évident que ce phénomène de *convergence évolutive* contient une part d'arbitraire : les ailes ne se ressemblent que selon un certain point de vue et diffèrent par bien des aspects. Constaté une ressemblance suppose deux abstractions. D'une part, il faut considérer l'organe pour lui-même, alors qu'il n'est pas indépendant du reste de l'organisme. D'autre part, il est nécessaire de s'intéresser à une caractéristique particulière de cet organe : en l'occurrence sa forme. Si on s'intéressait à une autre fonction de l'aile (thermorégulation chez les chiroptères, parade nuptiale chez certains oiseaux) ou une autre caractéristique morphologique que la forme générale (présence de plume ou d'une membrane), aucun phénomène de convergence ne serait constaté. Néanmoins, l'existence d'apparentes similitudes entre des organes apparues indépendamment à plusieurs reprises nous alerte sur le fait que l'argument phylogénétique ne peut pas, à lui seul, témoigner du fait qu'un caractère donné était indubitablement présent chez un ancêtre commun. Ainsi, c'est un faisceau d'arguments qui est nécessaire pour déterminer l'existence d'un trait donné chez un organisme aujourd'hui disparu. C'est sur cette base que je vais proposer un scénario de la

¹⁸⁴ Ainsi que celles de l'être humain ! La forme des ailes de nos avions partage d'évidentes caractéristiques avec celles des animaux que j'ai cités. La nuance se situe dans le fait que les ailes humaines ne sont pas le produit direct de la sélection naturelle (encore que celle-ci ait produit des cerveaux capables de les concevoir), mais d'une ingénierie téléologique. Cependant, les ailes d'avions modernes sont également le résultat de multiples essais (pas tout à fait hasardeux) et erreurs (permettant une sélection).

¹⁸⁵ Qu'on oppose à *homologie*. On dit de deux caractères qu'ils sont homologues lorsqu'ils ont une origine phylogénétique commune. Par exemple la main du chimpanzé est homologue à celle de l'homme.

phylogenèse des perceptions temporelles. Cette histoire naturelle, s'appuyant sur l'hypothèse (S), va nous conduire à une question jusqu'à présent laissée en suspens. Quel est l'objet exact de la sélection naturelle ? J'introduirais pour cela la notion de *réplicateur* en tant que plus petite unité d'action de la sélection naturelle. Je vais défendre la thèse selon laquelle le *gène* (entendu comme information portée par un réplicateur) est le véritable objet de la sélection et que la reproduction et la survie des animaux n'est que le produit indirect de la pérennisation de réplicateurs et de leur action, directe ou indirecte, sur la vie macroscopique. J'étudierai l'implication de cette hypothèse pour une origine biologique de ce que nous appelons *le temps*.

4.1. Une phylogénèse des perceptions temporelles

L'histoire de la vie est empreinte d'autant de drames que d'heureux hasards. Les grandes extinctions relèvent de changements brutaux (à l'échelle géologique) et imprévisibles. Cela implique une redistribution des cartes : les individus préalablement prospères ne seront pas nécessairement les plus aptes à survivre et se reproduire dans de nouvelles conditions. Il s'agit d'une transformation abrupte du paysage adaptatif (voir 1.4.2.2). Les mammifères ont ainsi tiré leur épingle du jeu à la fin du Crétacé, à l'occasion de bouleversements environnementaux qui ont vu s'éteindre une grande partie des dinosaures¹⁸⁶. C'est un fait qui relève de la dérive et qu'il serait abscons d'attribuer à une meilleure valeur sélective antérieure. L'expansion des mammifères au détriment des reptiles ne peut pas être attribuée à un avantage sélectif préalable et il serait erroné d'inférer un tel avantage rétrospectivement à partir du fait qu'ils aient prospéré :

L'argumentation selon laquelle la supériorité adaptative est à la base de la survie risque de relever du raisonnement circulaire [...]. La survie est le phénomène qu'il s'agit d'expliquer, et non la preuve, *ipso facto*, que ceux qui ont survécu étaient « mieux adaptés » que ceux qui ont péri [...]. L'aptitude – dans ce contexte, l'adaptation supérieure – ne doit pas être définie après coup par la survie, mais doit être prédite avant la mise à l'épreuve, grâce à une analyse de la forme, de la physiologie ou du comportement. (Gould, 1998, p. 205)

Le fossile de *pikaia gracilens* se trouve dans la strate géologique du Cambrien, période remontant à 540 millions d'années. Les premiers fossiles témoignant de la vie au Cambrien ont été découverts dans les schistes de Burgess en Colombie-Britannique. Ces derniers mettent en évidence le caractère unique du Cambrien dans l'histoire de la vie en termes de diversité des animaux¹⁸⁷. *Pikaia* a été décrit par Simon Conway Morris comme appartenant à l'embranchement des chordés auquel appartient le sous-embranchement des *vertébrés* (Conway Morris et Caron, 2012). La fin du Cambrien a constitué un goulot d'étranglement majeur pour le vivant : une grande partie des espèces s'est éteinte, ne laissant que les quelques plans d'organisation que l'on retrouve aujourd'hui chez la majorité des

¹⁸⁶ Notamment lié à l'impact d'une météorite et exception faite des ancêtres de nos oiseaux actuels, derniers représentants du super-groupe *dinosauria*.

¹⁸⁷ « La variété anatomique atteint un maximum [au Cambrien]. Dans l'histoire ultérieure de la vie, c'est l'élimination qui a eu cours, et non pas l'expansion. La Terre est peut-être actuellement peuplée de beaucoup plus d'espèces qu'elle n'en a jamais porté, mais la plupart d'entre elles ne font que réitérer un petit nombre d'organisations anatomiques fondamentales. [...] l'accroissement probable des espèces avec le temps ne fait que rendre plus apparents le paradoxe et l'énigme. Comparés aux mers de Burgess [i.e. du Cambrien], les océans d'aujourd'hui contiennent beaucoup plus d'espèces, mais qui ne représentent qu'un bien plus petit nombre d'organisations anatomiques. » (Gould, 1998, p. 49)

animaux. Rien ne permet de penser que la disparition d'une grande partie de la diversité cambrienne soit le fait de la moins bonne adaptation des organismes appartenant aux branches mortes¹⁸⁸. *Pikaia*, si on ne se reconnaissait pas d'une certaine façon en lui, passerait probablement inaperçu au sein de la faune cambrienne. Rien ne prédisait à priori la survie du petit groupe auquel il appartenait. Or, comme le suggère Stephen Jay Gould :

Rembobinez le film de la vie jusqu'à l'époque de Burgess, et laissez-le dérouler à nouveau. Si *Pikaia* ne survit pas dans ce redéroulement, alors nous sommes effacés de l'histoire ultérieure – nous tous, du requin au rouge-gorge et à l'orang-outan. Et je ne pense pas qu'aucun commissaire handicapé [personne chargée d'estimer à priori les chances de victoire], sur la base de ce que l'on connaît aujourd'hui de Burgess, ne donnerait beaucoup de chances de survie à *Pikaia*. (op.cit., p. 431)

En aucun cas il ne serait raisonnable de considérer l'advenue de perceptions temporelles, au même titre que n'importe quel élément phénotypique observable aujourd'hui, comme une *nécessité biologique*. Je vais dans cette partie proposer une histoire naturelle de l'apparition des perceptions temporelles. Il me semble que le noyau dur de ces perceptions est l'apparition du présent indexical. Les autres traits phénotypiques (perceptions de passage, anticipation des faits temporels futurs, etc.) dépendent de cette indexicalité première. Le projet est ici déjà suffisamment spéculatif pour ne pas me risquer à proposer une histoire naturelle exhaustive de l'ensemble des perceptions temporelles que nous avons abordées dans les chapitres précédents. La question sur laquelle nous allons nous concentrer sera donc : quand et pourquoi des êtres vivants en sont venus à considérer un état du monde comme *le présent* ? Autrement dit, quand est-il devenu pertinent de distinguer un moment particulier s'avérant être contemporain du fait temporel qu'est sa perception ?

4.1.1. Proto-perceptions temporelles

Il peut sembler contre-intuitif d'aborder diverses perceptions temporelles avant de considérer celle qui peut sembler la plus primitive : la perception du monde *comme étant présent*. Cependant, il me semble que le présent (et par la même occasion les perceptions temporalisées, ou perceptions A) relève d'une innovation relativement tardive dans l'histoire

¹⁸⁸ « si l'on regarde honnêtement la faune de Burgess, on doit admettre que l'on n'a pas la plus petite preuve – pas une ombre de preuve – que les perdants, lors de la grande décimation, étaient systématiquement inférieurs aux survivants par leur organisation anatomique. » (ibid., p. 306)

de la vie. Comme le fait remarquer Pierre Janet, dont le travail ne me semble pas éloigné de l'élaboration d'une *théorie naturaliste des perceptions temporelles* : « les êtres primitifs traversent le temps sans avoir l'air de s'en occuper » (Janet, 2006, p. 48). De plus, « le présent n'est pas nécessaire dans les débuts de la mémoire. » (ibid., p. 234). Ces deux idées me semblent tout à fait exactes : il ne devient nécessaire de percevoir le temps que lorsqu'il est impératif d'agir en fonction de lui. Et la première donnée temporelle *utile* est celle qui permet de différencier un *avant* et un *après*, afin d'*orienter l'action*. Je vais donc commencer mon récit par une hypothèse sur l'apparition de perceptions temporelles antérieures à toute notion d'un présent particulier.

4.1.1.1. Indifférence temporelle

J'ai déjà évoqué la difficulté que représente la définition de la vie. Trois attributs semblent néanmoins contribuer à donner un « air de famille » aux objets vivants : la reproduction, le métabolisme et la distinction intérieur-extérieur. J'ai déjà explicité les deux premiers caractères (voir 1.1.3) ; qu'en est-il du troisième ? Un point commun entre particules virales, bactéries, archées et eucaryotes est de disposer d'une membrane lipidique qui marque une frontière entre les milieux intérieurs et extérieurs. Ces membranes comportent des pores les rendant perméables à certains éléments, leur permettant de réaliser des échanges avec leur environnement. Notons que ces échanges sont descriptibles dans les termes de l'hypothèse (G) : lorsque la concentration d'une molécule ou d'un ion est supérieure dans le milieu interne, l'entrée de celui-ci aura un coût en énergie libre¹⁸⁹. Pour vivre, la cellule est donc en quête d'une source d'énergie libre à même d'alimenter son métabolisme.

Il est vraisemblable que les premières formes de vie, à la frontière de la chimie organique abiotique, aient bénéficié d'un accès direct à de l'énergie libre, nécessaire en l'absence de modalité de stockage de l'énergie, ne requérant pas d'action orientée de leur part. Les expériences de Miller et Uray (Miller, 1953 ; Miller et Uray, 1959) montrent que l'environnement dans lequel les premières formes de vie sont vraisemblablement apparues permettait un accès immédiat à différentes sources d'énergie libre :

Aujourd'hui, la source d'énergie libre directe ou indirecte de tous les organismes vivants est la lumière du soleil, utilisée par les organismes effectuant la photosynthèse. Mais avant l'évolution de la photosynthèse, d'autres sources d'énergie libre ont dû être utilisées[...]. Il est

¹⁸⁹ Consommation d'ATP (adénosine triphosphate) par des enzymes spécifiques, les ATPases membranaires, permettant le transfert d'un ion donné à l'inverse de son gradient osmotique. La différence de concentration entre les milieux intra et extracellulaires pour un ion donné peut à son tour servir de source d'énergie pour l'entrée d'autres ions ou molécules via des canaux membranaires spécifiques.

évident que la lumière du soleil est la principale source d'énergie, mais seule une petite partie contient les longueurs d'onde inférieures à 2000 Å [longueur d'onde, ici exprimée en angströms, appartenant à l'ultraviolet lointain] pouvant être absorbées par du CH₄, de l'H₂O, du NH₃, du CO₂, etc. [...]. Une source continue d'énergie est [initialement] requise.¹⁹⁰ (Miller et Urey, 1959, ma traduction)

Les cheminées hydrothermales parsemant le plancher océanique constituent des candidats plausibles au rôle de source continue d'énergie (Colín-García et al., 2016). Malgré les conditions de pression et de température qui y règnent, on observe toujours aujourd'hui un riche écosystème à leur proximité.

Orienter son action en vue d'obtenir des composés chimiques particuliers du milieu environnant suppose, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant, de disposer de capteurs¹⁹¹, de moyens d'internaliser ces composés et de moyens de stocker l'énergie libre qui en est extraite. Les toutes premières formes de vie ne disposaient vraisemblablement pas d'un tel appareillage, dont la sophistication témoigne d'un processus de sélection naturelle. On peut en conclure que les premiers organismes étaient *indifférents au temps*, dans la mesure où ni un présent particulier ni des relations d'antériorité n'avaient de rôle à jouer dans leur existence. Nous n'avons aucun moyen de savoir combien de temps cet état atemporel du vivant a persisté, mais tout porte à croire que ce n'était plus le cas à l'époque du dernier ancêtre commun de la vie que nous observons aujourd'hui (voir 1.4.2.2).

4.1.1.2. Chimiotaxie et relation d'antériorité

On peut supposer, par argument phylogénétique, qu'à l'instar des bactéries, archées et eucaryotes monocellulaires actuels¹⁹², les cellules primitives se procuraient leur énergie libre via l'internalisation de composés chimiques présents dans leur environnement (Weiss et al., 2016). Un autre argument phylogénétique nous permet de supposer l'existence précoce d'une

¹⁹⁰ « At the present time the direct or indirect source of free energy for all living organisms is the sunlight utilized by photosynthetic organisms. But before the evolution of photosynthesis other source of free energy must have been used [...]. It is évident that sunlight is the principal source of energy, but only a small fraction of this is in the wavelengths below 2000 Å which can be absorbed by CH₄, H₂O, NH₃, CO₂, and so on [...]. A continuous source of energy is needed » (Miller et Urey, 1959). Les molécules mentionnées, respectivement le méthane, l'eau, l'ammoniac et le dioxyde de carbone sont considérés par les auteurs comme les principales molécules présentes dans l'atmosphère primitive, conformément à l'hypothèse d'Alexandre Oparine (citée dans Miller, 1953).

¹⁹¹ Capteurs répondant, dans une certaine mesure, aux mêmes exigences de conformation que les anticorps pour leur antigène. Ce sont aussi les réalisations d'un serrurier aveugle (voir 1.4.1).

¹⁹² Bactéries, archées et eucaryotes étant les trois domaines du vivant (Woese et al., 1990). Les animaux (métazoaires) sont un règne appartenant au domaine des eucaryotes. Je n'aborde pas ici les cas particuliers des virus et plasmides.

réponse active de certaines cellules à des contingences de l'environnement. La chimiotaxie¹⁹³ est présente aussi bien chez les eucaryotes que chez les bactéries (Adler et Tso, 1974). Elle suppose une capacité à comparer la concentration d'une espèce chimique *avant* et *après* un mouvement, afin que le déplacement ait lieu dans la bonne direction. Nous avons donc de bonnes raisons de croire qu'une forme primitive de perception temporelle, au moins celle d'une relation d'antériorité entre deux faits temporels (en l'occurrence des concentrations chimiques dans le milieu extérieur) ait existé très tôt dans l'histoire de la vie, bien avant l'apparition des organismes multicellulaires et des animaux. Cependant, cela n'implique pas que la perception d'un présent particulier l'ait accompagné, voire précédé. Le phénomène de chimiotaxie ne suppose rien d'autre qu'une organisation des perceptions temporelles qu'on pourrait décrire en termes B, sans même faire appel à la notion de perspective temporelle, incluse dans l'hypothèse (B). Il faut que les concentrations chimiques perçues soient croissantes (s'il s'agit de la concentration d'un composé recherché par la cellule) d'une « mesure » à l'autre. En d'autres termes, la fonction de ces proto-perceptions temporelles a probablement été de *s'orienter dans l'espace*. Pourquoi ne pas considérer que chaque perception de concentration chimique est une concentration *présente*, dans le sens où chaque mesure reflète l'état de l'environnement au moment de sa réalisation ? Parce que les premières cellules ne s'intéressaient vraisemblablement pas tant à l'état du monde qui les entourait qu'à la variation de cet état en fonction de leur déplacement.

4.1.1.3. Communication et multicellularité

Les cellules, devenues capables de percevoir des signaux chimiques dans leur environnement, ont pu mettre à profit cette sensibilité pour communiquer sommairement entre elles. En supposant que certaines d'entre elles s'organisaient en colonies comme le font encore certaines bactéries aujourd'hui, on peut y voir les prémices de la multicellularité. Les premiers organismes multicellulaires l'ont vraisemblablement été de façon facultative, adoptant ce mode de coopération lorsque l'environnement s'y prêtait, mais conservant une indépendance relative. Chez les eucaryotes, la multicellularité est apparue indépendamment au moins à vingt reprises (Thomas et al., 2016, p. 41)¹⁹⁴. Pour qu'un organisme multicellulaire fonctionne en tant qu'organisme (par opposition à une simple juxtaposition de cellules), ses cellules doivent coordonner leur action, c'est-à-dire communiquer. Les signaux chimiques constituent un moyen parcimonieux – car reposant sur des outils moléculaires que les

¹⁹³ Détermination du mouvement d'un organisme en fonction d'espèces chimiques présentes dans l'environnement, permettant par exemple de se rapprocher d'une source d'énergie métabolisable.

¹⁹⁴ Ce qui constitue un autre exemple remarquable de convergence évolutive.

unicellulaires possédaient déjà – d’y parvenir. On retrouve aujourd’hui ce mécanisme chez les animaux sous la forme de signaux hormonaux.

La communication, qu’elle ait lieu entre organismes ou au sein d’un même organisme multicellulaire, suppose le partage d’une certaine perspective temporelle. *La question précède la réponse*. Cependant, comme je l’ai souligné, les premières formes de communication étaient probablement semblables, dans leur fonctionnement, aux perceptions des caractéristiques chimiques de l’environnement. Les deux phénomènes requièrent l’existence d’un récepteur adapté au signal perçu, qu’il s’agisse d’une propriété de l’environnement ou d’une information chimique transmise par une autre cellule¹⁹⁵.

Au même titre qu’il est légitime de considérer que les cellules percevant telle ou telle caractéristique de leur environnement ont, en quelque sorte, une perception présente, il est conceptuellement correct d’attribuer une temporalité commune aux organismes (ou aux différentes parties d’un même organisme) qui communiquent : un présent commun. Cependant, je pense que les mêmes réserves que celles évoquées au paragraphe précédent peuvent s’appliquer. Si on souhaite considérer le présent comme plus qu’une stricte relation de simultanéité (entre perception et événement perçu), autrement dit, si on souhaite expliquer l’existence de croyances A au sens de Mellor (voir l’introduction du chapitre 2), il faut expliquer ce que Robin Le Poidevin appelle le « choc du maintenant » (*the shock of the now*, Le Poidevin, 2009, p. 57), c’est-à-dire le caractère *particulier* du présent vis-à-vis de tout autre moment. Cela implique un processus différent de la simple contemporanéité de deux faits temporels : il s’agit pour l’organisme de former une représentation de son environnement tel qu’il est *maintenant*, selon une variété de modalités perceptives dont il peut faire la synthèse, et dans une fenêtre temporelle (un *présent mellorien* tel que décrit en 2.1.1) suffisamment fine pour qu’il soit possible de réagir à des contingences environnementales soudaines. Cela semble impliquer un moyen de communication plus efficace, tant en termes de rapidité que de capacité à transmettre des informations complexes. C’est de ce rôle que s’acquitte un système nerveux, permettant par ailleurs de traiter efficacement l’information (en particulier extraire le signal du bruit) et de coordonner la réponse comportementale subséquente.

¹⁹⁵ Du point de vue d’une cellule donnée, les deux phénomènes ne présentent d’ailleurs pas de différence qualitative. Cela rejoint une précédente remarque : l’environnement, c’est les autres (voir 2.3.1).

4.1.2. La transition Édiacarien-Cambrien : fin de l'éternité

La découverte de fossiles édiacariens présentant des analogies morphologiques significatives avec certaines espèces retrouvées au cours de la radiation évolutive du Cambrien (période faisant immédiatement suite à l'Édiacarien) renforce l'idée d'une parenté entre certains organismes ayant vécu durant l'Édiacarien et les animaux du Cambrien (Fedonkin et Waggoner, 1997). Peter Godfrey-Smith suggère néanmoins un contraste particulier entre ces deux périodes:

Nos cousins animaux sont très réceptifs à leur environnement ; ils prêtent attention aux amis, ennemis et d'innombrables autres caractéristiques de leur environnement. Ils font cela, car ce qui les entoure *importe* ; souvent c'est une question de vie ou de mort. La vie édiacarienne ne montre pas de signe de cette relation d'instant à instant avec l'environnement. Si tel est le cas, nos ancêtres édiacariens employaient leur système nerveux – lorsqu'ils en possédaient un – à d'autres fins que celle qu'on observe chez de plus récents animaux. Plus précisément, il a pu s'agir d'un temps où le rôle joué par le système nerveux [concernait] la coordination interne plutôt que le contrôle sensorimoteur. Les systèmes nerveux auraient eu pour fonction de programmer les mouvements, maintenir certains rythmes, ramper et (peut-être) nager. Cela aurait inclus une certaine sensibilité à l'environnement, mais peut-être pas très importante.¹⁹⁶ (Godfrey-Smith, 2018, p. 33-34, ma traduction)

Godfrey-Smith présente l'Édiacarien comme une période durant laquelle les premiers organismes multicellulaires interagissent peu. Ils se nourrissent probablement d'un tapis océanique relativement uniforme d'unicellulaires pratiquant la photosynthèse. L'environnement doit, si cette hypothèse est correcte, être relativement homogène. Cette uniformité doit être spatiale, mais aussi temporelle. C'est dans cette optique que Godfrey-Smith émet l'hypothèse que les premiers systèmes nerveux devaient certainement servir à la régulation interne plutôt qu'à la perception de l'environnement.

Cependant, si la quête d'énergie libre est la principale activité de la faune d'Édiacara, on peut aussi imaginer que la mort d'un organisme multicellulaire implique la concentration

¹⁹⁶ « Our animal cousins are highly alert to their environment; they track friends, foes, and countless other features of the landscape. They do that because what's going on around them *matters*; often it's a matter of life and death. Ediacaran lives show no evident sign of this moment-to-moment engagement with the environment. If so, this makes it likely that our Ediacaran ancestors put their nervous systems – when they had them – to different uses from those seen in more recent animals. Specifically, this might have been a time when the role played by those nervous systems [concerned] internal coordination rather than sensory-motor control. Nervous systems were for shaping movements, maintaining rhythms, crawling and (perhaps) swimming. This would have included some sensing of the environment, but perhaps not very much. » (Godfrey-Smith, 2018, p. 33-34). Peter Godfrey-Smith reste très prudent dans son interprétation, soulignant qu'il s'agit là d'une spéculation fondée sur un faisceau d'indices très ténu.

spatiale d'une importante densité de ressources énergétiques : son cadavre. L'évolution a pu « saisir » cette opportunité et les premiers carnivores étaient, selon cette hypothèse, des charognards. Une fois l'alimentation carnivore apparue, la prédation a sans doute suivi rapidement. Celle-ci a pu engendrer une *course à l'armement* (voir 2.3.1) ayant mené à l'explosion de la diversité animale marquant les débuts du Cambrien. Avant d'explicitier le lien entre l'apparition de la prédation et l'apparition de perceptions temporalisées, incluant un présent particulier, je vais succinctement revenir sur l'avantage que représente le fait de posséder un système nerveux.

4.1.2.1. Potentiel d'action

Les premiers organismes multicellulaires doivent, nous l'avons vu, assurer leur coordination interne par le biais de signaux chimiques analogues à ceux employés très localement dans notre espèce, par exemple lors d'une réaction inflammatoire. Dans le cas d'une petite plaie cutanée, une inflammation locale se manifeste par une dilatation des vaisseaux sanguins locaux, ce qui explique la rougeur, l'œdème et sensation de chaleur. Cette réaction est liée à la libération de messages chimiques par les mastocytes (globules blancs présents dans le tissu cutané), notamment l'histamine¹⁹⁷. L'action de ces messagers sur les cellules endothéliales des capillaires sanguins entraîne la vasodilatation évoquée, facilitant le passage de cellules immunitaires et l'approvisionnement en ressources nécessaires à la réparation du tissu lésé, c'est-à-dire la cicatrisation. La réaction inflammatoire, basée sur une communication chimique entre les cellules en présence est efficace, mais spatialement limitée, imprécise, aspécifique et lente à se produire.

À mesure que les premiers organismes multicellulaires gagnent en taille et à mesure que certaines de leurs cellules se spécialisent, il devient nécessaire pour différentes régions de l'organisme de pouvoir communiquer rapidement, sur de longues distances, à des cellules cibles spécifiques des messages éventuellement complexes. Un système nerveux répond à ces exigences. Les axones des neurones peuvent communiquer un message complexe (codés en trains de potentiels d'actions, voir 3.3.1), à une distance pouvant atteindre plusieurs mètres, vers une cible précise et de façon bien plus rapide que ne le peut un messenger chimique qui emprunterait la circulation sanguine (comme le font nos hormones). Sans un tel système nerveux, impossible pour moi de commander en quelques millisecondes à un groupe bien précis de muscles pourtant éloignés de plusieurs dizaines de centimètres de mon cerveau, de

¹⁹⁷ Le rationnel de la prescription d'antihistaminiques dans les cas d'allergies vient du fait que l'allergie est un phénomène inflammatoire inapproprié. Je fais ici une description très résumée des mécanismes de la réaction inflammatoire.

produire la fermeture de mes doigts sur le levier de frein de mon vélo afin d'éviter la collision avec la portière de la voiture. Cela témoigne de l'utilité d'un système nerveux dans un environnement relativement imprévisible.

Cependant, l'hypothèse de Godfrey-Smith est que l'intérêt originel du système nerveux était de permettre cette coordination interne, permettant de franchir un obstacle en termes de complexité d'organisation et de taille pour les organismes multicellulaires. Or, les premiers systèmes nerveux sont vraisemblablement apparus dans le contexte d'homogénéité environnementale que constitué l'Édiacarien (Carbone et Narbonne, 2014).

Les contraintes posées par l'apparition de la prédation, tant pour les proies que pour les prédateurs, ont vraisemblablement engendré une course à l'armement en termes de réactivité (voire d'anticipation, comme évoqué en 2.3.3), donc de capacité à percevoir un environnement changeant rapidement du fait de la menace du prédateur ou la fuite de la proie.

4.1.2.2. Le premier des melloriens

Reprenons l'hypothèse de Hugh Mellor (1998, p. 68, citée en introduction du chapitre 2) concernant l'intérêt évolutif d'entretenir des croyances A ou croyances présentes. C'est l'entretien de celles-ci qui permet à la proie de réagir au moment opportun, c'est-à-dire à l'approche d'un prédateur. Plus le prédateur réagit rapidement à la détection de sa proie, meilleures sont ses chances de l'attraper. Réciproquement, la proie a quant à elle intérêt à repérer et fuir (ou affronter) le prédateur pour sa propre survie¹⁹⁸. La diversification des stratégies de défense (camouflage, détection de prédateur, mobilité, parades, etc.) et d'attaque (détection de proie, rapidité et létalité du comportement de prédation) a vraisemblablement participé à la radiation évolutive caractéristique de l'explosion cambrienne.

Les témoignages fossiles cambriens et à fortiori édiacariens sont maigres et les arguments phylogénétiques, comme nous l'avons vu, sont sujets à interprétation. Cependant, la naissance des perceptions temporelles telles que nous les envisageons aujourd'hui, caractérisée l'existence d'un présent particulier et d'une perception de la dynamique environnante est vraisemblablement intimement liée à l'apparition de systèmes nerveux permettant l'exécution de comportements complexes. Ces derniers témoignent de perceptions variées et associées à des changements d'états internes rapides. La transition Édiacarien-

¹⁹⁸ La victoire évolutive des prédateurs dans une telle course à l'armement entraînerait la disparition des proies puis indirectement celle des prédateurs. Il est possible d'expliquer l'absence d'événement de ce type par l'asymétrie des pressions de sélection qui engendrent la course à l'armement, aussi appelée « principe vie-dîner » (*life/dinner principle*, Dawkins, 2016, p. 100). Échouer à capturer la proie représente une perte pour le prédateur qui pourra être compensée ultérieurement. Échouer à s'échapper scelle le destin de la proie. La pression de sélection est donc plus importante pour les proies, leur octroyant, dans la course à l'armement, une longueur d'avance sur les prédateurs.

Cambrien constitue sous bien des aspects un événement remarquable dans l'histoire de la vie. L'apparition de phénotypes temporels, dont les similitudes peuvent être le fait de convergences évolutives autant que d'héritage évolutif, constitue une innovation majeure dont il est plausible qu'elle ait eu lieu à cette occasion. Lorsque l'environnement était sensiblement stable, le temps n'était pas à priori une donnée pertinente pour la vie. Jusqu'à l'Édiacarien, le monde vivant était atemporel, les instants se ressemblaient au point qu'il n'y avait aucune raison de considérer un moment comme plus particulier qu'un autre. La fin de l'Édiacarien a marqué la fin de cette éternité.

4.2. Une origine génétique du temps

La question de la transition entre chimie organique abiotique et apparition de la vie reste délicate. Il n'y a vraisemblablement pas de frontière précise, pas de transition qualitative de l'inerte au vivant, mais nous avons également vu que plusieurs caractéristiques participent à l'air de famille des objets vivants. Or, il est également difficile de dire lequel de ces traits généralement partagés (reproduction, séparation d'avec le milieu extérieur, métabolisme) est apparu en premier, ni même s'ils sont apparus de façon séquentielle.

Je vais néanmoins me focaliser sur l'apparition de la reproduction, notamment du fait de la place décisive que tient cette caractéristique dans les modalités d'action de la sélection naturelle. En effet, comme nous l'avons vu, celle-ci agit sur la proportion de variants d'un même trait, ce qui suppose la génération d'une diversité par mutation et la possibilité de la raréfaction et de la disparition de certains variants par moindre survie et moindre reproduction (ce qui signifie moindre valeur sélective)¹⁹⁹. La sélection naturelle, seule force orientée de l'évolution – la dérive et les mutations relevant du hasard – agit donc sur des objets ayant la caractéristique de se reproduire. La première question que nous allons soulever est celle du niveau hiérarchique de l'action de la sélection naturelle. En effet, plusieurs entités reproductives présentant des variants de caractères peuvent être décrites : les groupes d'individus (espèces, familles, colonies, etc.), les individus eux-mêmes ou encore une unité plus fondamentale : le gène. Je vais chercher à montrer, en m'appuyant sur les travaux de Richard Dawkins (2003) que le gène est l'objet crucial de la sélection naturelle. Je vais poursuivre en analysant les liens qui unissent les gènes aux autres niveaux hiérarchiques de la vie : les individus et les groupes d'individus.

4.2.1. Ce que sélectionne la nature

La sélection naturelle agit sur des variants d'un même caractère. Intéressons-nous au cas particulier de la coopération entre les êtres vivants. C'est bien davantage la norme dans le

¹⁹⁹ J'insiste sur le caractère différentiel de l'action de la sélection naturelle. Le scénario d'une disparition pure et simple de toute forme de vie sur Terre ne pourrait par exemple pas être le fait de la sélection naturelle : il s'agirait d'un cas extrême de dérive. La sélection naturelle oriente l'évolution de façon positive, en favorisant l'expansion des traits propices à leur propre perpétuation. La diminution relative de traits concurrents n'est pas tant le fait de la sélection que son effet secondaire lié au caractère fini des ressources à disposition des organismes, ce qui suppose une forme de concurrence. Il convient de ne pas confondre cette concurrence avec celle qui conduit à une course à l'armement comme précédemment cité. Il s'agit, dans le cas de la sélection naturelle, de la variation de proportions entre deux variants d'un même caractère au sein d'une population d'individus apparentés.

monde animal qu'une caricaturelle « lutte constante pour la survie du plus fort ». On observe d'une part le cas d'interactions mutuellement profitables entre espèces : la symbiose. Le corps humain contient environ le même nombre de bactéries que de cellules issues de la division du zygote (Sender et al., 2016). Ces dernières nous sont indispensables par exemple pour la digestion ou l'immunité ; elles bénéficient quant à elles d'un milieu favorable à leur reproduction, stable sur le plan de la température et riche en sources nutritives. Il existe également des exemples de comportements bénéficiant à d'autres individus qui ne relèvent pas d'un échange immédiat de bons procédés. Chez les primates, les parents consacrent beaucoup d'énergie à leurs enfants, on observe des dauphins porter un congénère blessé à la surface pour lui permettre de respirer, les chauves-souris vampires partagent par régurgitation le sang dont elles se nourrissent à celles de leurs semblables dont la chasse d'une nuit a été moins fructueuse (Carter et Wilkinson, 2012). Ces exemples suggèrent un paradoxe : la sélection naturelle est supposée optimiser à court terme la valeur sélective de l'entité sur laquelle elle agit. Comment expliquer de tels comportements qui sont coûteux pour un individu, mais n'impliquent pas un « retour direct sur investissement » ?

À un niveau phénotypique, c'est-à-dire en termes de caractéristiques morphologiques ou comportementales d'individus, nous pouvons appeler variant *altruiste* un variant qui va favoriser la valeur sélective d'autres individus et *égoïste* le variant qui privilégiera systématiquement la valeur sélective de l'entité qui l'exprime²⁰⁰. La sélection naturelle devrait, toute chose égale par ailleurs, favoriser les variants égoïstes. Cependant, nous observons qu'à certains niveaux hiérarchiques, notamment celui des individus, des comportements altruistes sont très fréquemment observés. Je vais montrer que résoudre ce paradoxe n'implique pas de réviser notre conception de la sélection naturelle, mais de nous pencher sur le niveau hiérarchique auquel elle intervient. Je vais prendre l'exemple d'un comportement altruiste, observé chez un genre de la famille des mangoustes vivant en Afrique du sud-ouest.

4.2.1.1. Pourquoi l'altruisme biologique ?

Les suricates sont de petits carnivores vivant en colonies familiales au sein de galeries sous-terraines de leur propre fabrication (van Staaden, 1994). Ils se nourrissent essentiellement d'insectes et de petits reptiles qu'ils trouvent en surface. Cependant, à l'air libre, ils sont les proies d'autres prédateurs, en particulier de rapaces. Alors que certains

²⁰⁰ Une fois encore, l'utilisation de termes issus du champ lexical de la morale n'est pas satisfaisante. Ce sont néanmoins les termes consacrés pour décrire ces comportements, utilisés en particulier par Dawkins (2003).

membres de la colonie cherchent de la nourriture, explorent l'environnement ou vaquent à diverses activités, d'autres individus assurent la sécurité du groupe en tenant un rôle de sentinelle. Si ces derniers repèrent un prédateur, ils donnent l'alerte, ce qui permet à l'ensemble de la colonie de s'abriter dans les galeries. Les sentinelles sont particulièrement exposées puisque facilement repérables par les prédateurs. De plus, elles sont d'autant plus à risque d'attirer sur elles l'attention du rapace puisqu'elles donnent l'alerte en émettant un cri. Comment expliquer la pérennité de ce comportement altruiste (dans le sens où il bénéficie à la colonie au détriment de l'individu) ?

Une première hypothèse consiste à proposer une sélection à l'échelle du groupe. La sélection naturelle favoriserait les groupes dont les membres ont un comportement d'entraide, si bien que seuls de tels groupes pourraient se pérenniser au détriment de groupes d'égoïstes. Le problème que soulève cette hypothèse est lui suivant. Dans un groupe d'altruiste, un « tricheur » (un individu qui adopterait un comportement égoïste au sein d'une colonie d'altruistes) tirerait bénéfice du comportement de sentinelle des autres suricates sans lui-même prendre le risque de s'exposer à son tour. Un groupe initialement composé d'altruistes seraient exposés à un risque de transition vers l'égoïsme par la meilleure valeur sélective conférée au tricheur. La sélection naturelle à l'échelle groupale ne pourrait rien pour empêcher une telle mutation au sein du groupe, puisqu'elle n'agit par définition que sur les proportions de groupes variants.

Une explication à l'échelle individuelle est parfois possible. Lorsqu'une situation est amenée à se répéter, adopter un comportement de tricheur peut condamner un individu à l'ostracisme. Si la vie en groupe présente des avantages marqués, un bannissement peut engendrer une perte importante de valeur sélective. Cependant, la réciprocité n'explique pas tout. Dans notre colonie de suricates, les plus jeunes ne participent pas au tour de garde. Ils en tirent pourtant bénéfice. Et aucune réciprocité ne peut être attendue des générations antérieures, puisqu'une fois adultes, les jeunes suricates auront pris la place de leurs aînés les plus anciens²⁰¹. L'explication alternative consiste à considérer non pas l'individu, mais ses gènes comme objets de la sélection naturelle. Pris sous cet angle, les comportements de coopération entre suricates d'une même colonie peuvent s'expliquer par l'intérêt égoïste des gènes qu'ils partagent²⁰². Il est probable pour un gène d'avoir une copie présente dans le

201 Cet argument est à relativiser chez les suricates dont l'espérance de vie reste importante comparativement à la durée de maturation des juvéniles. La coopération sans attente de réciprocité est plus marquée chez d'autres espèces, par exemple chez certaines abeilles où les ouvrières stériles permettent à leur reine de vivre sans que cela augmente directement leur propre valeur sélective, par définition nulle en l'absence de potentiel reproductif (Dawkins, op.cit., p. 237-240).

202 William Hamilton (1964) a mis en équation l'intérêt pour un gène de favoriser un parent. Cela dépend du degré de parenté, de l'assurance de la véracité de ce lien de parenté (mais pour un gène favorisant la coopération, l'observation d'un comportement de coopération est un bon indice), et de la probabilité de survie et de reproduction du parent.

génomique d'un parent proche. Si l'effet de ce gène est de favoriser un comportement d'entraide familiale, il sera positivement sélectionné s'il est suffisamment sélectif à l'égard des bénéficiaires de l'entraide²⁰³.

La théorie du gène égoïste ou conception gène-centrée de l'évolution stipule qu'on peut décrire l'ensemble des traits phénotypiques, y compris des comportements comme l'altruisme, par le prisme de gènes dont « l'objectif » est de favoriser leur propre perpétuation, indépendamment de toute autre considération. Je place bien entendu le terme « objectif » entre guillemets, puisque nous sommes là, une fois encore, dans la situation d'un biais de sélection (voir 1.4.1). Aucune intention ne doit être prêtée aux gènes pour appliquer le modèle. Ils n'ont une téléologie apparente que dans la mesure où les variants qui n'ont pas pour effet de favoriser leur propre perpétuation disparaissent. Ils ne sont donc simplement pas observés à posteriori. Outre la sélection par parenté, considérer le gène comme étant l'objet effectif de la sélection naturelle permet d'expliquer la totalité des événements liés à l'évolution et aux phénotypes (produits observables de l'activité des gènes). Ainsi, la reproduction et la survie des animaux, donnant l'apparence d'une sélection naturelle agissant à l'échelle des individus, peuvent s'expliquer en termes d'avantage conféré aux gènes que ces animaux portent.

Dans cette optique, il convient de distinguer le gène, qui peut être considéré comme pure information, de son véhicule : l'ensemble des éléments phénotypiques (et donc le substrat physique) allant de la molécule d'ADN à l'organisme dans son ensemble, voire de l'environnement sur lequel l'action du gène peut avoir un effet²⁰⁴. Le gène est le répliqueur par excellence. Si une bactérie *escherichia coli* et une baleine à bosse ont peu de traits phénotypiques en commun, elles contiennent toutes deux certains gènes qu'on suppose, par argument phylogénétique, déjà portés par leur dernier ancêtre commun. Il s'agit notamment de l'ARN (acide ribonucléique) du ribosome²⁰⁵, qui semble universellement présent chez tous les organismes actuellement vivants (Woese et al., op.cit.)²⁰⁶.

203 Je n'affirme pas qu'il existe littéralement *un gène* de l'entraide familiale. Il s'agit d'un modèle dans lequel on appelle « gène » la base génétique liée à un trait phénotypique, indépendamment du nombre de locus dans le génome qu'il implique. Il s'agit du « modèle d'analyse à un gène » (*one gene analysis model*, Dawkins, 2018, p. 32-40), permettant une analyse simplifiée des pressions de sélection qui agissent sur trait phénotypique complexe.

204 Dawkins prend l'exemple du barrage d'un castor (2018, p. 60). Les gènes qui contribuent au comportement de construction d'un barrage par un castor ont un effet sur l'environnement qui s'étend au moins jusqu'à l'autre bout du lac artificiel ainsi créé. Les « ailes humaines » que j'évoquais en note 4 peuvent également être étendu comme appartenant à un tel *phénotype étendu*.

205 Complexes composés de protéines et d'ARN, dont la fonction est traduction d'ARN messager en protéines.

206 Exception faite des particules virales, qui mettent toutefois à profit cet organite lors de leur reproduction au sein d'une cellule hôte.

4.2.1.2. Génotype et phénotype

Jusqu'à présent, je n'ai pas souligné la distinction entre génotype et phénotype. Elle n'était pas fondamentale, puisque dans la formulation de l'hypothèse (S), stipulant que des organismes complexes peuvent apparaître par le biais du hasard et de la sélection, il n'était pas nécessaire de nous intéresser au génotype. L'hypothèse reposait simplement sur un principe de ressemblance entre les descendants et leurs parents. Je n'ai pour le moment pas expliqué cette similitude dans des termes répondant aux contraintes imposées par (N), à savoir sous la forme d'un mécanisme sous-jacent survenant sur des propriétés physiques. La biochimie apporte une telle explication. Chez un organisme unicellulaire, les cellules filles ressemblent à la cellule mère, car elles partagent le même matériel génétique : des copies de molécules d'ADN. Par un processus de réplication, ce matériel se retrouve dans chacune des cellules filles au terme de la reproduction par mitose. Chez les organismes à reproduction sexuée, le mécanisme est plus complexe²⁰⁷, mais il aboutit à un organisme qui partage du matériel génétique issu de ses deux parents. Quel que soit le mode de reproduction, le point commun est que le support de l'information génétique est répliqué et transmis à la génération suivante. Il est à noter que la réplication des acides nucléiques n'est pas parfaite, ce qui explique l'apparition de certaines mutations à l'origine des variants sur lesquelles peut agir la sélection naturelle.

Le phénotype est l'expression de l'information contenue dans les gènes. Celle-ci principalement (mais non exclusivement) par la production de protéines par un processus de traduction au niveau des ribosomes. Ces protéines sont à l'origine du fonctionnement d'un organisme à toutes les échelles : il peut s'agir d'enzymes catalysant des réactions exothermiques permettant le métabolisme, de protéines structurales ; de protéines guidant le développement du zygote jusqu'à l'ensemble des organes adultes ; de la structuration de systèmes nerveux permettant l'élaboration de comportements et l'apprentissage. Tout cela à la condition de favoriser la réplication des gènes qui produisent ces traits phénotypiques.

J'ai commencé mon histoire de la vie par la description d'organismes unicellulaires, les ancêtres de LUCA, le dernier ancêtre commun à l'intégralité des êtres vivants actuels. Cependant, ces structures cellulaires comportent déjà un haut niveau de complexité, en particulier la capacité à répliquer leurs gènes, mais aussi leur structure (paroi, cytoplasme, organites), ainsi qu'à utiliser l'énergie libre à leur disposition pour effectuer ce travail en

²⁰⁷ Méiose et fécondation. Décrire le processus de méiose, de recombinaison allélique et de fécondation ou encore souligner le fait qu'il est théoriquement envisageable pour un organisme d'avoir plus de deux parents et que la reproduction sexuée est facultative chez certaines espèces dépasserait le cadre de cet essai.

échange d'une production d'entropie. Mais pouvons-nous remonter plus loin dans le passé, jusqu'aux premiers répliqueurs ?

4.2.2. Capsules temporelles

En gardant la reproduction comme objet du présent développement, nous pouvons nous demander quels ont été les premiers mécanismes de réplication. À quoi ressemblaient les premiers répliqueurs évoqués par Dawkins ? Quelles étaient leurs propriétés essentielles et les retrouve-t-on encore aujourd'hui dans les gènes que nous véhiculons ? En dernier lieu, quel est le rapport des répliqueurs fondamentaux au temps ?

4.2.2.1. Répliqueurs abiotiques

L'agent infectieux de la maladie de Creutzfeldt-Jakob n'est ni bactérien ni viral. Il s'agit d'un objet qui ne dispose ni d'une membrane ni d'un métabolisme. Il ne partage avec la « famille » des objets vivants qu'une seule caractéristique : la reproduction. Il s'agit d'une protéine normalement présente dans le système nerveux, mais dont une variante pathologique a la propriété de catalyser la transformation de sa variante normale en variante pathologique, le *prion* (Prusiner, 1982). Ce processus autocatalytique engendre une accumulation de protéines anormales à l'origine des symptômes de cette encéphalopathie spongiforme transmissible. La possibilité d'une protéine favorisant sa propre reproduction et le risque de transmission qui est lié à cette caractéristique expliquerait également d'autres encéphalites telles que le kuru, dont la prévalence en Nouvelle-Guinée est mise en lien avec une ancienne pratique funéraire impliquant l'anthropophagie qui pourrait être vectrice de la transmission du prion (Brandel et Haïk, 2016)²⁰⁸.

La possibilité, envisagée par Stanley Prusiner (op.cit.), de protéines en mesure de produire des copies d'elles-mêmes élargies le champ des possibles concernant les premiers répliqueurs. Dans des milieux expérimentaux tels que ceux de Miller et Uray (voir 4.1.1.1, il s'agit de milieux cherchant à reproduire les conditions de l'apparition de la vie sur Terre), on a pu mettre en évidence l'apparition spontanée d'acides aminés, molécules dont l'assemblage

²⁰⁸ « La nette prédominance de cas parmi les femmes et les jeunes enfants des deux sexes a permis de soupçonner les repas rituels cannibales des ancêtres morts, le plus souvent de kuru, comme étant à l'origine de la maladie. La diminution rapide des cas de kuru, depuis l'interdiction du cannibalisme, a confirmé cela. Quelques cas ont encore été identifiés au début des années 2000 chez des sujets de plus de 40 ans ayant été présents à ces repas contaminants. Aucun cas n'existe chez les sujets nés après 1960, date de l'interdiction du cannibalisme » (Brandel et Haïk, 2015).

forme les protéines (Dawkins, 2003, p. 34). De là à supposer qu'avec suffisamment de temps, le hasard a pu produire des assemblages d'acides aminés ayant des propriétés autocatalytiques analogues à celles des prions, il n'y a qu'un pas, qu'aucune preuve empirique ne permet aujourd'hui de franchir. Il ne s'agit donc que d'une hypothèse plausible sur l'émergence de premiers répliqueurs. Une alternative, dite du « monde à ARN » (Thomas et al., 2016, p. 23) suppose que les premiers répliqueurs étaient des chaînes nucléotidiques possédant des propriétés enzymatiques. Quelle que soit la nature exacte du ou des premiers répliqueurs, ces deux hypothèses se rejoignent dans l'idée qu'ils ont pu exister indépendamment des autres propriétés du vivant²⁰⁹.

La particularité d'un répliqueur, quel que soit son substrat physique, est la transmission d'une information, à savoir sa structure et ses propriétés, à ses descendants. Nous avons donc une hypothèse vraisemblable quant à la nature des gènes. Les processus de mutation par erreur de copie ont ensuite permis l'apparition de variant sur lesquels la sélection naturelle a pu agir. Les lointains descendants de ces premiers répliqueurs ont développé de complexes véhicules dont il a pu s'avérer pertinent pour certains d'entretenir des *perceptions temporelles*.

4.2.2.2. Machines à survie

Richard Dawkins décrit les organismes vivants comme des « machines à survie », élaborées par les gènes :

Les répliqueurs commencèrent non seulement à exister, mais aussi à se construire des enveloppes, des véhicules pour leur survie. Les répliqueurs qui survécurent furent ceux qui construisirent des *machines à survie* pour y vivre. Les premières machines à survie plus élaborées et plus efficaces. Ainsi, suivant un procédé cumulatif et progressif, les machines à survie devinrent plus spacieuses et plus raffinées. Devait-il y avoir une fin à l'amélioration graduelle des techniques et artifices utilisés par les répliqueurs pour assurer leur propre continuité dans le monde ? Cette amélioration a disposé de beaucoup de temps pour progresser. Quels étranges engins d'autoprotection les millénaires apportèrent-ils ? (Dawkins, 2003, p. 40)

Les répliqueurs sont abrités dans leur carapace biologique sous la forme de « cristaux apériodiques » (Schrödinger, 1993, p. 36) : des molécules d'ADN, longues chaînes cristallines

²⁰⁹ Je laisse en suspens la question de l'apparition des premières membranes et de l'activité métabolique. Sont-elles apparues indépendamment et puis ont incorporé les répliqueurs ou ces derniers ont-ils participé à leur synthèse ?

de nucléotide dont la séquence (pour partie) code pour la production des médiateurs tels que les protéines et participe à l'élaboration du phénotype. Pourquoi les tortues ont-elles une carapace ? Parce que les gènes qui permettent l'embryogenèse d'une carapace se sont mieux répandus que leurs variants n'ayant pas cette propriété. En protégeant la tortue, la carapace protège ses gènes, et en particulier ceux contenus dans la lignée germinale²¹⁰, et favorise leur reproduction dans des générations successives de tortues. Tout le phénotype de la tortue, de sa carapace à son comportement reproducteur, a pour finalité *apparente* la perpétuation de copies des gènes qui produisent ce phénotype. La machine est périssable : même les tortues finissent par mourir. Mais les gènes, quant à eux, survivent sous forme de copies dans les générations suivantes reproduisant le même schéma qui inclut la construction d'une carapace.

Les machines sont transitoires, mais l'information portée par les cristaux aperiodiques qu'ils abritent est en puissance immuable. Or tandis que les perceptions temporelles sont des traits phénotypiques de ces organismes temporellement limités, quel rapport entretiennent les gènes avec le temps ? Tandis que les organismes sont des entités macroscopiques, sujettes aux principes de la thermodynamique, notamment à la seconde loi décrite dans l'hypothèse (G), les cristaux porteurs de l'information génétique évoluent dans un monde microscopique. Dans cet univers, le principe d'irréversibilité à l'origine du gradient entropique, substrat physique de l'organisation des faits temporels décrite par l'hypothèse (B) n'a pas cours.

4.2.2.3. Cristaux aperiodiques

L'hypothèse (G) stipule que les relations temporelles surviennent sur le gradient entropique : nous appelons antérieur ce qui s'est produit lorsque l'entropie globale de l'univers était plus basse. Le gradient entropique permet de définir l'ordre des événements, mais pas le sens. Ce qui détermine l'antériorité est la possibilité qu'il reste des *traces* de cet événement à des moments où l'entropie globale est supérieure. Nous avons vu qu'un souvenir constituait une telle trace et qu'ils portent en effet sur des faits temporels ayant eu lieu *avant* l'entretien du souvenir.

À l'échelle microscopique, le concept de trace est dépourvu de sens. Il n'est pas possible de savoir si le film d'une collision entre deux molécules *données* dans un gaz est diffusé dans le « bon » sens ou à l'envers. Aucune marque, comme celle qu'on pourrait observer sur la surface d'une boule de pétanque, ne vient signaler que la collision *a eu lieu*. Ce n'est que la somme et ces chocs entre molécules au sein d'un gaz qui va produire ce qui

²¹⁰ Par opposition aux cellules somatiques dont le matériel génétique n'est pas directement transmis aux générations ultérieures

nous apparaît être l'augmentation spontanément irréversible de son entropie, à savoir du désordre dans l'enceinte qui contient ce gaz ; et sous réserve que l'entropie ne soit pas initialement maximale, c'est-à-dire que le gaz n'est pas déjà aléatoirement réparti.

Une situation particulière est celle de la structure cristalline (autrement dit solide, ou molécule, Schrödinger, 1993, p. 112) dont la stabilité est assurée par la *liaison covalente*. Cette liaison est caractérisée par sa stabilité : un seuil énergétique élevé doit être franchi pour transformer la structure d'un solide :

Les seuils d'énergie séparant la configuration réelle de toutes les autres configurations isomériques possibles doivent être suffisamment élevés (comparativement à l'énergie calorifique moyenne d'un atome), pour faire du passage de l'une à l'autre un événement rare. Nous identifierons ces événements rares avec des mutations spontanées (ibid., p. 109).

Pour des particules soumises à l'agitation thermique, le changement est la règle. Encore faut-il que ce changement ait des répercussions macroscopiques, qu'il puisse laisser une trace, pour qu'on puisse l'identifier au changement non-mctaggartien de l'hypothèse (B). Cela implique l'intervention d'une quantité importante de particules²¹¹. Dans le cas de molécules telles que l'ADN, c'est la stabilité qui est la norme. Le support des gènes est supposé éternel. Des événements rares peuvent l'altérer et c'est dans cette mesure que les gènes qui ont su se reproduire : le grand nombre de copies minimise de facto le risque de la disparition de l'information. Et ce sont ceux qui ont construit des machines à survie qui se sont le mieux abrités et qui ont le mieux réussi à se reproduire.

Bien que le substrat physique du gène ait pour propriété *normale* la stabilité, l'absence de changement, autrement dit une *indifférence au temps*, il nous incombe de nous pencher sur les propriétés de ces changements, lorsqu'ils ont lieu. Edwin Schrödinger identifie ce phénomène à une mutation. Il est à noter qu'au même titre que la collision de deux particules dans un gaz ne laisse aucun indice permettant de déterminer une relation d'antériorité ou de postériorité, il en va de même pour les mutations. En observant une molécule donnée qui est altérée par le rare phénomène que constitue la mutation, ce phénomène ne laisse pas de trace de son « passage ». Comparons deux molécules d'ADN homologues qui diffèrent par une mutation. Il est impossible de déterminer sans autre information laquelle de ces deux molécules est l'« originale » et laquelle est la version « mutée ». La différence ne pourra

211 « Parce que nous savons que tous les atomes sont soumis indéfiniment à une agitation thermique tout à fait désordonnée qui s'oppose, peut-on dire, à leur comportement ordonné et ne permet pas aux événements se produisant parmi un petit nombre d'atomes de se suivre d'après des lois reconnaissables. Ce n'est que par la coopération d'un nombre énorme d'atomes que les lois statistiques commencent à opérer et à diriger le comportement de ces *assemblées* avec une exactitude d'autant plus grande que le nombre d'atomes impliqués est plus considérable. C'est de cette façon que les événements acquièrent des caractéristiques vraiment régulières. » (Schrödinger, 1993, p. 43)

s'observer qu'à l'échelle macroscopique. Si la mutation est favorable, elle entrainera à terme, un changement relatif de proportion en sa faveur par rapport à l'originale. Ce changement est orienté temporellement parce que le changement relatif de proportion correspond à une croissance.

Dans un environnement tel que celui de la Terre primordiale, lorsque ces molécules n'étaient que des réplicateurs catalysant leur copie dans une soupe de molécules plus simples, cette stabilité restait précaire. L'agitation thermique du milieu dans lequel elles existaient les rendait sensibles à des contingences génératrices de désordre. La plupart de ces gènes ont ainsi disparu aussi vite qu'ils sont apparus. Certains d'entre eux, cependant, ont eu un destin extraordinaire. La conformation de leur substrat physique leur a permis une réplication particulièrement efficace, abritant l'information génétique par la masse des copies existantes, et parmi elles, certaines encore plus extraordinaires ont, par le plus pur des hasards, développé (ou sut s'approprier) des enveloppes protectrices. Le reste de l'histoire n'est qu'une succession d'anecdotes comparativement à ces deux étapes. La première enveloppe, simple membrane lipidique, était infiniment plus fragile que la carapace de la tortue. Mais la différence n'est pas qualitative, elles remplissent toutes deux la même fonction : abriter le gène et assurer sa stabilité, autrement dit permettre son indifférence temporelle (voir 4.1.1.1).

Après quatre milliards d'années, que sont devenus les anciens réplicateurs ? Ils ne sont pas morts, puisqu'ils étaient passés maîtres dans l'art de la survie. Mais ne cherchez pas à les voir flotter librement dans la mer. Il y a longtemps qu'ils ont abandonné cette liberté désinvolte. Ils fourmillent aujourd'hui en grandes colonies, à l'abri de gigantesques et pesants robots, isolés du monde extérieur, communiquant avec lui par des voies tortueuses et indirectes, et le manipulant par commande à distance. Ils sont en vous et en moi. Ils nous ont créés, corps et âme, et leur préservation est l'ultime raison de notre existence. Ils ont parcouru un long chemin, ces réplicateurs. On les appelle maintenant « gènes », et nous sommes leurs machines à survie. (Dawkins, 2003, p. 40)

4.2.3. Raisons *apparentes* et personnes

Parmi ces enveloppes, l'efficacité de certaines s'est avérée être liée à la perception de changements macroscopiques : les perceptions temporelles. C'est là aussi l'effet secondaire hasardeux de gènes qui par ce biais assurent leur éternité potentielle.

C'est l'immortalité potentielle qui fera qu'un gène sera un bon candidat au rôle d'unité de base de la sélection naturelle [...]. Un gène *peut* vivre pendant un million d'années, mais de

nombreux gènes nouveaux ne passent même pas le cap de la première génération. Les quelques nouveaux qui réussissent à passer le font tout au moins en partie parce qu'ils ont de la chance, mais surtout parce qu'ils font ce qu'il faut : ils excellent à construire des machines à survie. Ils ont un effet sur le développement embryonnaire des corps successifs dans lesquels ils se trouvent, si bien que ces corps ont une probabilité plus grande de vivre et de se reproduire. (ibid., p. 60)

4.2.3.1. Sénescence et dérive

J'insiste une fois encore sur le biais rétrospectif que constitue l'attribution d'intentions aux gènes. Ces derniers ne perçoivent pas le monde, ne sont pas dotés d'esprit, n'agissent pas par « volonté de survivre ». Cependant, certains effets du substrat physique des gènes, par exemple l'ADN qui par transduction et traduction produit des protéines et en dernier lieu des phénotypes d'organismes complexes, ont pour particularité de favoriser la persistance de ces gènes, par contraste avec des variants qui disparaissent. La sélection naturelle peut s'entendre comme ce biais du survivant : parmi toutes les combinaisons d'atomes que la Terre a pu accueillir, nous n'en observons qu'un minuscule échantillon. Cependant, ces rares exemplaires ont la particularité d'avoir passé tous les tamis de la sélection naturelle, des premiers répliqueurs aux gènes portés par l'ADN de milliards d'êtres vivants aujourd'hui²¹².

Parmi ceux-ci, la stratégie consistant à élaborer des machines macroscopiques s'est avérée fructueuse, à la condition d'être associée à un mécanisme de reproduction. La question que cela suscite est la suivante : pourquoi les gènes n'ont-ils pas « misé » sur la construction de machines immortelles ? Quelle est l'explication biologique du phénomène de sénescence ?

Les organismes macroscopiques sont en danger permanent. Prédations, accidents, bouleversements écologiques, c'est-à-dire ce que nous avons regroupé sous le terme de dérive (voir 1.4.2.2), sont autant de paramètres qui mettent en péril leur intégrité. Une parade à ces événements imprévisibles est la reproduction. Les machines biologiques étant sujettes à la mort accidentelle, les gènes ont deux stratégies à adopter : renforcer ces machines, raison pour laquelle les tortues ont une carapace, ou les faire se reproduire. Le phénomène de vieillissement peut être considéré comme un effet secondaire de cette deuxième stratégie. George Williams (1957) remarque qu'un gène qui aurait un effet bénéfique jusqu'à la maturité sexuelle, même s'il s'avérait délétère par la suite, serait favorisé. On observe effectivement de tels cas de *pléiotropie* (gènes à multiples effets) :

²¹² Il est évident que les gènes ont changé sur bien des aspects dans l'histoire de la vie. Cependant, ils entretiennent toujours un lien phylogénétique et partagent une caractéristique fonctionnelle : favoriser leur propre perpétuation. Ces deux propriétés peuvent être considérées comme représentant l'essence des gènes, par opposition à leurs autres propriétés accidentelles.

Certains gènes, lorsqu'ils confèrent directement ou indirectement un avantage reproducteur, seront favorisés par la sélection naturelle, même si hélas ils ont des conséquences moins sympathiques plus tard dans la vie. Si l'effet net est avantageux, la sélection naturelle retiendra cette option malgré tout. Ces gènes à deux effets, positifs en début de vie et négatifs par la suite, existent bel et bien. Par exemple, dans les populations naturelles du poisson *Xiphophorus*, les mâles développent souvent un mélanome, un cancer mortel du tégument. Mais les gènes responsables de ce cancer confèrent également une meilleure croissance en début d'existence et une plus forte agressivité, de sorte que ces mâles sont préférés par les femelles, car ils défendent mieux leur territoire. Ainsi, malgré une mort prématurée, les *Xiphophorus* porteurs de ces mauvaises mutations se reproduisent davantage que les autres et transmettent à la génération suivante leurs gènes à double effet. (Thomas, 2019, p. 115-116)

Plus l'espérance de vie d'un organisme est brève, notamment en raison de sa sensibilité aux dangers environnementaux, par exemple s'il est sujet à la prédation, plus la stratégie optimale pour les gènes qu'il contient revient à se reproduire « le plus vite possible ». Lorsque l'investissement, en termes de valeur sélective (voir la notion de « coûts » évoquée en 2.1), est concentré sur une période restreinte de la vie, les pressions de sélection sont bien plus faibles sur les gènes d'expression ultérieure. Ainsi, outre le phénomène de *pléiotropie* proposé par Williams pour expliquer le vieillissement, il s'avère également que quand la probabilité de mourir par accident est importante, la pression de sélection sur les gènes d'expression tardive est faible. La sélection naturelle n'a pas prise sur des gènes dont l'effet est directement délétère pour l'organisme si leur expression est différée à une période de la vie dépassant l'espérance attendue, qui elle-même est déterminée la période de maturité sexuelle. « Les durées de vie de différents animaux sont déterminées par leur risque de mort de cause externe et par la vitesse à laquelle ils atteignent l'âge de la reproduction »²¹³ (Godfrey-Smith, op.cit., p. 171, ma traduction).

On peut trouver dans la sénescence une forme d'escompte temporel : la valeur attribuée par un gène à la machine qui le contient dépend de sa probabilité de survivre encore longtemps ou de se reproduire encore beaucoup. Deux probabilités qui ne peuvent que diminuer progressivement. Dans le cas de la sélection par la parenté (voir 4.2.1.1), cela peut se traduire par un intérêt à favoriser la progéniture de sa machine dans la mesure où il est probable qu'elle soit porteuse de copies du gène. Un exemple spectaculaire de ce « calcul » se trouve dans le cas de la *matriphagie* chez certaines espèces d'araignées. Après l'éclosion des

²¹³ « The lifespans of different animals are set by their risks of death from external causes, by how quickly they can reach productive age, and other features of their lifestyle and environment » (Godfrey-Smith, 2018, p. 171)

œufs, la mère se laisse dévorer par ses juvéniles, mettant ainsi à leur disposition la quasi-totalité de sa biomasse et l'énergie libre qui y est associée (Salomon et al. 2015).

4.2.3.2. Théorie de l'intérêt propre

Dans ce dernier paragraphe, je vais aborder un aspect du phénotype temporel qui ne concerne pas directement les perceptions temporelles : l'attitude que nous entretenons vis-à-vis de ce qui nous apparaît être le futur. Derek Parfit fait remarquer que nous avons « un taux d'escompte en fonction du temps, et nous décomptons le futur le plus proche avec un taux plus important »²¹⁴ (Parfit, 1992, p. 158, ma traduction). Le fait qu'un rendez-vous chez le dentiste prévu le lendemain soit finalement reporté de quelques semaines peut nous apporter un soulagement, alors que la souffrance future reste identique. Ce phénomène peut paraître irrationnel dans la perspective d'une théorie de l'intérêt propre (*self-interest theorism*) que Parfit définit ainsi : « Il s'agit d'une théorie de la rationalité. [Elle] donne à chaque personne ce but : les résultats qui sont les meilleurs pour elle-même, et qui rendraient sa vie, pour elle, aussi bonne que possible. »²¹⁵ (ibid., p. 2, ma traduction). Elle suppose que le critère de rationalité pour une décision est le suivant : bénéficier à la personne *indépendamment du moment où ces conséquences adviennent*. Notons que la théorie de l'intérêt propre n'est pas en elle-même identifiable à l'égoïsme. Ce qui semble le mieux pour une personne peut être, à ses yeux, diverses choses qui ne sont pas précisées dans l'énoncé de la théorie. Par exemple, le mieux pour une personne pourrait être de minimiser la souffrance animale, auquel cas il serait rationnel pour elle, selon la théorie de l'intérêt propre, de tout faire pour minimiser cette souffrance, quand bien même cela implique des sacrifices personnels. Je vais cependant prendre ici pour exemple le cas où l'objectif de la personne est de minimiser sa propre souffrance, ce que Parfit appelle « la théorie hédoniste de l'intérêt propre » (*Hedonistic Theory about self-interest*, ibid., p. 13). Il semble que le respect de la théorie de l'intérêt propre ne soit pas la norme dans le monde animal. Imaginons que j'ai, comme Arthur Prior (1959, évoqué en 1.2.1) une aversion pour le dentiste. Le report de mon rendez-vous implique, ultérieurement, une nouvelle période d'anticipation déplaisante que je n'aurais pas eu à subir si le rendez-vous avait eu lieu à la date prévue. Pourtant j'éprouve dans l'immédiat un soulagement. Il est même probable que j'aurais accepté de reporter le rendez-vous quand bien même on me prévenait que l'opération ultérieure serait plus douloureuse. Cela est

²¹⁴ « We have a *discount rate* with respect to time, and we discount the *nearer* future at a *greater* rate » (Parfit, 1984, p. 158)

²¹⁵ « This is a theory about rationality. [The Self-interest Theory] gives to each person this aim: the outcomes that would be best for himself, and that would make his life go, for him, as well as possible » (ibid., p. 2).

d'autant plus vrai que la proposition du report m'est faite très peu de temps avant l'intervention, lorsque mon anxiété est à son paroxysme²¹⁶. Ce choix est-il irrationnel ? Aux yeux de la théorie hédoniste de l'intérêt propre, oui. J'augmente la somme globale de mes souffrances, et de ce fait je n'obtiens pas le *meilleur résultat* pour moi-même.

Derek Parfit souligne que la théorie de l'intérêt propre est à rejeter, en particulier sur le critère rationnel qui permette de considérer la relation d'une personne avec elle-même dans le futur comme intrinsèquement différente (sur le plan des raisons d'agir) de la relation de deux personnes différentes entre elles. Il est possible d'appuyer cette remarque en soulignant le fait que l'identité personnelle à travers le temps est une notion fragile. Qu'est-ce qui fait que je me reconnais dans la personne qui aura rendez-vous chez le dentiste ? J'aurais de bonnes raisons de ne pas m'identifier à elle : elle ne sera pas constituée de la même matière, les cellules se renouvelant ; elle ne sera pas identique sur le plan fonctionnel (elle aura d'autres souvenirs, peut-être d'autres goûts et opinions) ; elle n'appartiendra pas à un même flux continu de conscience²¹⁷.

Derek Parfit situe la théorie de l'intérêt propre, essentiellement personne-dépendante (*agent-relative*)²¹⁸ mais temps-neutre (*time-neutral*)²¹⁹, à mi-chemin entre une théorie temps-neutre et personne-neutre (« moralité ») et une théorie temps-dépendante et personne-dépendante (« théorie du but présent ») :

La théorie de l'intérêt propre a deux rivales : la moralité (*morality*) et la théorie du but présent (*present-aim theory*). À certains égards, elle se situe entre ces deux rivales. Elle est de ce fait vulnérable à ce qui est souvent fatal : elle peut être attaquée de deux directions [...]. Lorsqu'elle est attaquée par les théoriciens moraux (*moral theorists*), elle tire sa force de la théorie du but présent, et vice-versa. Je conteste la théorie de l'intérêt propre depuis les deux directions [...]. Elle affirme qu'un agent rationnel doit donner un poids absolu à son propre intérêt, qu'importe les coûts pour autrui. Elle affirme qu'un agent rationnel doit être biaisé en sa propre faveur. Je conteste alors [la théorie de l'intérêt propre] de l'autre direction.²²⁰ (ibid., p.193, ma traduction)

216 De toute évidence, l'attitude vis-à-vis de ce genre de décision doit significativement varier d'une personne à l'autre. Supposons ici que l'attitude que je décris soit universelle.

217 Si l'invalidation de cette possibilité par l'hypothèse (N) n'est pas suffisamment convaincante, soulignons l'interruption de tout phénomène pouvant s'apparenter à la conscience à chaque cycle de sommeil profond.

218 Le critère de rationalité de la théorie de l'intérêt propre est de bénéficier à la personne. La moralité est personne-neutre dans le sens où cette théorie exige une perspective universelle.

219 Le second critère est d'être indépendante du moment où les conséquences adviennent, contrairement à ce qui se produit dans une situation d'escompte temporelle.

220 « The Self-interest Theory has two rivals: morality and the Present-aim Theory. In some respects, it lies between these two rivals. It is therefore vulnerable in what is often a fatal way: it can be attacked from two directions [...]. When it is attacked by moral theorists, it has stolen strength from the Present-aim Theory, and vice versa. I challenge the Self-interest Theory from both directions [...]. It insists that a rational agent give supreme weight to his own self-interest, *whatever* the costs to others. It insists that a rational agent must be biased in his own favour. I then challenged [the Self-interest theory] from the other direction. » (ibid., p. 192)

Une théorie personne-dépendante et temps-neutre suppose en effet que l'intérêt de la personne ne varie pas avec le temps. La théorie de l'intérêt propre reste muette sur la conduite rationnelle lorsque j'ai connaissance du fait qu'à différents moments je peux avoir différentes valeurs à portée universelle, mais contradictoire : dans de tels cas, la neutralité temporelle n'est pas applicable et la bonne théorie est celle du but présent²²¹.

La théorie de l'intérêt propre se trouve prise entre deux feux, car elle supposerait, pour ne pas engendrer de contradiction, que les personnes restent égales à elles-mêmes au fil du temps. Or, du simple fait du phénomène d'apprentissage, cela ne peut être le cas.

Il est intéressant de noter qu'à la différence des personnes, les gènes ont cette propriété. Ces derniers ont, nous l'avons vu, une immortalité potentielle. De plus, la sélection naturelle a eu tout loisir de leur donner une apparente rationalité. Si la théorie de l'intérêt propre est irrationnelle pour une personne, elle peut s'avérer tout à fait pertinente pour un gène. Le caractère indifférent au temps, mais égoïste par sélection naturelle rend d'apparence raisonnable une attitude temps-neutre, mais autocentrée (agent-relative), caractéristique de la théorie de l'intérêt propre. Or, force est de constater que l'intérêt propre des gènes n'est pas superposable à celui de son véhicule, comme en témoigne la sénescence. L'escompte temporel qui caractérise les comportements et décisions des animaux peut s'expliquer dans le cadre d'une théorie de l'intérêt propre des gènes. L'avenir étant incertain, il est biologiquement avantageux pour un véhicule de se préoccuper davantage de besoins présents et du futur proche (et absolument pas du passé). La valeur d'une stratégie comportementale qui impliquerait une prise en compte d'un futur lointain devrait être pondérée par le risque qu'elle n'aboutisse pas du fait d'empêchements imprévisibles (tels qu'une mort accidentelle). Je conclurai sur la remarque que l'imprévisibilité dépend en partie des capacités d'anticipations qui varient grandement d'un animal à l'autre, mais qui est intimement liée à l'activité du système nerveux.

J'ai conclu ma proposition d'une phylogenèse des perceptions temporelles au moment du Cambrien et de l'apparition de croyances A. L'une des suites de cette histoire a vraisemblablement pris la forme d'une *course à l'anticipation* (telle que décrite en 2.3.3) menant à l'apparition de phénotypes temporels comparables à ceux que nous observons aujourd'hui. On peut considérer l'anticipation comme un affinement de l'escompte temporel : une pondération plus efficace de la probabilité de survenue d'un événement perspectivement futur. Bien entendu, toujours difficile à voir est l'avenir, mais un système nerveux élaboré peut rendre avantageuse la décision de différer une action.

²²¹ Il peut paraître spéculatif de savoir quels seront mes désirs et valeurs futurs, mais l'aspect temps-neutre de la théorie de l'intérêt propre stipule que je devrais encore actuellement chercher à combler des désirs depuis longtemps passés, comme certains désirs enfantins.

Conclusion

J'ai consacré cet essai à l'élaboration d'une théorie des perceptions temporelles d'approche naturaliste. L'objectif était ainsi d'ancrer la théorie dans les connaissances scientifiques actuelles, proposant des propriétés psychologiques, biologiques ou chimiques survenant en dernier lieu sur des propriétés physiques. Mais il s'agissait également de s'intéresser à une perspective différente de, mais compatible avec, la physique pour élaborer une explication des phénotypes temporels tels que nous les observons. Alors que la question de la nature du temps intéresse, à juste titre, les physiciens, ma proposition est qu'un angle biologique peut apporter une complémentarité bienvenue face à un tel objet d'étude. J'espère que le présent travail permettra de convaincre du bienfondé d'une telle approche naturaliste.

Les hypothèses initiales sur lesquelles nous avons construit la théorie ne sont pas gravées dans le marbre. J'ai bien conscience qu'elles ne feront pas l'unanimité. Seule l'hypothèse (S), qui n'est autre que la théorie de l'évolution, me semble être indiscutable en l'état actuel de la science²²². La théorie de l'évolution a su rendre, peut-être plus que toute autre théorie scientifique, explicables des observations si incroyables qu'une interprétation surnaturelle semblait jusqu'alors inévitable. Elle a permis de rendre compte de façon parcimonieuse de faits d'une complexité vertigineuse : la diversité du vivant, les ressemblances et différences entre la biosphère actuelle et les pièces fossiles, l'adaptation des êtres vivants à des milieux aussi extrêmes que le plancher océanique ou le continent Antarctique, l'existence d'organes aussi sophistiqués que le vestibule et la cochlée d'une oreille interne, l'apparition de l'intelligence et d'entités à même de réfléchir sur elles-mêmes (et là encore, je doute que ce soit le propre de l'homme). Elle s'est vue confirmée par des observations rigoureuses qui se conforment parfaitement aux prédictions du modèle, telle que l'apparition de l'antibiorésistance en milieu expérimental (voir note 75). Elle nous offre une meilleure compréhension de maladies dont le caractère dramatique est probablement encore aggravé par l'aura d'inquiétant mystère qui les entourent. Je pense ici aux cancers qui accompagnent la vie multicellulaire depuis son apparition (Thomas, 2019, p. 14) et dont la compréhension par le prisme de l'évolution nous offre de nouvelles perspectives thérapeutiques. Enfin, elle apporte un petit élément de réponse à la question des origines.

L'hypothèse naturaliste (N) me semble relativement aisée à accepter dans la mesure où sa formulation est modeste. Elle n'implique pas d'adopter une position matérialiste stricte et laisse notamment ouvert le *problème difficile* de la conscience (voir 1.1.2).

²²² Je fais ici référence aux grands principes de l'évolution. Nul doute que de nombreuses controverses animent la communauté de chercheurs autour de divers tenants et aboutissants de cette théorie. J'y vois un signe de bonne santé épistémique.

En ce qui concerne (G), hypothèse selon laquelle la flèche du temps survient sur le gradient entropique, elle reste d'autant plus spéculative qu'il est délicat d'affirmer qu'elle n'est pas, tout comme l'expansion de l'univers, une corrélation plutôt qu'un fondement des relations temporelles. Cela dit, elle présente à mes yeux l'avantage indéniable de faire un lien parcimonieux entre la flèche du temps des événements observables dans le monde et la flèche psychologique qui détermine ce qu'on appelle *avant* ou *après*. Ma défense de (G) ne dépassera donc pas le stade de cet argumentaire abductif, mais il me paraît suffisamment solide pour rendre l'hypothèse tout à fait acceptable dans notre construction théorique.

Enfin, l'hypothèse (B), niant l'existence d'un présent objectif et d'un passage du temps, est probablement celle qui contrevient le plus au sens commun. Je l'ai défendue sur la base de l'argument classique de McTaggart, avec l'éclairage de philosophes tels que Hugh Mellor (1998) ou Robin Le Poidevin (2009) pour ne citer qu'eux. Je crois que cet essai peut, dans sa globalité, être lu comme une défense de cette hypothèse, chaque chapitre lui apportant un nouveau renfort. Les chapitres 2 et 3 développent ainsi la compatibilité entre la théorie B et l'apparence de ce qu'elle nie, respectivement le présent objectif et le passage du temps. Ils peuvent être lus comme une *théorie de l'erreur* cherchant à dépasser le simple constat qu'une alternative à la théorie A est possible (ce que j'ai proposé dans le premier chapitre), en montrant qu'il était possible d'expliquer, à l'aide d'autres hypothèses *pourquoi* le sens commun est ici trompeur.

Dans les deux parties qui constituent le dernier chapitre, j'ai souhaité proposer un complément à la théorie naturaliste des perceptions temporelles. Alors que les trois premiers chapitres peuvent se lire comme une réponse à la question *comment*, le quatrième a eu pour intention d'explorer le *pourquoi*. C'est tout l'intérêt de l'approche naturaliste qui peut s'appuyer sur l'apparente téléologie des objets biologiques liée au mécanisme de la sélection naturelle.

Tout en restant agnostique sur sa nature profonde, j'espère avoir montré que les aspects du temps avec lesquels nous avons contact – faits temporels, relations temporelles, changements – trouvent leur explication dans une théorie naturaliste, fondée sur des explications biologiques. Je propose de dresser un parallèle. Stephen Palmer écrit :

Les personnes pensent généralement que les objets ont l'air colorés parce qu'ils sont colorés, exactement comme nous le ressentons. Le ciel a l'air bleu, car il est bleu, l'herbe a l'air verte, car elle est verte et le sang a l'air rouge parce qu'il est rouge. Aussi surprenant que cela puisse paraître, ces croyances sont fondamentalement erronées. Ni les objets ni les lumières ne sont en fait « colorés » d'une manière analogue à ce que nous percevons. La couleur est plutôt une

propriété psychologique de nos expériences visuelles lorsque nous regardons des objets et des lumières, et non une propriété de ces objets et lumières. Les couleurs que nous voyons sont bien entendu basées sur des propriétés des objets et des lumières qui font que nous les voyons colorés, mais ces propriétés physiques diffèrent de façon importante des couleurs que nous percevons.²²³ (Palmer, 1999, p. 95, ma traduction)

Cette propriété physique sous-jacente de laquelle dépendent les couleurs que nous percevons est bien sûr la longueur d'onde de la lumière que nous renvoient les objets qui nous entourent. Mais la couleur est avant tout une propriété *biologique*. L'existence de trois couleurs complémentaires, le fait qu'en mélangeant de la lumière rouge et de la lumière verte nous obtenons du jaune, n'a absolument rien à voir avec la question des longueurs d'onde. Il ne s'agit que d'un effet lié au fonctionnement de nos récepteurs sensibles aux couleurs : les cônes rétinien. Ils sont au nombre de trois chez *homo sapiens*²²⁴ et c'est là que se trouve l'explication des couleurs complémentaires. Les cônes captent des spectres relativement larges de longueur d'onde qui se chevauchent. Une lumière peut nous apparaître jaune s'il elle est issue d'une lampe à vapeur de sodium. Elle est dans ce cas monochromatique, mais stimulera modérément les cônes dits « verts » et « rouges » (en référence à leurs pics d'absorption maximale). Une lumière polychromatique pourra également nous apparaître jaune si la longueur des ondes qu'elle contient stimule de manière similaire les cônes. On peut remarquer que la couleur rose n'apparaît pas dans le spectre obtenu en diffractant la lumière blanche à l'aide d'un prisme. Et pour cause : le rose ne correspond pas à une longueur d'onde donnée dans le spectre visible. La sensation « rose » provient de la stimulation simultanée des cônes « rouges » et « bleus » sans (ou avec une faible) stimulation du cône vert. Cela requiert donc à minima la combinaison de deux couleurs.

Je pense que le temps partage un point commun avec les couleurs. Un substrat physique se cache derrière différents phénomènes que nous rattachons au temps. Mais notre perception de celui-ci est, comme la perception des couleurs, un processus essentiellement biologique.

223 « People universally believe that objects look colored because they are colored, just as we experience them. The sky looks blue because it is blue, grass looks green because it is green, and blood looks red because it is red. As surprising as it may seem, these beliefs are fundamentally mistaken. Neither objects nor lights are actually “colored” in anything like the way we experience them. Rather, color is a psychological property of our visual experiences when we look at objects and lights, not a physical property of those objects or lights. The colors we see are based on physical properties of objects and lights that cause us to see them as colored, to be sure, but these physical properties are different in important ways from the colors we perceive. » (Palmer, 1999, p. 95)

224 Parfois déficients dans le daltonisme ou l'achromatopsie.

Références bibliographiques

- Abromont, C., et de Montalembert, E. (2001).** *Guide de la théorie de la musique*. Paris: Fayard ; H. Lemoine.
- Adler, J., et Tso, W.-W. (1974).** « Decision »-making in bacteria : Chemotactic response of *Escherichia coli* to conflicting stimuli. *Science*, 184(4143), 1292-1294.
<https://doi.org/10.1126/science.184.4143.1292>
- American Psychiatric Association. (2015).** *DSM-5. Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Paris: Elsevier Masson.
- Arstila, V. (2012).** Time slows down during accidents. *Frontiers in Psychology*, 3.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00196>
- Atkins, P. W. (2010).** *The laws of thermodynamics. A very short introduction*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Augustin. (2015).** *Les confessions*. Paris: Flammarion.
- Austin, J. L. (2007).** *La langage de la perception*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.
- Barlow, H. B., et Hill, R. M. (1963).** Evidence for a physiological explanation of the waterfall phenomenon and figural after-effects. *Nature*, 200(4913), 1345-1347.
<https://doi.org/10.1038/2001345a0>
- Baym, M., et al. (2016).** Spatiotemporal microbial evolution on antibiotic landscapes. *Science*, 353(6304), 1147-1151. <https://doi.org/10.1126/science.aag0822>
- Bergson, H. (2013).** *Essai sur les données immédiates de la conscience*. Paris: Flammarion.
- Binkofski, F., et Block, R. A. (1996).** Accelerated time experience after left frontal cortex lesion. *Neurocase*, 2(6), 485-493. <https://doi.org/10.1080/13554799608402424>
- Borges, J. L. (1983).** Funes ou la mémoire. Dans *Fictions* (Nouvelle édition augmentée). Paris: Gallimard.
- Bourne, C. (2006).** *A future for presentism*. Oxford : New York: Clarendon Press ; Oxford University Press.
- Brandel, J.-P., et Haïk, S. (2016).** Maladies à prions ou encéphalopathies spongiformes transmissibles. Dans *EMC - neurologie* (Vol. 13). Elsevier Masson.
- Brewin, C. R., et al. (2010).** Intrusive images in psychological disorders : Characteristics, neural mechanisms, and treatment implications. *Psychological Review*, 117(1), 210-232. <https://doi.org/10.1037/a0018113>
- Canguilhem, G. (2013).** *Le normal et le pathologique* (12e édition). Paris: Presses

universitaires de France.

- Cannon, W. B. (1915).** *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage: An account of recent researches into the function of emotional excitement.* New York: Appleton. Repéré à <https://archive.org/details/bodilychangesinp00cann/>
- Carbone, C., et Narbonne, G. M. (2014).** When life got smart: The evolution of behavioral complexity through the Ediacaran and early Cambrian of NW Canada. *Journal of Paleontology*, 88(2), 309-330. <https://doi.org/10.1666/13-066>
- Carpenter, J. K., et al. (2018).** Cognitive behavioral therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Depression and Anxiety*, 35(6), 502-514. <https://doi.org/10.1002/da.22728>
- Carter, G. G., et Wilkinson, G. S. (2013).** Food sharing in vampire bats: Reciprocal help predicts donations more than relatedness or harassment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1753), 20122573. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2573>
- Chalmers, D. (1997).** *The conscious mind. In search of a fundamental theory* (1. issued as an Oxford University Press paperback). New York: Oxford Univ. Press.
- Chapman, A. L., et al. (2006).** Solving the puzzle of deliberate self-harm: The experiential avoidance model. *Behaviour Research and Therapy*, 44(3), 371-394. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2005.03.005>
- Colín-García, M., et al. (2016).** Hydrothermal vents and prebiotic chemistry: A review. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 599-620. <https://doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a13>
- Conway Morris, S., et Caron, J.-B. (2012).** *Pikaia gracilens* Walcott, a stem-group chordate from the Middle Cambrian of British Columbia. *Biological Reviews*, 87(2), 480-512. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2012.00220.x>
- Cottraux, J. (2017).** *Les psychothérapies cognitives et comportementales* (6ème édition). Paris: Elsevier Masson
- Crapse, T. B., et Sommer, M. A. (2008).** Corollary discharge circuits in the primate brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(6), 552-557. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.017>
- Dainton, B. (2006).** *Stream of consciousness. Unity and continuity in conscious experience* (Rev. paperback ed). London: Routledge.
- Damasio, A. R. (2006).** *L'erreur de Descartes. La raison des émotions.* Paris: Odile Jacob.
- David, P., et Samadi, S. (2011).** *La théorie de l'évolution. Une logique pour la biologie.* Paris: Flammarion.

- Dawkins, R. (2003).** *Le gène égoïste*. Paris: Odile Jacob.
- Dawkins, R. (2016).** *The extended phenotype. The long reach of the gene*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- de Waal, F. (2018).** *Sommes-nous trop « bêtes » pour comprendre l'intelligence des animaux?* Arles: Actes Sud.
- Dennett, D. C. (1993).** *Consciousness explained*. London: Penguin Books.
- Dewdney, A. K. (1985).** *Le planivers*. Paris: Londeys.
- Droit-Volet, S. (2014).** What emotions tell us about time. Dans V. Arstila & D. Lloyd (Éds), *Subjective time. The philosophy, psychology, and neuroscience of temporality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Eastwood, J. D., et al. (2012).** The unengaged mind : Defining boredom in terms of attention. *Perspectives on Psychological Science*, 7(5), 482-495.
<https://doi.org/10.1177/1745691612456044>
- Faubert, J., et Herbert, A. M. (1999).** The peripheral drift illusion : A motion illusion in the visual periphery. *Perception*, 28(5), 617-621. <https://doi.org/10.1068/p2825>
- Fedonkin, M. A., et Waggoner, B. M. (1997).** The late precambrian fossil Kimberella is a mollusc-like bilaterian organism. *Nature*, 388(6645), 868-871.
<https://doi.org/10.1038/42242>
- Feynman, R. P. (2001).** *La nature de la physique*. Paris: Points.
- François, M. (1927).** Contribution à l'étude du sens du temps. La température interne comme facteur de variation de l'appréciation subjective des durées. *L'année psychologique*, 28(1), 186-204. <https://doi.org/10.3406/psy.1927.6412>
- Fraser, A., et Wilcox, K. J. (1979).** Perception of illusory movement. *Nature*, 281(5732), 565-566. <https://doi.org/10.1038/281565a0>
- Gil, R. (2018).** *Neuropsychologie*. Paris: Elsevier Masson.
- Glasser, D. M., et al. (2011).** Perceptual and neural consequences of rapid motion adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(45), E1080-E1088.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1101141108>
- Godfrey-Smith, P. (2018).** *Other minds. The octopus and the evolution of intelligent life*. London: William Collins.
- Gould, S. J. (1998).** *La vie est belle. Les surprises de l'évolution*. Paris: Seuil.
- Gould, S., Jay, et Lewontin, R. C. (1979).** The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm : A critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 205(1161), 581-598.

<https://doi.org/10.1098/rspb.1979.0086>

- Hamilton, W. D. (1964).** The genetical evolution of social behaviour. I. *Journal of Theoretical Biology*, 7(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(64\)90038-4](https://doi.org/10.1016/0022-5193(64)90038-4)
- Hawking, S. W. (2018).** *Une brève histoire du temps. Les grandes théories du cosmos : Du big bang aux trous noirs*. Paris: J'ai lu.
- Hohwy, J. (2013).** *The predictive mind* (First edition). Oxford, United Kingdom ; New York, NY, United States of America: Oxford University Press.
- Huggett, N. (2019).** Zeno's Paradoxes. Dans E. N. Zalta (Éd.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2019). Repéré à <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/paradox-zeno/>
- Hume, D. (1991).** *L'entendement. Traité de la nature humaine. Livre I et appendice*. Paris: Flammarion.
- Husserl, E. (2019).** *Leçons pour une phénoménologie de la conscience intime du temps*. Paris: Presses universitaires de France.
- Inouye, D. W., et al. (2000).** Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(4), 1630-1633. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.4.1630>
- James, W. (1995).** *The principles of psychology. Volume one* (Facsim. of ed. New York, Henry Holt, 1890). New York: Dover.
- Janet, P. (2006).** *L'évolution de la mémoire et la notion du temps. Leçons au Collège de France : 1927-1928*. Paris: L'Harmattan.
- Le Poidevin, R. (2009).** *The images of time. An essay on temporal representation*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Lewis, A. (1932).** The experience of time in mental disorder. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 25(5), 611-620. <https://doi.org/10.1177/003591573202500503>
- Mangel, M., et Samaniego, F. J. (1984).** Abraham Wald's work on aircraft survivability. *Journal of the American Statistical Association*, 79(386), 259-267. <https://doi.org/10.1080/01621459.1984.10478038>
- Markosian, N. (1993).** How fast does time pass? *Philosophy and Phenomenological Research*, 53(4), 829. <https://doi.org/10.2307/2108255>
- Martin, M., et Williams, R. (1990).** Imagery and emotion : Clinical and experimental approaches. Dans P. J. Hampson, D. F. Marks, & J. T. E. Richardson (Éds), *Imagery : Current developments*. London: Routledge.
- Martini, H., et al. (2017).** Complications neurologiques de la consommation d'alcool. Dans

- EMC - neurologie* (Juillet 2017, Vol. 14). Elsevier Masson.
- Maudlin, T. (2009).** *The metaphysics within physics*. Oxford: Oxford University Press.
- McTaggart, J. M. E. (1908).** The unreality of time. *Mind*, XVII(4), 457-474.
<https://doi.org/10.1093/mind/XVII.4.457>
- Meck, W. H., et N'Diaye, K. (2005).** Un modèle neurobiologique de la perception et de l'estimation du temps. *Psychologie Française*, 50(1), 47-63.
<https://doi.org/10.1016/j.psfr.2004.10.009>
- Mellor, D. H. (1998).** *Real time II*. London ; New York: Routledge.
- Miller, S. L. (1953).** A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. *Science*, 117(3046), 528-529. <https://doi.org/10.1126/science.117.3046.528>
- Miller, S. L., et Urey, H. C. (1959).** Organic compound synthesis on the primitive Earth. *Science*, 130(3370), 245-251. <https://doi.org/10.1126/science.130.3370.245>
- Minsky, M. (1988).** *The society of mind* (1. Touchstone ed). New York: Simon & Schuster.
- Montalvo, S. (2019).** *L'expérience consciente est-elle indubitable ?*. Mémoire de master 1 de philosophie. Université de Lille, Lille. Repéré à <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02292804>
- Moore, G. E. (1953).** Sense-Data. Dans *Some main problems of philosophy*. Londres: George, Allen and Unwin.
- Moussaïd, M. (2019).** *Fouloscopie. Ce que la foule dit de nous*. Paris: HumenSciences / Humensis.
- Nagel, T. (1974).** What is it like to be a bat? *The Philosophical Review*, 83(4), 435.
<https://doi.org/10.2307/2183914>
- Nederkoorn, C., et al. (2016).** Self-inflicted pain out of boredom. *Psychiatry Research*, 237, 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.063>
- Ogden, R. S., et al. (2011).** The effect of alcohol administration on human timing : A comparison of prospective timing, retrospective timing and passage of time judgements. *Acta Psychologica*, 138(1), 254-262.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.07.002>
- Palmer, S. E. (1999).** *Vision science. Photons to phenomenology*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Parfit, D. (1992).** *Reasons and persons* (Repr). Oxford: Clarendon.
- Poirot, I., et Schröder, C. M. (2016).** *Sommeil, rythmes et psychiatrie*. Malakoff: Dunod.
- Prigogine, I. (1996).** *Introduction à la thermodynamique des processus irréversibles*. Paris:

Editions Jacques Gabay.

- Prior, A. N. (1959).** Thank goodness that's over. *Philosophy*, 34(128), 12-17.
<https://doi.org/10.1017/S0031819100029685>
- Prusiner, S. (1982).** Novel proteinaceous infectious particles cause scrapie. *Science*, 216(4542), 136-144. <https://doi.org/10.1126/science.6801762>
- Purves, D., et al. (2015).** *Neurosciences* (5ème édition). Louvain-la-Neuve (Belgique): De Boeck Supérieur.
- Putnam, H. (2002).** The nature of mental states. Dans D. J. Chalmers (Éd.), *Philosophy of mind. Classical and contemporary readings*. New York: Oxford University Press.
- Ranta, A. (1994).** *Type-theoretical grammar*. Oxford; New York: Clarendon Press.
- Recanati, F. (2007).** *Perspectival thought. A plea for (moderate) relativism*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- Renaud, R. (2016).** *La pharmacie de l'oubli. Essai sur l'existence, la latence, et la passivité*. Mémoire de master en philosophie contemporaine. Université Paris 1, Paris. Repéré à <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01428207>
- Rovelli, C. (2018).** *L'ordre du temps*. Paris: Flammarion.
- Salomon, M., et al. (2015).** Dramatic histological changes preceding suicidal maternal care in the subsocial spider *Stegodyphus lineatus* (Araneae: Eresidae). *Journal of Arachnology*, 43(1), 77-85. <https://doi.org/10.1636/B14-15.1>
- Schuster, M. M. (1986).** Is the flow of time subjective? *The Review of Metaphysics*, 39(4).
- Sender, R., et al. (2016).** Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLOS Biology*, 14(8), e1002533. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>
- Shoemaker, S. (1969).** Time without change. *The Journal of Philosophy*, 66(12), 363.
<https://doi.org/10.2307/2023892>
- Sierra, M. (2012).** *Depersonalization. A new look at a neglected syndrome*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Simons, D. J., et Chabris, C. F. (1999).** Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059-1074.
<https://doi.org/10.1068/p281059>
- Skow, B. (2011).** On the meaning of the question "How fast does time pass?" *Philosophical Studies*, 155(3), 325-344. <https://doi.org/10.1007/s11098-010-9575-3>
- Smart, J. J. C. (1949).** The river of time. *Mind*, LVIII(232), 483-494.
<https://doi.org/10.1093/mind/LVIII.232.483>
- Sparr, S. A. (2002).** Receptive amelodia in a trained musician. *Neurology*, 59(10), 1659-1659. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000034171.10581.3E>

- Stetson, C., et al. (2007).** Does time really slow down during a frightening event? *PLoS ONE*, 2(12), e1295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001295>
- Sun, Z., et Firestone, C. (2020).** The dark room problem. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(5), 346-348. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.02.006>
- Thomas, F. (2019).** *L'abominable secret du cancer*. Paris: humenSciences.
- Thomas, F., et al. (2016).** *Biologie évolutive* (2ème édition). Louvain-la-Neuve (Belgique): De Boeck Supérieur.
- van Dis, E. A. M., et al. (2020).** Long-term outcomes of cognitive behavioral therapy for anxiety-related disorders: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 77(3), 265. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.3986>
- van Staaden, M. J. (1994).** *Suricata suricatta*. *Mammalian Species*, (483), 1. <https://doi.org/10.2307/3504085>
- Wasserman, D. H. (2009).** Four grams of glucose. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 296(1), E11-E21. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.90563.2008>
- Wearden, J. (2016).** *The psychology of time perception*. London: Palgrave Macmillan.
- Wearden, J., et al. (2014).** Subjective duration in the laboratory and the world outside. Dans V. Arstila & D. Lloyd (Éds), *Subjective time: The philosophy, psychology, and neuroscience of temporality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weiss, M. C., et al. (2016).** The physiology and habitat of the last universal common ancestor. *Nature Microbiology*, 1(9), 16116. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.116>
- Whalley, M. G., et al. (2013).** An fMRI investigation of posttraumatic flashbacks. *Brain and Cognition*, 81(1), 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.10.002>
- Williams, G. C. (1957).** Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence. *Evolution*, 11(4), 398. <https://doi.org/10.2307/2406060>
- Winkielman, P., et al. (2002).** Affect and processing dynamics. Perceptual fluency enhances evaluations. Dans S. C. Moore & M. Oaksford (Éds), *Emotional cognition: From brain to behaviour*. Amsterdam; Philadelphia: J. Benjamins Pub.
- Wittgenstein, L. (2002).** *Remarques mêlées*. Paris: Flammarion.
- Woese, C. R., et al. (1990).** Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(12), 4576-4579. <https://doi.org/10.1073/pnas.87.12.4576>

Zeki, S. (1991). Cerebral akinetopsia (visual motion blindness): A review. *Brain, 114*(2), 811-824. <https://doi.org/10.1093/brain/114.2.811>

Zihl, J., et al. (1983). Selective disturbance of movement vision after bilateral brain damage. *Brain, 106*(2), 313-340. <https://doi.org/10.1093/brain/106.2.313>