

XVIèmes Rencontres Raymond Abellio

Toulouse, 13-14 septembre 2019

Création artistique et modélisation logicielle

Troisième Phase

Modèles logiciels de la création : références spirituelles, sources scientifiques et techniques.

Par Daniel Verney

Quand nous recherchons l'essence de l'arbre, nous devons comprendre que ce qui régit tout arbre en tant qu'arbre n'est pas lui-même un arbre qu'on puisse rencontrer parmi les autres arbres.

Martin Heidegger
« La question de la technique »
dans *Essais et conférences*,
trad.fr. A. Préau,
Paris, Éditions Gallimard, Collection « Tel », 1980.

Introduction.

Au cours de la Phase 1 du présent projet nous avons exposé les bases de la modélisation logicielle de la création en nous appuyant sur une mise en schéma structurel *abellien* du phénomène général de la création, schéma qui sera repris ci-après. Nous avons mis au premier plan le caractère discontinu de l'acte de création, qui cependant s'inscrit dans le flux continu de vie du créateur.

Dans la Phase 2 nous avons décrit un exemple de création de logiciels à partir d'une situation vécue dans un domaine particulier de modélisation, et avons mis en évidence sur ce cas les

difficultés et les réussites de l'alliance entre *création* et *modélisation par logiciels*. Nous avons ainsi établi des liens entre « création de logiciels » et « logiciels de création ».

La Phase 3 de ce projet, dans son volet « logiciels », se propose d'approfondir ce problème de la création à partir de l'hypothèse que celle-ci ne peut se réaliser que par une résonance entre le psychisme créateur et un champ psychique universel où l'inspiration prend sa source. Nous faisons d'abord référence à des traditions spirituelles qui depuis longtemps ont affirmé la présence d'un tel champ universel et l'ont caractérisé par sa *non-matérialité* alliée à une forme de *spatialité* d'où des images archétypales émanent et où elles peuvent aussi s'enregistrer. Comment le psychisme créateur, individuel ou pluriel, peut-il entrer en résonance avec ce champ universel pour créer des formes nouvelles dans les arts visuels ?

Nous ne prétendons pas apporter une réponse à cette interrogation, mais en la posant dans le cadre de la modélisation de la création artistique, explorer ce domaine à l'aide d'une approche qui n'est nullement une « mathématisation » de la créativité, mais aborde celle-ci par de nouvelles voies, dont une nouvelle informatique que nous qualifions de « méta-algorithmique ».

Le travail de José Guilherme Abreu en histoire de l'art présenté par ailleurs dans cette 3^{ème} Phase du projet¹ détecte des formes plastiques récurrentes au cours des siècles et des millénaires, formant des ensembles appelés « lignages », qui témoignent d'une continuité d'archétypes ou essences d'images à travers un temps qui n'est pas continu. A partir de ces exemples frappants, nous ouvrons ici une voie de recherche par laquelle des logiciels, existants ou à créer, pourraient « représenter » ces résonances entre les formes et les archétypes qui les inspirent.

1. Préparation au psychisme universel...

Dans la Phase 1 de notre projet de recherche² nous avons présenté l'une des applications possibles de la *structure absolue* d'Abellio au phénomène de la création. Nous la rappelons ici (Fig. 1), en soulignant que nous ne considérons pas la *structure absolue*, malgré son nom (auquel nous préférons celui de *structure universelle*), comme une formalisation rigide mais comme une méthode pour aborder une situation ou une question.

¹ J. G. Abreu, « Création artistique et modélisation logicielle, Phase 3 : Vers une génétique de la création artistique. Essai de synthèse d'un « génome-type », *XVIèmes Rencontres Raymond Abellio*, Toulouse, 2019.

² J. G. Abreu et Daniel Verney, « Création artistique et modélisation logicielle, 2ème Partie : Vers une modélisation de la création », *XIVèmes Rencontres Raymond Abellio*, Seix 2017. Consultable sur www.rencontres-abellio.net

Champ psychique universel

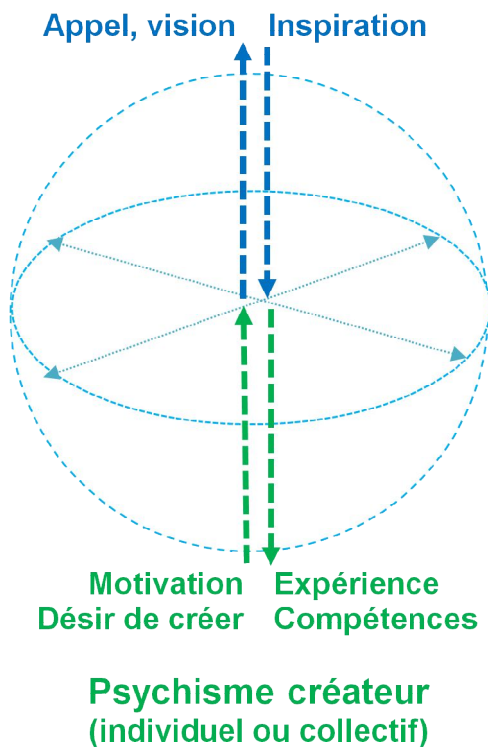


Fig. 1.

Champ psychique universel

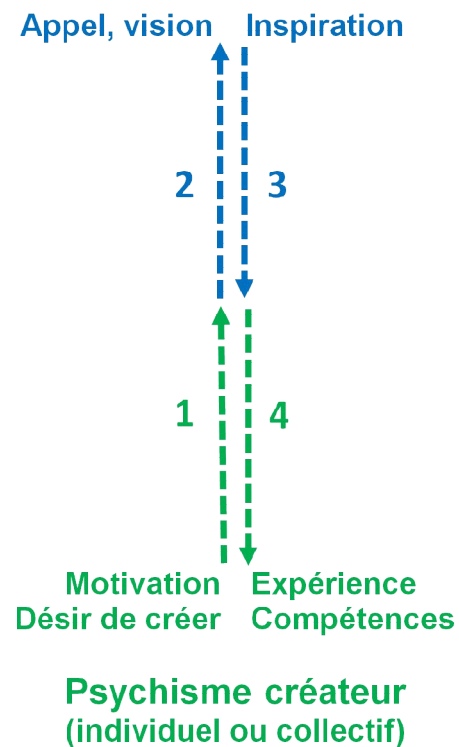


Fig. 2

Notre propos n'est pas ici de décrire les conditions pratiques de la création, mais d'en modéliser la génétique, et cela en invoquant la circulation de l'information psychique entre l'agent créateur et l'universel, circulation qui est représentée par l'axe vertical. C'est pourquoi nous faisons symboliquement s'évanouir le plan horizontal et même l'image de la sphère afin de focaliser notre investigation sur cet axe vertical, celui de la respiration de l'acte créatif (Fig. 2).

La modification de ce schéma, de la Fig. 1 à la Fig. 2, signifie qu'à cette étape de notre recherche de modélisation l'aspect concret de la création « en actes et en œuvres » est hors de notre champ, alors qu'il est au cœur de l'exploration de l'histoire de l'art effectuée par José Guilherme Abreu. Nos deux approches dans cette étude sont complémentaires et leur synthèse fera l'objet d'un nouveau développement du présent programme de recherches.

Une première remarque sur ce schéma concerne la notion de « psychisme créateur ». Le nommer « individuel ou collectif » désigne ce champ comme limité dans le temps et l'espace humains : c'est le psychisme d'un ou de plusieurs acteurs qui forment un groupe créateur ; par là il s'oppose au « champ psychique universel » auquel nous ne supposons aucune limite ni spatiale ni

temporelle, ni aucune « personnalisation » ; la notions de *limite* (corrélée à celle de *non-limite*) ne réfère pas à un espace du monde visible mais au monde supra-sensible.

Les deux domaines ont une caractéristique commune exprimée par le terme « psychique » qui s'oppose à « matérialité ». Rappelons que *psychique*, par sa racine grecque ψυχή, réfère au *souffle de la vie*, à l'*âme* : c'est une respiration dont l'inspiration est un moment. Utiliser l'adjectif « psychique » permet de couvrir à la fois l'âme et l'esprit, le non-conscient et le conscient, l'intuition et le rationnel, et cela avec une certaine ambiguïté qui n'est pas évitable s'agissant de la création artistique car celle-ci s'abreuve à ces deux sources.

1.1. Les échanges entre psychisme créateur et psychisme universel

Abordons maintenant la dialectique « verticale » entre « psychisme créateur » et « psychisme universel » telle qu'elle est symbolisée par les 4 flèches des figures 1 et 2.

Le créateur est actif par son élan de création qui est le fruit d'un désir, d'une motivation venant des profondeurs de son psychisme. Psychisme conscient ou non-conscient ? Il n'est pas nécessaire d'invoquer les théories psychanalytiques pour adopter l'hypothèse que le désir de créer est intrinsèquement d'origine non-consciente, même s'il est *ensuite* repris par l'activité consciente de l'individu ou du groupe créateur. C'est ce que symbolise la flèche verticale **1**. La pulsion de créer émerge au plan horizontal où elle rencontre appuis et obstacles à son déploiement dans le réel, c'est-à-dire dans sa lutte vers l'œuvre à réaliser.

Cette pulsion de créer, lorsqu'elle développe son énergie, dépasse le monde de l'égo (ou même du « nous »), et tend au-delà du monde sensible : elle porte et enrichit une vision de l'œuvre, vision qui est aussi une **aspiration** à l'universel, un appel au monde suprasensible que nous désignons ici comme « psychisme universel ». C'est ce que symbolise la flèche **2** de la figure 2. Ce dépassement est plus ou moins consciemment assumé par le créateur, comme en témoigne abondamment l'histoire de la création artistique.

La réponse à l'aspiration vers l'universel est l'**inspiration** que le créateur reçoit du monde suprasensible, et qui prend de multiples formes selon la réceptivité du créateur, ses capacités personnelles dans le domaine de son art, son environnement matériel et psychique, son époque. C'est ce que symbolise le flèche « descendante » **3** de notre schéma. L'inspiration *active* la fabrication de l'œuvre à partir du monde de la matière, faisant émerger des formes qui peuvent être inspirées et nouvelles. Pour que l'inspiration produise ses effets, il faut que le créateur la laisse « entrer en lui », qu'il soit réceptif.

À mesure de cette production d'œuvres, le psychisme créateur s'enrichit en compétences artistiques et dans son métier d'artiste ; il s'enrichit aussi en formes qui sont autant d'ébauches de futures images archétypales : c'est la flèche descendante **4** du schéma.

Nous venons de décrire l'une des séquences possibles de ce schéma dynamique, en supposant le psychisme créateur originellement actif. Or chacun de ses pôles peut être origine et aboutissement, et leur ordre d'entrée en scène n'est pas imposé à l'avance. Ce schéma est presque toujours décrit *a posteriori*, ce qui n'est d'ailleurs pas un résultat négligeable de notre connaissance du processus de création. La structure dynamique-génétique de la création nous invite à accepter que le psychisme universel puisse, à sa façon, être l'origine d'un processus de création, ne serait-ce que par la puissance de l'« esprit du temps » où baigne le créateur. La succession est toujours une vision naïve d'une réalité trans-temporelle qui est rétive à la causalité linéaire et non maîtrisable. Il en est de même de la notion de continuité dont nous avons traité au cours des phases précédentes de ce programme de recherches. Certes la création est vécue *dans* le temps par le créateur comme l'atteste le travail puis l'achèvement de l'œuvre créée, par lequel le créateur signifie, à lui-même et au monde environnant, la naissance de l'œuvre à sa vie propre, *historique*. C'est une des discontinuités, des sauts qui ponctuent le processus et qui pourtant sont *hors du temps*.

Notons que les qualifications de « haut » et de « bas » dans nos schémas répondent à un symbolisme traditionnel qui ne vaut pas jugement de valeur : dans la genèse d'une création toutes les directions sont nécessaires, bien qu'elles ne soient pas toutes effectives à chaque moment de la création.

1.2. Quelle est la relation entre psychisme créateur et psychisme universel ?

Qu'en est-il de cette opposition apparente entre un psychisme limité, celui du créateur, et un « champ psychique » universel, illimité ? De quelle forme de relation s'agit-il ?

On pourrait penser que le champ créateur est « inclus » dans le champ psychique universel, comme une partie d'un tout : méfions-nous cependant de toute métaphore calquée sur notre perception naturelle de l'espace. Le psychisme universel n'est pas assimilable à un espace au sens banal du terme, non plus d'ailleurs que le psychisme du créateur. Il y a de plus une asymétrie dans leur relation, du fait même de la limitation apparente du psychisme créateur vis-à-vis de l'illimité qu'est le psychisme universel. Les échanges entre ces deux pôles sont non matériels, on peut les considérer comme des résonances entre systèmes vibratoires tels qu'il s'en présente dans quasiment tous les domaines de la physique. Cette métaphore est la plus pertinente eu égard à l'état actuel de nos connaissances. Les résonances peuvent avoir divers supports – matériels ou non – mais le phénomène de la résonance est transcendant par rapport à son support.

Le phénomène de la création, tel que nous le structurons dynamiquement, met en jeu des pôles psychiques, qui sont déjà eux-mêmes transcendants par rapport au monde sensible. Les relations qui l'animent sont ainsi doublement transcendantes par rapport à un support qui échappe à toute qualification substantialiste. Cette double transcendance est une *inversion intensificatrice d'inversion* au sens de Raymond Abellio : la réponse « inspirante » du psychisme universel à

l'appel du créateur est une inversion de cet appel, et elle intensifie cet appel en lui apportant une information d'un niveau supérieur. Ce faisant, elle accepte de s'insérer dans monde sensible où vit le créateur, elle va s'incarner, sinon se dégrader en action et en matière, et perdre ainsi sa pureté archétypale. Corrélativement, dans sa « montée » vers le psychisme universel le créateur enrichit celui-ci d'essences (ou d'images archétypales) qui pourront inspirer d'autres actes créatifs.

2. Références spirituelles

Faire appel à des références spirituelles n'a pas pour but de justifier ou de fonder notre approche mais de nous aider à baliser le chemin que nous empruntons, où l'esprit ne peut pas être mis de côté dans une recherche sur la création artistique.

L'idée d'un monde suprasensible est aussi ancienne que la philosophie, que la métaphysique, que la plupart des traditions spirituelles. Mais quelles relations ce monde entretient-il avec le monde sensible ? Diverses conceptions ont été avancées au cours de l'histoire : depuis la séparation (dualisme) jusqu'à l'absorption de l'un par l'autre, ou même la négation du monde suprasensible. Cette dernière conception est au cœur du paradigme de la science classique, du moins dans les sciences dites « de la nature ». Mais parallèlement à l'évolution de la physique au cours du XX^{ème} siècle, il existe des courants philosophiques qui émettent l'hypothèse que la domination de ce principe ne peut pas s'exercer dans les sciences dites « de l'esprit ». Nous en trouvons un exemple dans les travaux du philosophe allemand Hans Georg Gadamer (1900-2002) et, dans son ouvrage fondateur *Vérité et Méthode*³, à propos de l'art et de la création artistique, qui échappent au monde de la « méthode » scientifique classique. Du fait des obstacles qu'il rencontre, et malgré ses avancées, ce processus n'a pas atteint son terme, car la rationalité scientifique, loin d'être abandonnée, doit encore être intensifiée par l'esprit.

2.1. Le « monde imaginal » et le *non lieu*

Parmi ces références spirituelles et philosophiques, l'une d'elles évoque un monde suprasensible proche de ce que nous désignons par « psychisme universel » dans la structuration de la création artistique : c'est le *monde imaginal* du philosophe et orientaliste Henry Corbin (1903-1978). Dans le cadre de sa vaste étude du soufisme iranien, auquel il a consacré la plus grande partie de sa carrière, il introduit cette notion dans un exposé au Colloque de Symbolisme à Paris en 1964⁴. Dans ce texte Corbin précise d'emblée que le mot *imaginal*, qu'il dérive du latin *imaginalis* doit

³ Hans Georg Gadamer, *Warheit und Methode*, Édition originale J. C. B. Mohr, Tübingen 1960. Traduction française *Vérité et Méthode*, Éditions du Seuil, 1976-1996. Voir notamment les pages 99 à 118.

⁴ Henry Corbin, « *Mundus Imaginalis* ou l'imaginaire et l'imaginal » *Cahiers de Symbolisme*, n°6, 1964, Paris. Publié dans : Henry Corbin, *En Islam iranien: aspects spirituels et philosophiques*, tome IV, livre 7, Paris: Gallimard, 1971.

être nettement distingué de l'adjectif *imaginaire* : le *mundus imaginalis* n'est pas un monde inventé ou imaginé, mais plutôt une sorte d'état intermédiaire entre le monde sensible, concret, et le monde de l'esprit pur. Et sa parenté avec le concept d'image n'est pas seulement étymologique, comme nous allons le voir.

Dans ce texte, Henry Corbin étudie un récit d'initiation spirituelle du mystique et philosophe perse Sohrawardi, (1155-1191), intitulé « L'Archange empourpré » qui décrit le voyage de l'être en quête d'initiation vers un monde appelé en persan *Nâ-kojâ-Abâd*, soit mot à mot « le pays du non-où » ou encore « le pays du non-lieu ». Ce terme évoquerait l'utopie (*utopia* signifie en grec ancien littéralement « non lieu ») si Corbin ne prenait soin de préciser que le « pays du non-lieu » désigne un lieu *hors du lieu*, « un lieu qui n'est pas contenu dans un lieu, dans un *topos* permettant de répondre, par un geste de la main, à la question 'où ?' »⁵. Pour approcher cette notion paradoxale, Corbin souligne plus loin que « sortir du *où*, de la catégorie *ubi*, c'est quitter les apparences extérieures ou naturelles qui enveloppent les réalités intérieures cachées, comme l'amande est cachée sous l'écorce. ». L'accession au « non-lieu » n'est pas « un transfert corporel d'un lieu dans un autre » : on sort du visible, de l'extérieur, pour atteindre un intérieur qui devient enveloppant. Cela évoque, dans un contexte mathématique que Corbin n'explore pas, une *topologie* bien différente de l'espace sensible régulier que nous avons coutume d'appeler « euclidien ».

Corbin nous rapproche du domaine de la création artistique, lorsqu'il souligne que ce monde doit être vu comme celui « dans lequel subsistent les formes de toutes les œuvres accomplies », ou encore les « *images-archétypes* des choses individuelles et singulières », ces images qui « subsistent, préexistantes et préordonnées au monde sensible ». Ces formes du *mundus imaginalis* ne sont pas de pures abstractions, elles ont une certaine corporalité, une « spatialité » propres. Nous sommes ainsi dans « un monde qui, tout en ayant dimension et étendue, est autre que celui du phénomène sensible, et supérieur à celui-ci... ». Ces remarques nous guideront pour approcher le monde du psychisme universel où l'inspiration du créateur de formes prend sa source.

2.2. L'accès au *non lieu* et le retour au sensible.

Il est impossible de concevoir le *mundus imaginalis* de manière statique ou substantialiste. L'un de ses caractères essentiels est la possibilité d'une interaction entre ce monde et le monde sensible, et même, comme le souligne Corbin, la faculté d'être intermédiaire entre le monde sensible et le monde des pures intellectualités.

⁵ *Ibid*, comme pour les citations de Corbin qui suivent.

L'être humain dispose potentiellement de cette faculté que Corbin nomme « fonction imaginative ». Les successeurs de Sohrawardi dans le courant de la théosophie shiite, notamment Sadrâ Shîrâzî (1571- vers 1636) ont développé cet aspect, que Henry Corbin résume par 2 postulats :

- 1) « La fonction imaginative est une faculté spirituelle pure, indépendante d'un organisme physique ».
- 2) « L'imagination spirituelle est une puissance cognitive, un organe de connaissance vraie ». Sa valeur noétique se rapporte certes au monde *imaginal* qui lui est propre, mais, en tant que fonction de passage - et de résonance - elle est en relation avec la connaissance sensible et aussi avec la connaissance intellectuelle.

Selon Henry Corbin il s'agit d'« une fonction qui permet à tous les univers de symboliser les uns avec les autres ». L'expression « symboliser avec » souligne que la « fonction imaginative » n'est pas à sens unique, et traduit dans le domaine du symbole la notion de résonance.

2.3. Subjectivité, intersubjectivité et résonance.

Comme le souligne Henry Corbin dans *Mundus imaginalis*, la fonction cognitive d'accès au monde imaginal s'effectue par **changement d'état intérieur** ce qui incline à y voir le processus d'évolution d'un *sujet*, un processus *subjectif*. Appliquée au phénomène de la création artistique, ce changement d'état intérieur peut être interprété comme une résonance *intersubjective*, le sujet créateur pouvant s'accorder avec d'autres sujets dans sa vision et son acte de création. Il nous semble cependant que la référence au psychisme universel dépasse la relation *entre sujets* et implique une vision *asubjective*⁶ qui ne supprime pas le sujet mais n'en fait pas le foyer de son ontologie, de sa fonction d'être. Nous ne pouvons développer ici ce thème, dont nous retrouverons cependant certains aspects.

2.4. Création artistique : le *faire advenir* des formes.

C'est à juste titre que Henry Corbin a nommé *imaginal* le monde suprasensible : il a une spatialité, des formes, même si elles sont plus épurées, plus abstraites que les formes du monde sensible. Selon Corbin ce sont des *formes archétypales*⁷, que nous pouvons nommer des « essences de formes ». Cette notion est particulièrement pertinente dans le domaine de la création dans les arts visuels : l'œuvre n'est pas créée *ex nihilo*, elle fait *advenir* au monde

⁶ Cette expression a été introduite par le philosophe tchèque Jan Patočka dans son interprétation de la phénoménologie qui remet en cause la notion husserlienne de *Je transcendantal*. Voir notamment en bibliographie [Şan 2016].

⁷ Expression qui se réfère apparemment à Jung et à l'« inconscient collectif », bien que Corbin ne le cite pas dans ce texte. L'adjectif « collectif » serait certes anachronique dans une étude de la théosophie shiite, mais l'idée d'archétype reflète bien la notion de proto-type de forme, qui est associée de manière essentielle au monde imaginal.

sensible des formes qui sont nouvelles dans ce monde, mais qui sont inspirées des formes archétypales du monde imaginal. Notre schéma structural de la Fig. 2 implique aussi que les formes archétypales sont nourries, créées, re-crées grâce à la pulsion des créateurs, à leur vision et à leur « appel » vers le monde suprasensible. Le « faire advenir » des formes artistiques est une génétique : les formes créées ne sortent pas du néant, ni uniquement du psychisme du créateur, même influencé par l'environnement culturel. Si cette génétique se produit c'est grâce à une dynamique entre le sensible et le suprasensible.

3. Sources scientifiques.

Notre objectif n'est pas de modéliser par logiciel le psychisme universel mais plutôt d'adapter au mieux notre processus de modélisation à cette notion que nous avons posée comme centrale dans la création artistique. Quels sont donc les concepts scientifiques qui s'en approchent ?

3.1. Des scientifiques qui ont placé l'esprit dans la science.

Parmi le petit nombre de scientifiques modernes qui se sont intéressés aux rapports de la science et de l'esprit⁸, nous retenons particulièrement Emmanuel Ransford, dont l'ouvrage *La nouvelle physique de l'Esprit* [RAN 2007] propose une théorie dite de la « psychomatière » qui selon l'auteur « plonge ses racines dans l'invisible »⁹.

Cette théorie, à la fois épistémologique et physico-mathématique, associe psychisme et matière comme l'exprime le terme « psychomatière¹⁰ » utilisée par l'auteur. Psychisme et matière sont selon lui deux aspects de l'univers, ou deux modes du monde. L'un le « *phi* » concerne la réalité décrite par la physique, c'est le mode le plus normalement manifesté, il est le domaine de la causalité qui est une des formes de la temporalité linéaire. L'autre le « *psi* » est habituellement latent et se manifeste lorsque certaines conditions physiques empêchent le « fonctionnement » normal du *phi*, par exemple en mécanique quantique lorsque l'évolution d'une situation physique risque d'entraîner la violation des règles de quantification. Le *psi* est habituellement inactif, non-inconscient ; quand il s'éveille il devient « actif et pré-conscient (ou très faiblement conscient)¹¹ ».

⁸ Notamment David Bohm, Jean-Émile Charon, Olivier Costa de Beauregard, Gerard M. Edelman, John Eccles, Bernard d'Espagnat, Roger Penrose, Emmanuel Ransford. On trouvera une étude approfondie des recherches sur les rapports entre esprit et physique dans Pierre Uzan, *Conscience et physique quantique*, Vrin, Paris, 2013.

⁹ Ransford 2007, p29.

¹⁰ Terme audacieux mais qui peut laisser penser que l'auteur présente une nouvelle théorie de la matière et même une nouvelle sorte de matière, ce qui serait une vision trop restrictive de son travail. Reconnaissons qu'il est très difficile de mouler une idée novatrice dans un néologisme.

¹¹ *Ibid*, p 132.

Le *psi* est un mode où opère une *endo-causalité*, une causalité qui « vient du dedans », par sauts non déterministes vers des états différents, parfois nouveaux. Comme l’écrit Ransford : « ...l’endo-causalité est créatrice. Elle façonne un univers où le futur reste toujours à inventer »

La transition du *phi* vers le *psi* est un saut d’un bloc, « ...elle n’est pas accessible par le calcul, elle n’est pas descriptible par un algorithme elle est ‘analogique’ »¹². Nous dirions plutôt qu’elle est « méta-algorithmique » : en effet, si elle n’est pas elle-même *un* algorithme, elle fait passer d’un algorithme à un autre, comme l’acte créatif dans le schéma que nous avons proposé dans les phases précédentes de notre travail, et rappelé ici sous une forme modifiée (fig. 3).

La présence de 2 flèches de sens inversés dans la figure 3 signale que le saut méta-logique réalise l’« intrication » des situations 1 et 2 qui deviennent corrélées et dépendantes l’une de l’autre.

« Après¹³ » qu’une situation nouvelle a été créée, le *psi* redevient latent, et le *phi* reprend le cours (algorithmique) de son activité. Il peut donc y avoir basculement, une sorte d’« aller-retour » d’un mode à l’autre, d’un monde à l’autre.

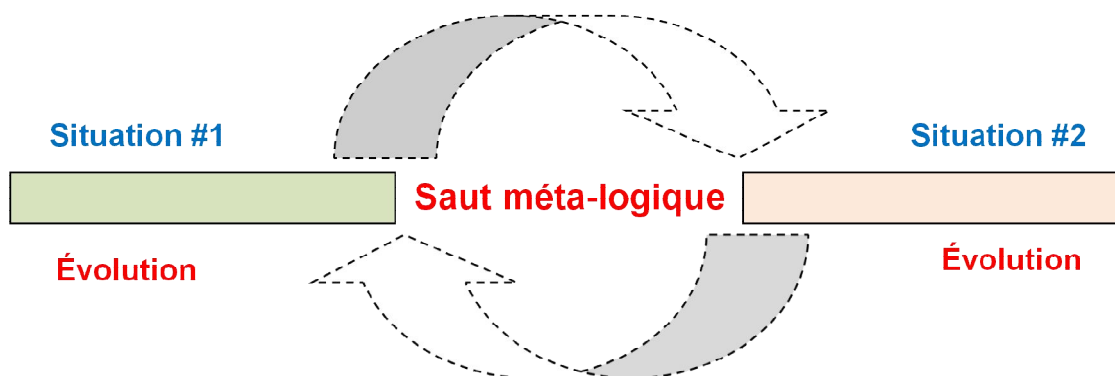


Fig. 3. Le saut méta-algorithmique

Schéma adapté de D. Verney, « Les robinets virtuels, ou des discontinuités créatives dans les algorithmes », in *Rencontres Raymond Abellio 2018* ¹⁴

Dans l’ouvrage cité, Ransford développe une formalisation mathématique qui emprunte à la mécanique quantique tout en lui apportant de profondes modifications pour représenter le basculement $\phi \leftrightarrow \psi$ ¹⁵.

¹² *Ibid*, p 180.

¹³ La succession temporelle n’est perceptible (ou mesurable) que dans le monde sensible, (c’est-à-dire dans l’état *phi*) : c’est dans ce monde que l’on constate que la situation créée advient « après » la situation pré-existante.

¹⁴ Consultable sur <https://www.rencontres-abbellio.net/2018>.

Il est encore trop tôt pour affirmer que la théorie d’Emmanuel Ransford permettrait une représentation scientifique du phénomène de la création tel que nous le décrivons ici, mais elle est certainement ce qui s’en rapproche le plus, et nous prévoyons de développer cette recherche dans une étape ultérieure.

3.2. Parentés et différences

Proposons une revue rapide des parentés et différences entre l’approche d’Emmanuel Ransford et celle qui est présentée ici.

Les parentés :

- ✓ Prise en compte, de façon globale et non séparée, du couple « matière / esprit », en évitant à la fois monisme et dualisme.
- ✓ Recherche des relations entre le monde physique et le monde psychique par des sauts et discontinuités « hors du temps ».

Les différences

- ✓ Ransford vise une théorie physique unitaire (comme l’indique le titre de l’ouvrage cité « La nouvelle physique de l’esprit » et son sous-titre « Pour une nouvelle science de la matière »), alors que notre approche, bien qu’elle pose une hypothèse à caractère unitaire (le « psychisme universel ») ne vise pas une théorie du monde mais une modélisation d’un aspect de la « réalité ».
- ✓ Le modèle de Ransford débouche sur un formalisme mathématique (équations), alors que nous visons une représentation méta-algorithmique multiforme.¹⁶ La démarche habituelle de modélisation informatique a consisté à adapter les équations au calcul logiciel en les discrétisant, ce qui est un gage de rigueur. Notre approche est inverse, privilégiant l’innovation d’une « méta-algorithmique » qui dans son domaine a ses critères de rigueur opérationnelle, et pourra ultérieurement être consolidée – ou corrigée - par la rigueur mathématique.

¹⁵ Ransford, 2007 pp 329-363.

¹⁶ L’approche méta-algorithmique enchaîne des algorithmes différents au moyen de transitions non algorithmiques qui dans un premier temps peuvent être représentés par des sauts aléatoires, éventuellement contraints par des conditions relevant de l’histoire et du contexte. Il s’agit ici d’un programme de recherche épistémologique qui prolonge le thème du présent texte et vise de nouveaux outils de modélisation logicielle de la création.

3.3. Champs et espaces en physique mathématique : des candidats à la modélisation de la création ?

La notion de champ est apparue en physique avec Newton et le champ gravitationnel puis a été étendue à d'autres entités telles que les phénomènes électromagnétiques, les phénomènes nucléaires, et les phénomènes ondulatoires... Un champ est caractérisé par une propriété en chaque point d'un espace, par exemple l'attraction gravitationnelle exercée par un corps en tout point de l'espace (euclidien ou non). Cette propriété peut être définie par une valeur numérique simple ou une entité multidimensionnelle (vecteur, tenseur), ou plus généralement une (ou des) fonction(s) mathématique(s).

L'espace associé à un champ est en général un espace abstrait très différent de l'espace euclidien inspiré de notre expérience quotidienne. Il existe ainsi des « espaces de fonctions ». On peut dire qu'un champ mathématico-physique est un domaine de structures (au pluriel), alors que la notion de champ, telle qu'elle est définie par Abellio, est un domaine de LA structure. Nous nous en tiendrons ici à une notion plurielle, adaptée à notre approche scientifique, tout en reconnaissant que la structure au sens d'Abellio en est l'idéalisation.

La notion de champ présente une parenté avec le monde psychique et le monde imaginal, surtout lorsqu'il s'agit de champs abstraits et d'espaces de fonctions. Le problème est ici celui d'une dynamique : au cœur de la modélisation de la création, notre approche nécessite qu'un modèle puisse basculer d'un champ à un autre. Nous examinerons s'il est possible de représenter ce basculement dans la technique logicielle.

4. Sources et supports techniques.

S'agissant de la modélisation de création artistique, on peut se demander dans quelle mesure les technologies du logiciel respectent l'esprit de notre recherche, et si celles qui existent y sont suffisantes.

4.1. Compatibilité et faisabilité.

Nous avons montré dans les phases précédentes du présent projet de recherches¹⁷ que la technologie logicielle, malgré son enracinement dans la logique formelle et les structures binaires, n'est pas incompatible avec notre approche, et peut même manifester de la créativité, notamment par une modélisation inventive qui ose s'affranchir de la continuité logique de l'algorithme spécialisé, en créant dans un logiciel des discontinuités de processus. Nous avons vu

¹⁷ José Guilheme Abreu et Daniel Verney « Création artistique et modélisation logicielle » in *XIVèmes et XVèmes Rencontres Raymond Abellio*, Toulouse, 2017-2018. Consultables sur <https://rencontres-abellio.net/archive/2017> et <https://rencontres-abellio.net/archive/2018>

également que la discrétisation de l'information n'est pas un obstacle à des traitements fins, pas plus qu'elle ne l'est dans les systèmes nerveux biologiques¹⁸.

Mais une compatibilité constatée (et même présumée sous certains aspects) n'est pas garante d'une faisabilité dans un domaine - celui de la modélisation de la création artistique - où justement, comme nous venons de le voir, l'espace du « non où » intervient de façon universelle. Est-il possible d'inventer des technologies logicielles qui soient aptes à approcher ce monde apparemment étranger à la science et à la technique ?

4.2. Les objets et outils logiciels existants.

Les outils logiciels existants appartiennent à trois catégories : les entités ou « objets », les opérations qui sont de nature dynamique, et les logiciels qui intègrent les niveaux précédents, et sont aussi nommés « applications » car ils s'appliquent à des domaines ou questions définis.

Les entités logicielles sont des objets abstraits (qui sont supposés représenter des objets du monde réel) identifiés et catégorisés : identification par des noms uniques dans chaque domaine ou partie de logiciel, domaines qui sont appelés, non sans raison, « espaces de noms », catégorisation par appartenance à des ensembles que l'on peut organiser et trier selon des critères. Ces entités, peuvent contenir, en plus de leurs propriétés statiques, des fonctions propres qui peuvent être activées par des événements internes ou externes au logiciel considéré. Ce sont des entités potentiellement actives dans le monde du logiciel. Il faut noter cependant que la notion d'« entité » est encore proche de la notion de chose – ou d'*étant* selon la pensée heideggerienne.

Les logiciels d'application à des domaines comme la reconnaissance des formes dans les images, et plus généralement les logiciels de traitement d'images, s'appuient sur des théories mathématiques, notamment la transformation de Fourier, la transformation par ondelettes et ses diverses déclinaisons, qui ont pour résultat de représenter l'image dans des espaces plus abstraits que celui à deux dimensions de la perception visuelle, et inversement de reconstituer l'image visuelle à partir de sa représentation abstraite. Pour la modélisation, de tels logiciels sont des passeurs entre le monde « naturel » et le monde du « non-lieu », entre les images des arts visuels et leurs correspondances archétypales.

À ces trois catégories il faut ajouter les **opérations de gestion des processus et algorithmes**, qui permettent de passer par un saut instantané d'un processus à un autre. Ces outils dynamiques sont multiples, et ils nous intéresseront au premier chef dans la modélisation de la création ; le

¹⁸ Voir à ce sujet l'ouvrage précurseur de David Marr, *Vision*. [MAR 1982].

problème qu'ils posent est celui de leur déclenchement : qu'est-ce qui le prépare ou l'annonce, comment s'effectue-t-il ?

4.3. « Lignage généalogique » : une recherche technique de l'image archétypale.

Les empreintes de mains sur des parois de cavernes et de murs, réunies par José Guilherme Abreu, couvrent plusieurs millénaires depuis la préhistoire jusqu'à l'époque actuelle. Elles sont un exemple de « lignage généalogique »¹⁹.

Nous avons choisi trois images de telles empreintes, les figures 4, 5 et 6, parmi les images recueillies par J. G. Abreu (notons que la Fig. 5 est représentée ici en miroir ce qui met en valeur sa ressemblance à la Fig. 4).

Nous avons fait subir à chacune de ces images deux transformations algorithmiques dans le but d'obtenir des images qui seraient en principe plus proches d'images archétypales, c'est-à-dire qui seraient abstraites et représentatives d'une origine commune à une famille d'images. De telles images pourraient jouer le rôle de génome d'une famille, d'un *lignage*.

La première transformation réduit chaque image aux contours des formes qu'elle contient, selon l'algorithme de John Canny (1986) : ce sont les figures 4a, 5a et 6a. L'extraction de contours donne des images schématiques plus ou moins fidèles selon la qualité de l'image originale, comme on peut le voir en comparant les figures 4a, 5a et 6a avec les figures 4, 5 et 6. Ces images sont proches de l'espace visuel naturel, et sont de ce fait assez éloignées de notre objectif d'un modèle abstrait : elles peuvent donc être considérées comme des étapes vers des images archétypales, mais seulement des étapes. Notons de plus que l'extraction de contours n'est pas inversible, contrairement à la transformation suivante.

Cette deuxième transformation applique la théorie mathématique des *ondelettes*²⁰, qui est une représentation de l'image à plusieurs échelles en faisant ressortir ses variations sous la forme des « fréquences spatiales », qui sont des caractéristiques de structures d'images à deux ou trois dimensions : ce sont les figures 4b, 5b et 6b. Les transformations par ondelettes – dont il existe de nombreuses variantes – s'éloignent du monde visuel naturel et pourraient être poussées jusqu'à représenter les « génomes » étudiés dans la contribution de J. G. Abreu à notre projet commun. C'est là une des pistes de développement de ce projet. Les transformations par ondelettes ont aussi l'intérêt d'être quasi inversibles, c'est-à-dire que la transformation inverse reconstitue

¹⁹ Voir note 17 ci-dessus.

²⁰ On trouvera un exposé didactique de la théorie des ondelettes sur :

<https://perso.esiee.fr/~alanit/isbs/ondelettes.pdf>

Et des tutoriels sur : <http://bigwww.epfl.ch/tutorials/index.html/?k=tutorials>

l'image originale avec une fidélité dépendant des paramètres de la transformation, mais qui peut être vue comme parfaite à l'œil nu. L'inversibilité « imparfaite » de la transformation est une propriété importante dans le schéma génétique que nous proposons.

Pour réaliser ces transformations nous avons utilisé des logiciels de démonstration proposés en libre accès sur le site du *Bio Imaging Group* de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (<http://bigwww.epfl.ch/demo/>).

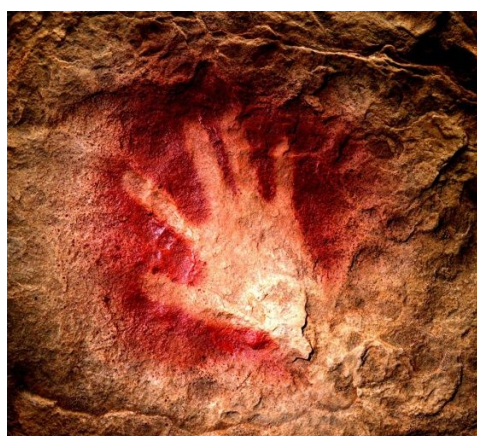


Fig. 4. *Main en négatif*
Grotte Chauvet, France, c - 31000



Fig. 5. *Main en négatif*
Gruta de las Manos, Argentine, c. -13 000
(extraite d'une vue globale, en miroir)



Fig. 6. *Main en positif*, 2012
dans une rue de Montevideo

Images originales d'empreintes de main
(extraites de la contribution de J. G. Abreu aux Rencontres Abellio 2019)

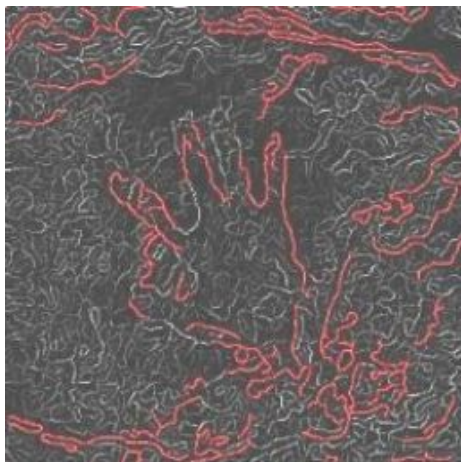


Fig.4a *Main en négatif*- contours

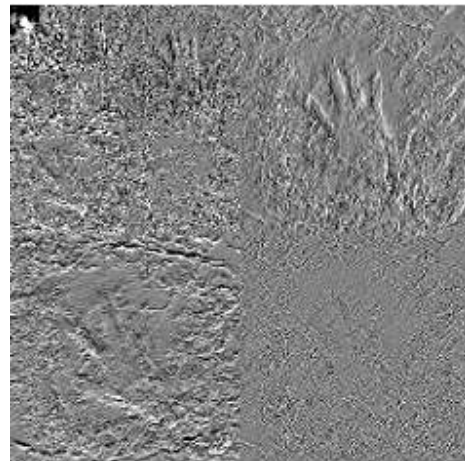


Fig. 4b *Main en négatif* - ondelettes



Fig. 5a. *Main en négatif*- contours

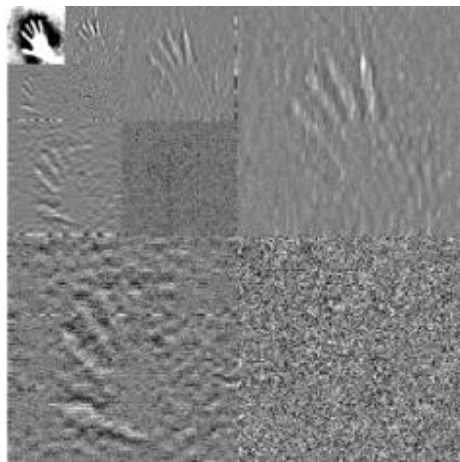


Fig. 5b. *Main en négatif* - ondelettes



Fig. 6a. *Main en positif* – contours

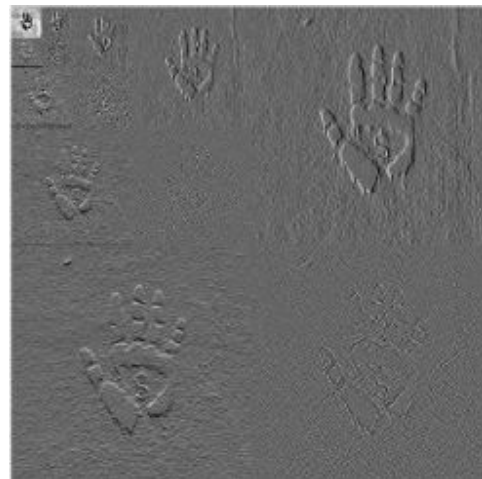


Fig. 6b. *Main en positif* – ondelettes

Transformations algorithmiques des images d'empreintes de main

5. L'avenir de la modélisation de la création artistique.

5.1. Vers de nouvelles technologies logicielles de modélisation de la création.

Trois questions essentielles pour notre objectif de modéliser la création artistique :

1. Comment représenter dans des modèles logiciels des entités du monde *psi*, et particulièrement celles qui relèvent de l'« imaginal » et de l'intuition ?
2. Comment représenter des relations entre entités du monde *psi* ?
3. Comment représenter les sauts entre monde *psi* et monde *phi* (ou monde sensible) ?

5.2. Les entités *psi* dans les arts visuels, et leur modélisation.

La première question se pose dans la mesure où les entités *psi* sont de nature différente des entités abstraites que la technologie logicielle sait traiter : de quelle nature sont donc les « images archétypales » (ou « essences d'images ») qui sont en jeu dans les « lignages » de la création artistique, c'est-à-dire dans les échanges entre le psychisme créateur et le psychisme universel, entre la motivation de créer et l'inspiration ?

Nous ne pouvons pas répondre ici à cette question, et la modélisation n'a pas accès à l'image archétypale « en soi » ni à la forme qu'elle prend dans le psychisme du créateur, mais par contre elle peut traiter des images. Pouvons-nous considérer une image archétypale comme une image justiciable des technologies logicielles de traitement d'images ?

Si la réponse est positive, comme nous le pensons, il faut se demander quels types d'images sont traitées par les logiciels, et sous quelles contraintes, deux interrogations qui ont une réponse commune : une image est un ensemble ordonné de points repérés dans un espace à deux dimensions par leurs coordonnées (généralement rectangulaires ou sphériques), et en chaque point la couleur et l'intensité sont codés numériquement selon des règles précises : ces points sont appelés *pixels*. Deux objections peuvent être avancées à l'encontre de cette réduction de l'image à un ensemble ordonné de pixels :

- 1) L'image vue est continue alors que la *pixelisation* la rend discontinue.
- 2) La propriété de flou, qui est souvent associée à l'image « archétypale » supposée perçue de façon subconsciente, échapperait au traitement informatique.

Nous avons déjà répondu à la première objection dans nos précédentes phases de ce projet et rapidement ci-dessus au § 4.1. Rappelons que l'image vue nous semble continue du fait du processus neurocognitif de notre système œil-cerveau, qui traite une information déjà discrétisée

car recueillie par les cellules de la rétine : la « restauration » de la continuité visuelle est réalisée par des processus complexes où la mémoire a un rôle certain. D'autre part la discrétisation opérée par l'informatique (matériel et logiciel) peut être suffisamment poussée pour restituer à l'affichage l'apparence de la continuité, et pour permettre des traitements algorithmiques très fins. Ainsi les fonctions logicielles de traitement d'images prennent en compte le flou, existant, à créer ou à recréer, ce qui répond à la deuxième interrogation.

Nous poserons donc l'hypothèse d'une unité de traitement des images, archétypales ou « naturelles » dans la modélisation des processus de création artistique, au moins dans le domaine du visuel. Ce qui compte ici c'est moins la « nature » des images dans le jeu de la création que leur mise en œuvre par des processus. Cela implique pour la modélisation logicielle un traitement dynamique des entités *psi* qui en elles-mêmes sont des *stases* dans la génétique de la création.

5.3. Les relations entre images archétypales et images naturelles.

Selon l'hypothèse que nous venons de poser, les relations entre images (archétypales ou non) telles que vues par la modélisation sont principalement de comparaison et de similitude et relèvent des technologies informatiques qui traitent des ensembles ordonnés de pixels en deux dimensions afin d'en extraire des propriétés caractéristiques. Cette réduction du qualitatif au quantitatif est inhérente au support technologique de la modélisation mais celle-ci ne s'y réduit pas.

C'est dans le passage du monde sensible au monde suprasensible et vice versa que se situent les relations d'engendrement et de transformation entre images naturelles et images archétypales. Dans les processus de création ce sont des discontinuités qui apparaissent événementielles dans la perspective du temps linéaire, et qualitatives dans la vision structurelle. C'est là que des concepts et outils nouveaux devront être créés, inventés.

5.4. Les sauts créatifs et les discontinuités : simulation plutôt que prévision.

Le saut créatif est par nature imprévisible et devrait donc échapper à la modélisation prévisionnelle. Cependant la modélisation de la création, et donc celle du saut, ne se réduit pas au déroulement temporel : elle suppose de rendre compte des conditions de déclenchement du saut créatif ; même si elle ne peut le « prévoir » au sens strict, elle peut le représenter, ou mieux le simuler.

La modélisation peut en effet **simuler l'acte créatif** si l'on connaît pour un moment donné l'historique et les conditions de l'environnement qui ont amené à la création d'une œuvre, et si une telle connaissance est disponible en données numérisées. L'enchaînement des causalités qui

aboutissent à une situation de création appartient au domaine de l'histoire de l'art où des outils informatiques tels que des bases de données peuvent aider la recherche.

Le processus devra être itératif, la connaissance de l'historique d'une création artistique s'enrichissant grâce aux résultats de la simulation, et celle-ci se nourrissant de cet enrichissement. C'est là un vaste champ de recherches que nous nous contentons ici de suggérer.

5.5. Le déclenchement du saut créatif au cœur des modèles de la création artistique.

Quel est le déclencheur du saut créatif et comment peut-il être modélisé ? C'est la question essentielle posée par le schéma de la Fig. 3 ci-dessus.

Le « déclencheur créatif » doit être considéré non comme l'analogue d'un appareil mais comme un événement évanescent car au moment même où il se manifeste il disparaît dans ce qu'il a fait advenir. N'est-ce pas d'ailleurs le propre de tout événement qui est aussi un *ad-vènement*, un *advenir* ?

Dans sa théorie de la *psychomatière*, qui expose une nouvelle physique de l'Esprit²¹, le saut quantique d'une particule est expliqué par Emmanuel Ransford par la règle selon laquelle un tel saut se produit lors qu'une propriété essentielle de la physique quantique, la *quantification*²², est menacée de violation pour la particule en question. Cette règle introduit dans la physique à la fois la menace d'un événement interdit et la réponse à cette menace, c'est-à-dire le saut quantique « soudain, éphémère et aléatoire.... [qui] fait passer l'objet quantique de sa position initiale à sa position finale. »²³

Pouvons-nous nous inspirer de cette vision pour la modélisation du saut créatif ? Plusieurs remarques s'imposent.

La définition par Ransford des propriétés « soudain » et « éphémère » du saut est en accord avec celles que nous donnons pour le saut créatif, confirmant les parentés signalées plus haut au § 3.2. La propriété « aléatoire », par contre, n'est pas intrinsèque au saut créatif, manifestation d'une résonance entre psychisme créateur et psychisme universel, même si une loi de probabilité peut éventuellement apparaître dans nos *observations* de cette résonance.

La notion de menace serait non pertinente dans le contexte d'une physique quantique « officielle », mais pas dans celui de la psychomatière, puisque la menace est un concept

²¹ [RAN 2007] *op. cit.* pp. 120-124.

²² La quantification impose aux grandeurs physiques d'une particule (représentées par des opérateurs) de ne prendre qu'un ensemble fini de valeurs discrètes (un ensemble discontinu) qui sont multiples d'un *quantum*, à l'exclusion de toutes autres valeurs.

²³ *op. cit.* p. 124.

psychologique qui manifeste un avertissement, une intimidation. Dans langage ou dans le geste la menace est un énoncé *performatif* au sens de John Austin [AUS 1970], c'est-à-dire « un énoncé qui constitue simultanément l'acte auquel il se réfère » (*Dictionnaire Robert*). L'emploi de ce terme dans la théorie de Ransford signifie que le monde de l'invisible, le *psi*, peut agir sur le monde physique, le *phi*, par la menace, geste virtuel. Dans les termes de la « nouvelle physique » de Ransford, la quantification dans un système est menacée « dès que ce système, trop dispersé en énergie, risque de se scinder »²⁴. Un système « trop dispersé en énergie » est un système *instable* dans cette théorie. Ainsi la menace de violation de la quantification est annoncée quand un système devient instable selon certains critères que la théorie de la *psychomatière* définit mathématiquement.

La notion de *menace*, en tant qu'action psychique, n'est pas incompatible avec notre vision de la création, mais en tant qu'*avertissement* ou *intimidation* qui déclencherait le saut créatif à qui ou à quoi s'adresserait-elle ?

D'autre part, comment transposer la condition de *quantification menacée* - c'est-à-dire d'*instabilité énergétique menaçante* dans le domaine de la création ? Serait-ce l'*instabilité psychique du créateur* qui déclencherait l'acte créatif, à la suite d'une surcharge liée à la rencontre du flux ascendant de la pulsion de créer, avec le flux descendant de l'inspiration ? De même que l'éclair d'orage est déclenché quand l'air entre le nuage et le sol devient conducteur de sorte que les charges négatives du nuage rencontrent les charges positives du sol. Si nous admettons cette hypothèse d'instabilité psychique du créateur comment éviter que la modélisation s'enlise dans les sables mouvants de la subjectivité ?

De l'évocation de la menace nous pouvons cependant retenir, à ce stade de notre recherche, l'idée que le déclencheur du saut créatif est l'apparition d'une instabilité dans la résonance entre le psychisme créateur et le psychisme universel qui serait de nature à détruire cette résonance si elle se prolongeait dans le temps. Une idée voisine, avancée par J. G. Abreu, est celle d'une saturation du champ psychique créateur par la répétition (de formes, de style) qui déstabilise ce champ car l'art est par essence non répétitif. La réalisation du saut créatif serait une tentative – réussie ou non – pour établir une nouvelle résonance.

Les questions que soulève cette hypothèse sont à considérer comme autant de perspectives de recherche ouvertes par le présent travail, en interaction avec la recherche en historiographie de l'art.

Il est possible également de progresser dans la modélisation logicielle du saut créatif en représentant celui-ci par le saut « non algorithmique » d'un processus à un autre, dont la

²⁴ *op. cit.* p. 334.

technologie offre plusieurs outils. Le déclenchement de ce type d'outil, externe au modèle, serait un générateur aléatoire comme il en existe plusieurs formes logicielles. Dans ce dernier cas l'événement évanescent qu'est le déclenchement du saut créatif est simulé, et cela à partir de conditions « initiales » elles aussi simulées : c'est une des formes du « saut méta-algorithmique » de la Fig. 3 ci-dessus. Comme nous l'avons signalé précédemment²⁵, la simulation est une phase essentielle dans le processus d'exploration d'un domaine car elle permet de tester des hypothèses.

Une voie de recherche connexe sera d'explorer les technologies du calcul quantique dans leur aspect logiciel²⁶, et principalement dans la manière dont elles représentent le passage d'un système à travers le saut quantique.

Conclusion

Au cours de l'exploration de la modélisation logicielle de la création artistique, que nous avons entreprise en résonance avec le travail de José Guilherme Abreu sur la recherche historique et structurale du génome de la création dans les arts visuels, l'hypothèse d'un psychisme universel s'est imposée à nous, et nous en avons vu un répondant spirituel dans l'œuvre d'Henri Corbin et son étude approfondie de la philosophie de Sohrawardi. D'autres traditions ont illustré le même thème, mais celle-là nous a semblé particulièrement proche de l'idée d'un univers immatériel des formes d'où le psychisme de chaque créateur puise et reçoit son inspiration.

Par leur caractère non-matériel, la science et la technique du logiciel, qu'il ne faut pas confondre comme il est trop souvent fait, avec la robotique et l'automatisation, si ce n'est avec l'« intelligence artificielle », permettent d'envisager une représentation des processus créatifs par des modèles génétiques où le psychisme créateur, limité en étendue et en qualité, et le psychisme universel illimité sont reliés par des opérateurs de résonance.

Dans ce but nous avons jeté les bases d'une approche logicielle qui associe des processus pas à pas - ce sont les algorithmes - à des opérations discontinues « non-algorithmiques » ou mieux « méta-algorithmiques », ce qui nous a amené à rechercher, à partir et au-delà des outils logiciels existants, quels seraient les caractères des nouveaux outils envisagés.

Dans cette étape encore modeste et préparatoire de cette recherche, nous avons donné comme exemples les transformations algorithmiques appliquées à des images qui ont une parenté entre

²⁵ José Guilheme Abreu et Daniel Verney « Création artistique et modélisation logicielle » in *XIVèmes et XVèmes Rencontres Raymond Abellio*, Toulouse, 2017-2018. *Op. cit.*
Consultables sur <https://rencontres-abellio.net/archive/2017> et <https://rencontres-abellio.net/archive/2018>

²⁶ Voir à ce sujet la référence bibliographique [RIE 2011]

elles et sont pourtant séparées entre par des millénaires, images de résurgences repérées par José Guilherme Abreu.

Nous recherchons des outils, car la modélisation a un objectif d'utilité, par exemple ici dans l'histoire et la restauration des œuvres d'art, mais elle a aussi un objectif de connaissance. Cette approche impose certaines limites, mais elle ouvre aussi des perspectives en tentant d'apporter l'esprit dans la science et dans la technologie.

Bibliographie

- [ABE 1965] Abellio, Raymond, *La Structure Absolue*, Éditions Gallimard, Paris, 1965.
- [AUS 1970] Austin, John, *Quand dire, c'est faire* (1962), trad. G. Lanne, Seuil, 1970.
- [COR 1964] Corbin, Henry, « *Mundus Imaginalis* ou l'imaginaire et l'imaginal » *Cahiers de Symbolisme*, n°6, 1964, Paris. Publié dans : Henry Corbin, *En Islam iranien: aspects spirituels et philosophiques*, tome IV, livre 7, Paris: Gallimard, 1971.
- MAR 1982] Marr, David, *Vision, A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. W. H. Freeman and Company, New York, 1982
- [RAN 2007] Ransford, Emmanuel, *La nouvelle physique de l'Esprit*, Éditions Le Temps Présent, Agnières, 2007.
- [RIE 2011] Rieffel, Eleanor & Polak, Wolfgang, *Quantum Computing*, The MIT Press, 2011.
- [ŞAN 2016]. Şan, Emre, « Phénoménologie et ontologie du mouvement ». in *Revue Lapsus* (Galatasaray Üniversitesi, İstanbul, 2016). Consulté sur <https://www.academia.edu>
- [UZA 2013] Uzan, Pierre, *Conscience et physique quantique*, Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 2013.
