

## *La Mathétique : concept transdisciplinaire de l'apprentissage sur les réseaux numériques*



Frayssinhes Jean [jfrayssi@insa-toulouse.fr](mailto:jfrayssi@insa-toulouse.fr)

Chercheur associé à l'Unité Mixte de Recherche (UMR) Éducation, Formation, Travail, Savoirs (EFTS) de l'Université de Toulouse le Mirail. Mes axes de recherche s'articulent autour des concepts andragogiques (pédagogie des adultes) et mathétiques (science de l'apprentissage) sur les réseaux numériques (concept de FOAD). Chargé de cours à l'INSA de Toulouse : cyberspace, cyber-culture, cyber-apprentissage et modes de vie.

### Résumé

Aujourd'hui, les réseaux numériques sont devenus le lieu virtuel privilégié sur lequel transitent l'économie du savoir et toute notre intelligence collective capitalisée. Les offres de formation sont pléthoriques, et utiliser les réseaux numériques afin d'élever le niveau de connaissances/compétences des individus est tentant, mais pour que cela réussisse, encore faut-il que la pédagogie numérique soit efficiente afin que tous les apprenants puissent les utiliser à leur profit, ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui.

Notre objectif est de théoriser l'apprentissage sur les réseaux afin d'en fixer les contours efficaces pour faciliter la réussite du plus grand nombre d'apprenants, en limitant les abandons et les échecs.

Mots-clés : apprentissage; mathétique; réseaux numériques; FOAD; transdisciplinarité.

### 1. INTRODUCTION

Le monde « numérique » qui se caractérise par l'omniprésence des écrans : télévision, vidéo, ordinateur, smartphone, tablette, est devenu un terme générique dans le milieu de l'éducation, bien qu'il recouvre des situations techno-pédagogiques différentes. Les propositions d'apprentissage sur les réseaux numériques se multiplient et se banalisent depuis vingt ans sur les cinq continents, au sein de modalités dissemblables. Le e-learning, la FOAD (Formation Ouverte et A Distance), les MOOC (Massives Open Online Courses), les COOC (Corporate Open Online Courses), les FLOT (Formation en Ligne Ouverte à Tous), les CLOM (Cours en Ligne Ouverts et Massifs), les SPOC (Small Private Online Classes) les CaS, (Courses at Scale), etc., sont autant de récents acronymes, qui se développent grâce à un marketing efficace, où le nombre d'apprenants qui suit un apprentissage avec ces modes de transmission

du savoir est chaque jour plus nombreux. Ce foisonnement banalisant de nouvelles modalités d'apprentissage, donne à penser que, dès lors que l'on est connecté, tous les apprenants peuvent réussir à suivre avec succès une formation en ligne, bien que la recherche ait montré depuis longtemps déjà, qu'il n'en est rien (Glickman 2002; Lagrange & Grugeon 2003, Frayssinhes 2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Les apprenants sur les réseaux numériques quantitativement les plus demandeurs se situent dans les pays en développement<sup>1</sup> (AUF 2012, p46) qui, dans leur grande majorité, ont un fort déficit d'écoles, d'universités, ou de centres de formation. Notre objectif est de théoriser l'acte d'apprendre sur les réseaux numériques, quelles que soient les modalités acronymiques utilisées, afin de donner des pistes d'action pour que les taux de réussite des apprenants soient comparables avec ceux obtenus en formation présentielle.

Qualifier avec précision ce dont on parle est le début de la connaissance. De la même manière que nous avons qualifié la « pédagogie » des adultes<sup>2</sup> : l'Andragogie (Frayssinhes 2008, 2011, 2012, 2013), il nous semble important de qualifier l'acte d'apprendre : la Mathétique. En continuum des premiers chercheurs qui la définirent (Gilbert, Papert, Alava, Kholberg, etc.), cet article a pour but de clarifier le concept transdisciplinaire de la mathétique, en développant et clarifiant nos premières réflexions initiées lors de notre thèse de doctorat en sciences de l'éducation (Frayssinhes 2011), en continuant sa théorisation, à l'aide d'un corpus de références scientifiques que nous souhaitons plus robustes.

## 2. TRANSDISCIPLINARITE : CLARIFICATION DU CONCEPT

En liminaire, précisons que, au sens strict du terme, le mot *discipline* est issu de disciple, et désigne ainsi une personne adepte de la doctrine d'un « maître » et s'y soumet. Une discipline offre un corpus de connaissances dont la logique interne et l'articulation imposent des règles précises, auxquelles les « disciples » peuvent difficilement déroger.

Étymologie de transdisciplinarité : « *Au-delà, au travers. Qui dépasse les cloisonnements entre les disciplines.*<sup>3</sup> » Selon Nicolescu (2012), le préfixe *trans* indique que, la transdisciplinarité concerne ce qui *est* à la fois *entre* (à l'intérieur de deux limites) les disciplines, c'est-à-dire qui marque le passage ou le changement (ex : transition ou transformation), *à travers* (ex : transpercer) les différentes disciplines et *au-delà de* (ex : transalpin) toute discipline. La transdisciplinarité est une posture épistémologique, dont la finalité est *la compréhension du monde présent*, dont un des impératifs est l'unité de la connaissance<sup>4</sup>. Parler de transdisciplinarité indique « *que l'on privilégie ses caractéristiques de transversalité et de transcendance, estimant que la rencontre synergique en disciplines est une activité à la fois formatrice, et formatrice d'un nouveau champ de recherche*<sup>5</sup> ».

<sup>1</sup> En 2012, les candidatures en FOAD à l'AUF proviennent de 62 pays différents. Les candidatures émanant d'Afrique subsaharienne représentent 80,2 % du total (45,6 % d'Afrique de l'Ouest, 30,5 % d'Afrique centrale et 4,1 % d'océan Indien).

<sup>2</sup> Parler de la « pédagogie des adultes » est un non-sens étymologique.

<sup>3</sup> Le Littré 2.0

<sup>4</sup> Basarab Nicolescu. 2012. La Transdisciplinarité. Manifeste. Éditions du Rocher, Monaco. Collection « Transdisciplinarité ».

<sup>5</sup> In Jacques Sirot et Sally Jane Norman. 1997. Transdisciplinarité et Genèse de Nouvelles Formes Artistiques. <http://www.olats.org/livresetudes/etudes/norman.php#a12> Consulté le 01/10/2015

Le terme « transdisciplinarité » serait dû à Jean Piaget, lors de sa conférence : « *L'épistémologie des relations interdisciplinaires au colloque L'interdisciplinarité – Problèmes d'enseignement et de recherche* » (Piaget, 1973). Il voulait indiquer la nécessité de dépasser la logique interdisciplinaire pour aller vers une vision plus englobante et plus intégrée de la connaissance (Nicolescu, 2005). La transdisciplinarité « [...] *tente de répondre à une nouvelle vision de l'homme et de la nature par dépassement intégratif du paradigme actuel* »<sup>6</sup>. Le chercheur qui adopte une démarche transdisciplinaire doit s'ouvrir aux autres, en renonçant à tout ce que sa discipline initiale porte de dogmatique en elle. Lima de Freitas, Edgar Morin et Basarab Nicolescu, ont rédigé et fait adopter en 1994<sup>7</sup> la charte qui forge la transdisciplinarité.

Selon Basarab Nicolescu (1996), la transdisciplinarité s'appuie sur trois piliers<sup>8</sup>:

- les niveaux de réalité,
- la logique du tiers inclus;
- la complexité

## 2.1/Les niveaux de réalités

En se référant à sa spécialité initiale, la physique théorique, Nicolescu (1997) considère que : « *les découvertes de la physique contemporaine, mais aussi de la phénoménologie dans les sciences humaines (Schutz, 1987; Barbier, 1997) nous invitent à situer tout objet de recherche dans le champ simultané de plusieurs niveaux de réalité* ». (in Galvani 2008). C'est ce qui se produit avec la mathétique de la FOAD. L'apprenant est confronté à plusieurs niveaux de réalités : technologique avec les réseaux numériques (Internet, intranet, extranet) et les outils connectés (ordinateur, tablette, etc.); intra-individuelle (styles d'apprentissage) avec ses compétences à s'organiser, définir les meilleures stratégies d'apprentissage et capacités à auto-apprendre; inter-individuelle avec le travail collaboratif avec ses pairs et le tutorat/mentorat. Nicolescu ajoute que : « *la vision transdisciplinaire propose de considérer une Réalité multidimensionnelle, structurée à de multiples niveaux, qui remplace la Réalité unidimensionnelle, à un seul niveau, de la pensée classique* » (Nicolescu 1994 p 30). En outre, il estime que : « *la Réalité comporte, selon notre modèle, un certain nombre de niveaux [...] dont il suppose que le nombre est infini* ».

Rapporté par Galvani (2008) Nicolescu, théoricien de la transdisciplinarité, considère par exemple que : « *La découverte de la pluralité des niveaux de la réalité quantique et macro-physique dans la physique contemporaine nous oblige à changer profondément notre vision du monde héritée de la physique classique où les objets de recherche étaient envisagés comme s'ils dépendaient d'un seul niveau de réalité* ».

Ainsi, apprendre sur les réseaux numériques dans une vision transdisciplinaire suppose une réalité multidimensionnelle, qui est infiniment plus complexe à gérer que l'apprentissage en présentiel. Cette complexité doit être surmontée avec efficacité par l'apprenant, afin qu'il puisse suivre et terminer sa formation avec succès.

<sup>6</sup> Patrick Paul & Gaston Pinaud (coord). 2005. Transdisciplinarité et formation. Paris : L'Harmattan. p5

<sup>7</sup> <http://ciret-transdisciplinarity.org/chart.php#fr>

<sup>8</sup> In Patrice Galvani. 2008. « Transdisciplinarité et écologisation d'une formation universitaire : une pratique critique à partir du paradigme de la complexité »

---

## 2.2/La logique du tiers-inclus

Selon Nicolescu, évoqué par Galvani (2008) : « *la physique quantique débouche sur des affirmations paradoxales à propos de la lumière qui apparaît par exemple comme onde et comme corpuscule. Ces découvertes obligent à repenser les principes de la logique aristotélicienne* ». En outre, Galvani (*ibid.*) indique que pour Nicolescu, « *la logique aristotélicienne qui reste indispensable dans les situations simples doit laisser place à une logique du tiers-inclus dans les situations complexes. Les deux états ondes et corpuscules, qui sont antinomiques au niveau de réalité macro-physique, peuvent pourtant être les manifestations d'un tiers-inclus (T) unifiant qui est, dans ce cas, le quanton au niveau quantique* (Nicolescu, 1996). Il peut donc y avoir un troisième terme (tiers-inclus) unifiant, dès lors que nous avons signifié qu'il existe différents niveaux de réalité. Cette logique complexe permet de développer une perspective plus englobante, en distinguant les éléments sans les séparer, en les reliant sans les confondre (Galvani 2008). C'est le cas de la mathétique sur les réseaux numériques qui, s'appuyant sur huit éléments distincts que nous verrons dans le chapitre 9, concourent à son unification dans une vision transdisciplinaire.

## 2.3/La complexité

Le « *tout est plus que la somme des parties* » est un principe universel édicté par Aristote qui annonce ainsi le concept de complexité. Vue par Edgar Morin, la complexité est un paradigme dont la pensée est à la fois holistique et réductionniste<sup>9</sup>. Dans le tome 3 de son œuvre épistémologique majeure : *La méthode*, Edgar Morin considère qu'il faut reconnaître la complexité intrinsèque à tout problème, *c'est-à-dire l'impossibilité de la décomposition de ce problème en des parties simples, fondamentales* :

[...] que ce soit pour l'étude de la santé, de la vieillesse, de la jeunesse, des villes [...] il faut substituer une pensée qui relie à une pensée qui disjoint, et cette reliance demande que la causalité unilinéaire et unidirectionnelle soit remplacée par une causalité en boucle et multi-référentielle, que la rigidité de la logique classique soit corrigée par une dialogique capable de concevoir des notions à la fois complémentaires et antagonistes, que la connaissance de l'intégration des parties dans un tout soit complétée par la connaissance de l'intégration du tout à l'intérieur des parties. La réforme de pensée permettra de freiner la régression démocratique que suscite, dans tous les champs de la politique, l'expansion de l'autorité des experts, spécialistes de tous ordres, ce qui rétrécit progressivement la compétence des citoyens, condamnés à l'acceptation ignorante des décisions de ceux qui sont censés savoir, mais en fait pratiquent une intelligence aveugle, parce que parcellaire et abstraite, brisant la globalité et la contextualité des problèmes. (Morin, 1997)

Pour Albert Jacquard<sup>10</sup>, « *la complexité est la caractéristique d'une structure dont les éléments sont nombreux, sont divers, et sont reliés entre eux par de multiples interactions. Lorsque cette complexité est suffisante, la structure manifeste des performances qui ne peuvent être déduites de la connaissance de chacun des éléments.* » Si le Tout est plus que la somme des parties, « *c'est parce que l'organisation du Tout produit des qualités et des propriétés qui n'existent pas lorsque l'on considère les parties prises isolément* » (Paul 2005). Les huit éléments qui fondent la mathétique sont divers et complémentaires. Ils forment une structure complexe, la mathétique, qui évolue et se transforme constamment selon les multiples interactions dont elle fait l'objet.

---

<sup>9</sup> Edgar Morin. « Le besoin d'une pensée complexe, in 1966-1996, *La passion des idées* », Magazine littéraire, hors-série, décembre 1996

<sup>10</sup> Albert Jacquard. 2004. « De l'angoisse à l'espoir. Leçons d'écologie humaine. » Paris : Calman-Lévy, p 103

### 3. LES SEPT PRINCIPES DE LA COMPLEXITE

Dans son ouvrage de synthèse, Edgar Morin (2003) présente la méthode de la complexité à travers les sept principes suivants (Galvani 2008 pp8-10) :

- Le principe systémique ou organisationnel « *qui permet de relier la connaissance des parties avec la connaissance du tout et vice-versa* » (Morin et al., 2003, p. 42).
- Le principe hologrammatique « *qui permet de considérer, comme dans un hologramme, que chaque partie contient pratiquement la totalité de l'information de l'objet représenté. Par exemple, chaque individu porte en lui la présence de la société dont il fait partie. La société est présente en nous par le langage, la culture, ses règlements, normes, etc. [...] Ainsi la société et la culture sont présentes en tant que "tout" dans la connaissance et dans les esprits connaissant.* » (Morin et al., 2003, p. 42)
- Le principe de rétroactivité « *qui permet de rompre avec le principe réducteur de causalité linéaire par le concept de boucle rétroactive. Au principe linéaire cause-effet, nous nous situons à un autre niveau : non seulement la cause agit sur l'effet, mais l'effet rétroagit de façon informationnelle sur la cause, permettant l'autonomie organisationnelle du système.* » (Morin et al., 2003, p. 43)
- Le principe de récursivité « *qui désigne un processus dont les produits sont nécessaires à la production du processus lui-même. C'est une dynamique auto-productive et auto-organisationnelle* » (Morin et al., 2003, p. 44).
- Le principe d'autonomie/dépendance « *qui permet de comprendre le processus auto-éco-organisationnel. Toute organisation, pour conserver son autonomie, a besoin d'être ouverte à l'écosystème dont elle se nourrit et qu'elle transforme [...] Aucune autonomie n'est possible sans de multiples dépendances. Notre autonomie en tant qu'individu ne dépend pas seulement de l'énergie que nous captions biologiquement de l'écosystème, mais aussi de l'information culturelle. Les dépendances qui nous permettent de construire notre organisation autonome sont multiples.* » (Morin et al., 2003, p. 45).
- Le principe dialogique « *qui permet de penser dans un même espace mental des logiques qui se complètent et s'excluent. Le principe dialogique peut se définir comme l'association complexe (complémentaire/concurrente/antagoniste) d'instances nécessaires, conjointement nécessaires à l'existence, au fonctionnement et au développement d'un phénomène organisé. [...] Un exemple est l'impossibilité de penser la société en la réduisant aux individus ou à la totalité sociale; il nous faut penser en un même espace la dialogique entre individu et société.* » (Morin et al., 2003, p. 46).
- Le principe de réintroduction du connaissant en toute connaissance « *qui permet de reconnaître le rôle actif du sujet, de l'observateur, du penseur, qui avait été évincé par un objectivisme épistémologique aveugle. Le sujet ne reflète pas la réalité. Le sujet*

---

*reconstruit la réalité au moyen des principes que nous avons mentionnés.* » (Morin et al., 2003, p. 47).

Aujourd'hui, des approches conceptuelles inusitées sont nécessaires, afin de tenir compte des nouveaux enjeux complexes et globalisés que nous connaissons, tels les déséquilibres écologiques (réchauffement climatique), économiques (crises bancaires, crises économiques) et des conflits interculturels, sociaux et sociétaux, croyances dominantes (mondialisation des idées)<sup>11</sup>.

Ces problèmes complexes sont difficilement traités de façon univoque dans un cadre pluri ou interdisciplinaire. Pour les résoudre, il faut aller au-delà, afin de circonscrire l'urgence à trouver des solutions viables aux crises majeures produites par les effets conjugués de la mondialisation et des changements sociétaux qui les ont induits. Ainsi, il est nécessaire de concevoir un nouveau mode de pensée, qui, à l'ère du numérique, implique une révolution des méthodes d'éducation et de recherche. Une démarche transdisciplinaire peut aider à résoudre ces problèmes complexes, sans remettre en cause les approches plus classiques. En effet, dans l'article 3 de la charte, on peut lire : « *La transdisciplinarité est complémentaire de l'approche disciplinaire; elle fait émerger de la confrontation des disciplines de nouvelles données qui les articulent entre elles; et elle nous offre une nouvelle vision de la nature et de la réalité. La transdisciplinarité ne recherche pas la maîtrise de plusieurs disciplines, mais l'ouverture de toutes les disciplines à ce qui les traverse et les dépasse.* » Cette posture scientifique ne peut se manifester que par des traversées disciplinaires. C'est ce qui doit se produire dans la mathétique sur les réseaux numériques.

#### 4. QUEL PROCESSUS?

Le concept transdisciplinaire permet à une communauté d'utiliser dans son propre corpus les résultats d'une autre communauté. Le processus s'effectue ainsi : chaque communauté publie ses propres résultats, et les confronte à ceux issus d'autres communautés. À l'occasion de ces échanges, chaque communauté s'enrichit en s'appropriant certains résultats compatibles issus des autres communautés, faisant ainsi évoluer ses propres publications, en changeant le statut de ces dernières, ou en proposant de nouveaux résultats (Martin 2009). On considère qu'un acteur d'une activité transdisciplinaire doit prendre le risque de faire des hypothèses sur le monde en déclarant vrais certains énoncés, ce qui va produire des effets dans le système socio-environnemental. Les disciplines doivent entrecroiser leurs connaissances pour élaborer un nouvel objet transdisciplinaire.

C'est ainsi qu'en psychanalyse, Freud, Jung et Lacan y eurent recours (Chabaud 2012). En 1925, avec son travail sur « le Bloc-notes magique », Freud met en évidence que la psyché possède sa propre écriture et fait référence à une logique informatique. En outre, dans sa théorie de l'écriture psychique, Freud s'appuierait sur la découverte faite en 1950, des gènes et des chromosomes (*Ibid.* Chabaud). Pour Jung l'approche transdisciplinaire constitue un facteur essentiel à la démarche scientifique, quelle qu'elle soit (*ibid.*).

---

<sup>11</sup> *La première chaire de la complexité a vu le jour le 11 mars 2014 à l'ESSEC Business School de Paris et porte le nom de : « Chaire Edgar Morin de la complexité ».*

En 1918, Jung élaborera dans une logique transdisciplinaire, sa théorie archétypique. Ensuite, il fallut attendre plus de soixante ans pour que les Universités européennes s'intéressent à la démarche transdisciplinaire et créent « *le Certificat international en Ecologie Humaine* »<sup>12</sup> dont l'enseignement est axé sur cette méthodologie de travail (*ibid.*). Lacan s'y intéressera lorsqu'il conçut les concepts : d'imaginaire, du réel et du symbolique. Grâce à des formulations algébriques, il conviendra d'une possible mathématisation de l'écriture psychique, pensée qu'il empruntera au mathématicien Koyré (*ibid.*).

Lacan s'appuiera sur des philosophes comme Hegel ou Levinas ou encore la romancière Marguerite Duras. Puis, c'est à l'aide des travaux de Konrad Lorentz sur l'éthologie qu'il formulera son « stade du miroir » qui, par la suite, deviendra le concept de l'imaginaire. Ses concepts du *signifiant*, et du *signifié* s'inscrivent dans la linguistique de Saussure (*ibid.*).

Ainsi, la « Transdisciplinarité » permet d'expliquer le concept par lequel des disciplines complètement différentes, fusionnant l'une avec l'autre, « *donnent naissance à une discipline nouvelle, dotée de sa propre structure conceptuelle, qui permet de faire reculer les frontières des sciences et des disciplines ayant présidé à sa formation* » (OCDE 2002).

Pour y réussir, la transdisciplinarité doit être capable de *transcender les frontières* de nombreuses sciences : naturelles, sociales, humaines. L'OCDE estime que : « *la science du cerveau et de l'esprit, la science de l'environnement et aussi la science de l'éducation, ne peuvent être considérées comme de simples assemblages ou combinaisons de disciplines apparentées* » (OCDE 2002), permettant ainsi d'abattre les frontières du savoir et d'accéder à une transculture, issue des domaines littéraires et scientifiques. Ainsi Pascal relie-t-il esprits de finesse et de géométrie, Goethe mène de front poèmes et expériences chimiques, et Bachelard explore l'imaginaire sans se départir de la rationalité, afin de créer le « *nouvel esprit scientifique* ».

Selon l'OCDE (2007), « *Le travail interdisciplinaire ou multidisciplinaire implique de superposer respectivement deux ou plusieurs disciplines déjà bien en place, alors que le travail transdisciplinaire consiste à faire fusionner plusieurs disciplines pour en faire naître une nouvelle. La neuroscience de l'éducation va devoir se transformer en un champ transdisciplinaire. Lorsqu'un champ transdisciplinaire est parvenu à maturité, il peut intégrer la méta-structure dynamique en tant que discipline à part entière, capable de contribuer à l'évolution de l'ensemble.* (OCDE 2007 p.146) *Une fois qu'une nouvelle discipline est établie, elle peut se subdiviser pour donner naissance à une nouvelle discipline.* (*ibid.* OCDE 2007 p. 147)

Dans l'article 6 de la charte de la transdisciplinarité, on peut lire : « *Par rapport à l'interdisciplinarité et à la multidisciplinarité, la transdisciplinarité est multi-référentielle et multidimensionnelle. Tout en tenant compte des conceptions du temps et de l'histoire, la transdisciplinarité n'exclut pas l'existence d'un horizon transhistorique* ». Les recherches disciplinaires et transdisciplinaires ne sont pas antagonistes, mais complémentaires. La

<sup>12</sup> C.I.E.H. : Certificat International en Ecologie Humaine : créé sous les auspices du Bureau régional pour

l'Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les Universités enseignantes sont : Bordeaux I, Paul Sabatier

Toulouse III; Paris V; Bordeaux I; Pau et des Pays de l'Adour; Aix-Marseille I et III; Bruxelles — VUB et ULB (Belgique); Evora (Portugal); Lisbonne (Portugal), Genève (Suisse) et Padoue (Italie).

transdisciplinarité permet d'effectuer un cheminement transversal des disciplines qu'elle interroge, et chemin faisant, ce nomadisme au sein de concepts scientifiques différents, peut être porteur de sens différents, et nous aider à mieux comprendre le monde.

## 5. LA MATHÉTIQUE GÉNÉRALE

Le terme de *mathétique* est apparu au 17<sup>e</sup> siècle et semble revendiqué par plusieurs auteurs. Issu du grec *manthanein*<sup>13</sup> (du verbe *μανθάνω*) : apprendre, le vocable aurait été inventé par John Amos Comenius (1592-1670) dans son ouvrage posthume *Spicilegium didacticum*, publié en 1680. Pour Comenius, la didactique représentait la science de l'enseignement, et la mathétique était son antonyme, c'est-à-dire la science de l'apprentissage (*ibid.*). Nous qualifions cette mathétique de "générale", par différentiation à la mathétique adaptée aux réseaux numériques, qui est notre champ de recherche, et que nous développerons dans le chapitre 9. Tout d'abord, nous allons introduire les principes conceptuels de cette mathétique générale.

### 5.1/Le modèle de Thomas F. Gilbert

Plus près historiquement, le terme de mathétique fut repris et forgé par Thomas Franklyn Gilbert (1927-1995) en 1961. Gilbert, ancien étudiant de BF Skinner lors de son post-doctorat à Harvard, psychologue de son état, mais aussi ingénieur, fut connu pour son travail sur la technologie de la performance humaine (*Human Performance Technology* (HPT)). Il a appliqué sa compréhension de la psychologie du comportement pour améliorer la performance au travail, d'abord dans l'industrie métallurgique, puis dans l'enseignement.

Il observa que la performance au travail est la résultante de l'interaction entre le comportement d'un individu avec son environnement ( $P = \text{Behavior} \times \text{Environnement}$ ). Cette performance n'est pas acquise *ex nihilo* et Gilbert a identifié six variables dont il pensait qu'elles étaient nécessaires pour améliorer la performance humaine :

- les informations, les ressources et les incitations : qu'il catalogue comme étant des facteurs environnementaux pour lesquels le management (de la structure) est responsable,
- les connaissances, les capacités et la motivation : qu'il catalogue comme étant des facteurs inhérents à la conduite individuelle.

À la question : "qu'est-ce que l'HPT"? Gilbert répondait que c'est un terme qui se réfère à : "*une puissante collection de techniques, de procédures et d'approches, destinées à résoudre des problèmes de la performance humaine.*"

Quel genre de problèmes lui demandait-on? "*Toutes sortes de problèmes, dans toutes sortes d'endroits, pour toutes sortes de personnes.*" répondait-il, en citant quelques courts exemples d'événements qui pourraient déclencher l'application d'une ou plusieurs interventions HPT :

- "Des étudiants qui ont une mauvaise attitude envers l'école."
- "La production en baisse dans le département de l'expédition."

<sup>13</sup> Qui se déclina en mathêma, du côté de l'enseigner, et en mathêsis, du côté de l'apprendre.

- “Des gestionnaires qui ne sont pas motivés.” Etc. jusqu’à un robinet qui fuit, ou la décision de construire une nouvelle maison, peuvent déclencher le besoin d’une analyse HPT ». (ibid. Gilbert)

Chacun de ces énoncés décrit le symptôme d’un problème qui mérite une attention, et dont chacun pourrait bénéficier de la touche magique de la HPT. Cette touche peut impliquer un certain nombre d’interventions (recours), d’une instruction impliquante ou non. Mais, quelles que soient les solutions retenues, toutes sont destinées à améliorer l’atteinte de leurs objectifs. Et selon Gilbert, il semble n’y avoir aucune limite aux types de la performance humaine, des problèmes qui peuvent être utilement traités, ou les types de situations humaines qui peuvent être améliorés.

Gilbert croyait que c’était l’absence de soutien de la performance au travail (par le management), et non pas le manque de connaissances ou de compétences de l’individu, qui était le plus grand obstacle à une performance exemplaire. Ainsi, il croyait qu’il était d’abord nécessaire de se concentrer sur les variables de l’environnement de travail, avant d’aborder les questions individuelles. Il mit au point une méthodologie pour l’analyse du comportement et de la conception de la formation qui, bien que n’étant pas acceptée par tous, reste la base d’une approche réussie pour de nombreux problèmes pédagogiques, en particulier dans le domaine de la formation industrielle. Sa méthode, qu’il a qualifiée de comportement mathétique, était composée de trois bases structurées : les chaînes, les discriminations multiples et les généralisations.

Il développa un modèle pédagogique de base, comportant trois étapes à tout exercice, et sa méthode s’avéra bien adaptée à la formation des situations où les résultats finaux de l’enseignement sont des comportements observables, mais un peu plus difficile à utiliser avec les disciplines universitaires où, dans une vision didactique, c’est la matière enseignée, plutôt que le rendement au travail, qui est le point de départ de la conception pédagogique.

Plus tard, Gilbert a tenté d’étendre la puissance de la mathétique pour les disciplines universitaires avec un certain succès en 1967 et 1969. En 1961, il fut à l’origine de la conception d’un système d’enseignement, appelé « *mathetics* », et a montré que l’enseignement pouvait être abordé comme une science. Souvent considéré comme le « père de la performance des technologies », il fonda en 1967 la Société Praxis, consacrée à l’amélioration des performances humaines dans l’industrie, du gouvernement et de l’éducation. Thomas F. Gilbert fut un leader reconnu dans son domaine et a été élu le premier membre honoraire à vie de la Société Nationale pour la Performance de la Formation.

Nous allons présenter sa vision de la mathétique, qu’il établit empiriquement au sein d’entreprises industrielles en observant et étudiant le comportement d’ouvriers au travail, des chefs d’équipe, ainsi que des ingénieurs qui dirigent les ateliers et les usines.

Sa démarche empirique lui permit de définir le cadre conceptuel d’une grille de lecture, véritable outil de management, qu’il fit progressivement évoluer pour arriver au concept ci-après.

Les quatre quadrants clés de sa mathétique :

- Quoi
- Structure : la fondation de l’organisation. C’est selon les buts et les objectifs poursuivis que se poseront les questions du « Quoi ». Le choix

	des candidats, leur profil, les stratégies, l'organisation du travail et les contenus didactiques qui devront être appris, qui structureront la formation.
Pourquoi	• <u>Motivation</u> : les émotions, les désirs et les besoins psychologiques qui incitent à l'action. Il s'agit des conséquences que ce « Pourquoi » exercera sur l'apprenant. Les conséquences sur sa carrière, ses réactions face aux changements, sa motivation personnelle et celle de son entourage (famille, collègues)
Où	• <u>Environnement</u> : les conditions externes et internes qui influent sur la croissance et le développement de l'organisation. Aménagement du poste de travail, les ressources nécessaires à l'optimisation des tâches, l'ergonomie, les problèmes personnels à résoudre.
Comment	• <u>Apprentissage</u> : l'augmentation des compétences des employés dans une situation professionnelle donnée. Les aides à l'utilisation des nouveaux apprentissages, les séminaires de formation, l'expérience de l'adulte apprenant, la formation continue, son entraînement aux nouvelles tâches.

## 5.2/La carte de la performance

En synthèse des travaux, cela permet de définir une carte de la performance comme ci-après. Dans le tableau, l'axe nord-sud se penche sur la compétence des employés sur une échelle de 0 (faible) à 10 (élevée). L'axe est-ouest aborde le niveau de confiance de l'employé quant à sa capacité à effectuer le travail, évaluée aussi sur une échelle de 0 (faible) à 10 (élevée).

C'est selon les scores individuels obtenus par l'employé que seront définis les axes de formation qui seront choisis et que sera développé tel ou tel aspect de la formation à poursuivre pour la [re] mise à niveau des salariés, et leur montée en compétence.

<b>COMPETENCES</b> Connaissances – Abiletés		Motivation « pourquoi »	Environnement « où »
	10	Réaction	Aménagement physique
		Conséquences	Flux de travail
	9	Imprévus	Outils
		Incentives	Ressources
	8	Compensation	Utilisateurs externes
		Développement de carrière	Vigilance
	7	Entraînement	Ergonomie
			Problèmes personnels
	6	← Structure “quoi”	Apprentissage «comment»
	5	Mission	Informations
4	Stratégies	Communication	
	Buts et objectifs	Entraînement	
3	Fonction	Aides d’emploi	
	Outils	Clinique	
2	Recrutement	Surveillance	
	Sélection	Séminaire	
1	Conception de l’organisation	Expérience sur le tas	
	Equipe de travail	Formation continue	
0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		
<b>CONFIANCE</b>			
<b>Réalisation – Comportement – Attitude – Contribution</b>			

Figure 1 Carte de la performance inspirée et adaptée de Addison and Johnson 1997, p4.

### 5.3/La métaphore de l’iceberg

Si la carte de la performance nous conduit à la source probable de notre performance, le second outil nous permet d’approfondir et d’intégrer les solutions d’amélioration des performances, avec toutes les composantes connexes du système de performance de l’organisation. L’iceberg offre une métaphore où beaucoup de choses peuvent mal se passer lorsque nous débutons une nouvelle activité. Souvent, on se contente d’assumer la partie visible de l’iceberg, en un mot : la pointe. Au risque de créer un système organisationnel catastrophique, nous négligeons parfois de considérer toutes les couches de l’iceberg situées en dessous de la surface, ce qui peut conduire à des choix erronés.

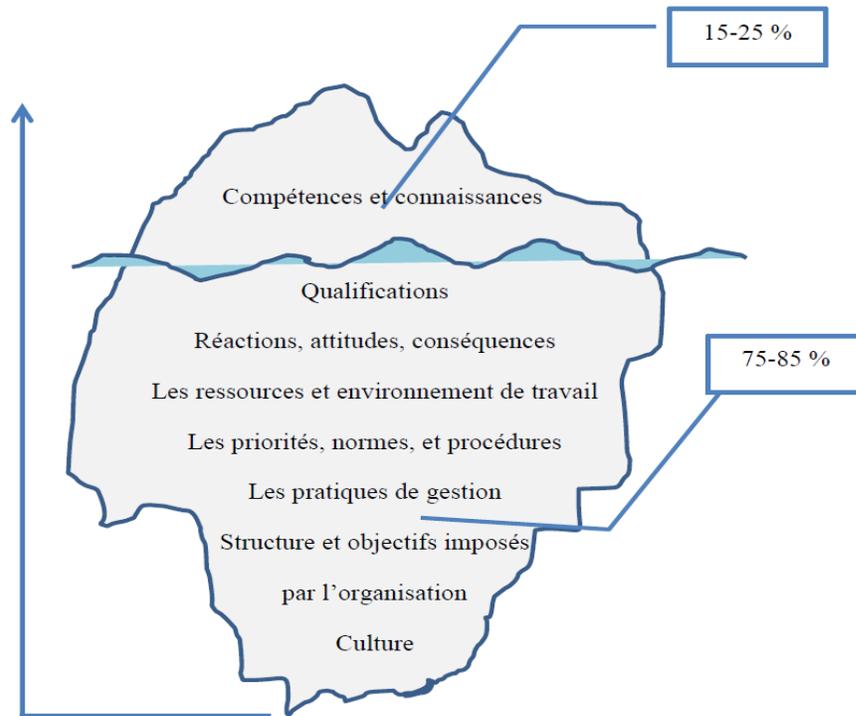


Figure 2 : Le modèle de l'Iceberg inspiré et adapté de Harmon 1984

**Les compétences et connaissances** représentent le niveau visible de l'iceberg auquel on s'attache prioritairement à tort. Elles se situent entre le quart et le sixième et la structure organisationnelle et incarnent donc une part non négligeable de la réussite d'une équipe, mais les éléments « invisibles » sont déterminants avec un poids compris entre 75 % et 85 %.

**Au niveau organisationnel.** Le modèle de l'iceberg nous encourage à commencer notre travail au niveau de l'organisation de base à l'aide d'un audit culturel, de sorte que nous apprenions à connaître les normes opérationnelles (Carleton et Lineberry, 2004). Dans cette perspective, nous pouvons plus efficacement analyser, diagnostiquer et prescrire des solutions d'amélioration du rendement qui permettront de répondre aux préoccupations soulevées et de maillage avec les pratiques commerciales de l'organisation. Comprendre l'environnement évite de lentes et coûteuses erreurs. L'audit culturel est aussi un précurseur important à l'utilisation de la carte de la Performance.

**Les structures et les objectifs.** Accéder au modèle; par exemple, nous recueillons des informations sur les structures et les buts de l'organigramme, et comme éléments fondateurs, comme mission, atteindre la vision et les valeurs de ce qui est attendu.

**Pratiques de gestion.** Ensuite, nous explorons les pratiques de gestion typiques. Elles sont liées à la culture, bien sûr, et nous renseignent sur l'organisation des meilleures pratiques. Cela nous aide à comprendre ce qui est valorisé dans la gestion des performances et nous informera de la façon dont nous interagissons avec nos clients en présentant nos conclusions.

**Priorités, normes et procédures.** À ce stade, nous réduisons notre attention sur le niveau de travail dont nous regardons les priorités, les normes et procédures. Nous nous intéressons aux

processus de travail, et aux connexions existant entre les groupes de travail au sein desquels les tâches sont exécutées.

Nous l'avons déjà précisé, ce concept de mathétique fut initié à l'origine, dans et pour l'industrie métallurgique où Gilbert travaillait. Ce modèle n'a pu être repris *in extenso* sans le contextualiser aux milieux « non industriels », et il nous donne aujourd'hui un cadre de référence conceptuel robuste dans lequel Gilbert estime que plus de cinquante années de recherche et de pratique de la technologie de la performance humaine (HPT), ont conduit à un vaste corpus de littérature : concepts théoriques et modèles, études de cas, et des enseignements nombreux et variés, tirés de son application.

Comment l'HPT évolue-t-elle, est un débat sain sur ce que cela implique réellement. Gilbert indique : « *nous avons une certitude, que le champ est bel et bien vivant [...] grâce à l'expérience et à travers le solide travail de chercheurs et de professionnels praticiens, HPT est désormais fermement ancrée dans un ensemble de principes fondamentaux et un code de déontologie* ». <sup>14</sup>

HPT est un champ qui a dérivé pendant plus d'un demi-siècle, qui a évolué à partir d'un certain nombre de disciplines, comme la psychologie, la communication, les neurosciences, les sciences de gestion, les sciences de l'information, de l'économie, de l'ergonomie, de la mesure et de l'évaluation (Pershing 2006)<sup>15</sup>. Le modèle de Gilbert et de ses disciples, donna à la mathétique un corpus théorique multidisciplinaire robuste sur lequel nous pouvons nous appuyer pour la faire évoluer et lui donner plus force. Ce concept de l'HPT peut être repris et intégré au concept de la FOAD tel que nous l'avons défini (Frayssinhes 2011, 2012, 2013, 2014)

#### 5.4/Le modèle de Seymour Papert

Le concept de mathétique fut ensuite repris par le mathématicien Seymour Papert en 1980 dans son ouvrage *Mindstorms, children, computers, and powerful ideas* (jaillissement de l'esprit en français). Après avoir étudié à Genève avec Jean Piaget où il s'intéressa à la technologie de l'éducation, il intégra le laboratoire d'intelligence artificielle du MIT à Boston et commença à expérimenter LOGO<sup>16</sup> avec des enfants. Le micromonde LOGO est aussi nommé la « mathétique ». La pensée mathétique est pour Papert une pensée logico-intuitive qui peut inclure les activités de la vie courante telles que : apprendre à se déplacer dans son environnement; résoudre des problèmes de manière astucieuse; utiliser son intuition; réfléchir et analyser ses actions. Pour Papert (1989), les principes de mathétiques sont un ensemble de notions qui éclairent et facilitent le processus d'apprentissage, dont deux des principes sont très importants lorsque l'on est confronté à un nouvel apprentissage :

- nécessité de trouver un rapport avec quelque chose de connu;
- devoir s'emparer du nouvel élément et se l'approprier.

Ces deux principes sont une traduction des principes piagétien d'assimilation (l'enfant intègre l'élément nouveau à ses connaissances déjà acquises) et d'accommodation (l'enfant structure

<sup>14</sup> Traduction libre de Jean Frayssinhes du « Manuel de Technologie de la Performance Humaine » 2006.

<sup>15</sup> In *Handbook of Human Performance Technology*. 2006. James A. Pershing Editor. San Francisco : Pfeiffer

<sup>16</sup> Nouvelle programmation de langage informatique pour l'apprentissage des enfants

son savoir en utilisant ses nouvelles connaissances). Lors de ce processus en deux étapes, le nouvel élément appris peut entrer en contradiction avec des connaissances antérieures, et il y a alors un conflit. (*ibid.* Papert) Jean Piaget est considéré comme l'inventeur du concept de transdisciplinarité aussi peut-on penser que c'est en s'en inspirant que Papert a forgé sa vision personnelle de la mathétique.

À l'époque où Papert collabore avec Piaget, il s'étonne qu'il n'existe pas dans notre culture un mot pour désigner l'art d'apprendre, au contraire de la pédagogie qui désigne l'art d'enseigner. « *La pédagogie, l'art d'enseigner, est considérée sous ses différentes appellations comme une matière respectable et importante, l'art d'apprendre en revanche, est ignoré par les institutions académiques* » (Papert 1993 p 89). Pour illustrer l'insuffisance du langage dans ce domaine, Papert nous fait part de son expérience. « *Lorsque j'ai appris le français, j'ai acquis un savoir linguistique en langue, un savoir culturel sur les Français, et un savoir [...] sur l'apprentissage* ». C'est ainsi que, pour combler ce vide, il proposa le terme de mathétique. Il nous explique la logique de ce terme qui pour lui, serait issu du grec ancien *mathematikos* : (*πρέπει να μάθουν*) disposé à apprendre. Il ne semble pas y avoir de filiation directe entre Gilbert et Papert, ce dernier ne le citant pas, mais il semble peu probable que Papert n'ait pas connu les travaux de son aîné sur la mathétique.

Pour Papert, le terme de « mathétique » désigne : « *l'ensemble des principes directeurs gouvernant tout apprentissage* » (Papert 1989, p 70). Pour lui, le principe mathétique essentiel est que : « *si l'on veut apprendre quelque chose, il faut d'abord y trouver du sens* » (*ibid.* p 84). Ainsi, il faut développer des connaissances sur l'apprentissage lui-même, sur la façon dont on apprend (*ibid.* p84). Alava pour sa part, estime que : « *à la dérive didactique ou technologique, Papert oppose un regard mathétique centré sur l'ensemble des processus contribuant à l'apprentissage* ». Il indique que, la conception des outils techniques, la logique des nouveaux outils numériques doivent être construites sur cette affirmation. (*in* HDR Alava p 98). Une approche mathétique est alors une approche qui vise à centrer le regard du chercheur ou de l'éducateur non pas sur les contenus scientifiques à acquérir, ce qui renverrait à la didactique, mais sur les modalités d'atteinte de ses connaissances. Quant aux « outils techniques », ils doivent être mis au service de la mathétique pour en faciliter les acquisitions.

Étudier les parcours mathétiques, *c'est donc étudier l'ensemble des procédures et stratégies sociales, cognitives et informationnelles utilisées par l'élève pour apprendre.* (*ibid.* HDR Alava). Papert fait ensuite le parallèle entre mathétique et heuristique. Pour lui, en s'appuyant sur la pensée développée par le mathématicien George Polya, l'heuristique est l'art de la recherche intellectuelle qui permet de résoudre des problèmes particuliers. En effet, dans son ouvrage, Polya ne parle pas d'apprentissage, mais de *principes pour résoudre un problème*. Il y a concordance avec Papert qui indique : « *la mathétique est à l'apprentissage ce que l'heuristique est à la résolution de problèmes : les principes de la mathétique sont un ensemble de notions qui éclairent et facilitent le processus d'apprentissage* » (Papert 1989, p 151).

L'heuristique s'apparente à un processus d'investigation qui permet de comprendre puis de résoudre des problèmes. Pour notre part, nous adoptons l'idée englobante que la mathétique peut être comprise comme la théorie et l'ensemble des techniques d'apprentissage dans lequel l'apprenant doit être actif et se sentir en grande partie acteur responsable des situations pédagogiques auxquelles il est soumis, auxquelles il devra faire face, et apprendre à les

surmonter avec succès. Dans nos travaux portant sur l'apprentissage sur les réseaux numériques, il nous faut donc définir quelle pourrait être la mathétique qui permettrait aux étudiants de mieux réussir leurs apprentissages en ligne.

Nous voulons investiguer la mathétique dans ses aspects théoriques et pratiques, en l'appliquant au concept de FOAD qui est notre objet de recherche dominant, et plus largement à l'apprentissage sur les réseaux numériques dans toutes ses modalités (MOOC, COOC, SPOC, FLOT, CLOM, CaS, etc.) acceptions aujourd'hui usuelles, qui semblent représenter un certain avenir si l'on en croit l'étude menée par Zogby Analytics pour Laureate International Universities, qui dépeint l'université de demain, vue par près de 21 000 étudiants du monde entier âgés de 18 à 24 ans : « *ces jeunes estiment que les facs du futur seront plus flexibles, plus compréhensibles, mieux adaptées aux nouvelles technologies et surtout plus accessibles pour tous.* »<sup>17</sup>

## 6. LA MATHÉTIQUE VS DIDACTIQUE

Dans une société où le numérique occupe une place de plus en plus prégnante et perturbatrice de notre quotidien, où de nouvelles technologies de l'information et de la communication détrônent sans cesse les précédentes, l'apprentissage autogéré, ouvert, partout disponible (avec le mobile learning), devient de plus en plus la norme, du moins pour les adultes en formation tout au long de la vie, il paraît important pour faire face à ces changements civilisationnels, de forger une nouvelle science de l'apprentissage qui soit en phase avec ce réel troublant et inédit. A contrario, l'enseignement présentiel, classiquement transmissif, perd de sa signification pour ces mêmes adultes aussi, à côté de la didactique établie du présentiel, il convient de développer une mathétique du E-learning (Bronkhorst 2002), et en ce qui nous concerne, plus particulièrement de la FOAD à laquelle nous tentons de donner de meilleurs appuis théoriques (Frayssinhes 2011, p 65-66).

Selon Astolfi : « *A ses débuts [...] la didactique n'est pas nettement différenciée de la science qui s'occupe des problèmes d'enseignement : la pédagogie. Puis progressivement, la didactique se différencie de la pédagogie par le rôle central des contenus disciplinaires et par sa dimension épistémologique* »<sup>18</sup>. De nombreux débats, dont nous ne ferons pas état ici, car ce n'est pas l'objet d'étude, ont opposé la pédagogie, centrée sur l'enfant, et la didactique, centrée sur les savoirs. Les philosophes, les pédagogues, les chercheurs étudient la didactique depuis des siècles. Quant aux enseignants, ils ont historiquement travaillé sur la didactique de leur matière (Ex : JF Halté et JP Bronckart en français ; G. Brousseau, G. Glaeser, ou Y. Chevallard en mathématique; G. Delacôte et L. Viennot en physique; ou A. Giordan en biologie, etc.) afin d'en optimiser son enseignement, or, le développement de l'enseignement sur les réseaux numériques au 21<sup>e</sup> siècle ne semble avoir apporté aucun changement visible ni remise en cause de ces pratiques. Pourtant! les neurosciences, avec notamment les travaux sur le *eyetracking* (Baccino 2004; Nielsen et Pernice 2009 ; ) ont montré que l'on ne lit pas de la même façon un texte imprimé qu'un texte numérique, que sa mémorisation est plus complexe, ce qui influence conséquemment de nouveaux modèles et de nouvelles stratégies discursives d'apprentissage en ligne. À l'ère de la société de la connaissance où les heures passées sur les

<sup>17</sup> <http://www.laureate.net/~media/Files/LGG/Documents/About/Zogby%20Executive%20Summary.ashx>

<sup>18</sup> In Jean-Pierre Astolfi et Michel Develay. *La Didactique des sciences*. 2002. PUF

réseaux numériques sont infiniment plus nombreuses que celles passées à lire des supports « papier »<sup>19</sup>, il paraît légitime de se poser la question du « comment apprendre en ligne » à distance, aussi efficacement et avec les mêmes taux de réussite, qu'en présentiel au sein de la classe.

## 7. LA MATHÉTIQUE : CONCEPT TRANSDISCIPLINAIRE

Comme l'indique Kholberg<sup>20</sup> (2011, p.68), le concept de transdisciplinarité occupe un espace tridimensionnel. Ce nouveau concept, qui doit donner lieu à la théorisation de la mathétique sur les réseaux numériques, est placé à *un haut niveau hiérarchique, lui-même bâti sur la connexion de plusieurs disciplines à un niveau hiérarchique moins élevé.* (*Ibid.*)

Koizumi démontre que le développement transdisciplinaire ne se produit pas facilement et qu'il ne doit rien au hasard. Chaque discipline a une évolution propre et une impulsion est nécessaire pour opérer la jonction ou la fusion des disciplines. (OCDE 2002). Pour Kholberg (2011), la transdisciplinarité *est un concept de construction de passerelles entre des disciplines variées afin de dégager un nouveau domaine de connaissances qui résulte de leur fusionnement.* Une nouvelle discipline englobante nécessitera de nouvelles méthodologies et de nouvelles organisations de recherche (Koizumi 1999, p8). La transdisciplinarité n'est *ni une question simple ni une option molle* (OCDE 2002, p100). Elle doit être promue et récompensée (*Ibid.*)

Dans le monde de l'éducation, Koizumi (2003, p113) estime que l'on peut différencier :

— la qualification médiatique de l'enseignant basée sur la didactique, qui est centrée sur les matières, avec des contenus d'apprentissage spécifiques offerts aux apprenants, que Kohlberg (2006) nomme apprentissage avec transfert du savoir vertical, c'est-à-dire spécialisé par matière,

— et la qualification médiatique de l'enseignant basée sur la mathétique, qui est centrée sur l'individu, sur le contexte d'apprentissage, qu'il nomme apprentissage avec transfert du savoir horizontal : c'est-à-dire mutualisé, transversal : c'est-à-dire pluridisciplinaire, pour atteindre la transdisciplinarité.

Ces différenciations vont être analysés ci-après dans notre essai de théorisation de la science de l'apprentissage : « *la mathétique sur les réseaux numériques* ».

## 8. L'APPORT DES NEUROSCIENCES : LE MODELE DE KOIZUMI

Dès le début du 21<sup>e</sup> siècle, les nouvelles découvertes scientifiques portant sur le cerveau indiquent qu'il ne fait aucun doute que « *l'apprentissage et le cerveau doivent être une question prioritaire pour les pays de l'OCDE aujourd'hui et dans les années à venir* » (OCDE 2002, p96)

<sup>19</sup> *Les pratiques culturelles des Français à l'ère numérique. Éléments de synthèse 1997-2008.* Téléchargeable sur le site <http://www.culture.gouv.fr/deps> Consulté le 15/10/2014

<sup>20</sup> *Wolf Dieter Kohlberg est Professeur à Osnabrück Universität*

En s'appuyant sur les travaux de Koizumi<sup>21</sup> (1999), cela implique de :

1/Promouvoir les relations transdisciplinaires,

2/D'investir dans la recherche transdisciplinaire,

3/Reconnaître l'émergence d'une nouvelle science de l'apprentissage et le besoin de développer des institutions de la science de l'apprentissage pour faciliter les deux premiers points (OCDE 2002, p97)

Depuis Aristote, la progression de l'apprentissage dépend de la différentiation et de la spécialisation de disciplines ou de sujets distincts : art et science; sciences physiques, biologiques et sociales; etc. Nous avons dépassé ce stade-là avec les neurosciences. Selon Nicolescu (2012) [...], *la pluridisciplinarité concerne l'étude d'un objet d'une seule et même discipline par plusieurs disciplines à la fois. [...] La connaissance de cet objet au sein de sa propre discipline est approfondie par un apport pluridisciplinaire fécond.* La démarche pluridisciplinaire déborde les disciplines, mais sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire initiale. [...] *L'interdisciplinarité a une ambition différente de celle de la pluridisciplinarité. Elle concerne le transfert des méthodes d'une discipline à l'autre* (ex : les méthodes de la physique nucléaire transférées à la médecine conduisent à l'apparition de nouveaux traitements du cancer [*ibid.*Nicolescu 2012])

Le travail disciplinaire s'effectue en silo étanche, d'où l'utilisation d'un langage qui lui est propre, souvent incompréhensible aux non-initiés. La difficulté d'instaurer la transdisciplinarité tient au fait que les langages spécialisés ne communiquent pas assez les uns avec les autres et qu'il faut donc trouver une sémantique « commune » aux différentes sciences sollicitées, afin de créer de nouvelles liaisons. Ainsi, définir ce qu'est l'apprentissage est différent selon que l'on est issu des sciences de l'éducation ou des neurosciences. « *Pour y parvenir, il est indispensable d'établir un vocabulaire commun afin d'éviter les malentendus ou les incompréhensions* ». (*ibid.* p. 148) La richesse de la transdisciplinarité tiendra au fait que l'on pourra caractériser plus précisément la nouvelle science qui en découlera à l'aide de définitions issues de chacune des disciplines qui en auront permis l'émergence. (*ibid.* p.148)

Aujourd'hui, les questionnements épistémologiques sont fertiles. Le concept de complexité, créé par Laborit, et introduit par Morin<sup>22</sup>, est devenu un incontournable sujet de recherches qui permirent la naissance de notions et théories connexes : la transdisciplinarité avec Basarab Nicolescu ; la multiréférentialité avec Jacques Ardoino (1966); la transversalité avec René Barbier (1997); la multicritérialité avec Max Pagès (2006); la transduction avec René Lourau (1997). Preuve s'il en était besoin, de la nécessité de dépasser le simple aspect disciplinaire.

## 9. LA MATHÉTIQUE SUR LES RESEAUX NUMÉRIQUES

Au siècle du numérique, la notion de complexité a pris un poids plus important dans nos usages quotidiens et nous devons, en l'intégrant, construire de nouveaux repères. Apprendre avec le numérique, c'est remettre en cause des millénaires de pratique d'apprentissage. En

<sup>21</sup> Hideaki Koizumi, adepte de la transdisciplinarité et théoricien de la mathétique, est responsable scientifique, du laboratoire de recherche avancée, chez Hitachi Ltd. Japon

<sup>22</sup> Edgar Morin : « *Quand je parle de complexité, je me réfère au sens latin élémentaire du mot "complexus", "ce qui est tissé ensemble"*. In Science avec Conscience (1982)

effet, l'apprentissage sur les réseaux numériques demande d'autres compétences que celles qui sont habituellement nécessaires en présentiel. Pour répondre à cette complexité croissante, nous avons comme chercheur dans ce domaine, utilisé la démarche transdisciplinaire comme cadre de référence conceptuel, pour, à partir de la mathétique générale, tenter de construire et de conceptualiser la mathétique spécifique aux réseaux numériques. Nous utilisons les résultats obtenus lors de notre thèse de doctorat (Frayssinhes 2011) auprès de notre échantillon (620 personnes) ayant réussi avec succès leur FOAD (minimum 12/20) dans un processus effectué totalement à distance, ainsi que de nouvelles cohortes, d'un total de 400 personnes auprès desquelles nous avons testé les éléments disciplinaires choisis pour définir cette science de l'apprentissage sur les réseaux numériques, telle que schématisée sur la figure suivante.

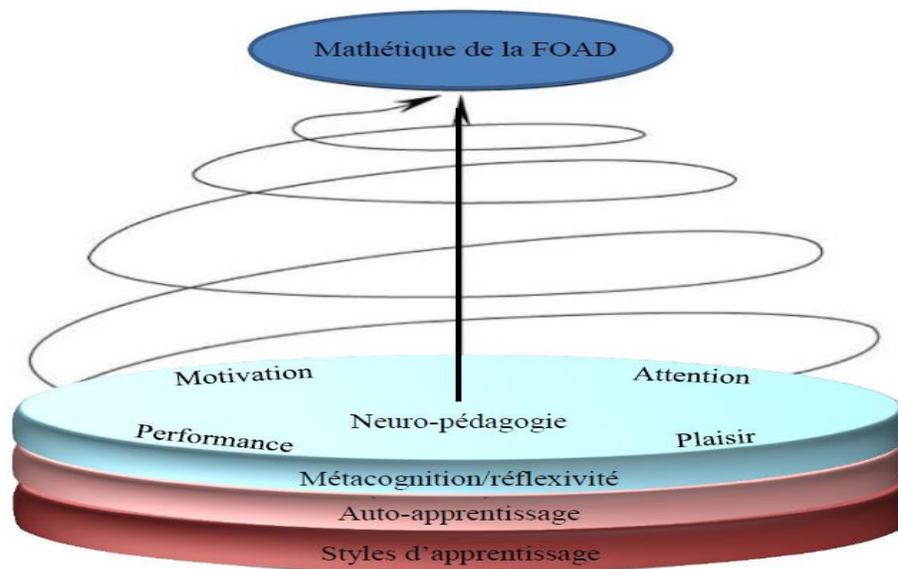


Figure 3 : Mathétique sur les réseaux numériques — Jean Frayssinhes (2015) (graphe inspiré de Bramwell 2009).

Cette mathétique spécifique aux réseaux numériques doit répondre à la complexité engendrée par ces derniers. En cours de formalisation, cette mathétique sur les réseaux numériques est le résultat transdisciplinaire : de la neuro-pédagogie, de la métacognition/réflexivité, des styles d'apprentissage, de l'auto-apprentissage, de la motivation, de l'attention, de la performance et du plaisir d'apprendre. Ces huit items sont inter-reliés, et inter-pénétrés pour atteindre la transdisciplinarité, et permettre ainsi de forger la mathétique de la FOAD. Nous présentons ci-après chacun de ces éléments, tels que nous les avons collationnés au cours de nos travaux de recherche, qui se situent à la fois *entre* les disciplines, *à travers* les différentes disciplines et *au-delà* de toute discipline, et qui participent à des degrés divers à son élaboration.

### 9.1/Neuro-pédagogie

Ce vocable est dû à Hélène Trocmé-Fabre (1987)<sup>23</sup>. L'appellation neuro-pédagogie désigne les recherches en éducation fondées sur les sciences cognitives (neurosciences, psychologie cognitive, comportementale, linguistique). Les neurosciences cognitives qui en sont la base sont définies par Tiberghin (2002) comme l'« ensemble des disciplines qui ont pour objet

<sup>23</sup> In « J'apprends, donc je suis. Introduction à la neuropédagogie. ». Paris : Les Éditions d'organisation

d'établir la nature des relations entre la cognition et le cerveau ». C'est grâce au développement de l'imagerie cérébrale que les neurosciences se développent depuis vingt ans. Ainsi, l'imagerie à résonance magnétique a permis de situer les zones sollicitées par rapport à chacun de nos sens, ce qui permet par exemple de visualiser les parties du cerveau qui sont concernées lors de maladies neurologiques, ou celles qui sont concernées lors des apprentissages. Les images qui en découlent montrent les liens entre les activités cognitives et les sphères concernées du cerveau, bien que « *la connaissance anatomique du cerveau ne suffit pas à expliquer les processus mentaux* » (Adolphs 2010). Grâce à ces images, on découvre la topographie du cerveau avec les aires où se développent les apprentissages de la lecture par exemple (Dehaene 2007). Si la lecture est entretenue, les aires cérébrales se nourrissent et se développent. Si la lecture n'est plus entretenue, les aires cérébrales retrouvent leur état initial. Ainsi, selon leur localisation au sein du cerveau, certains apprentissages peuvent être désappris : les mathématiques, alors que d'autres apprentissages perdureront : le vélo (*Ibid.*Dehaene). La lecture a une influence positive sur les aires postérieures du faisceau arqué qui devient plus structuré, alors que ce n'est pas le cas chez les non-lecteurs. Selon Olivier Houdé, professeur de psychologie à Paris V, la neuro-pédagogie cognitive est la science de l'éducation de l'avenir. « [...] *Grâce aux techniques d'imagerie cérébrale, nous disposons maintenant d'outils puissants pour mieux comprendre les rapports entre le cerveau et les apprentissages cognitifs, y compris dans leurs aspects émotionnels.* » D'un point de vue neuroscientifique, la forme élémentaire de l'apprentissage correspond à la réaction cérébrale due à un stimulus, une nouveauté. L'information est alors perçue, traitée, puis intégrée au sein des réseaux cérébraux. La neuro-pédagogie cognitive est ainsi une nouvelle approche interdisciplinaire « *qui articule étroitement la psychologie du développement — du bébé à l'adulte, les neurosciences cognitives et la pédagogie* »<sup>24</sup>. Évolutive, elle apporte une vision différente de l'acte d'apprendre en nous permettant de comprendre comment le cerveau apprend.

Thème de recherche privilégié des neurosciences depuis une dizaine d'années, l'intuition est, pour les chercheurs, la marque de l'intelligence de notre inconscient. Capable d'amasser une quantité phénoménale de données, dont la plupart échappent à la vigie de notre conscience, notre cerveau est capable de réaliser des prouesses. Il peut, à « *l'insu de notre plein gré* », faire des analogies, des rapprochements, des associations. Il est capable de traiter une grande quantité d'informations en un temps record et procéder à une analyse express de la situation. Le tout, de manière inconsciente (Frayssinhes 2015).

Développer une approche neuro-pédagogique, doit permettre de prendre en compte la réalité cérébrale de l'apprenant et de ses niveaux d'organisation de l'information, d'autre part, du cheminement de l'information. Évolutive, la neuro-pédagogie devient une composante essentielle de la mathétique sur les réseaux numériques, car elle donne un autre éclairage sur l'acte d'apprendre.

## 9.2/Métacognition, réflexivité

La métacognition, est un élément essentiel de l'acte d'apprendre sur les réseaux numériques, dont le niveau de capacité peut expliquer la réussite des participants (Frayssinhes 2011, 2012). Nous avons tous des compétences métacognitives, mais la métacognition est souvent

<sup>24</sup> Olivier Houdé. 2004. *La Psychologie de l'enfant*. Paris : PUF.

implicite, non consciente, non élaborée, car non pensée, non réfléchie. La métacognition est aussi un processus cognitif, et pour qu'individuellement elle soit efficace pour améliorer nos apprentissages et corriger nos erreurs, il faut apprendre à contrôler explicitement nos processus métacognitifs, pour en faire une compétence élaborée<sup>25</sup>, afin que nous puissions apprendre de nos fautes en les corrigeant. Cette compétence une fois acquise devient dès lors une modalité, c'est-à-dire une condition nécessaire à l'amélioration de nos capacités d'apprentissage. Confucius<sup>26</sup> affirmait qu'il ne saurait y avoir de *savoir* sans une forme de récursivité du savoir : « *Veux-tu que je t'enseigne le moyen d'arriver à la connaissance? Ce qu'on sait, savoir qu'on le sait; ce qu'on ne sait pas, savoir qu'on ne le sait pas : c'est savoir véritablement.* »

La métacognition désigne l'activité mentale de l'apprenant qui s'exerce dès lors qu'il n'est plus dans l'action, mais dans une réflexion, verbalisée ou non sur cette action, ou bien l'action simultanée avec la prise de conscience de sa propre démarche (Frayssinhes 2011, 2012). Cette activité, permettant une prise de conscience des procédures, des méthodes et des processus intellectuels mis en œuvre pour résoudre un problème, améliore l'acquisition des connaissances et la stabilité des acquis (*ibid.*). En effet, « *La métacognition se rapporte à la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui y touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'information ou de données...* » (J.H Flavell, 1976, p.232)<sup>27</sup>. Au sens pratique, la métacognition est une activité mentale permettant à un individu de prendre du recul, de réfléchir à ses apprentissages et d'en assumer le contrôle (Poissant, Poëlhuder & Falardeau, 1994; Tardif, 1997). Il s'agit donc d'un processus de contrôle et de régulation conscient des actions réalisées par un individu. Selon Dieudonné Leclercq (2004) la métacognition est : « *un ensemble d'opérations (jugement, analyse, régulation) sur des objets (processus ou production) à certains moments (pré, per, post) performance)) dans certaines situations (apprentissage ou évaluation) et observables via des performances (comportements et [ou] conduites)* ».

La métacognition suppose un travail réflexif sur soi-même, par lequel l'apprenant prend progressivement l'habitude d'observer ses propres démarches d'apprentissage, souvent mis en œuvre de manière implicite, d'analyser et d'explicitier les facteurs responsables de ses réussites et de ses erreurs ou de ses échecs. Cette prise de conscience peut être instructive, car elle permet de développer la connaissance de soi, même si nous ne sommes pas certains d'accéder à la connaissance totale. Comme le dit très justement Karl Popper, « *... notre connaissance ne peut être que finie, tandis que notre ignorance est nécessairement infinie* »<sup>28</sup>, cette sentence peut s'appliquer à l'apprentissage sur les réseaux. La métacognition est un élément fondamental et fondateur de la recherche en mathétique de la FOAD. Fondamental, car elle permet en analysant ses pratiques, de prendre conscience, d'analyser et de rectifier ses erreurs, puis de déterminer la meilleure stratégie que l'apprenant doit choisir, en s'appuyant sur ses points forts pour optimiser ses apprentissages, et pour éviter de les affaiblir, en corrigeant ses points faibles. Fondateur, car la métacognition est un élément édificateur et stabilisateur de la mathétique de la FOAD qui ainsi, permet à l'apprenant, s'il la pratique et s'il en tient compte,

<sup>25</sup> Cf. Armin Kaiser, *Professeur en Sciences de l'Éducation, Université de Munich*

<sup>26</sup> Confucius, *Entretiens du Maître avec ses disciples, Éd. Mille et une nuits, p. 15.*

<sup>27</sup> "Metacognitive aspects of problem-solving". In *Resnick and all : The nature of intelligence : Lawrence Erlbaum Associates*

<sup>28</sup> In *Karl R. Popper Conjectures et Réfutations 1994, p55*

de mieux réussir progressivement dans ses apprentissages lui permettant *in fine* de développer l'estime de soi. C'est cette prise de conscience métacognitive de ce que l'on est, qui permet le développement de la connaissance de soi, en vue de progresser dans sa capacité à acquérir de nouvelles compétences. De ce point de vue, les grilles d'analyse des styles d'apprentissage et du *self-directed learning* sont une aide précieuse à sa compréhension, car elles permettent d'impliquer l'apprenant dans son auto-découverte de soi, en vue de son amélioration dans les situations d'apprentissage dans le dispositif de FOAD. (Frayssinhes 2012, p128-129).

### 9.3/Styles d'apprentissage

La notion de style s'inscrit dans la psychologie différentielle, en s'appuyant et distinguant :

1/les domaines cognitifs qui permettent l'acquisition des connaissances (mémorisation : court, moyen, long terme), ainsi que les processus mentaux (conscience, perception, raisonnement, jugement).

2/les domaines conatifs qui renvoient à l'action : l'orientation, la régulation et le contrôle des conduites, c'est à dire aux »'choix »' souscrits par chaque individu, qui le conduisent à utiliser sa »'mécanique cognitive »', à l'orienter, à la contrôler pour finalement se satisfaire *in fine*, des résultats que son système cognitif a permis d'obtenir. L'apprenant cherche, relie, vérifie, critique des données issues de sa recherche, et doit ancrer en permanence les données recueillies dans son projet initial. Cette singularité s'explique par la multiplicité des expériences vécues par les adultes : avant d'être cognitif, basé sur la connaissance, le mode d'apprentissage de l'adulte est conatif, relevant de l'expérience, et plus le niveau culturel de l'apprenant est faible, plus ses appuis sont d'ordre conatif, car c'est alors la seule référence dont il dispose pour se forger une opinion. On doit s'appuyer sur le conatif pour développer le cognitif.

Parfois, on peut être conduit à dresser une distinction entre cognition et conation, alors que dans la réalité psychologique concrète, on ne peut guère envisager d'activités cognitives dénuées d'une certaine motivation, d'une certaine orientation. De même, il semble difficile d'imaginer des activités cognitives en dehors de tout contexte affectif. Il est donc important de faire la distinction entre, d'une part, les processus cognitifs et conatifs, mais aussi, entre les processus cognitifs et affectifs (Frayssinhes 2011, 2012).

Les styles d'apprentissage proposent l'idée que les individus, uniques par essence, ont des manières d'apprendre qui le sont tout autant. En situation d'apprentissage, chaque individu dispose généralement d'un style d'apprentissage dominant, qui influe sur sa capacité d'apprentissage. Les différences individuelles s'expriment tant au niveau de la forme, les manières d'apprendre, que de la performance, les résultats obtenus. Ainsi, l'explication de la réussite ou de l'échec ne serait pas seulement une question de niveau d'efficacité ou de performance, ce qui nous renverrait aux styles cognitifs, mais serait aussi axé sur les diverses façons dont l'apprenant perçoit, traite et restitue l'information, selon ses styles préférentiels ou dominants confrontés aux situations rencontrées, ce qui correspond aux styles d'apprentissage. Le style dominant associé à la capacité d'auto-apprentissage de l'apprenant peut permettre d'expliquer sa réussite sur les réseaux numériques (Frayssinhes 2011, 2012). Ni fixiste ou

innéiste, rappelons qu'il n'est pas question ici de mettre un individu en équation, de le catégoriser de façon simpliste, schématique, péremptoire, exclusive et définitive. La variabilité inter-individuelle dans la mise en œuvre des fonctions et des processus cognitifs s'ajoute à la relative stabilité intra-individuelle, intra-tâche, constatée auprès de nos cohortes, sur des périodes de plusieurs années<sup>29</sup>. Les styles d'apprentissage ne sont pas l'expression d'une *typologie rigide qui prétendrait classer les individus en catégories strictes* (Therer 1998). Pour l'apprenant, nous voyons les styles d'apprentissage comme une méthode préférée d'organiser la pensée ou des traitements de l'information,<sup>30</sup> un outil du développement de la connaissance de soi, qui ne reflète qu'un aspect particulier de la complexité des personnes.

#### 9.4/L'auto-apprentissage

Nous avons déjà précisé notre parti pris concernant l'apprendre, en le définissant comme un concept extensif qui veut dire : assimiler et comprendre, modifier ses représentations, créer des liens pour mémoriser en vue *in fine* de restituer ce qui fut approprié (Frayssinhes 2011, 2012). L'apprentissage est holistique, et présente de multiples facettes. La notion d'autoformation/auto-apprentissage est abordée ici dans le sens d'apprentissage autodirigé (*self directed-learning*). Cette notion correspond à une approche de la formation dans laquelle « *l'apprenant exerce le contrôle principal sur les choix d'objectifs et de moyens de son apprentissage* » (Carré, 1992, p 91). Ainsi, pour qu'il y ait autodirection, la condition est que l'apprenant exerce lui-même le contrôle sur les choix d'objectifs et de moyens qu'il doit utiliser, pour atteindre les objectifs d'apprentissage définis. Ce principe suppose que l'organisation de la formation soit centrée sur l'apprenant, mais aussi que l'apprenant soit apte à gérer son apprentissage en totale autonomie (Frayssinhes 2011, 2012). Pour Philippe Carré (2005), le concept d'autodirection intègre une double dimension : l'autodétermination, c'est-à-dire les habiletés et attitudes d'un individu lui permettant d'agir directement sur sa vie, et l'autorégulation, c'est-à-dire la capacité des personnes à s'adapter aux changements, *impliquant des mouvements continuels entre états désirés et états actuels* (Martin & Marshall 1997). De nombreux chercheurs ont montré que les apprenants qui sont autorégulés dans leur apprentissage ont les capacités d'autodéterminer des stratégies pour apprendre à accomplir leurs tâches d'une manière de plus en plus satisfaisante (Deci et Ryan, 2000; Pintrich, 2000), mais l'autorégulation n'est pas une caractéristique innée. Elle s'acquiert (processus cognitif), puis s'intègre au processus d'apprentissage et doit être nourrie et renforcée en permanence. La capacité d'auto-apprentissage est fondamentale pour réussir à suivre avec succès une formation sur les réseaux numériques comme nous avons pu le démontrer dans nos travaux (Frayssinhes 2011, 2012). Apprendre seul face à son écran n'est pas aisé. Cela demande des compétences multiples : d'organisation, d'analyse, de compréhension, d'intuition, d'attention, de métacognition, etc., dont tous les apprenants sont pourvus de façon inégale. Auprès de nos cohortes d'apprenants (~ 1020), nous avons vu que c'est la capacité d'auto-apprentissage associée au style d'apprentissage dominant qui permettait d'expliquer au niveau individuel la réussite de leur FOAD. Cette capacité d'auto-apprentissage est un facteur important sur lequel s'appuie le concept transdisciplinaire de la mathétique sur les réseaux numériques.

<sup>29</sup> Comme nous l'avons vérifié de 2007 à 2011, les styles offrent des caractéristiques assez stables chez les individus, mais variable dans leur intensité.

<sup>30</sup> R.J Sternberg 1994 in *Thinking Styles Inventory (TSI)*

### 9.5/La Performance

Dans le cas des 1020 apprenants qui ont participé à nos travaux, leur première performance fut la manière dont ils se sont comportés durant le suivi de leur formation en ligne. Pour l'évaluer, leurs enseignants/formateurs ont dû disposer d'éléments quantitatifs : les notes, et d'éléments qualitatifs : les appréciations<sup>31</sup>. Ce sont ces différentes évaluations qui ont permis à ces apprenants d'obtenir l'évaluation sommative minimale de 12/20 à leur parcours de formation en ligne, évaluation qui leur permet d'être ensuite retenus au sein de notre cohorte. Faut-il le souligner à nouveau, nous sommes dans une perspective transdisciplinaire, aussi, chacun des huit éléments choisis pour construire la mathétique de la FOAD, ici la « Performance », s'enrichit de l'un (et) ou des 7 autres éléments. Au niveau individuel, disposer d'une évaluation supérieure à la moyenne sur les huit items retenus pour définir la mathétique sur les réseaux numériques est vraisemblablement le gage d'aller au bout et de réussir sa FOAD.

Outre le concept de HPT de Gilbert que nous avons longuement détaillé dans le chapitre 5.1 et sur lequel nous ne reviendrons pas, l'apparition des modèles de styles d'apprentissage a suscité plusieurs études, dont (Riding & Rayner 2001, Page Lamarque 2004, Piombo 2007<sup>32</sup>, Frayssinhes 2008, 2011), qui furent menées pour étudier la possible adéquation entre style d'apprentissage et performance des apprenants. Ainsi, on a pu constater un facteur positif entre l'intérêt porté par un étudiant pour suivre une activité pédagogique, si cette dernière était en accord avec son style dominant (Mc Loughlin 1999, Hui Min Lee & al 2004). Une autre étude (Triantafillou & al 2003), indique que dans le cas où la pédagogie est adaptée à leur style dominant, les étudiants apprécient malgré tout de pouvoir investiguer de nouvelles voies d'apprentissage. Pour sa part, Zhang (2004) indique que la motivation de l'apprenant peut être augmentée si elle est conçue avec l'objectif de s'adapter à plusieurs styles d'apprentissage. C'est plutôt rassurant de voir que les apprenants, même s'ils apprécient de pouvoir s'appuyer sur des domaines connus et maîtrisés, n'en demeurent pas moins curieux pour s'investir dans de nouvelles voies d'expérimentations possibles. Comme nous le pensions, aucun style d'apprentissage n'est « supérieur » aux autres styles et, si l'on veut expliquer la réussite des élèves avec cette seule variable, on court à l'échec (Frayssinhes 2012, p.166).

D'autre part, ce sont les travaux de Yerkes et Dodson (De Bonis, 1967), qui établirent scientifiquement le lien entre la performance et la motivation. Ils érigèrent une « loi » qui montre qu'il existe une performance maximale pour une gamme médiane d'investissement (Frayssinhes, 2012 p 158). Les travaux de Deci et Ryan sur le concept de « volition<sup>33</sup> », c'est-à-dire sur la capacité d'un individu à réaliser un acte, une action, dans lequel sa faculté de vouloir, sa motivation, lui permettront d'aller jusqu'au bout et de réussir, nous montrent que les motivations intrinsèques et extrinsèques ne sont pas indépendantes l'une de l'autre, que l'une peut avoir un effet positif sur l'autre. Ces travaux leur ont permis de proposer la théorie de l'autodétermination. Cette théorie adopte le concept de l'eudémonie,<sup>34</sup> sorte de « théorie du bonheur » issue de la psychologie hédoniste qui met l'accent sur l'obtention du plaisir et du bonheur, ou de la réalisation de soi comme critère d'existence de bien-être. La théorie de l'autodétermination définit précisément ce qu'il faut entendre par la réalisation de soi et par

<sup>31</sup> C'est du moins l'hypothèse que nous formulons

<sup>32</sup> Violaine Page Lamarque et Christophe Piombo dont les thèses portent sur les styles d'apprentissage en ligne.

<sup>33</sup> Mot tiré du latin « vol », radical dans volo, je veux. La volition est un acte de la volonté. (Le Littré 2.0)

<sup>34</sup> Du Grec « eudaimôn », heureux. L'eudémonisme est une doctrine morale fondée sur le bonheur qui détermine toute conduite humaine, ou en constitue la fin (Encyclopédie Hachette 1992).

quels processus elle peut être atteinte. Ainsi, elle soutient que les humains ont des besoins psychologiques fondamentaux et que leur satisfaction est essentielle à leur croissance, à leur intégrité et à leur bien-être. Quand ces besoins sont satisfaits, l'organisme connaît la vitalité (Ryan et Frederick, 1997), la congruence interne (Sheldon et Elliot, 1999) et l'intégration psychologique (Deci et Ryan, 1991). La satisfaction de ces besoins est vue comme un but « naturel » de la vie, et ces besoins fournissent une grande partie du sens et des intentions sous-jacents à l'activité humaine (Deci et Ryan, 2000, 2002; Ryan et La Guardia, 2000). Cette théorie explique les conditions sous lesquelles le bien-être d'un individu est facilité au lieu d'être entravé, et propose une psychologie sociale du bien-être psychologique de l'être humain (Ryan, 1995). Nous avons montré l'importance de la motivation pour réussir à suivre avec succès une formation sur les réseaux numériques (Frayssinhes 2011, 2012). Cette performance est un élément fondateur de la mathétique de la FOAD.

### 9.6/Plaisir d'apprendre

Si l'on en croit le dictionnaire<sup>35</sup>, le plaisir est un « *état affectif agréable, durable, que procure la satisfaction d'un besoin, d'un désir ou l'accomplissement d'une activité gratifiante* ». L'être vivant est selon Maslow (2008), un être de besoins non encore assouvis qu'il cherche à satisfaire de façon successive<sup>36</sup>. Nous avons la révélation du plaisir, lorsqu'un besoin, supposé ou réel est comblé, c'est-à-dire lorsque nous avons obtenu satisfaction dans la plénitude de sa réalisation. La graduation du plaisir est plus ou moins importante, selon le poids du besoin non encore assouvi, et l'intensité de sa réalisation. Le plaisir est un état du moi qui est fugace, c'est-à-dire changeant, fragile et éphémère. Il tend généralement à disparaître dès que le besoin a été satisfait, et l'individu cherche alors à satisfaire un nouveau besoin qui s'impose à lui, parmi tous ceux qui sont encore inassouvis. Selon la théorie de l'intelligence émotionnelle (Goleman 1997), cette révélation du plaisir nous permet de prendre conscience de nos émotions, de les identifier, et de les réguler pour mieux faire baisser notre angoisse éventuelle. Ainsi, en décodant le message véhiculé par les émotions, nous pouvons déterminer la graduation du plaisir ressenti. De là, nous pouvons développer une stratégie d'apprentissage appropriée. Que ce soit en formation initiale ou en formation continue (tout au long de la vie), les émotions vécues par les élèves ou les apprenants ne tombent plus dans les pièges motivationnels classiques. Lorsqu'elle est choisie, la libre activité devient une cause importante du plaisir. Pour les enseignants ou les formateurs, les émotions doivent être vues comme une composante importante de l'apprentissage. La notion de plaisir basée sur la satisfaction de réussite dans son apprentissage est une variable importante dans le succès de l'apprenant en ligne. Nous avons identifié de nombreux éléments (Frayssinhes 2013) qui permettent de susciter ce plaisir, que nous reprenons ci-après :

1/Se former dans un contexte non formel où les activités s'effectueraient en toute liberté de choix et d'action, sans entrave. (Quoi; quand et où on le souhaite...)

2/Multiplier les modes d'apprentissage à l'aide d'outils différenciés (auto-apprentissage, collaboratif, synchronisme, asynchronisme, chat, blogue, vidéos, etc.)

<sup>35</sup> Cf. Centre National de Recherche Textuelle, ressource en ligne consulté le 26/09/2012.

<sup>36</sup> Cf. à la pyramide de Maslow

3/Susciter le désir en réalisant des activités d'apprentissage gratifiantes, valorisantes, stimulantes, ce qui renforce la motivation et l'estime de soi<sup>37</sup>,

4/Rechercher et obtenir du plaisir grâce à l'entretien et au développement de la motivation intrinsèque de l'individu par la valorisation de soi, et extrinsèque grâce à l'apprentissage collaboratif, et au tutorat/mentorat « 'au plus près »' de l'apprenant,

5/Mettre en tension l'apprenant et la maintenir de façon itérative, afin qu'il conserve un haut niveau énergétique et atteigne au final le plaisir de la réussite.

6/Permettre aux apprenants de choisir des activités librement, sans contrainte, afin qu'ils conservent, ou retrouvent, le plaisir de l'apprentissage.

Les émotions positives que nous ressentons sont autant de vecteurs qui vont porter notre apprentissage vers la réussite. Comme le disait Antoine de La Garanderie (1995) : « *L'homme est un être de sens (plaisir, douleur, couleurs, bruits, lumière, choses, objets, êtres, jugements, raisonnements) c'est par sa conscience qu'il est tel* ».

## 9.7/L'attention

Naissance avec la psychologie expérimentale (Broadbent, 1958 : théorie du filtre). Si l'on reprend la définition de William James (1890), l'attention est : « *la sélection sous forme claire et précise d'une information ou d'un événement extérieurs de la pensée et son maintien dans la conscience [...]. Implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres* ». En psychologie cognitive, l'attention est le choix opéré par l'esprit, ce qui nécessite de sélectionner les nombreuses informations qui arrivent à notre cerveau.

L'attention est un concept multidimensionnel : attention sélective, attention divisée, attention soutenue.

### 9.7.1/Attention sélective

C'est la capacité à répondre de manière sélective à une seule source d'information (visuelle ou auditive) parmi d'autres, sans se laisser distraire par d'autres stimuli.

- Écouter le cours (audio, vidéo, en présentiel) sans se laisser distraire par le bruit environnant, la mauvaise qualité du son, de l'image, etc.
- En mathématiques, traiter les seules informations nécessaires à la résolution de la question.
- Dans un récit, traiter la trame de l'histoire, sans se laisser distraire par les détails.

### 9.7.2/Attention divisée

Au quotidien, nous sommes presque constamment amenés à faire plusieurs choses à la fois. Pour cela, nous devons répartir nos ressources attentionnelles de manière optimale afin de parvenir à les réaliser (sans en privilégier une au détriment des autres). Le partage des ressources attentionnelles constitue l'attention divisée. Celle-ci entre en jeu dès l'école, où il faut pouvoir, entre autres, écouter et écrire en même temps.

- Lire des informations sur son écran en écoutant l'enseignant.

<sup>37</sup> Rappelons qu'il n'y a aucun impact de l'estime de soi, si l'individu subit un échec dans un domaine n'ayant aucune importance à ses yeux.

- Prendre des notes (retranscrire par écrit les informations entendues).
- Construire un récit (par écrit) en respectant l'orthographe.

### 9.7.3/Attention soutenue

C'est la capacité à maintenir son attention sur une longue période de temps. Elle est particulièrement sollicitée à l'école, lorsqu'il s'agit de rester concentré plusieurs heures d'affilée.

- Maintenir son attention lors de la diffusion d'un film dans une langue étrangère.
- Réagir à la nouveauté (joie de découvrir, d'apprendre)

### 9.7.4/L'effet « Cocktail-Party »

C'est Cherry<sup>38</sup> en 1953 qui, le premier, le mit à jour. Ses premières remarques s'imposèrent à son esprit lors de participations à des discussions mondaines auxquelles il se joignait. Généralement bruyants et peuplés, ces « cocktails-party » sont peu propices à suivre une discussion dans un autre groupe, sauf si un locuteur nous met en alerte. À ce moment, notre attention est mise en éveil. Cette focalisation de l'attention auditive sur une conversation en ignorant les autres sources, offre la possibilité de traiter certaines informations ne faisant pas l'objet d'une focalisation attentionnelle, sauf si une expression familière (ex : réaction sur notre nom), ou une information d'alerte (ex : au feu) nous parvient. Comment le cerveau isole-t-il les mots d'une personne au milieu du mélange des voix? Il évalue simultanément tous les paramètres du son et les compare à des valeurs anticipées. Et tout cela se fait en temps réel, car on ne peut pas « réécouter » la bande. L'effet « cocktail-party » démontre que la concentration est un filtre, dont le rôle est de maintenir le cap d'une pensée au sein d'une multitude de stimuli, et c'est notre cerveau qui détermine s'ils sont « distracteurs » ou « pertinents ». Ensuite, notre cerveau va pouvoir automatiser certaines tâches sans que nous en soyons conscients (conduite automobile, lire, écrire sur un clavier). Cette automatisation s'explique anatomiquement par l'existence de réseaux neuronaux mobilisés sous forme « d'autoroutes neuronales »<sup>39</sup>, qui débouchent sur deux types d'attention : une attention dirigée, volontaire et plutôt lente d'une part, et une attention automatique, intuitive et très rapide d'autre part.

### 9.7.5/L'attention sur les réseaux numériques

Obtenir un haut niveau d'attention sur les réseaux numériques est plus difficile qu'en présentiel. Selon le Centre américain de biotechnologies, l'Internaute moyen aurait un taux d'attention consécutif de 8 secondes. Nous avons constaté une baisse de la durée d'attention, de 10'' en l'an 2000, à 8'' en 2013.

Dans une étude de mars 2013 nommé « L'enfant et les écrans » édité par l'Académie des Sciences, un visiteur lit en moyenne 2 phrases d'un texte avant de savoir s'il poursuit ou non sa lecture, d'où la nécessité d'en soigner la pertinence et l'intérêt lors de son écriture.

L'instantanéité est un concept qui n'a jamais été aussi présent que dans l'ère 2.0. Cette culture numérique se caractérise à la fois par : l'impatience, le surnombre, et la vitesse.

<sup>38</sup> Colin Cherry (1914-1979), de l'Imperial College de Londres, spécialiste britannique de la « cognition ».

<sup>39</sup> Selon Michel Thiebaut de Schotten, chercheur à l'INSERM

Comme l'a démontré Thierry Baccino dans ses études sur le *Eye-tracking*, la lecture sur un support « papier » est linéaire (lettre, mot, phrase, paragraphe) et paisible. Les livres incitent à la mémoire linéaire, événementielle : il y a un début, un milieu, une fin. La lecture numérique est circulaire. Elle solliciterait davantage notre cerveau, grâce à l'effet produit sur les yeux par le rétro-éclairage des écrans d'ordinateurs, des smartphones ou des tablettes, mais aussi à l'abondance d'informations à l'écran, ce qui nous conduit à changer de stratégie d'apprentissage. Sur Internet, l'information est renouvelée à l'infini et, nous sommes sollicités par toutes sortes d'éléments : les liens hypertextes qui incitent en permanence à quitter le texte pour aller voir ailleurs, ainsi que les photos, les bannières publicitaires, les vidéos et autres *pop-up*. Ainsi, au lieu de suivre un chemin de lecture unique, comme nous le ferions sur une page de papier, notre regard zigzague sans cesse entre plusieurs zones sur l'écran, comme l'on montrés les études sur le *eyetracking* déjà cité. Toujours d'après l'étude de l'Académie des sciences, moins de 30 % des mots sont lus sur une page web moyenne, et 4 % seulement des visites durent plus de 10 minutes!

Selon les travaux de John Medina<sup>40</sup>, après dix minutes d'attention minutieuse portée aux enseignants et à leurs présentations Power Point, l'audience de l'attention descend abruptement. Pour la conserver et relancer la courbe d'attention pendant le discours, deux moyens sont proposés : générer de l'émotion, répéter/marteler les messages clés. En présentiel, si l'on a plusieurs idées à faire passer et que l'on doit animer une formation de 2 heures, il faut organiser l'intervention par tranche de 10 minutes (6 idées à l'heure), en se rappelant bien des principes précédents, et l'impact sera multiplié. Hélène Trocmé-Fabre (1987) pour qui « *le silence est l'écrin de la pensée* », propose des pauses structurantes. L'idée est de cesser de lire, regarder, écouter... ce sur quoi on travaille (donc faire une mini-pause) pour faire exister mentalement ce que nous avons perçu par nos sens (yeux, oreilles, etc.). Cela permet de structurer ce que nous sommes en train d'apprendre, de lui donner une existence mentale, et donc un sens. Dans le concept de FOAD, on prévoit de découper les contenus didactiques en grains pédagogiques de 8' chacun, puis on réalise une évaluation formative pour suivre la performance de l'apprenant (ex : QCM). Lorsque l'ensemble du parcours est finalisé, on réalise une évaluation sommative.

## 9.8/La Motivation

Quel que soit le champ d'activité, afin de réussir ce que l'on entreprend, il est toujours plus avantageux, d'être motivé. La motivation est une force intra-individuelle qui nous pousse à agir, en choisissant une activité, à s'y engager à fond, à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre sa finalité (le but fixé). Une motivation réussie va aussi agir sur le plaisir et la performance et se transformer en boucle récursive. Les facteurs déterminants de la motivation sont<sup>41</sup> :

- La perception de la valeur de l'activité (ex : cours, lectures, exercices). La valeur que l'on accorde à une activité influence de façon directe notre désir de s'y adonner.

<sup>40</sup> John Medina est un neuroscientifique, professeur en ingénierie biomédicale à l'école de médecine de l'Université de Washington et a fondé et dirigé le Centre de recherche sur le cerveau et l'enseignement appliqué.

<sup>41</sup> D'après Louise Careau, et Anne-Louise Fournier, psychologues : « *La motivation* ». Université Laval. 2002

- La perception de sa compétence à l'accomplir. Basée sur nos expériences antérieures, il s'agit de l'évaluation qu'une personne fait de sa capacité de réussir sa formation et de sa perception de soi en tant qu'apprenant. Plus la perception est positive, plus grande est la motivation.
- La perception du contrôle qu'il possède sur son déroulement et ses conséquences. Il s'agit ici de la perception du degré de maîtrise que l'apprenant possède sur le déroulement et les conséquences d'une activité pour laquelle on lui demande de s'engager. Plus ce sentiment est élevé, meilleure est la motivation.

Les références théoriques qui lient l'apprentissage et le plaisir sont nombreuses. Pour que l'apprentissage d'un individu sur les réseaux numériques devienne un plaisir afin qu'il puisse les pérenniser, et qu'il parvienne ainsi à la réussite de sa formation, différents facteurs doivent être réunis :

#### 9.8.1/Facteurs intrinsèques

— En premier lieu, bien poser les objectifs de la formation, en concordance avec ses aptitudes et capacités, ce qui nécessite de les connaître précisément avant de s'engager. Les grilles ISALEM97 pour déterminer son style d'apprentissage dominant, et ALK-I pour mesurer son niveau d'auto-apprentissage, permettent d'accéder à cette connaissance individuelle comme cela a pu être démontré dans nos travaux de recherche (Frayssinhes (2012, p210-246).

— Évaluer le bienfondé de sa volonté d'entreprendre, de son autodétermination, de ses motivations, qui représentent l'ensemble des éléments individuels de la pérennisation du suivi et de la réussite de la formation,

— Établir le lien entre performance atteinte et motivation déployée. Si les écarts sont trop importants, performance faible et motivation élevée, il y a un risque d'échec pour l'apprenant.

#### 9.8.2/Facteurs extrinsèques

— Développer un contexte d'apprentissage non-formel permettant une liberté de choix et d'autonomie à l'apprenant, en limitant les entraves au maximum

— S'appuyer sur le concept de volition pour permettre à l'apprenant d'asseoir son vouloir, sa motivation, son autodétermination, pour lui conserver un haut niveau d'efficience,

— Graduer les tâches à effectuer selon les capacités individuelles des apprenants, en adaptant un système d'évaluation spécifique des acquis,

— Multiplier les formes et les modes d'apprentissage (auto-apprentissage, collaboration, chat, synchrone, asynchrone, etc.) en tenant compte du médium utilisé (ordinateur, tablette, smartphone),

— Mettre en œuvre la théorie de l'attribution causale en évaluant les réussites et les échecs possibles, à l'aide d'un tutorat/mentorat « au plus près »,

— Vérifier la congruence entre l'interne (ce qui est souhaité par l'apprenant) et l'externe (qui est apporté, fourni par les pairs, la structure formatrice, le tuteur/médiateur/facilitateur),

— Maintenir une tension suffisante pour conserver au formé le plaisir de l'apprentissage, la satisfaction et le bonheur de sa réussite.

### 9.8.3/ Les indicateurs de la motivation

Comment peut-on dire qu'une personne est motivée? À quoi reconnaît-on la présence de la motivation chez un individu? Selon Louise Careau, et Anne-Louise Fournier déjà citées, on dénombre quatre principaux indicateurs :

1/le choix : un apprenant motivé choisit d'entreprendre une activité d'apprentissage. Un individu en perte de motivation aura tendance à l'éviter et attendra d'être obligé, avant d'entreprendre cette activité.

2/la persévérance : La persévérance est une mesure du temps que l'apprenant accorde à une tâche, la lecture ou la rédaction de travaux. La persévérance est un indicateur de réussite : plus on consacre temps et énergie, plus on a de chance de réussir. Outre le temps investi, il faut que les efforts fournis soient de qualité. Une personne motivée s'efforcera de réaliser un travail et ne renoncera pas au premier obstacle.

3/l'engagement cognitif : un apprenant engagé et motivé dans ses études utilisera des stratégies différenciées d'apprentissage. Il adoptera alors différents moyens lui permettant d'acquérir, d'intégrer et de se rappeler les connaissances qu'il doit acquérir. Il planifiera son temps d'étude et élaborera des objectifs de travail

4/la performance : La performance correspond non pas à l'exploit, mais bien à la démonstration du savoir, aux résultats observables de l'apprentissage. Elle joue un rôle majeur dans la dynamique motivationnelle pour deux raisons importantes. La performance est une conséquence, mais aussi une source de la motivation.

## 10. CONCLUSION

Apprendre en suivant une formation ouverte et à distance (FOAD) est devenu une alternative crédible, tant en formation initiale qu'en formation continue. Mais n'est pas apprenant sur les réseaux numériques qui veut! (Mc Loughlin 1999; Riding & Rayner 2001; Page-Lamarque 2004; Hui Min Lee 2004; Piombo 2007; Frayssinhes (2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Au niveau intra-individuel, pour réussir, il est nécessaire de disposer des qualités et compétences requises (Frayssinhes 2012 pp 196-204) afin d'éviter les abandons et (ou) les échecs. Apprendre sur les réseaux numériques doit permettre aux étudiants de devenir progressivement co-auteur de leur apprentissage, tant en formation initiale qu'en formation continue. Pour que cela soit rendu possible, il faut utiliser une mathétique transdisciplinaire, permise par une pédagogie de l'implication et de l'explicitation, au service de la créativité et de l'engagement de chacun.

Pour asseoir cette mathétique, le concept de *Human Performance Technology* de Gilbert nous donne des repères forts avec ses six variables : informations, ressources, incitations; connaissances, capacités, motivation. Il structura sa mathétique sur quatre quadrants clés, qui s'explicitent avec la carte de la performance et le schéma de l'iceberg, montrant ainsi l'étendu du concept de mathétique.

L'apport des neurosciences avec le modèle de Koizumi nous permet de comprendre de quelle manière elles peuvent enrichir notre connaissance de l'acte d'apprendre.

Nous avons défini les huit éléments conceptuels sur lesquels s'appuie la mathétique sur les réseaux numériques. Ils sont la résultante d'analyses faites auprès de nos cohortes d'apprenants lauréats, qui ont tous suivi avec succès une FOAD 100 % à distance. Ils en sont les éléments fondateurs, dans le sens où leur présence est indispensable pour faciliter la réussite d'une formation en ligne.

Cette mathétique sur les réseaux numériques, a l'ambition si elle est suivie, d'être un point de repère initiateur d'une réflexion et d'une mise en œuvre d'un apprentissage dont la finalité doit permettre d'accroître et de faciliter la réussite des apprenants en ligne. Cette mathétique sur les réseaux numériques n'est pas dogmatique. Elle n'est pas figée dans le modèle proposé. Son concept transdisciplinaire doit lui permettre de se développer, de s'enrichir de nouveaux éléments, de se renforcer, à la lecture de nouvelles observations au fil d'études à finalités praxéologiques qui seront menées.

## 11. BIBLIOGRAPHIE

- Adolphs Ralph. 2010. « Conceptual challenges and directions for social neuroscience ». *Neuron*, vol. 65, n° 6, p. 752-767
- Séraphin Alava. 1998. HDR. Université de Toulouse le Mirail
- Jacques Ardoino. 1966. *Communications et Relations Humaines* (thèse de Doctorat de spécialité), cahier numéro 12 de la collection « Travaux et Documents » de l'Institut d'Administration des Entreprises de l'Université de Bordeaux, Bordeaux (4e 1.000).
- Jean-Pierre Astolfi et Michel Develay. 2002. *La Didactique des sciences*. Paris : PUF
- Baccino, T. 2004. *La lecture électronique*. Grenoble : PUG
- René Barbier. 1997. *L'Approche Transversale. L'écoute sensible en sciences humaines*. Paris : Anthropos
- Broadbent, D. 1958. *Perception and Communication*. London : Pergamon Press
- Bronkhorst, J. 2002. *Basisboek ICT en Didactiek*. HBUitgevers, Baarn
- J.R. Carleton et C. S. Lineberry (2004). *Achieving Post-Merger Success: A Stakeholder's Guide to Cultural Due Diligence, Assessment and Integration*. San Francisco : Pfeiffer
- Carre, PH. 1992. *L'Autoformation dans la Formation Professionnelle*. Paris : La Documentation Française.
- François Chabaud. 2012. La fonction analytique. Freud, Jung, Lacan : Approche transdisciplinaire. Thèse de Doctorat Philosophie. Université Paul Valéry — Montpellier III.
- Cherry, E. C. 1953. *Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- Confucius. 1997. *Entretiens du Maître avec ses disciples*. Paris : Edition Mille et une nuits
- Frédéric Darbellay & Theres Paulsen (dir). 2008. *Le défi de l'inter — et transdisciplinarité*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- De Bonis M. 1967. « Niveau de motivation, discriminabilité des réponses et performance ». In : *L'année psychologique*. 1967 vol. 67, n° 1. pp. 109-118.
- Claude Debru (dir). 2011. *La Transdisciplinarité*. Paris : Hermann

- Deci E.L. & Ryan R.M. 2000. The what and why of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.
- Dehaene Stanislas. 2007. *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.
- Flavell, J.H. 1976. « Metacognitive aspects of problem-solving ». In Resnick and all : *The nature of intelligence* : Lawrence Erlbaum Associates
- Frayssinhes J. 2008. *Les styles d'apprentissage des apprenants dans un concept de formation ouverte et à distance*. Mémoire de M2R. Université de Toulouse-Le Mirail. UFR Sciences Espaces Sociétés. Département des sciences de l'éducation et de la formation.
- Frayssinhes J. 2011. *Les pratiques d'apprentissage des adultes en FOAD : Effet des styles et de l'auto-apprentissage*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse II Le Mirail. Thèse en ligne : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00636549/>
- Frayssinhes J. 2012. *L'apprenant adulte à l'ère du numérique*. Paris : L'Harmattan
- Frayssinhes J. 2013. *Plaisir et apprentissage sur les réseaux numériques* – Revue en ligne Implications Philosophiques. <http://www.implications-philosophiques.org/actualite/une/plaisir-et-apprentissage-sur-les-reseaux-numeriques/>
- Frayssinhes J. 2014. [Les pratiques d'apprentissage des adultes en FOAD : effet des styles et de l'auto-apprentissage](#). In Godefroy D.N (dir). *Internet : Interactions et Interfaces*. Paris : L'Harmattan. p 99-119.
- Frayssinhes J. 2015. Conférence : Réussir son apprentissage en FOAD : poids de l'intuition. [http://www.canalu.tv/video/universite\\_toulouse\\_ii\\_le\\_mirail/reussir\\_son\\_apprentissage\\_en\\_foad\\_poids\\_de\\_l\\_intuition\\_jean\\_frayssinhes.18001](http://www.canalu.tv/video/universite_toulouse_ii_le_mirail/reussir_son_apprentissage_en_foad_poids_de_l_intuition_jean_frayssinhes.18001)
- Pascal Galvani. 2008. *Transdisciplinarité et écologisation d'une formation universitaire : une pratique critique à partir du paradigme de la complexité*. *Revue Éducation Relative à l'environnement : La dimension critique de l'éducation relative à l'environnement*, vol 7 pp.133-158.
- Antoine de La Garanderie. 1995. *L'intuition : de la perception au concept*. Paris : Bayard Editions
- Gilbert, T.F. 1969. *Mathetic*. London : Longmac LTD
- Gilbert, T.F. 1978. *Human competence: engineering worthy performance*. New-York : Mc Graw-Hill
- Glickman, V. (2002), La « E-formation » entre globalisation des produits et pluralité des services », Actes du colloque 2001 Bogues. Globalisme et pluralisme. Montréal : GRICIS.
- Goleman, D. 1997. *L'intelligence émotionnelle*. Paris : Robert Laffont
- Hui Min Lee, C., Cheng, Y.W., Rai, S., Depickere, A. 2004. What affect student cognitive style in the development of hypermedia learning system?, *computer & education*, Elsevier.
- Albert Jacquard. 2004. « De l'angoisse à l'espoir. Leçons d'écologie humaine. » Paris : Calman-Lévy, p 103
- James W. 1890. *The principles of psychology*. New-York : Henry Holt & Co
- Koizumi, H. 1999. « A practical approach to transdisciplinary studies for the 21<sup>st</sup> century- the centennial of the discovery of radium by the Curies ». *J.Seizon and Life Sci*, vol9, N° B1999 – 1 pp.19-20
- Koizumi, H. 2003. *Wie funktioniert das Gehirn?* Paris : OCDE p.113
- Kohlberg, W.D. 2006. *La mathétique du E-learning*. Université Osnabrück
- Kohlberg, W.D. 2011. *Mathétique : mathétique du e-learning*. Université Osnabrück
- Lagrange, J.-B. et Grugeon, B. (2003), « Vers une prise en compte de la complexité de l'usage des TIC dans l'enseignement. » *Revue française de pédagogie* n° 143(avril-mai-juin) : 101-111.

- D. Leclercq (2004) — *Méthodes de Formation et Théories de l'Apprentissage – Événements d'Apprentissage*. Éditions de l'Université de Liège Chap 7 : D. Leclercq & M. Poumay, La métacognition — page 5/45
- René Loureau. 1997. *Implication et transduction*. Paris : Anthropos
- McLoughlin, C. 1999. The implications of the research literature on learning styles for the design of instructional material, *Australian Journal of Educational Technology*, 15(3), pp.222-241.
- Maslow, A. 2008. *Devenir le meilleur de soi-même. Besoins fondamentaux, motivation et personnalité*. Paris : Eyrolles
- John Medina. 2014. *Les douze lois du cerveau*. Paris : Éditions Leduc. s
- Morin, E., Motta, R. et Ciurana, É.-R. (2003). *Éduquer pour l'ère planétaire : la pensée complexe comme méthode d'apprentissage dans l'erreur et l'incertitude humaines*. Paris : Balland.
- Nicolescu, B. *La transdisciplinarité : manifeste*. Monaco : Rocher, 1996.
- Nicolescu, B. (1997). Projet Ciret-UNESCO. Évolution transdisciplinaire de l'Université, document de synthèse. Consulté en 2007 sur : <http://nicol.club.fr/ciret/bulletin/b9et10.htm>.
- Nicolescu, B. (2005). *Transdisciplinarity : Past, present and future*. Communication au « II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade », septembre 2005, Vitoria, Brésil.
- Besarab Nicolescu. 2012. The International Center for Transdisciplinary Research (CIRET) <http://ciret-transdisciplinarity.org/transdisciplinarity.php>
- Nielsen J. and Pernice K. 2009. *Eye tracking Web usability*. New-York : Barnes & Noble
- Page-Lamarque V. 2004. *Styles d'apprentissage et rendement académique dans les formations en ligne*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation. Université de Montréal.
- Max Pagès. 2006. *L'implication dans les sciences humaines Une clinique de la complexité*, Paris : L'Harmattan
- Patrick Paul & Gaston Pinaud (coord). 2005. *Transdisciplinarité et formation*. Paris : L'Harmattan
- Patrick Paul. 2005. *Transdisciplinarité et Anthropoformation : leur importance dans les recherches en santé*. Saúde e Sociedade v.14, n.3, p.51-71, set-dez, Universidade Sao Paulo
- Papert, S. 1989. *Le jaillissement de l'esprit*. Paris : Flammarion.
- Papert, S.1993. *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York : Basic Books.
- James A. Pershing. 2006. *Handbook of Human Performance Technology*. San Francisco : Pfeiffer
- Piaget Jean. 1973. « L'épistémologie des relations interdisciplinaires ». *Bulletin Uni-information*, N° 31. Université de Genève.
- Pintrich, P. R. 2000. *The role of goal orientation in self-regulated learning*. In. Boekaerts, P. R. Pintrich et M. Zeidner (dir.), *Handbook of self-regulation* (p. 452-502). San Diego, CA : Academic Press.
- Piombo C. 2007. *Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie*. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. Université de Toulouse.
- Poissant, H, Poelhuber & Falardeau, M. 1994. *Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage*. *Revue canadienne de l'éducation*, 19(1), 30-44.
- Jean-Paul Resweber. 2000. *Le pari de la Transdisciplinarité*. Paris : L'Harmattan
- Riding, R., Rayner, S. 2001. *Cognitive Styles and Learning Strategies*. London : David Fulton Publishers.
- Ryan, R. M. 1995. Psychological needs and the facilitation of integrative processes. *Journal of Personality*, 63, 397-427.

- Ryan R. M. et Frederick, C. M. 1997. "On energy, personality, and health : Subjective vitality as a dynamic reflection of well-being ». *Journal of Personality*, 65, 529-565.
- Ryan, R. M. et La Guardia, J. G. 2000. What is being optimized over development? : A self-determination theory perspective on basic psychological needs across the life span. In S. Qualls et R. Abeles (Éds), *Dialogues on Psychology and Aging*. Washington D.C. : APA Books.
- Schutz, A. (1987). *Le chercheur et le quotidien : phénoménologie des sciences sociales*. Paris : Méridiens Klincksieck.
- Sheldon, K. M. et Elliot, A. J. 1999. Goal striving, need satisfaction and longitudinal wellbeing: The self-concordance model. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, 546-557.
- Tardif, J. 1997. *Pour un enseignement stratégique*. Montréal : Les Éditions Logiques.
- Tiberghien Guy. 2002. *Dictionnaire des sciences cognitives*. Paris : Armand Colin
- Triantafillou, E., Pomportsis A., Demetriadis S. 2003. The design and the formative evaluation of an adaptive educational system based on cognitive styles, *Computers & Education* 41 : 87-103, Elsevier, <http://www.up2uml.org/>
- Trocme-Fabre, H. 1987. *J'apprends, donc je suis. Introduction à la neuropédagogie*. Paris : les Éditions d'Organisation
- Zhang, L. 2004. Does teaching for a balanced use of thinking styles enhance students' achievement?, *personality and individual differences*, Elsevier.