



Longtemps, la créativité fut abordée comme une aptitude mystérieuse non réductible à la biologie. Les années 1950 ont vu éclore un courant nouveau, la psychologie de la créativité, et plus récemment s'est développée une approche cognitive du phénomène, laquelle met notamment en œuvre des recherches expérimentales, la neuroimagerie et l'étude de patients cérébrolésés. Aujourd'hui, la créativité est considérée comme multidimensionnelle. Mais quelles sont les étapes qui président à l'émergence d'idées à la fois originales et appropriées? Plus particulièrement, comment naissent les «éclairs de génie»? Sont-ils favorisés par des états de désinhibition? Et puis, quels sont les liens entre mémoire, pensée analogique et créativité? Et quels sont les régions et réseaux cérébraux qui sous-tendent cette dernière? Autant de questions sur lesquelles se penche la neurologue Emmanuelle Volle, de l'Institut du cerveau à Paris.



**Emmanuelle Volle** (Institut du cerveau à Paris)

# CRÉATIVITÉ: DES ÉCLAIRS SOUS CONTRÔLE



**Philippe Lambert**  
Journaliste scientifique

## Introduction

Que recouvre le terme «créativité» pour les neuroscientifiques? «*C'est la capacité à réaliser une production qui soit à la fois originale et appropriée, c'est-à-dire adaptée à un contexte*», indique Emmanuelle Volle, neurologue chargée de recherche de l'Inserm au sein de l'Institut du cerveau (ICM), à Paris. Évidemment se pose la question du degré d'originalité d'une production. En effet, il n'existe pas de norme absolue permettant de l'établir. Dès lors s'instaure un jeu de comparaisons entre la production considérée et d'autres qui l'ont précédées, ce qui laisse une place à la subjectivité et au consensus social. Quoi qu'il en soit, la créativité n'est pas synonyme d'importantes innovations; elle est présente dès que l'on s'écarte, fût-ce par un détail, de ce qui a déjà été réalisé.

En outre, elle peut intervenir dans une multitude de domaines ressortissant à l'art, à la science, à la technique ou même à la vie quotidienne. Quels sont les liens entre ces types de créativité? Emmanuelle Volle s'intéresse au versant cognitif de cette question. «*Nous essayons d'identifier les opérations mentales impliquées dans la créativité quel que soit son domaine d'expression, dit-elle. Il s'agit de processus cognitifs présents chez chacun d'entre nous, mais probablement à des degrés variables. Nous cherchons également à comprendre quelles régions ou quels réseaux cérébraux les sous-tendent.*»

La créativité, c'est la capacité à réaliser une production qui soit à la fois originale et appropriée, c'est-à-dire adaptée à un contexte.

La créativité axée sur un domaine particulier (peinture, littérature, ingénierie, cuisine...) suppose-t-elle le recrutement de processus spécifiques qui se grefferaient sur un tronc commun? Cette hypothèse est relativement bien acceptée. Mais, à l'heure actuelle, les données manquent pour affirmer qu'il existe un certain «cloisonnement» entre les différentes formes de créativité ou, au contraire, pour soutenir qu'une personne créative dans un domaine le serait forcément dans n'importe quel autre si elle disposait des connaissances indispensables à son expression. «*Là se situe une des difficultés pour la recherche, dont un des enjeux est de déterminer quelles opérations mentales servent de support aux capacités créatives et si ces dernières sont, au moins en partie, indépendantes du domaine d'expertise et des connaissances des individus*», insiste Emmanuelle Volle. Et d'ajouter que les études montrent

cependant qu'il faut une immersion d'une certaine durée dans un domaine donné avant de pouvoir y devenir créatif. Ce qui laisse à penser que le poids de l'expérience et la maîtrise des concepts existants sont non négligeables en la matière.

Toutefois, cela n'est vrai que pour la créativité telle qu'elle est reconnue par la société. À l'échelon individuel, on peut considérer que la nouveauté d'une production ou d'une idée est à évaluer relativement aux connaissances antérieures de chacun, quel que soit leur niveau. Imaginer quelque chose qu'il ne connaissait pas (que cette chose existe

ou non en réalité) est original pour l'individu lui-même, témoigne de ses capacités créatives et est pertinent pour l'étude de leurs bases cérébrales.

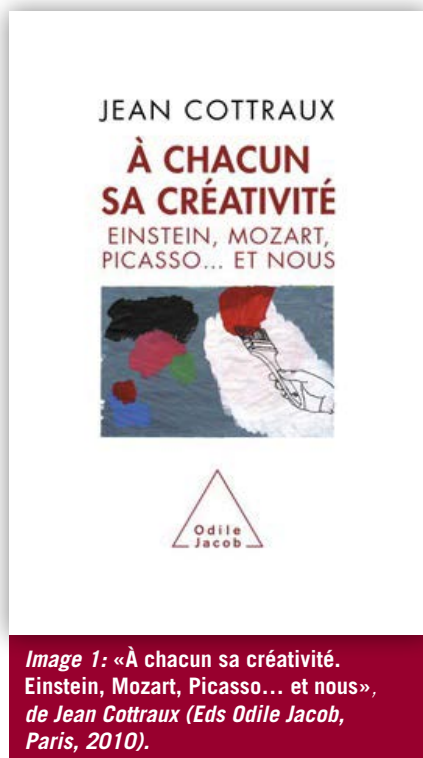
### Quatre types de ressources

Depuis les années 1980, les chercheurs estiment que la créativité est multidimensionnelle, qu'elle émane de la conjonction de plusieurs types de facteurs. Cette conception a débouché sur l'élaboration d'une «approche multivariée» de la créativité. Aujourd'hui, le modèle dominant postule l'existence de quatre types de ressources distinctes qui seraient nécessaires à l'émergence de productions créatives: des facteurs cognitifs, à savoir les connaissances et les opérations mentales sous-tendant les capacités cognitives, des facteurs conatifs (traits de personnalité, motivation), des facteurs émotionnels et l'environnement. «*La société dans laquelle on vit, les conditions*

*de travail, etc. influencent non seulement la personne qui essaie de créer, mais également celles qui observent la production qui leur est soumise et l'évaluent*», précise Emmanuelle Volle. Voilà qui souligne une fois encore l'empreinte de la subjectivité et du consensus social dans l'évaluation de l'originalité d'une réalisation.

Des études (1) se sont focalisées sur l'influence des émotions et de l'humeur sur la performance créative. Il en ressort une grande hétérogénéité dans les résultats, la joie, émotion positive et tournée vers l'action, semblant néanmoins la plus propice. «*De nombreux facteurs autres que la valence positive ou négative d'une émotion interviennent. Ainsi, au sein des émotions négatives, la tristesse est inhibante alors que la colère est activante. En vérité, le rôle des émotions dans la créativité n'est pas encore bien compris*», indique la chercheuse de l'ICM. D'autant que les domaines d'expression de la créativité sont multiples. Ainsi, la nostalgie, une «tristesse agréable» comme disait Léo Ferré, émotion mariant des affects positifs et négatifs, a assurément inspiré de nombreux artistes.

Différents travaux se sont penchés sur d'éventuels liens entre créativité et maladies psychiatriques ou neurologiques. De grands créateurs, tels Einstein, Hugo, Balzac ou Gauguin, souffraient, à des degrés divers, du trouble bipolaire. Selon le professeur Jean Cottraux, auteur de «*À chacun sa créativité. Einstein, Mozart, Picasso... et nous*» (2) (Image 1), l'incidence de la manie serait de 0,8% dans la population générale, mais de 7% chez les créateurs éminents. Pour sa part, Emmanuelle Volle livre les résultats des travaux de son groupe entrepris chez des patients souffrant d'une dégénérescence frontotemporale. Dans cette affection, les neurones du cortex préfrontal dégénèrent, y entraînant une atrophie. Les patients



s'en trouvent désinhibés sur le plan comportemental, de sorte qu'ils ont tendance à négliger les conventions sociales, notamment – ils peuvent jurer, se promener nus en public, etc. Or, d'après l'ensemble des recherches en neuroimagerie fonctionnelle et les études de patients, le cortex préfrontal jouerait un rôle critique dans la créativité. Il était donc légitime de s'intéresser aux capacités créatives de tels patients.

Chez quelques-uns d'entre eux, les chercheurs de l'ICM observèrent l'émergence ou l'augmentation d'un talent artistique durant les premières phases de la maladie, le plus souvent dans le domaine des arts visuels. Évidemment, en art, le jugement subjectif est roi. Ainsi, initialement caractérisé par le souci du détail, le style pictural d'une patiente qui s'adonnait à la peinture devint beaucoup plus abstrait et chargé d'émotions négatives. Avait-il évolué vers plus de créativité? Difficile à dire...

## Démence, alcool et drogues

Nonobstant, une idée répandue est que les individus désinhibés, que ce soit en

raison d'une maladie mentale ou parce qu'ils sont sous l'influence de l'alcool ou de drogues, ont des productions plus originales car ils s'affranchissent de diverses contraintes. Cette opinion est-elle fondée? Emmanuelle Volle et son équipe ont soumis des patients souffrant d'une dégénérescence fronto-temporale au test de Torrance, l'un des plus utilisés pour mesurer les aspects cognitifs de la créativité (3). *«Bien que certaines réponses des patients sortent des sentiers battus, leurs résultats au test sont très inférieurs sur le plan de la créativité à ceux des sujets contrôles, et ce même si l'on se limite au seul critère de l'originalité»*, rapporte la neurologue. Toutefois, il faut s'entendre sur les termes «inhibition» et «désinhibition».

Quatre types de ressources seraient nécessaires à l'émergence de productions créatives: des facteurs cognitifs, conatifs, émotionnels et environnementaux.

En effet, ils sont au cœur d'une certaine polysémie dans la mesure où ils se réfèrent à plusieurs réalités. Les patients en proie à une démence fronto-temporale présentent une désinhibition comportementale se traduisant par une perte des convenances sociales, mais cette désinhibition est éloignée de la sphère cognitive. À l'échelon de la cognition, l'originalité peut très bien passer dans certains cas par l'inhibition des chemins de pensée les plus évidents. Par exemple, être créatif suppose que l'on ne réduise pas la fonction d'un stylo au simple fait qu'il permet d'écrire ou celle d'un piano, au simple fait qu'il permet de jouer de la musique.

Les conclusions des travaux de l'équipe d'Emmanuelle Volle chez les patients affectés d'une démence

fronto-temporale ne sont pas transposables telles quelles au cas des consommateurs de drogues ou d'alcool. En fait, les liens précis entre la désinhibition de type comportemental et la créativité demeurent encore nimbés d'incertitude, si ce n'est que des travaux entrepris il y a quelques années, en particulier à l'Université d'État du Mississippi, par le groupe du professeur Andrew Jarosz (4), et à l'Université de Graz en Autriche, par celui du professeur Mathias Benedek (5), semblent montrer qu'une consommation raisonnable d'alcool stimule la créativité, à la nuance près qu'une seconde étude (2020) de Benedek et collaborateurs (6) n'a pas confirmé de premiers résultats (2017)... Dans l'expérience de Jarosz, vingt

sujets masculins âgés de 21 à 30 ans furent invités à boire des cocktails de vodka-cranberry jusqu'à atteindre une alcoolémie de 0,75g/L, c'est-à-dire flirtant avec la limite légale de 0,8g/L en vigueur aux États-Unis. À eux et à un groupe contrôle de répondre à 15 questions issues d'un test de résolution créative de problèmes: le *Remote Associates Test* (RAT). Il apparut que les participants qui avaient consommé modérément de l'alcool résolvaient un plus grand nombre de problèmes que les membres du groupe contrôle et produisaient leurs réponses plus rapidement. En 2017, le professeur Mathias Benedek et ses collaborateurs arrivèrent à des résultats similaires en induisant, avec de la bière, une faible alcoolémie (0,3 g/L) chez les participants à leur expérience.

«*Nous pensons, explique le professeur Jarosz, que la résolution créative de problèmes est un domaine dans lequel un des effets principaux de l'ébriété – la perte de concentration – est une bonne chose. Dans un exercice comme le RAT, il est important de ne pas se focaliser sur sa première pensée. L'alcool semble aider des idées peu pertinentes de prime abord à s'insinuer.*» Le scientifique confie par ailleurs que, dans son étude, les individus sous l'influence de l'alcool faisaient davantage allusion à des «*éclaircs de génie*» que les individus contrôles.

Dans un article paru en 2020 dans la revue *Neuroimage* (7), le groupe de Kalina Christoff, de la University of British Columbia, à Vancouver, défend l'idée que la génération créative, qui sera soumise au verdict d'une évaluation interne (cf. infra), doit être considérée comme le produit d'états mentaux multiples et variés. Sur la base de leurs travaux expérimentaux, la chercheuse canadienne et son équipe concluent que l'état psychédélique consécutif à la consommation de drogues hallucinogènes est un état mental à fort potentiel pour faciliter la génération créative. Ils insistent en outre sur «*l'utilité potentielle des substances psychédéliques en tant qu'outils expérimentaux dans les neurosciences de la créativité*».

### **De l'incubation à l'eurêka**

Au cours du processus créatif, la solution s'impose parfois petit à petit ou, à l'inverse, vient à l'esprit de façon soudaine, comme un flash. C'est alors l'«*eurêka*» ou l'«*insight*», selon la terminologie des neuroscientifiques, l'éclair de génie auquel Andrew Jarosz se référait. Cette phase si particulière de jaillissement d'une idée a été intégrée dans différents modèles du processus créatif, dont l'un des plus connus est le modèle de Wallas, datant de 1926. «*Aux yeux de Graham Wallas, le processus créatif comporterait*

*quatre étapes, commente Emmanuelle Volle. Tout d'abord, une phase de préparation, au cours de laquelle on analyse le problème et cherche des informations pour le résoudre. Ensuite, une phase d'incubation, où l'on ne réfléchit plus au problème. Après viennent la phase dite d'illumination, où l'idée la plus intéressante surgit comme une révélation – c'est l'«eurêka» –, et enfin la phase de vérification, où l'on évalue la solution retenue pour s'assurer qu'elle est adaptée à la résolution du problème à résoudre.*»

**La résolution créative de problèmes est un domaine dans lequel un des effets principaux de l'ébriété – la perte de concentration – est une bonne chose...**

Nombre d'études de psychologie expérimentale et quelques travaux en neuroimagerie ont contribué à mieux cerner la phase d'incubation. Il en ressort notamment que ce que le sujet fait durant cette période influe sur sa capacité à trouver une solution créative au problème posé. La phase d'endormissement (stade N1 du sommeil), par exemple, augmente ses chances d'y parvenir (voir infra). S'il accomplit une autre tâche qui sollicite sa mémoire de travail et détourne son attention, ou simplement s'il laisse aller ses idées sans but dans un vagabondage mental, ses chances sont aussi meilleures.

Les mécanismes qui interviennent pendant la phase d'incubation et augmentent les chances de découvrir une solution créative à un problème ne sont pas élucidés. «*Il a été proposé que, pendant cette phase, le cerveau, sans qu'on en soit conscient, réalise des associations d'idées et opère un tri entre ces dernières. Il est également possible que cette phase soit assimilable à une*

*phase de repos ou de distraction, diminuant la fatigue liée à la tâche, ou même que la rencontre de stimulations diverses non liées à la tâche fournisse des indices aidant à résoudre le problème*», fait remarquer Emmanuelle Volle. Il se pourrait donc – le conditionnel reste de mise – que le «*rêve éveillé*», le vagabondage mental, soit d'une grande fécondité pour la production d'idées créatives. Ce qui n'est probablement pas sans rapport avec les travaux d'Andrew Jarosz, de Mathias Benedek ou encore de Kalina Christoff.

Dans un article publié en novembre 2021, le groupe d'Emmanuelle Volle présente une étude qu'il a menée en EEG sur l'activité cérébrale au cours des deux secondes précédant le moment où une personne trouve une solution créative à un problème (8). Les deux conditions envisageables ont été prises en considération: la présence ou l'absence d'un «*eurêka*». «*Nous avons observé, dans des régions temporales et frontales, une augmentation d'activité dans les essais résolus avec eurêka supérieure à celle observée dans les essais sans eurêka; elle se faisait successivement dans les rythmes alpha, gamma et thêta*», relate la neuroscientifique. Cette activité liée à un épisode d'eurêka était indépendante de la difficulté des essais, laquelle était associée à un autre pattern d'activité.

Delphine Oudiette, chercheuse de l'Inserm en neurosciences cognitives, est le premier auteur d'un article publié récemment dans *Science Advances* (9) sur la fécondité de la phase d'endormissement,

cette zone crépusculaire entre le sommeil et l'éveil (stade N1 du sommeil), pour l'éclosion d'étincelles de créativité, d'«eurêka». Apparemment, Thomas Edison et Salvador Dali avaient pressenti cette réalité, eux qui s'adonnaient à des siestes en tenant un objet dans la main. Quand leurs muscles se relâchaient, l'objet tombait sur le sol et les réveillait suffisamment tôt pour qu'ils puissent espérer capturer les éventuels éclairs de génie qui seraient nés durant leurs moments de somnolence. Cette méthode singulière ne serait donc pas dénuée de fondements. Les auteurs de l'article publié dans *Science Advances* expliquent que 103 participants ont été exposés à des problèmes mathématiques sans savoir qu'une règle cachée permettait de les résoudre presque instantanément. «*Nous avons constaté que le fait de passer au moins 15 secondes en N1 pendant une période de repos triplait les chances de découvrir la règle cachée (83% contre 30% lorsque les participants restaient éveillés), et cet effet disparaissait si les sujets atteignaient un sommeil plus profond*», écrivent-ils.

## Distance sémantique et pensée analogique

Aujourd'hui, le «vieux» modèle de Wallas, maintes fois revisité, est généralement considéré comme imparfait dans le sens où il repose sur une linéarité des étapes conduisant à une production créative, alors que les données actuelles plaident en faveur de phénomènes de rétroaction, d'allers et retours entre ces étapes. Les modèles dits de «génération-évaluation» prennent en compte cet élément cardinal. La créativité y apparaît comme une forme dynamique de cognition où interagissent des phases de génération d'idées et des phases de sélection des meilleures d'entre elles. Pour certains auteurs, les étapes de génération relèveraient, du moins en partie, de processus aléatoires.

Avant d'aborder la question des réseaux cérébraux sous-tendant les étapes de génération et d'évaluation d'idées, il convient d'insister sur le fait que le processus créatif n'aboutit pas à l'émergence de solutions *ex nihilo*. Au contraire, la cognition créative s'enracinerait dans la capacité à former des associations à distance entre des concepts existants. C'est de la sorte que seraient générées des idées nouvelles ou que de nouveaux problèmes pourraient être résolus. Dans ce contexte, la mémoire sémantique, celle de nos connaissances sur le monde, revêt une importance primordiale. C'est pourquoi les chercheurs de l'ICM ont entrepris des travaux visant à déterminer le lien qui unit les connaissances sémantiques d'une personne et ses capacités créatives. «*L'architecture et les propriétés des associations sémantiques d'un individu influencent la manière dont il génère des idées*», précise Emmanuelle Volle.

La distance sémantique mesure la probabilité (ou la fréquence) avec laquelle un concept ou un mot est associé à un autre.

En collaboration avec les groupes du professeur Yoed Kenett, de l'Institut israélien de technologie, et du professeur Mathias Benedek, l'équipe de l'ICM s'est efforcée de modéliser la mémoire sémantique sous la forme de réseaux dans lesquels chaque élément de connaissance sur le monde est appréhendé comme un nœud, l'ensemble des nœuds étant par ailleurs connectés les uns avec les autres par des liens plus ou moins forts selon les cas. Dans un article très récent (10), les chercheurs mettent en exergue le concept de «distance sémantique» comme indicateur de l'originalité d'une production. Ils écrivent: «*La distance sémantique mesure la probabilité (ou la*

*fréquence) avec laquelle un concept ou un mot est associé à un autre et reflète la façon dont les idées ou concepts sont généralement associés ensemble chez les individus. Plus une idée générée est sémantiquement éloignée d'un point de départ donné, plus elle est originale.*» Les neuroscientifiques ont pu montrer que la structure des réseaux sémantiques propres à un individu permettait de prédire partiellement sa capacité créative et qu'elle était sous-tendue par des profils de connectivité cérébrale fonctionnelle spécifiques...

Et la mémoire épisodique, celle des événements personnellement vécus? Plusieurs laboratoires ont souligné son rôle dans la capacité de générer des idées. Ainsi, selon les travaux de celui de Roger Beaty, de la Pennsylvania State University, des individus que l'on entraînait à se rappeler des détails en mémoire épisodique devenaient meilleurs dans une tâche de génération d'idées.

Si le processus créatif consiste bien à s'inspirer de solutions préexistantes que l'on transfère dans un domaine où elles n'avaient pas été exploitées jusque-là, la pensée par analogie doit jouer un rôle clé dans la créativité. «*L'analogie est partout et l'histoire fourmille d'exemples où elle a présidé à des découvertes scientifiques ou technologiques*, dit Emmanuelle Volle. *À travers plusieurs expériences utilisant des méthodes différentes – IRMf, morphométrie IRM, étude de patients frontaux –, nous avons montré que le cortex préfrontal antérieur gauche était critique pour ce type de raisonnement. Ainsi, nous avons mis en évidence que lorsque*

cette région est lésée, les patients se révèlent incapables de combiner des informations. Nous avons également découvert dans des études en imagerie cérébrale par morphométrie que le volume de matière grise de cette même région est corrélé à la réalisation de telles combinaisons. (11)».

## Identification de trois réseaux

En 2012, les chercheurs de l'ICM ont effectué une méta-analyse (12) des études en IRMf consacrées à la créativité. Résultats? Des zones du cortex préfrontal semblent activées quelles que soient les tâches expérimentales utilisées. A priori, ces régions seraient donc recrutées dans tout processus créatif. D'autres régions, plus postérieures, ont aussi été mises en évidence: le cortex temporal postérieur, le gyrus temporal moyen postérieur, le gyrus angulaire, le pôle temporal. Elles sont décrites dans la littérature comme impliquées dans la mémoire sémantique.

Une avancée majeure récente dans le domaine des neurosciences de la créativité a été l'identification, via des études de connectivité fonctionnelle et des études de cas, de différents réseaux supportant des mécanismes distincts de créativité en adéquation avec les modèles de «génération-évaluation». En particulier, les travaux du groupe dirigé par Roger Beaty (13, 14) expliquent la performance créative à travers l'interaction entre trois réseaux – par ailleurs, non spécifiques de la créativité – incluant chacun des régions du cortex frontal. Ils réconcilient deux conceptions réputées contradictoires. Comme le rappelle Emmanuelle Volle dans un article publié en 2019 dans *Annales médico-psychologiques* (15), «la première considère que la créativité est un comportement volontaire dirigé vers un but, qui fait appel à des fonctions de contrôle, pour, par exemple, inhiber des idées

convenues et manipuler les concepts»; la seconde, elle, «considère au contraire que la créativité résulte d'un relâchement des contraintes et des inhibitions permettant aux idées d'émerger et de s'associer spontanément sans contrôle».

Parmi les trois réseaux proposés par Beaty, le réseau de contrôle, fronto-pariétal latéral, est connu entre autres pour ses fonctions d'inhibition des réponses prépotentes quand elles sont inadaptées, de rappel contrôlé en mémoire (récupération volontaire d'informations spécifiques) et de mémoire de travail. Parallèlement intervient un deuxième réseau: celui dit du mode par défaut (RMD), dont les régions clés sont le cortex préfrontal (CPF) médial, le cortex cingulaire, le cortex pariétal postérieur, la jonction temporo-pariétale ainsi que plusieurs régions temporales latérales et médiales. En outre, il est étroitement connecté aux systèmes de mémoire. Initialement, le RMD était décrit comme un «réseau de repos» qui se mettait en sourdine dès que l'individu accomplissait une tâche. «*Depuis quelques années, un courant de recherche étudie quelles pourraient être les fonctions de ce réseau*, souligne Emmanuelle Volle. *Plusieurs travaux suggèrent qu'il joue un rôle dans la pensée associative spontanée et plus largement dans la cognition spontanée, comme le vagabondage mental et les associations contextuelles, dont on sait qu'ils sont en lien avec la créativité.*»

Le réseau du mode par défaut et le réseau de contrôle seraient en interaction, le premier récupérant des idées en mémoire et générant des associations spontanées que le second évaluerait et sélectionnerait en fonction de leur pertinence. Complémentairement aux travaux en IRMf de Beaty, les chercheurs de l'ICM ont observé, chez des patients, qu'une lésion touchant soit le RDM, soit

le réseau de contrôle affectait la créativité, mais différemment (16). Dans le premier cas, les sujets éprouvaient des difficultés à générer des associations d'idées; dans le second, à combiner entre elles celles qu'ils avaient pu produire. D'autre part, aux yeux d'Emmanuelle Volle, existeraient deux niveaux de contrôle. L'un relèverait de processus exécutifs (inhibition d'idées convenues, sélection d'idées dignes d'intérêt...) et l'autre serait impliqué à partir du moment où il faut intégrer plusieurs pistes, combiner des représentations mentales ou le résultat de plusieurs opérations mentales. Son chef d'orchestre serait le cortex préfrontal rostral.

Le troisième réseau du modèle de Beaty est celui de la saillance, lequel, de façon générale, détermine parmi une multitude de stimuli internes et externes, ceux qui sont dignes d'intérêt. Dans le processus créatif, son rôle consisterait à détecter, parmi des associations d'idées candidates, celles qui pourraient être pertinentes et à les présenter au réseau de contrôle qui les inhiberait ou les sélectionnerait. Le réseau de la saillance, dont les régions clés sont l'insula antérieure et le cortex cingulaire, serait en quelque sorte le ou l'un des médiateurs des interactions entre le RDM et le réseau de contrôle, entre processus spontanés et processus contrôlés.