



HAL
open science

Phénoménologie et imagerie cérébrale de la dynamique du traitement conscient

Stanislas Dehaene

► **To cite this version:**

Stanislas Dehaene. Phénoménologie et imagerie cérébrale de la dynamique du traitement conscient. 2005. hal-00003903

HAL Id: hal-00003903

<https://hal.science/hal-00003903>

Preprint submitted on 20 Jan 2005

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

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

Phénoménologie et imagerie cérébrale de la dynamique du traitement conscient

Responsable scientifique : Stanislas DEHAENE

Stanislas DEHAENE

INSERM U562

SHFJ-CEA

4 place du Général Leclerc

F-91401 ORSAY Cedex

Tél. : 01 69 86 78 73 / 78 48

Fax : 01 69 86 78 16

E-mail : dehaene@shfj.cea.fr

Équipes partenaires

- Département de Philosophie/École Normale Supérieure (45 rue d'Ulm 75005 Paris)

Rappel des enjeux et objectifs

L'objectif du projet est d'étudier les bases cérébrales de la conscience subjective en IRM fonctionnelle et en potentiels évoqués. La contribution du philosophe J. Sackur, spécialiste de l'histoire des idées en sciences cognitives et de l'approche phénoménologique de la conscience, devrait nous aider à mieux prendre en compte le côté subjectif et la dimension dynamique de la prise de conscience. Nous comptons :

1. utiliser l'IRM fonctionnelle et les potentiels évoqués pour contraster l'activité cérébrale provoquée par le traitement de stimuli identiques mais accédant ou non à la conscience ;
2. mesurer finement l'introspection des sujets sur leurs différents états de conscience afin d'examiner s'il existe, en accord avec James, des sauts qualitatifs et discontinus dans les contenus conscients. A-t-on affaire à un continuum de différents états de conscience ou à une réelle dichotomie entre une perception consciente et une perception inconsciente ? En corrélant les mesures subjectives aux données de l'imagerie, nous examinerons si l'activité cérébrale (ex. la P300) subit également une transition rapide et quasi discontinue lors de la prise de conscience par opposition au cas où les mêmes stimuli demeurent inconscients.
3. Utiliser ces mesures pour quantifier l'évolution temporelle de la perceptibilité des stimuli au cours du clignement attentionnel afin d'estimer la dynamique des transitions entre états consciences, et notamment la durée d'un « état conscient » élémentaire.
4. Étudier les limites du traitement inconscient afin de tenter de dégager quelles étapes de traitements sont spécifiquement associées à la conscience. Par exemple, l'application d'une règle peut-elle s'effectuer inconsciemment ? L'attention peut-elle être orientée vers un stimulus inconscient ?

Rappel du calendrier initial des travaux

Automne 2001 :

Expérimentation comportementale avec le clignement attentionnel (expérience. 1). Optimisation du paradigme. Caractérisation comportementale de la mesure subjective du degré de conscience

Préparation des stimuli pour l'expérience de rivalité binoculaire (expérience. 3).

Première moitié de 2002 :

Acquisition et analyse des données IRMf de l'expérience 1

Visite sabbatique de Daphné Bavelier. Préparation du paradigme cognitif de cécité à la répétition (expérience. 2).

Pilotage en IRMf du paradigme de rivalité binoculaire (expérience. 3). Vérification que nous parvenons à détecter des alternances d'activation et d'inactivation en corrélation avec le rapport subjectif des sujets (réplication du travail de Tong et al.)

Seconde moitié de 2002 :

Acquisition et analyse des données ERP de l'expérience 1

Acquisition et analyse des données IRMf de l'expérience 2

Acquisition et analyse des données IRMf de l'expérience 3

Année 2003 :

Acquisition et analyse des données Erp de l'expérience 2

Écriture des résultats des expériences 1, 2 et 3

État d'avancement à mi-parcours (septembre 2002)

Installation de l'appareil de détection des mouvements oculaires en IRMf

Les expériences que nous avons proposées requièrent de vérifier que les transitions d'un état conscient à un état inconscient qu'induisent nos paradigmes ne sont pas trivialement liées aux mouvements oculaires ou aux clignements des yeux du sujet. Pour ce faire, nous avons proposé l'achat d'un appareil de détection des mouvements oculaires dans l'IRM.

Grâce à une avance substantielle de l'INSERM, combinée à un autre contrat de la fondation américaine McDonnell, l'appareil LRO 504 fourni par la société 3COM (Cambridge) a pu être installé avec succès début mai 2002 dans l'aimant d'IRM 3 Tesla d'Orsay. Les premiers résultats étaient très encourageants : l'image de l'œil est facilement capturée en quelques minutes, sans perturbation due au champ magnétique, et inversement l'appareil ne semble pas interférer avec l'acquisition IRMf. Cependant, au fil des examens, des difficultés sont apparues : interférences occasionnelles sérieuses et imprévisibles, difficulté de capturer de façon stable le reflet cornéen. Nous espérons résoudre ces difficultés dans les semaines à venir.

Organisation d'une rencontre entre philosophes et expérimentateurs sur le thème « imagerie et conscience »

Les responsables du programme Cognitique nous avaient demandé de renforcer la partie philosophie du projet. Nous avons proposé d'organiser, dès le tout début du projet, des journées d'atelier avec des philosophes de la conscience. Ces rencontres seraient l'occasion :

- de présenter les protocoles de recherche projetés à la communauté philosophique concernée, et de les informer des possibilités de l'imagerie cérébrale dans le domaine de la conscience ;
- de recueillir leurs réactions, positives et négatives, avant même que les expériences n'aient commencé, conduisant

probablement à réviser nos postulats et à enrichir le dessin expérimental ;

- d'informer sur les résultats obtenus et d'impliquer la communauté philosophique dans la discussion de leur signification réelle et de leurs limites.

D'établir ainsi un dialogue, sur des questions de recherche bien précises, entre les communautés de l'imagerie et de la philosophie.

Nous avons organisé une première journée de discussions rassemblant philosophes et expérimentateurs le mercredi 10 avril 2002. Les discussions ont eu un impact immédiat sur notre travail dans la réorientation de notre recherche sur la conscience des règles. En effet la limitation de nos expériences à l'exploration de la conscience perceptive est devenue flagrante dans le cadre d'une discussion où l'aspect pratique de la conscience apparaissait aussi (« conscience de l'action »). De manière plus générale nous avons cherché à mettre en évidence des points de convergences avec les tenants des méthodologies en première personne, sans toutefois avoir encore bien résolu la question de leur entrelacement avec les méthodes plus classiques de la psychologie expérimentale. Nous prévoyons donc d'organiser une seconde rencontre, d'autant que l'ensemble des points annoncés dans le programme n'avait pu, faute de temps, être abordé.

Avancement de la recherche sur le clignement attentionnel (C. Sergent/S. Dehaene)

L'expérience centrale de notre projet vise à mesurer par le comportement, l'IRM et les potentiels évoqués, la dynamique de la transition conscience/inconscience dans le paradigme de « clignement attentionnel ».

Ce projet s'inspire des expériences de « clignement attentionnel » de Luck et al (1996). On présente aux sujets une série d'images qui se succèdent à une fréquence élevée, parmi lesquelles apparaissent deux mots cibles successifs C1 et C2. Si on leur demande de repérer les deux cibles au sein de cette

série, on observe que les sujets sont fréquemment incapables de rapporter la deuxième cible C2 si elle est apparue un court laps de temps après la première cible C1. Par contre, si les sujets ont pour consigne d'ignorer la première cible C1, ils n'ont aucune difficulté à rapporter la deuxième cible C2.

C1 est constitué des lettres OXXO ou XOOX que le sujet doit discriminer. C2 est la présence ou l'absence d'un nom de nombre (ici CINQ). L'objectif principal de notre expérience est de mesurer en psychophysique, en IRMf, et en ERPs, le traitement de l'information sur C2 suivant qu'elle est consciente (pas de tâche sur C1) ou inconsciente (tâche sur C1). Notre dessin expérimental obéit aux contraintes suivantes :

La tâche effectuée sur la deuxième cible est une tâche de détection pure « présent/absent ».

Nous souhaitons pouvoir contraster, à la fois dans les expériences comportementales et dans les expériences d'imagerie, une condition où la deuxième cible est présente et une condition où la deuxième cible est totalement absente c'est-à-dire qu'elle est remplacée par un « blanc » (un intervalle vide). Ceci permet d'utiliser une tâche de « détection pure » de la deuxième cible et ainsi de se rapprocher de la définition de la conscience comme capacité à rapporter explicitement la simple présence d'un stimulus. De plus, en imagerie, le contraste des conditions « C2 présente » et « C2 absente » doit révéler dans une même expérience tout le circuit neuronal activé par la simple présence de C2, depuis le traitement perceptif jusqu'à l'élaboration de la réponse comportementale, et ce à la fois dans le cas où la deuxième cible est traitée consciemment et dans le cas où elle est traitée inconsciemment.

La question sur la deuxième cible doit survenir juste après la deuxième cible.

Dans les expériences déjà réalisées sur l'attentional blink, la question sur C2 survient assez longtemps après que la deuxième cible a été traitée par le cerveau. Ces expériences ne permettent donc pas d'écarter complètement l'hypothèse selon laquelle la chute de performance observée pendant l'attentional blink correspond à une « amnésie » : le sujet a été conscient de la deuxième cible mais a oublié ce bref épisode de conscience au moment où on lui demande de rapporter sa perception. Afin de pouvoir écarter cette hypothèse, nous souhaitons donc que la question sur la deuxième cible survienne toujours pendant que la deuxième cible est encore en cours de traitement.

L'évaluation subjective de la visibilité de la cible C2 se fait sur une échelle « continue ».

Contrairement à toutes les expériences antérieures où le sujet effectue une réponse dichotomique vu/pas vu, nous demanderons aux sujets de déplacer un curseur continu afin d'évaluer la visibilité subjective de C2. (Dans des expériences ultérieures, nous pourrions raffiner encore cette mesure phénoménologique en demandant par exemple des évaluations séparées de visibilité, de confiance dans la réponse, de certitude quand à l'identité du mot, etc). On espère qu'une tâche d'évaluation subjective de la visibilité de la deuxième cible permettra de mieux appréhender la réalité subjective de la conscience de C2. En particulier, le modèle de l'espace de travail conscient prédit que la prise de conscience correspond à une transition de phase dynamique, et donc quasi disconti-

nue, vers un état auto-amplifié d'activité neural. En présence de bruit, on s'attend à ce que ce système bascule de façon discontinue, soit vers un état d'activité élevé (« prise de conscience »), soit vers un état bas (« stimulus inconscient »). L'hypothèse alternative d'une baisse graduelle de la visibilité des stimuli pourra donc être testée.

À ce jour, le plan proposé a été suivi :

L'expérience comportementale a été réalisée avec succès. Un résultat très clair a été obtenu (voir figure) : au cours du clignement, la visibilité du stimulus T2 disparaît de façon discontinue. Les rapports subjectifs des sujets sont distribués de façon bimodale : certains essais sont parfaitement vus, d'autres ne sont pas vus du tout. Ce résultat valide l'hypothèse d'une transition dynamique soudaine. Cependant, d'autres interprétations de ce résultat sont possibles. En particulier, les sujets pourraient n'utiliser qu'une partie limitée de l'échelle. Claire Sergent (dont ce projet constitue le sujet de thèse) a donc consacré une partie de l'année à la réplication de ce résultat dans des conditions subtilement différentes où l'on force les sujets à utiliser l'ensemble de l'échelle de réponse. Ces résultats sont complexes, mais soutiennent globalement l'idée que la bimodalité des réponses n'est pas simplement due à un biais dans l'utilisation de l'échelle de réponse. En particulier, l'expérience pilote de masquage pur avec la même tâche d'évaluation subjective du degré de visibilité de la cible masquée (décrite dans la section suivante, 1.A.), dans laquelle les sujets utilisent spontanément l'ensemble de l'échelle de visibilité, semble fournir un bon argument contre l'hypothèse d'une mauvaise compréhension de l'échelle de visibilité dans l'expérience 1.

L'expérience d'IRM a été programmée et passée par 10 sujets sur l'IRM 3 Tesla (avec, malheureusement, des performances encore erratiques de l'appareil de détection des mouvements oculaires). L'adaptation de l'expérience comportementale aux contraintes de l'IRM a été plus complexe que prévue. En particulier devant les sources d'artefact que pose la réponse avec le curseur continu (qui constitue, en soi, un stimulus visuel source d'activations cérébrales), nous sommes revenus à une réponse bimanuelle « vu » ou « pas vu ». Les résultats sont en cours d'analyse. Ils sont encourageants dans la mesure où on observe d'importantes différences entre les essais « C2 présent » et « C2 absent » même lorsque le sujet dit ne pas avoir vu C2. Cela suggère que nous sommes capables de détecter la présence d'activations inconscientes. Chez certains sujets pour lesquels les résultats comportementaux sont très satisfaisants, on observe comme prévu de nombreuses différences d'activation mesurables entre les mots « vus » et les mots « pas vus », faisant apparaître un réseau pariéto-frontal cohérent avec l'hypothèse de « l'espace de travail conscient ». Cependant, ces différences disparaissent lorsque l'on prend en compte l'ensemble des sujets. Une étude plus fine des résultats comportementaux pour chaque sujet devrait nous permettre d'aboutir à une analyse de groupe plus satisfaisante.

L'expérience de potentiels évoqués a été programmée et est prête à être passée par une quinzaine de sujets. Nos travaux pilotes suggèrent qu'il existe bien, dans cette situation, à la fois des activations aux cibles C2 inconscientes et des très importantes différences d'activations quand C2 franchit le seuil de la conscience (apparition en particulier d'une composante P300).

Programme de travail prévu pour l'année 2003

1. Développement de nouveaux paradigmes permettant d'étudier la dynamique de la conscience.

Nous avons prévu initialement l'étude de deux autres paradigmes : la cécité à la répétition et la rivalité binoculaire. Cependant, nos premiers résultats et les discussions avec nos collègues, notamment lors de la rencontre philosophique, nous ont conduits à modifier quelque peu ce projet.

A. Retour au paradigme de clignement attentionnel et de masquage (C. Sergent)

Tout d'abord, la découverte d'une transition discontinue de la conscience dans le paradigme de clignement attentionnel est un résultat passionnant qu'il convient de consolider. Nous prévoyons en particulier, avant fin 2002, de le comparer avec la situation plus classique de masquage. Une expérience pilote de comportement suggère que le masquage se comporte très différemment, avec une dégradation progressive et non discontinue de la prise de conscience en fonction de la durée de présentation du mot masqué (voir figure). Ce résultat, s'il est confirmé, constitue une contrainte nouvelle forte sur les modèles de la prise de conscience.

B. Remplacement de la cécité à la répétition par la cécité inattentionnelle (D. Bavelier/C. Sergent)

Nous prévoyons initialement d'étudier avec Daphné Bavelier, en visite en année sabbatique, un paradigme de cécité à la répétition (invisibilité de la seconde présentation d'un mot dans une série rapide). Cependant, de nombreuses tentatives de dessin expérimental nous ont convaincus qu'il était peu plausible d'obtenir des résultats mesurables en IRM. C'est pourquoi nous nous sommes orientés vers un paradigme de cécité inattentionnelle inspiré des expériences de Marvin Chun. Le sujet, distrait par une tâche requérant toute son attention (par ex. le « tracking » d'objets visuels multiples en mouvement), ne voit pas un mot qui apparaît pourtant en plein centre de son champ visuel. La tâche comportementale est actuellement développée par Daphné Bavelier. La mesure du degré de visibilité à l'aide du même curseur que dans les expériences de clignement attentionnel et de masquage permettra d'examiner si la conscience des stimuli est graduelle (comme dans le masquage) ou soudaine (comme dans le clignement attentionnel). Nous espérons qu'une version de cette expérience sera prête pour l'imagerie IRM dans le courant de 2003.

C. Dynamique du traitement conscient : l'application consciente ou inconsciente d'une règle (J. Sackur)

La première partie de notre projet, détaillée ci-dessus, étudie la dynamique de la prise de conscience d'un stimulus visuel unique. La dernière partie de notre projet consiste à étudier la dynamique d'enchaînement de plusieurs états conscients : Comment les états conscients et non-conscients s'enchaînent-ils pour former le flux de conscience avec ses rythmes propres ?

Pour ce faire, nous prévoyons initialement l'utilisation d'un paradigme de rivalité binoculaire, dans lequel le cerveau,

confronté à une présentation visuelle constante mais double, organise spontanément la perception sous forme d'une alternance de perception des stimuli rivaux. Cependant, l'examen plus approfondi, notamment lors de discussions avec nos collègues philosophes, nous suggère que ce paradigme n'est pas le plus approprié et nous détourne probablement de notre sujet central. La rivalité binoculaire semble en effet découler de propriétés de bas niveau du système visuel qui n'ont que peu ou pas de rapport avec les limitations de capacité de haut niveau imposées par le caractère unitaire de l'espace conscient. En particulier il est déjà connu que la rivalité binoculaire persiste, au niveau de l'activité des neurones unitaires, même chez le singe anesthésié (W. Singer, communication personnelle mai 2002). De plus, la rivalité est particulièrement difficile à étudier dans notre IRM 3 Tesla, dont l'étrécissement ne permet pas d'installer un dispositif de stimulation visuelle binoculaire à cristaux liquides. Enfin, la compétition avec des équipes de pointes telles que celles de Nikos Logothetis et Wolf Singer, qui disposent de méthodologies combinées d'imagerie et d'enregistrement cellulaire, nous paraît ne pas nous placer en situation la plus favorable pour réaliser ce projet.

Jérôme Sackur s'est donc réorienté vers un projet plus spécifique de l'organisation temporelle des états conscients de haut niveau chez le sujet humain. Il est apparu qu'une première étape élémentaire consiste à étudier comment le contrôle conscient permet d'enchaîner mentalement deux stimuli, autrement dit, à étudier le lien entre la conscience et l'application d'une règle élémentaire qui, d'un premier état A, permet de passer à un état B.

Définir ce qu'est une règle est une question philosophique difficile. Deux éléments opposés entrent dans le concept de règle : d'une part une règle peut être un processus général qui s'applique à un certain nombre de cas particuliers ; et d'autre il peut s'agir d'une association arbitraire entre des items. Du point de vue des neurosciences cognitives, le point important est qu'une règle ne peut pas être mise en œuvre par un processeur modulaire autonome. La littérature récente indique plus précisément que le cortex préfrontal a un rôle déterminant dans la découverte et l'application des règles. Aussi, selon le modèle du « global workspace » de la conscience, l'application d'une règle devrait être un processus fondamentalement lié à la conscience.

Nous avons commencé à tester cette hypothèse expérimentalement sur une règle numérique simple liant deux chiffres (« l'amorce » et la « cible »). La connaissance de cette règle permet au sujet d'effectuer une tâche de comparaison numérique sur la cible de manière plus efficace, dans la mesure où une préparation a lieu. En même temps nous incluons certains essais où la cible est une simple répétition de l'amorce, ce qui procure aussi un avantage dans les temps de réactions des sujets. Nous avons donc dans le même contexte expérimental deux situations d'amorçage : le premier est stratégique et requiert probablement la liaison de multiples modules et l'intervention du cortex préfrontal ; le second est un amorçage de répétition de bas niveau. Notre but est de contraster la dynamique temporelle et le lien avec la conscience de ces deux types d'amorçage.

Une première partie de l'expérience portant sur la dynamique temporelle a été réalisée. Les données comportementales montrent que la liaison régulière entre l'amorce et la cible procure un avantage de traitement à partir d'un intervalle entre l'amorce et la cible de 300 ms, et qu'il augmente à mesure que cet intervalle augmente. À l'inverse, la répétition du stimulus procure un avantage constant. Nous avons donc un premier contraste dans la signature temporelle des deux types d'amorçages. Nous testons actuellement le lien avec la conscience. Pour ce faire nous masquons le stimulus amorce dans un certain nombre d'essais. De nombreuses expériences ont déjà montré que le type de masquage utilisé rendait possible des opérations cognitives complexes alors même que les stimuli demeuraient non conscients perceptivement. La prédiction que nous testons maintenant est qu'il est impossible d'avoir un amorçage lié à la règle sur les stimuli masqués, tandis que l'amorçage de répétition est au contraire constant.

Nous prévoyons de raffiner le protocole comportemental (deux ou trois expériences supplémentaires à dix sujets chacune) jusqu'à fin 2002. Une fois les données comportementales recueillies, nous aborderons début 2003 l'étude en IRMf, afin de préciser quelles régions cérébrales sont spécifiquement associées à l'application de la règle. Si le paradigme se révèle productif, il sera également adapté aux potentiels évoqués afin d'étudier l'évolution dynamique de l'application de la règle à l'échelle de la milliseconde.

D. Interactions entre stratégies conscientes et traitement inconscient (L. Naccache)

Dans le cadre de ce projet général qui vise notamment à préciser la dynamique temporelle de la prise de conscience phénoménale, Lionel Naccache, neurologue et docteur en neurosciences (thèse sur les propriétés psychologiques et le substrat cérébral de la perception subliminale des nombres) a récemment mis en évidence dans le laboratoire une couche

de processus cognitifs inconscients sensibles à l'attention temporelle. Très succinctement, un stimulus présenté dans des conditions de masquage visuel qui en préviennent toute perception consciente, n'est à l'origine d'effets d'amorçages sur un stimulus présenté environ 100 ms plus tard dans des conditions qui en autorisent la perception consciente, que si et seulement si le sujet testé a pu orienter son attention vers la brève fenêtre temporelle dans laquelle le stimulus masqué et le stimulus cible apparaissent. En l'absence de cette orientation attentionnelle, on ne retrouve aucun indice comportemental qui témoignerait d'un traitement inconscient du stimulus masqué. Ces résultats contredisent les modèles théoriques traditionnels qui postulent que de tels processus perceptifs inconscients sont par nature automatiques et indépendants des phénomènes attentionnels. Il s'agit là d'un niveau de représentations qui nous intéressent tout particulièrement parce qu'elles permettent de dissocier la notion d'amplification attentionnelle de la notion de prise de conscience. Ces deux processus qui coïncident souvent dans les autres situations expérimentales ou écologiques étudiées ont longtemps été confondus jusqu'à identifier chez certains chercheurs la conscience à l'attention volontaire. Le paradigme élaboré par Lionel Naccache (travail publié en septembre 2002 dans la revue *Psychological Science*) n'a été exploré pour l'instant que d'un point de vue comportemental. Il devrait très prochainement l'adapter à la technique d'enregistrement des potentiels événementiels (ERP), ceci afin d'explorer plus précisément la dynamique temporelle de ce phénomène attentionnel et surtout le destin de ces stimuli en l'absence d'attention temporelle. Ce volet expérimental s'inscrit directement dans notre présent projet parce qu'il s'agit là d'une situation rare de dissociation entre conscience et orientation attentionnelle qui constitue un modèle d'exploration de la dynamique temporelle de phénomènes attentionnels qui n'atteignent pas le niveau de la prise de conscience.

