

---

# Relativité d'échelle: application aux perceptions internes spatiales et temporelles

Laurent Nottale\* — Pierre Timar\*\*

\* LUTH, UMR 8102 CNRS, Observatoire de Paris-Meudon et Université Paris 7  
5 place Janssen 92190 Meudon  
laurent.nottale@obspm.fr

\*\* 262 rue Saint-Honoré, 75001, Paris, France  
ptimar@magic.fr

---

*RÉSUMÉ. La théorie de la relativité d'échelle est une extension du principe de relativité aux transformations d'échelle du système de référence, dans un cadre de géométrie fractale où les coordonnées deviennent explicitement dépendantes des résolutions spatio-temporelles. Appliquée au point de vue d'un observateur, cela signifie que les échelles de longueur et de temps, considérées habituellement comme intrinsèques à l'objet observé, n'ont en fait pas d'existence en soi, puisque seul a un sens le rapport entre une échelle externe et une échelle interne, qui sert d'unité. La conséquence de ce principe fondamental est qu'il est totalement impossible de distinguer une dilatation de l'objet (constatée ou mesurée) d'une contraction équivalente de l'unité de référence (spatial ou temporel). Les observations d'Oliver Sacks, concernant des patients souffrant de distorsions temporelles et spatiales dans la maladie de Parkinson et dans l'encéphalite léthargique, offrent ainsi un champ particulièrement pertinent d'application de la relativité d'échelle. Pour ces patients, ce serait l'atteinte du dispositif interne qui nous synchronise avec l'espace-temps externe qui se manifesterait par une variation chaotique de la perception des dilatations et des contractions, une telle déformation interne apparaissant alors naturellement comme étant projetée vers l'extérieur et observable dans le comportement.*

*ABSTRACT. The theory of scale relativity is an extension of the principle of relativity to scale transformations of the reference system, in a fractal geometry framework where coordinates become explicitly dependent on resolutions. Applied to an observer perspective, it means that the scales of length and of time, usually attributed to the observed object as being intrinsic to it, have actually no existence by themselves, since only the ratio between an external scale and an internal scale, which serves as unit, is meaningful. Oliver Sacks' observations on patients suffering from temporal and spatial distortions in Parkinson's and encephalitis lethargica disease offer a particularly relevant field of application for such a scale-relativistic view. For these*

*Premières Rencontres d'Avignon (2007-2009) autour de la Relativité d'Échelle*  
Sous la direction de L. Nottale et Ph. Martin – ISBN : 2-910545-07-5, pages 95 à 108

96 *Premières Rencontres d'Avignon (2007-2009) autour de la Relativité d'Échelle*  
Sous la direction de L. Nottale et Ph. Martin – ISBN : 2-910545-07-5

*patients, we suggest that a blow of the internal device which synchronizes us with the external space-time manifests itself as a chaotic variation of the perception of dilations and contractions. Such an internal deformation would then naturally appear as projected toward the exterior and would be observable in the behaviour.*

*MOTS-CLÉS : relativité, échelles, perceptions*

*KEYWORDS: relativity, scales, perceptions*

---

## 1. Introduction

La théorie de la relativité d'échelle est fondée sur une nouvelle extension du principe de relativité. Ce principe peut être énoncé de la manière suivante : les diverses propriétés du monde physique auquel il est appliqué n'existent pas de manière absolue mais seulement relativement à un système de référence.

Jusqu'à présent, les théories physiques de la relativité ont été appliquées à la position (dans l'espace et le temps), à l'orientation et au mouvement (mesuré par une vitesse et une accélération), et comme conséquence, à la gravitation.

La théorie de la relativité d'échelle est une nouvelle généralisation dans laquelle le principe de relativité est aussi appliqué aux échelles (qui sont mesurées en particulier par la résolution de l'appareil de mesure) et, comme conséquence directe, à la mécanique quantique et aux champs de jauge (champs électromagnétique, faible et fort). Les applications potentielles d'une telle approche couvrent un large domaine, car les transformations d'échelle jouent un rôle central, non seulement en physique, mais aussi dans beaucoup d'autres sciences, en particulier en biologie, en médecine et dans les sciences humaines. Dans cet article, nous donnons un exemple d'application pouvant permettre de comprendre certaines manifestations observées dans la maladie de Parkinson et dans les encéphalites léthargiques.

## 2. Relativité de la position, de l'orientation, du mouvement et de la gravitation

Concernant la position, la relativité signifie que la position d'un objet ne peut être définie en soi, de manière absolue. Cela paraît clair si on imagine un objet unique dans un espace qui serait complètement vide à part lui. Le concept de position de cet objet n'aurait aucun sens et ne pourrait même pas être défini. Par conséquent, on ne devrait pas parler de "position", mais plutôt d'"inter-position".

Afin de définir la position d'un objet, on a besoin de se référer à d'autres objets qui servent de système de référence. Cela est vrai pour tout objet ainsi que pour le système de référence lui-même, dont l'origine ne peut être définie que par rapport à un autre système. Il serait inutile d'essayer de continuer sans fin en définissant un troisième système de référence, etc., dans l'espoir de trouver finalement une référence absolue. En effet, l'essence même de la relativité est que la propriété appelée "position d'un objet" n'est en fait pas une propriété intrinsèque de l'objet. Elle est attribuée à l'objet lui-même de manière erronée, alors que sa vraie nature est une relation.

Il en est de même pour l'orientation, avec la différence que les changements de position correspondent à la "symétrie" (au sens général du terme en physique) appelée translation, alors que les changements d'orientation correspondent à des rotations.

Pour ce qui concerne celles-ci, un autre aspect de la relativité apparaît : à savoir, le caractère projectif de la "réalité" physique. Les longueur, largeur et hauteur apparentes d'un objet changent en fonction de son orientation relative à l'observateur. Le même

changement peut être observé si on tourne l'objet en face de nous, ou si nous tournons nous-mêmes du même angle autour de l'objet.

Mais c'est son application au mouvement qui a donné officiellement naissance à la relativité à la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle. La relativité du mouvement inertiel a en effet été découverte dans les sciences occidentales par Galilée, qui écrit dans le *Dialogue* [1] : "Pour toutes les choses qui y participent également, le mouvement n'agit pas, il est comme s'il n'était pas. [...] Le mouvement est comme rien" (p. 141). "Par rapport à la Terre, à la tour et à nous, qui nous mouvons tous de conserve avec le mouvement diurne, en même temps que la pierre, le mouvement diurne est comme s'il n'était pas, il reste insensible, imperceptible, et n'a aucune action" (p. 191). Galilée a érigé ce constat en principe : "Posons donc comme principe [...] que, quel que soit le mouvement que l'on attribue à la Terre, il est nécessaire que, pour nous qui en sommes les habitants et qui par conséquent y participons, il reste parfaitement imperceptible et comme n'étant pas."

Il est néanmoins remarquable que cette déclaration de Galilée ait été précédée par le principe de "vacuité" de la philosophie Bouddhiste selon laquelle les divers phénomènes sont vides d'existence propre (absolue) et n'apparaissent que de manière relative et interdépendante. Ainsi, on peut trouver dans les écrits de Nagarjuna, vieux de 2000 ans, une analyse de la relativité du mouvement (entre autres phénomènes) tout à fait comparable à celle de Galilée. Nagarjuna réfute l'existence propre aussi bien du mouvement que du repos et aboutit à la même conclusion que Galilée, à savoir que pour l'agent entraîné avec le mouvement, celui-ci est indiscernable du repos (de l'absence de mouvement) : "le mouvement, son commencement et sa cessation sont analogues au mouvement" ([2], p. 51), "l'agent de mouvement, le mouvement et le lieu de mouvement n'existent pas [selon leur nature propre]" (p. 54).

L'intuition fondamentale d'Einstein concernant la relativité de la gravitation, qu'il considéra comme "la meilleure idée de toute sa vie", était de nature similaire. Il réalisa en 1907 que si un homme tombait en chute libre dans un champ gravitationnel, il ne sentirait plus son propre poids [3]. Einstein a traduit ce constat dans le principe d'équivalence selon lequel un champ gravitationnel et un champ d'accélération uniforme sont localement équivalents, de sorte qu'un champ gravitationnel peut être localement annulé (ou créé) par le choix d'un système de référence accélérant.

Le point-clef soulevé par Galilée et Einstein est, en ce qui concerne le mouvement aussi bien que la gravitation, l'absence de leur existence absolue. La vitesse d'un corps, son accélération et la force gravitationnelle ressentie par le corps en question ne sont pas des propriétés intrinsèques ou des propriétés physiques locales du corps, mais des propriétés qui dépendent du système de référence. Ce ne sont pas des propriétés individuelles des objets mais des "inter-propriétés" entre objets, ayant par conséquent le statut de relations. En changeant de système de référence, les propriétés changent (c'est l'aspect de relativité); mais parmi tous les systèmes de référence, il en existe un, à savoir, le système propre (intrinsèque à l'objet), dans lequel ce changement est tel que la propriété disparaît (c'est l'aspect de "vacuité").

Une remarque finale à propos de la nature du principe de relativité concerne sa connection avec les théories de l'espace-temps. En effet, toutes les théories successives de la relativité (relativité de Galilée, relativité restreinte d'Einstein [4] -Poincaré [5] et relativité généralisée d'Einstein [6]) ont été mises en oeuvre dans le cadre de géométries de l'espace-temps de plus en plus évoluées (respectivement l'espace Euclidien, puis Minkowskien, puis les espaces-temps Riemanniens). Cela est facilement compréhensible si l'on réalise que l'espace-temps est défini, non comme objet ou substance, mais comme relation. Cela est clair dans l'expression de la métrique de la relativité générale, qui n'est rien d'autre qu'une généralisation de la relation de Pythagore. La prise en compte de transformations de plus en plus générales entre systèmes de coordonnées mène alors naturellement à des géométries de l'espace-temps elles-mêmes de plus en plus générales.

### 3. Relativité d'échelle

Dans la théorie de relativité d'échelle [7], l'échelle d'observation (en particulier, la résolution à laquelle un système est observé ou expérimenté) est considérée comme une caractéristique de l'état du système de référence, de même que son origine, son orientation et son mouvement. C'est un fait expérimental établi depuis fort longtemps que l'échelle d'un système peut être définie seulement de manière relative puisque seuls les rapports d'échelle ont une signification physique, jamais les échelles absolues. Le principe de relativité peut donc être étendu de manière à s'appliquer aussi aux transformations d'échelle des systèmes de référence.

Dans cette approche, la résolution est considérée non seulement comme une propriété (relative) du dispositif de mesure et du système mesuré, mais plus généralement comme une propriété spécifique de la géométrie de l'espace-temps : en d'autres termes, l'espace-temps est considéré comme étant fractal, c'est à dire explicitement dépendant de l'échelle [8,9].

A un niveau plus profond, on peut abandonner l'hypothèse de différentiabilité du continuum espace-temps, ce qui signifie considérer des géométries spatio-temporelles généralisées qui peuvent être différentiables mais aussi non différentiables. Dans un tel cadre de travail, on retrouve donc la physique différentiable standard comme cas particulier, mais une nouvelle physique peut aussi être dérivée des propriétés des variétés continues non-différentiables (dont on peut démontrer qu'elles sont fractales).

Le développement de la théorie comprend les étapes suivantes :

(i) La construction de lois de transformation d'échelle relevant du principe de relativité d'échelle [10], qui décrivent la dépendance explicite d'un espace-temps fractal en fonction de l'échelle ;

(ii) La construction des équations du mouvement dans un tel espace-temps non différentiable [7]. Les "particules" sont identifiées aux géodésiques de l'espace-temps (les chemins qui minimisent le temps propre), avec pour conséquence principale la

transformation de la mécanique classique en une mécanique de type quantique. Ce résultat s'applique à la mécanique quantique standard, dont tous les "postulats" peuvent aujourd'hui être dérivés dans ce cadre [32], mais aussi, sous une forme généralisée et avec une interprétation différente, à certains systèmes macroscopiques chaotiques et fractals [7,15]. Les divers outils mathématiques de la mécanique quantique (fonctions d'onde complexes, spinorielles, bi-spinorielles, etc...) peuvent être construits comme manifestations de la géométrie non différentiable, et les équations dont ils sont solutions (équations de Schrödinger [7,11], Klein-Gordon [11,12], Pauli [13] et Dirac [11]) sont alors établies comme forme nouvelle prise par l'équation des géodésiques (après intégration).

(iii) La construction des champs de jauge comme manifestations de la fractalité de l'espace-temps [12,14], en analogie avec la gravitation identifiée aux manifestations de sa courbure en relativité généralisée du mouvement d'Einstein.

#### 4. Lois log-périodiques

Une des applications de la relativité d'échelle concerne les lois log-périodiques (lois d'invariance d'échelle discrète), qui semblent donner une bonne description de nombreuses structures spatiales et temporelles [16], en particulier dans des conditions de crise.

De telles lois peuvent être facilement obtenues comme solutions d'équations différentielles d'échelle du second ordre contraintes par un principe de covariance (invariance de forme des équations) [10]. Celles-ci ont en fait une forme d'équation d'onde dans l'espace des échelles, ce qui mène naturellement à des solutions périodiques en terme du logarithme d'une variable d'échelle (i.e., en  $\cos[\ln(\Delta T/\tau)]$ ).

Considérons en particulier le cas où une telle approche est appliquée à des séquences temporelles discrètes d'événements d'un système évolutif [17,18]. La variable d'échelle peut être identifiée à l'intervalle de temps entre deux événements,  $\Delta T_n = T_{n+1} - T_n$ . Le fait qu'on ait affaire, non à un temps donné (qui n'a aucun sens en soi) mais à un intervalle de temps, est une manifestation de la première des relativités, celle de la position (ici dans le temps).

Maintenant, la relativité des échelles (dont cet intervalle est un exemple) implique que cet intervalle, en lui-même, n'a toujours aucun sens physique (comme l'indique le fait qu'il est caractérisé par une unité, elle-même définie de manière arbitraire) : seul un *rapport* d'intervalles d'espace ou de temps a un sens physique. Une invariance d'intervalles de temps aurait donné lieu à un comportement périodique. Mais une invariance de rapports d'intervalles de temps s'écrit :

$$\frac{T_n - T_{n-1}}{T_{n+1} - T_n} = g = \text{cst.} \quad [1]$$

Une telle progression géométrique est cette fois périodique, non en terme des intervalles, mais de leur logarithme. En effet, elle converge vers un certain temps critique

$T_c$ , car la somme des intervalles est donnée par la série convergente bien connue  $1 + g^{-1} + g^{-2} + \dots = g/(g - 1)$ . En prenant ce temps critique comme nouvelle référence dans le calcul des intervalles, on obtient une loi de chronologie des événements qui s'écrit [17-19] :

$$T_n = T_c + (T_0 - T_c) \times g^{-n}, \quad [2]$$

c'est-à-dire  $\log(\Delta T_n/\tau) = \log(\Delta T_0/\tau) - n \log g$ , où  $\Delta T = |T - T_c|$  et où  $\tau$  est un unité de temps quelconque (qui disparaît de l'équation). Le caractère log-périodique d'une telle loi apparaît donc clairement.

Cette loi simple, typique de la chronologie de nombreux phénomènes de crise, dont par exemple certains tremblements de terre [24,33], décrit soit une accélération vers le temps critique (ces événements sont des "précuseurs" de la crise proprement dite), soit une décélération depuis la crise (les "répliques", voir [33]).

En s'approchant de l'époque critique, les intervalles de temps deviennent de plus en plus courts, d'une manière telle que (dans la loi théorique idéale) une infinité d'événements est nécessaire pour l'atteindre (dans les situations réelles, des effets de seuil limitent leur nombre à une valeur finie). En fonction de la variable  $\log|T - T_c|$ , l'époque critique est rejetée à l'infini et correspond donc à un horizon.

Appliquée à des intervalles spatiaux, une telle loi est connue depuis Léonard de Vinci comme décrivant l'invariance d'échelle discrète de la longueur des branches, sous-branches, etc... des arbres, des rivières et de nombreux systèmes arborescents (voir [17] et références incluses).

Appliquée à des phénomènes d'évolution temporelle, elle a fourni des modèles satisfaisants (et statistiquement significatifs) des séquences temporelles des grands sauts évolutifs de plusieurs lignées d'évolution des espèces [17-19] (dans le cadre de l'évolution ponctuée), de l'évolution économique des sociétés [17], de l'embryogénèse et du développement humain [20] et de nombreux autres phénomènes évolutifs en sciences humaines [21]. La loi et le temps critique obtenus pour l'évolution des sociétés occidentales analysées sur plusieurs milliers d'années ( $T_c = 2050 - 2080$ ) [17] ont été par la suite confirmés par Sornette and Johansen sur plusieurs indices R&D, économiques, boursiers et démographiques indépendants (sur des échelles de temps de plusieurs centaines d'années) [22].

Il est remarquable que dans toutes ces analyses, le rapport d'échelle  $g$  semble systématiquement prendre des valeurs plus probables autour de  $g = 1.73$  (proche de  $\sqrt{3}$ ), ainsi que de  $g^{1/2} \approx 1.32$  et  $g^{3/2} \approx 2.28$ . Une telle universalité, qui reste à confirmer, n'a pas d'explication pour le moment, même si quelques conjectures ont été proposées [17,23]. On peut cependant remarquer que le passage d'une valeur de  $g$  à sa racine carrée correspond à un doublement de la densité du nombre d'événements (dans la variable logarithmique), lequel peut être une conséquence, par exemple, d'un changement du seuil dans le choix des événements (majeurs vs mineurs). Un tel changement de seuil a pu être testé sur certaines lignées d'évolution des espèces et a précisément

fait passer  $g$  d'une valeur proche de 1.7 à  $\approx 1.3$ , et cela sans changer la valeur de  $T_c$  [19] (aux barres d'erreur près).

On peut aussi noter que les lois log-périodiques ne s'opposent pas aux lois d'horloge périodiques usuelles, mais en sont une généralisation car la loi périodique correspond simplement à la limite  $T_c \rightarrow \pm\infty$ . On peut donc considérer cette loi, non seulement comme étant spécifique de la chronologie d'événements en période de crise, mais aussi plus généralement comme décrivant le comportement spontané de toutes les horloges naturelles, qui sont connues pour dériver les unes par rapport aux autres en l'absence de synchronisation. Ce dernier point va jouer un rôle essentiel dans les applications qui suivent maintenant.

## 5. Application à la maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson (MP) est une maladie dégénérative du système nerveux central ; elle appartient au groupe des désordres du système moteur qui résultent de la perte de cellules du cerveau produisant de la dopamine. Les quatre symptômes primaires de la maladie de Parkinson sont le tremblement des mains, des bras, des jambes, de la mâchoire et du visage ; la rigidité ou la raideur des membres et du tronc, bradykinésie ou lenteur du mouvement ; et l'instabilité de la posture ou de l'équilibre et la détérioration de la coordination. Nous avons appris que les patients survivant à l'encéphalite léthargique ou maladie de Von Economo présentent des symptômes semblables à ceux de la maladie de Parkinson.

Les travaux du Dr Sacks ("Awakenings" traduit comme "L'éveil" dans le livre, le documentaire et le film) nous portent à penser que nous pourrions utiliser l'approche et le principe de la relativité d'échelle dans ce type de maladie, afin de nous aider à la comprendre à un niveau fondamental.

Considérons en particulier un symptôme appelé festination – qui est le raccourcissement involontaire de la foulée et de l'accélération de la démarche – mais qui est aussi utilisé pour décrire les perturbations de la parole. Par exemple, la parole peut s'accélérer pendant que la personne discourt et l'espace entre les mots peut devenir de plus en plus court. Cela peut être exacerbé jusqu'au point où il devient difficile de comprendre une personne ayant une festination durant son discours. La même chose peut être observée avec "le test des trois claps". Le patient va taper dans ses mains toutes les secondes, puis, inconsciemment il va accélérer le tempo et dans le même temps la distance entre ses mains deviendra plus courte jusqu'au moment où il sera comme figé.

Nous pensons que la perte du dispositif interne qui nous synchronise avec l'espace-temps externe se manifesterait par une variation chaotique de la perception des dilatactions et des contractions. Dans des travaux à venir nous analyserons ces observations de façon quantitative, en les comparant en particulier à la loi log-périodique décrite plus haut qui présente exactement le même type de propriétés d'accélération et de décélération du temps (amenant parfois au blocage) et aux dilatations et contractions de



l'espace qui émergent comme manifestation naturelle de la relativité d'échelle. Nous allons seulement donner dans cet article, comme première approche, les divers éléments qui étayaient une telle supposition.

Le comportement des patients atteints de la maladie de Parkinson semble vraiment suivre le principe de relativité appliqué aux échelles, puisque cela engage au premier plan l'essence même de toute mesure (et donc par conséquent nos propres sens et organes sensoriels). En effet, compte tenu de l'universalité de ce principe, notre système de perception y est lui même assujéti, en particulier pour ce qui concerne notre localisation dans l'espace et le temps. Cette localisation peut être établie seulement par une mesure (même si elle est uniquement implicite), par exemple, à travers une comparaison entre un système de référence (définissant l'unité) et "l'objet" mesuré. Par conséquent, l'estimation de l'intervalle de longueur et de temps externe perçu par le système de tout être doué de sensations (Parkinsonien ou pas) découle nécessairement des règles internes de comparaison. Le point essentiel, concernant le temps, est de comprendre que seul le rapport entre l'intervalle de temps mesuré et la période de l'horloge de référence a une signification. Il en est de même concernant l'espace, seul a un sens le rapport entre la taille de l'objet mesuré et les unités définies par la référence. Mais un intervalle d'espace ou de temps, en soi, sans aucune référence, n'a aucune signification physique, et en réalité aucune existence.

La conséquence de ce principe fondamental de relativité d'échelle est qu'il est totalement impossible de distinguer une dilatation de l'objet (constatée ou mesurée) d'une contraction équivalente de l'unité de référence (spatiale ou temporelle). Cette impossibilité n'est pas juste une simple difficulté qu'une expérience plus complexe pourrait espérer corriger. Ceci revêt un aspect fondamental puisqu'il implique l'essence même du phénomène, qui ne peut exister de manière absolue mais seulement relativement à un système de référence. Par conséquent la distinction entre la dilatation de l'objet et la contraction de l'unité n'aurait en fait pas de sens (de manière tout à fait analogue au mouvement relatif de deux corps, où chaque corps est vu comme étant en mouvement depuis l'autre, sans qu'on puisse attribuer mouvement ou repos à aucun des deux séparément).

En effet, si  $Y=B/A$ , multiplier B par 10 ou diviser A par 10 donne exactement le même résultat,  $Y'=(10B)/A = B / (A/10)$ . Les deux actions sont indiscernables l'une de l'autre. Le résultat de la perception est Y puis Y' mais en aucun cas les termes qui constituent ces valeurs.

Concernant les patients Parkinsoniens ou Post-encéphaliques, cela a pour conséquence que leurs perceptions déformées sont illusoires, ainsi qu'ils en témoignent eux-mêmes : "Ce que vous appelez 'festination' n'est rien d'autre qu'une réaction normale à une perception anormale". "Nous, Parkinsoniens, souffrons d'illusions". Mais il en est en fait de même des sujets non touchés par la maladie, seul le type d'"illusion" diffère. Dans les deux cas ce qui est perçu est juste le rapport entre échelles externes et internes, puisqu'une déformation des unités internes n'est par définition pas discernable d'une déformation de l'objet externe (spatialement ou temporellement).

Puisque nous avons une tendance générale et naturelle à projeter nos perceptions vers l'extérieur (comme cela est par exemple prouvé par notre sentiment usuel de conscience ordinaire éveillée en vivant un rêve), une telle déformation interne apparaît naturellement comme étant projetée vers l'extérieur.

La différence entre le sujet non affecté et le sujet affecté est donc seulement une question de synchronisation (ou de désynchronisation) des règles et horloges internes par rapport aux règles et horloges externes.

Citons Sacks à cet égard : “Frances D [...] m’a souvent décrit le monde étrange et profondément paradoxal dans lequel elle vit. Ces patients décrivent un monde fantastico-mathématique, remarquablement similaire à celui d’Alice au Pays des Merveilles. Melle D. insiste sur les désagréments concernant les distorsions fondamentales de l’espace Parkinsonien, et sur ses difficultés particulières avec les angles, cercles, ensembles et limites. Elle dit un jour, parlant de son ‘figeage’, ‘ce n’est pas aussi simple que cela en a l’air. Je ne m’arrête pas en réalité, je continue mais je sens que *je n’ai plus assez d’espace pour me déplacer...* Vous voyez, *mon espace, notre espace*, n’est pas du tout *votre espace* : notre espace devient plus grand ou plus petit, il se replie sur lui-même, il forme une boucle sur lui-même jusqu’à se précipiter en lui-même’.” [27]

Sacks a observé que les patients peuvent avoir des illusions ou bien des conjectures trompeuses à propos de l’espace-temps quand ils essayent de se presser ou en cas de festination. De même, ils peuvent avoir des illusions quand ils flânent ou en cas de procrastination : “Maintenant essayons d’examiner le comportement Parkinsonien sous cet éclairage nous concernant et spécialement à travers *les illusions d’échelles* (souligné par Sacks lui-même). J’ai reçu des lettres de la part de Frances D. et de la part d’autres patients Parkinsonien qui montrent des disparités d’échelles singulières (et parfois comiques) : je me souviens d’une lettre de Frances D. où la première page était constituée d’une écriture parfaitement formée mais microscopique (si petite que j’ai dû utiliser une loupe pour la déchiffrer), alors qu’au début de la deuxième page (constituée de mots de tailles normales) elle avait écrit : ‘je vois que ce que j’ai écrit hier était beaucoup trop petit, bien que je ne m’en sois pas aperçue à ce moment. Aujourd’hui j’ai emprunté une règle et j’ai tracé des lignes sur cette page, et je compte utiliser les lignes pour ne pas former les lettres si petites par inadvertance’.” [27]

Sacks se rappelle que d’autres écrits de Frances D. et que certains autres patients ont produits étaient, bien que parfaitement écrits et formés, parfois constitués de lettres de taille énorme, ce dont les patients étaient inconscients.

Plusieurs aspects de cet ensemble de symptômes et de réactions de patients peuvent être pris en compte dans le cadre de ce travail, tel que le “figeage” (“freezing”), les distorsions, les dilatations et contractions et comme conséquence la nécessité d’un stimuli externe rythmique, mais aussi de la musique entraînante, concernant le temps : cela contribue à remplacer l’horloge interne distordue ou détruite qui *est probablement internalisée* :

“Edith T., anciennement professeur de musique (...) dit qu’elle est devenue ‘sans grâce’ avec l’attaque de la maladie de Parkinson, que ses mouvements sont devenus

'en bois, mécaniques comme un robot ou une marionnette', qu'elle a perdu le côté naturel et musical du mouvement, qu'elle est – en un mot – devenue 'dé-musiquée'." [27] Edith T. ajouta qu'heureusement la maladie était accompagnée de son propre remède : "La musique, dit-elle, comme je suis dé-musiquée, je me dois d'être 're-musiquée'." "Souvent, dit-elle, elle s'est trouvée 'figée', complètement sans mouvement, privée de pouvoir, de réaction, de la 'pensée' même de tout mouvement ; elle se sentait dans ces moments 'comme une photo sans vie, un cadre figé' – simple objet plat, sans substance ou sans vie. Dans cet état, cette absence d'état, cette irréalité intemporelle, elle resterait sans mouvement, impuissante, jusqu'à ce que *la musique viennoise*." [27]

Sacks rapporte qu'on lui demande souvent "comment la musique peut servir à réveiller de tels patients, et qu'est ce qui se passe à de tels moments". Il semble que l'élan rythmique doit être présent mais que ce rythme doit être englobé dans une mélodie : "Un rythme brut ou trop fort qui ne peut pas être vraiment englobé dans une mélodie, a pour conséquence un mouvement saccadé pathologique, il contraint le patient au lieu de le libérer, et a donc un effet anti musical. Un chantonnement informe (Mlle D. appelle cela de la 'gadoue') sans rythme ou pouvoir moteur suffisant, n'arrive pas à la faire bouger du tout – tant émotionnellement que physiquement –. On peut évoquer les définitions de Nietzsche concernant la pathologie liée à la musique : ici il perçoit la 'dégénérescence du sens du rythme'. La musique 'dégénérée' rend malade et contraint, la musique 'saine' guérit et libère. Ceci était précisément l'expérience de Mlle D., elle ne pourrait pas supporter ni 'détonation' ni 'gadoue', et exigeait de la musique bien faite et dense." [27]

La question est de savoir si une musique bien faite et dense suffirait à mettre Frances D. sur la bonne voie. Il s'avère que cela ne fut pas le cas : "La seule musique qui eut une influence sur elle dans le bon sens était la musique qu'elle pouvait *apprécier* ; seule la musique qui touchait son âme avait le pouvoir de faire bouger son corps. *Elle pouvait seulement se mouvoir si la musique pouvait l'émouvoir*. Le 'mouvement' était en même temps émotionnel et moteur, et surtout autonome (nous le distinguons des saccades passives et d'autres pathologies)." [27]

Concernant l'espace, les espacements réguliers, règles, marches d'escalier, aide de quelqu'un qui marche normalement, etc., tout cela contribue à remplacer les règles internes distordues ou détruites, et aussi *probablement à les internaliser*. "(Donc, en termes généraux, nous trouvons que les patients Parkinsoniens amétriques-dysmétriques peuvent être réactivés et régulés, ordonnés et organisés par une sorte de mesure, un marquage régulier dans l'espace-temps conventionnel, formel (et linéaire) comme des escaliers, des marques peintes sur le sol, des horloges, des métronomes, et des appareils pouvant compter de manière simple, régulière et ordonnée ; ou bien par coaction ou coordination avec une activité concrète et vivante ou un agent externe). Ainsi, dans le cas de Mlle D., le marquage à la craie de lignes régulières sur le sol lui a permis de marcher de façon stable, mais comme une marionnette ou un robot ; mais en lui prenant le bras et en marchant lentement avec elle, on lui a permis de déambuler comme une personne normale." [27]

Le point-clef semble être le besoin d'**introjection** des horloges et des règles par le patient. Des horloges et règles purement mécaniques ne sont pas suffisantes selon divers témoignages mis en relief par Sacks [27]. Cela pourrait nous permettre de comprendre les stratégies diverses (mais aussi d'en suggérer des améliorations) qui ont été proposées pour aider les patients atteints de la maladie de Parkinson [25,26].

## 6. Conclusion : La “volonté” de la balle (The “Will” of the Ball)

Une scène tirée du film montre le Dr “Sayer” avec une patiente, une dame âgée paralysée dans son fauteuil roulant. Il lui tourne le dos pendant un moment pour écrire des données cliniques mais quand il lui fait de nouveau face, elle est penchée en avant dans une posture qui montre qu'elle a rattrapé avec sa main droite ses lunettes qui ont glissé de son nez. Ceci fait, elle reste dans cette position. Cette observation a donné à Sacks l'idée du paradigme qu'il appela “la volonté de la balle” : étant donné que les patients ont perdu leur propre volonté, ils semblent emprunter cette volonté à l'extérieur.

Scène suivante : montrée à des neurologues confirmés, la même patiente est vue en train d'attraper à la volée, dans un geste unique incroyable, une balle qui lui est lancée.

Qu'est-ce que la “volonté” de la balle ? On pourrait penser que même une vieille dame ne peut pas ne pas aimer le baseball surtout si cette personne est américaine, et supposer que la volonté de l'objet est l'internalisation du mouvement lui-même d'un objet qu'elle reconnaît et en quelque sorte qu'elle aime (ou plus exactement qu'elle *aime suffisamment*). C'est ce qui nous fait bouger. L'objet peut être n'importe quoi rencontré dans le monde (extérieur). Cela peut être une chose, une musique, un rythme, un ordre donné oralement ou pas, un contact physique. Cela fonctionne sur nous de manière inconsciente. Cela signifie que nous n'avons pas à penser ou à considérer notre souhait (qui est un procédé beaucoup trop long pour attraper quoi que ce soit) mais cela n'est pas non plus juste une réaction réflexe de rattrapage de quelque chose. Le Dr Sayer dira qu'une simple réaction aurait été de repousser la balle.

Nous savons tous que nous ne nous enthousiasmons pas habituellement pour poursuivre quelque chose qui court autour de nous comme les chatons qui poursuivent tout mobile. Pour un psychanalyste, un objet est un objet psychiquement investi. Autrement, il n'existerait pas pour nous. Un psychiatre apprend habituellement à comprendre un processus psychique à partir de manifestations pathologiques et vice versa.

Un processus psychique parfaitement commun à tous est appelé “introjection”. Freud a écrit : “Dans la mesure où le Moi est auto-érotique, il n'a pas besoin du monde extérieur, mais, par suite d'expériences déterminées par les pulsions d'auto-conservation, il acquiert des objets de ce monde et malgré tout, il ne peut éviter le ressenti interne des stimuli pulsionnels momentanément comme déplaisant. Sous la domination du principe de plaisir il s'en suit qu'un nouveau processus s'installe dans le Moi. Dans la mesure où les objets qui lui sont présentés sont des sources de plaisir,

il les prend en lui, les 'introjecte' (pour reprendre le terme de Ferenczi) ; et d'un autre côté, il expulse tout ce qui en lui devient une cause de déplaisir (traduction PT)" [28].

Il semble que l'introjection est un concept très approprié pour "lancer la balle" entre le niveau neurologique de l'observation et sa compréhension psychologique. Pourquoi cela fonctionne-t-il ? Parce que la zone cérébrale endommagée fait partie des structures qui portent une fonction que nous pouvons décrire comme un dispositif interne de synchronisation avec l'extérieur. Il est ainsi mis en évidence que l'utilisation d'un dispositif extérieur semble contourner la partie endommagée et permet à la fonction de se rétablir de façon spectaculaire. De manière non-invasive, il semble que cela fonctionne comme l'électrostimulation intracérébrale le fait par un by-pass (les électrodes sont introduites de façon à activer le faisceau en aval de la zone des noyaux gris centraux).

Le Dr Sacks montre que, pour une personne donnée, la façon de trouver le dispositif externe est le résultat d'une recherche intuitive, de leur capacité à jouer. Le film montre, par exemple, le dessin d'un jeu de marelle donnant ainsi l'occasion au Dr Sayer de trouver la solution concernant l'inhibition de la marche pour Lucie : elle avait absolument besoin d'une figuration continue sur le sol pour pouvoir marcher de son "enfer" (la salle) à son "paradis" (la fenêtre donnant sur l'extérieur). Son désir de marcher n'était pas suffisant pour mobiliser l'action. Les témoignages de la disparition de la capacité même de penser à bouger ont conduit le Dr Sacks à écrire qu'un parkinsonien figé n'existe plus dans le même espace temps que nous.

Cela donne une bonne illustration de l'articulation entre le mouvement psychique du désir et le mouvement réel. Le mouvement réel nécessite un corps fonctionnant suffisamment bien et un environnement accueillant. Le désir n'est-il pas une aide pour trouver/créer (nous utilisons ici bien sûr les termes de Winnicott) des façons de rendre les choses de la vie suffisamment bonnes pour nous ? [29, 30,31]

**Remerciements** : Cette contribution a été développée à partir d'une première version en anglais [33] publiée à l'invitation de Susie Vröbel, que nous remercions ici à nouveau, ainsi que Myrna Timar pour son aide à la traduction de ce texte.

## 7. Bibliographie

- [1] Galileo Galilei, 1630, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* (Seuil, 1992)
- [2] Nagarjuna, *Traité du milieu* (Seuil, 1995)
- [3] A. Pais, *Subtle Is the Lord : the Science and Life of Albert Einstein*, (Oxford University Press, New-York, 1982).
- [4] A. Einstein, *Annalen der Physik* **17**, 891 (1905).
- [5] H. Poincaré, *C. R. Acad. Sci. Paris* **140**, 1504 (1905).
- [6] A. Einstein, *Annalen der Physik* **49**, 769 (1916), translated in *The Principle of Relativity*, p. 111, Dover (1923, 1952).

- [7] L. Nottale, *Fractal Space-Time and Microphysics : Towards a Theory of Scale Relativity*, (World Scientific, Singapore, 1993).
- [8] L. Nottale & J. Schneider, *J. Math. Phys.* **25**, 1296 (1984).
- [9] L. Nottale, *Int. J. Mod. Phys. A***4**, 5047 (1989).
- [10] L. Nottale, in *Scale invariance and beyond*, Proceedings of Les Houches school, B. Du-brulle, F. Graner & D. Sornette eds., (EDP Sciences/Springer, 1997), p. 249.
- [11] M.N. Célérier & L. Nottale, *J. Phys. A : Math. Gen.* **37**, 931 (2004).
- [12] L. Nottale, in *Relativity in General*, (Spanish Relativity Meeting 1993), J. Diaz Alonso & M. Lorente Paramo, Eds., p. 121, Editions Frontières, Paris (1994).
- [13] M.N. Célérier & L. Nottale, *J. Phys. A : Math. Gen.* **39**, 12565 (2006).
- [14] L. Nottale, M.N. Célérier & T. Lehner, *J. Math. Phys.* **47**, 032303 (2006).
- [15] L. Nottale, *A&A* **327**, 867 (1997).
- [16] D. Sornette, *Phys. Rep.* **297**, 239 (1998).
- [17] L. Nottale, J. Chaline & P. Grou, 2000, *Les arbres de l'évolution : Univers, Vie, Sociétés*, Hachette, Paris (2000).
- [18] J. Chaline, L. Nottale & P. Grou, *C.R. Acad. Sci. Paris* **328**, 717 (1999).
- [19] L. Nottale, J. Chaline & P. Grou, in *Fractals in Biology and Medicine*, Vol. III, Proceedings of Fractal 2000 Third International Symposium, G. Losa, D. Merlini, T. Nonnenmacher and E. Weibel, Eds., Birkhäuser Verlag p. 247 (2002).
- [20] R. Cash, J. Chaline, L. Nottale & P. Grou, *C.R. Biologies* **325**, 585 (2002).
- [21] I. Brissaud, *Math. Sci. Hum., Mathematics and Social Sciences* **178**, 41 (2007).
- [22] A. Johansen & D. Sornette, *Physica A***294**, 465 (2001).
- [23] D. Queiros-Condé, *C. R. Acad. Sci. Paris* **330**, 445 (2000).
- [24] D. Sornette & C.G. Sammis, *J. Phys. I France* **5**, 607 (1995).
- [25] T.A. Kaminsky, B.J. Dudgeon, F.F. Billingsley, P.H. Mitchell, S.J. Weghorst, *Journal of Rehabilitation Research and Development* **44**, 437 (2007).
- [26] *Rescue Project*, <http://www.rescueproject.org/>
- [27] O. Sacks, *Awakenings*, pp. 60, 61, 347, 339, 340, 354 (Picador, 1973-1990).
- [28] S. Freud, *Instincts and their vicissitudes*, Complete Works, Ivan Smith, p. 2971 (2000)
- [29] L. Nottale, "Être et ne pas être", in *Penser les limites. Ecrits en l'honneur d'André Green*, César Botella Ed., Delachiaux et Niestlé, Paris, p. 157 (2002).
- [30] P. Timar, "La transitionnalité de l'espace-temps psychique", *Société Psychanalytique de Paris, Science et Culture*, <http://www.spp.asso.fr/Main/PsychanalyseCulture/SciencesDeLaComplexite/Items/3.htm>
- [31] L. Nottale & P. Timar, "De l'objet à l'espace psychique", *Psychanalyse et Psychose* **6**, 195 (2006).
- [32] L. Nottale & M.N. Célérier, *J. Phys. A : Math. Gen.* **40**, 14471 (2007).
- [33] L. Nottale L. & P. Timar, 2008, in *Simultaneity : Temporal Structures and Observer Perspectives*, Susie Vrobel, Otto E. Rössler, Terry Marks-Tarlow, Eds., World Scientific, Singapore), Chap. **14**, p. 229-242.