

VISIONS CROISÉES

MAGAZINE N°7 / PRINTEMPS 2010

CODER ET DÉCODER

De la perception
au cerveau

Ressentir et analyser
Des techniques pour comprendre



SOMMAIRE

- ▶ 3 Vivre en dansant, percevoir en mouvement
- ▶ 5 Les nourrissons reconnaissent-ils les visages ?
- ▶ 7 Voir le cerveau en action
- ▶ 9 Je veux te dire un secret, mais tout le monde m'écoute !...
- ▶ 11 Les yeux dans les joueurs : le numérique invente le futur des retransmissions sportives

EDITO

On entend souvent dire que de nos jours, nous avons à notre disposition tant d'informations qu'il en devient difficile de les organiser, de les trier et d'en extraire du sens. C'est autour de cette problématique de perception, de codage et de décodage de l'information que nous avons organisé ce numéro. Nous avons choisi de commencer notre réflexion à partir d'un texte poétique sur les liens entre danse, mouvement et perception du monde extérieur. Nous poursuivons par une approche neuroscientifique, avec un premier article expliquant comment les nourrissons apprennent à reconnaître les visages, puis avec un second évoquant les techniques d'imagerie cérébrale permettant de voir le cerveau en action. Enfin, nous nous tournerons vers l'informatique, avec un texte introduisant quelques bases de cryptographie, avant de conclure sur la présentation d'un outil étonnant de traitement de l'image, permettant dans une certaine mesure de vivre un évènement sportif à travers les yeux des joueurs. Ceci est d'autant plus d'actualité du fait de la récente retranscription des Jeux Olympiques, et de celle à venir de la prochaine coupe du monde football... Bonne lecture à tous !

Marion Daubignard, pour les moniteurs de l'atelier
CIES - *Visions Croisées*, 2009-2010

agenda

Du 15 au 20 mars 2010
la Semaine du cerveau (voir
programme en dernière page de ce numéro)

Mercredi 17 mars 2010
Nocturne des étudiants au Musée de Grenoble. Soirée où les étudiants peuvent, quelque soit leur formation, présenter une oeuvre de leur choix. Toutes les formes d'expression sont encouragées. Venez voir ces prouesses et participer à une soirée unique.

Mercredi 24 mars à partir de 18h30
Soirée étudiante sur le thème « Le plaisir » au musée dauphinois. Renseignements : www.grenoble-univ.fr/plaisir

Du 5 mars au 30 mai 2010
Exposition « Lire l'impressionnisme, six tableaux, six maîtres » au Musée de Grenoble. Pour comprendre et décoder l'impressionnisme à travers 6 œuvres choisies.

VISIONS CROISÉES

Visions Croisées est édité par le CIES de l'Académie de Grenoble, 701 rue de la Piscine, BP 81, 38 402 St-Martin d'Hères cedex, 04 76 82 76 90
Directeur de la publication : Pierre Thibault, Directeur du CIES
Responsable de la rédaction : Isabelle Le Brun, tutrice de l'atelier
Comité de rédaction : Marion Daubignard, Audrey Maillet, Nicolas Martinelli, Jean-Baptiste Mignardot, Sophie Guicherd et Simon Guidécoq
Contact : visioncroisees@grenoble-univ.fr
Impression : Imprimerie du Pont de Claix
Création graphique : Arrimage
Mise en page : Service communication du pôle *Université de Grenoble*
Crédits photos : Frédéric Chorier, Irène Troprès et Alexandre Krainik (Grenoble-Institut des Neurosciences), Stéphane Thobois (CERMEP), Université Stendhal/Eric Chamberod
Nombre d'exemplaires : 5 000
N°ISSN : 1964-4671
Pour participer aux prochains numéros : www.grenoble-univ.fr/visionscroisees

VIVRE EN DANSANT, PERCEVOIR EN MOUVEMENT

« Le plus grand Phénomène de la Nature, le plus merveilleux, est le Mouvement. » (Pierre Moreau de Maupertuis, *in Essai de Cosmologie*). Le mouvement est rattaché au corps, à la matière, qui se déplace... Ici, a été fait le choix d'analyser la mouvement comme étant directement rattaché à la personne humaine, parce qu'entre personne humaine et mouvement, s'immisce la danse. On ferme un œil, ou deux. On lève un doigt, puis la main, puis un bras entier va initier une giration qui va emmener le corps entier quelque part. La danse est gestuelle, la danse est mouvement. Elle peut aussi parfois être contre-mouvement, à savoir immobilité. Elle sera alors recueillement, ou message. La danse est guidée par son essence même qu'est le mouvement.



Corps et mouvement

Ralliée au corps, la danse sera avant tout motorisée par l'énergie de celui-ci, puisée notamment dans l'intellectualisation de ce qu'est le corps. L'appréhension de sa matière est essentielle à la création de l'énergie qui va engendrer une mouvance donnée.

Le danseur doit nécessairement avoir une conscience fine des éléments qui constituent son support de représentation. L'artiste peintre n'est rien sans sa toile, l'artiste danseur n'est guère plus sans son corps.

Ainsi, le peintre va étudier le grain, la finesse ou l'épaisseur, la texture de son papier, de sa toile. Le danseur, lui, va étudier les matières que constituent son corps : l'eau, les os, les muscles, les nerfs... Et, par suite, le contact de celui-ci avec les éléments extérieurs.

PORTAIT DE L'AUTEUR

Sophie Guicherd, doctorante au laboratoire Droit et sciences de Grenoble, a suivi plus de sept ans d'enseignements en danse classique, modern'jazz, moderne, contemporaine, improvisation et contact improvisation.

sophie.guicherd@yahoo.fr

Cette connaissance du corps va mener à l'accès d'une palette infinie de mouvements, des plus complexes aux plus simples.

La danse à la rencontre du mouvement est finalement l'exploitation, l'exploration de celui-ci.

Le corps support est alors certes, une fabuleuse machine permettant de se mouvoir, d'effectuer des actes de la vie quotidienne. Mais l'art de danser va puiser dans les capacités presque infinies du

Petit jeu Codage, décodage et perception de l'information

Pouvez-vous lire ce qui est écrit dans l'image ci-jointe alors que vous ne voyez que la moitié des lettres ?

Visions Croisées est un
magazine vraiment super !

Visions Croisées est un magazine vraiment super !

corps pour en explorer les recoins, lui faire prendre une forme, puis une autre... lui faire prendre forme, tout simplement.

Le mouvement, déstructuré, restructuré, est un ainsi un outil puissant de libération du corps, permettant aussi d'en apaiser l'esprit.

Esprit et mouvement

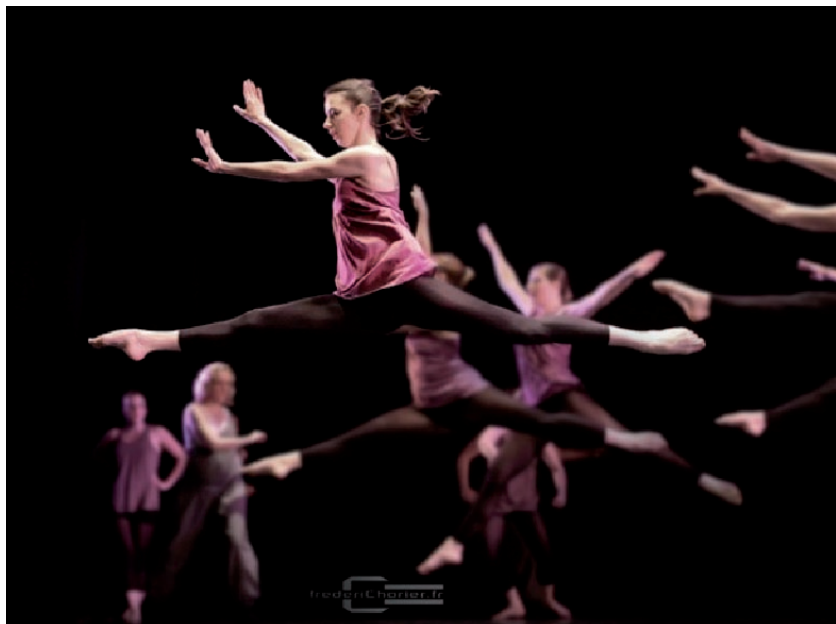
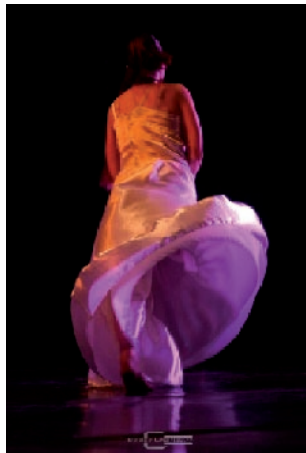
L'intellect dans le mouvement permet de guider ses formes, de chercher les points d'équilibre... mais il permet lui aussi d'accéder à une forme de liberté où le corps n'est plus affecté à des tâches précises et prosaïques, mais où il devient associé à une élévation artistique, qu'elle soit ou non rattachée à un désir de communication à l'autre.

La danse perçue comme thérapie permet d'accéder à un certain bien être à travers sa pratique. Le corps lâche alors certains poids car l'esprit rattaché à lui, s'allège.

Le mouvement ainsi exploré via la danse conduit la personne, notamment en termes d'improvisation, à un certain lâcher prise où le corps devient énergie et où l'esprit y est associé dans la forme.

En dehors de tout but chorégraphique donné, le mouvement est alors plus éloigné de l'intellectualisation obsessionnelle mais aussi de l'émotionnel pur.

Le corps et l'esprit peuvent alors rentrer dans une forme méditative de manière à s'insérer dans une exploration... sans fin.



La perception du mouvement dans l'espace-temps

Le mouvement en danse peut être rattaché à la notion d'infini. Il n'existe en réalité pas de suite de mouvements mais un mouvement seul qui se décline, qui évolue, et s'enchaîne. L'homogénéité ainsi créée fait naître elle-même une composition qui cessera seulement lorsqu'une fin aura été déterminée. Le caractère du mouvement tel que l'on peut le percevoir d'un point de vue holiste procure alors une idée d'unicité qui donne sa cohérence à l'enchaînement. José Gil décrira par ailleurs que : « L'infini

appartient au mouvement dansé, il en est la condition. Il suffit d'imaginer un mouvement en ses deux bouts arrêté, fermé, achevé dans tous ses éléments constitutifs, énergie, vitesse

qualité, pour qu'il cesse d'être dansé. En ces deux bouts arrêté : il se prolonge non seulement à sa fin, mais s'ouvre en deçà de son commencement. » Le mouvement prend aussi corps, philosophiquement parlant, avec la notion d'infini, au-delà de la perception, de l'intellectualisation, et même du domaine sensoriel.

Au final, le mouvement, même dans son application autre qu'à la danse, ne peut être réellement d'essence finie. Lorsque l'on dort, notre corps est en mouvement ; lorsque l'on opère un quelconque geste de la vie de tous les jours, le corps demeure mouvement. Il est aussi ici important de noter que le mouvement peut tromper les sens. Un corps peut être en mouvement sans qu'on ne puisse le voir ni l'entendre. Celui-ci est permanent.

Ainsi, si la danse est mouvement, il est nécessaire de rendre compte que le corps lui-même est mouvement. Et, par extension, corps et danse ne forment qu'un ; corps, danse et mouvement font de même. D'un triptyque évident, naît alors une interdépendance essentielle.

Dès lors, un corps en vie est un corps qui se meut. Seule la mort sera alors capable de ponctuer et de faire que le mouvement cessera d'animer un corps.

Sophie Guicherd

« Un corps en vie est un corps qui se meut »

« Le traitement des visages se développe avec l'expérience »

LES NOURRISSONS RECONNAISSENT-ILS LES VISAGES ?

Lorsque le nouveau-né ouvre les yeux, il va voir un visage. Ceci va se répéter si souvent au cours de la première année de sa vie que l'on peut dire que le visage représente un élément omniprésent de son environnement. Ces visages ne sont pas passifs : ils vont permettre une communication. L'échange de regards entre la mère et son enfant va, par exemple, contribuer à la mise en place du lien parental. L'objectif de cet article est de résumer nos connaissances sur les capacités de traitement et de reconnaissances des visages chez le nourrisson et d'expliquer comment un système adulte va émerger.



Le traitement des visages

Chez l'être humain, le visage est un stimulus socialement signifiant qui permet non seulement de reconnaître les individus, mais également de transmettre des informations sociales, grâce aux expressions faciales, comme la peur, la colère, la joie, la surprise, la tristesse ou le dégoût. Les adultes sont particulièrement efficaces lorsqu'il s'agit de mémoriser un nouveau visage, le reconnaître même si la première rencontre a eu lieu plusieurs années auparavant, ou s'il est vu dans des conditions d'expositions très différentes ou dégradées. Est-on né avec un réseau de neurones spécialisés pour le traitement des visages ? Quand devenons-nous capable d'en reconnaître un en particulier ?

Le développement du traitement des visages

Les visages étant les éléments les plus fréquemment rencontrés durant les premiers jours de vie, il n'est pas déraisonnable de penser qu'ils puissent être préférés à d'autres stimuli visuels. En fait, une préférence systématique pour les visages humains existe chez le nouveau-né. Si l'on présente simultanément deux stimuli visuels à un nourrisson, dont l'un est un visage, et que l'on note le temps passé à regarder l'un ou l'autre, on observera un temps de regard plus long pour le visage.

Ce système ne se limite cependant pas à une orientation préférentielle, il a été montré que le nouveau-né reconnaissait des visages durant la première semaine de vie. La reconnaissance de la mère est particulièrement importante pour le développement de l'attachement et des interactions émotionnelles. Plusieurs études ont permis de montrer que les nouveau-nés de 2-3 jours reconnaissent le visage de leur mère malgré une acuité visuelle relativement limitée. Cette reconnaissance est observée lorsque la mère ne parle pas, ne sourit pas et que les odeurs présentes dans la pièce sont contrôlées. Peu de temps après la naissance, la vision de l'enfant s'améliore : étant de plus en plus éveillé, il va voir plus de visages.

Le rôle de l'expérience dans la représentation des visages

Dans notre laboratoire, nous nous sommes intéressés au rôle de l'expérience dans la représentation des visages, en faisant l'hypothèse qu'elle devait être influencée par ceux majoritairement présents dans l'environnement. Nous avons notamment supposé que cette représentation pouvait être biaisée en faveur de visages féminins, les mères étant habituellement la personne principale qui s'occupe du nourrisson. Nous avons ainsi montré que les nourrissons de trois mois élevés par leur mère préfèrent regarder les visages féminins tandis que ceux élevés par leur père (un groupe rare) regardent plus longtemps les visages masculins. L'expérience avec des visages n'est cependant pas limitée au visage de la mère, car la plupart des enfants vont naître dans des familles où les deux parents sont de même type (Européen, Africain, Asiatique...). Nous nous sommes également intéressés à l'influence de

Les techniques d'études employées

Au cours de la première année de vie, l'absence de langage, l'immaturité du système moteur et le manque d'attention font qu'il est nécessaire d'employer des techniques d'études qui permettent de mesurer de manière indirecte les capacités cognitives du nourrisson.

La préférence visuelle permet de déterminer la préférence spontanée des nouveau-nés ou du nourrisson entre 2 catégories de stimuli. Cette technique consiste à présenter deux stimuli simultanément, et à mesurer le temps passé à regarder l'un ou l'autre des stimuli.

La tâche de familiarisation suivie d'un test de préférence visuelle consiste à présenter au participant un stimulus visuel pendant une période de familiarisation, au cours de laquelle il/elle mémorise, de manière implicite, le stimulus. Une fois le critère de familiarisation atteint, une période sans stimulus commence. Après ce délai variable, on présente simultanément le stimulus familier apparié à un nouveau stimulus, pendant une période de reconnaissance. Pendant le test, on observe généralement un temps de fixation visuelle plus long sur l'un ou l'autre des stimuli. Cette préférence qui est habituellement dirigée vers le stimulus nouveau est interprétée en termes de reconnaissance du stimulus familier.



PORTRAIT DE L'AUTEUR

Olivier Pascalis a fait des études de biologie à Marseille et a obtenu une thèse de Neurosciences en 1993. Après des post-docs aux USA et en Grande-Bretagne, il a créé un laboratoire d'étude du nourrisson en 1998 à Sheffield. Depuis 2009, il est au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (LPNC). Ses recherches portent sur la manière dont le nourrisson apprend et mémorise les informations de son environnement ainsi que sur l'impact de l'expérience environnementale sur le développement du traitement des visages.

olivier.pascalis@upmf-grenoble.fr

l'exposition à un seul type de visage sur le développement de la représentation, en testant la préférence de nourrissons britanniques et chinois de trois mois pour des visages du type de leurs parents ou d'un autre type. Les résultats obtenus montrent que ces derniers préfèrent regarder les visages du type de leurs parents plutôt que les autres visages. L'ensemble de ces résultats démontre que la représentation des visages des nourrissons est influencée par les visages présents dans leur environnement. Qu'en est-il de leur capacité de reconnaissance des visages ?

La reconnaissance des visages

Nelson (2001) propose que le traitement des visages se développe avec l'expérience, un système général qui se spécialise. Ce développement serait comparable au développement du langage. Les nourrissons sont en effet capables de discriminer tous les sons de toutes les langues mais vers l'âge de six mois, ce répertoire se spécialise à la langue que l'enfant perçoit.

Ainsi, nous avons testé la capacité d'enfants âgés de six et neuf mois, ainsi que celles d'adultes, à discriminer des visages d'humains et des visages de macaques. Les résultats obtenus montrent que les nourrissons de six mois discriminent les deux types de visages, tandis que les enfants de neuf mois, comme les adultes, ne reconnaissent que les visages humains.

Nous avons alors cherché à savoir s'il était possible de maintenir un système des visages non spécialisé. Pour ce faire, nous avons exposé des nourrissons de six mois à des visages de singe pendant trois mois. En parallèle, la mère a lu au nourrisson un livre avec des visages de singes deux à trois fois par semaine. Puis nous avons testé avec une tâche de familiarisation, suivie d'un test de préférence visuelle (voir encadré), leur capacité de discrimination à l'âge de neuf mois. Un groupe contrôle n'avait pas reçu d'entraînement. Sans entraînement, les résultats sont les mêmes que précédemment. Les enfants de neuf mois ayant reçu l'entraînement ont quant à eux conservé la capacité à reconnaître les visages de singes, mais le même type d'exposition n'est pas suffisant pour des adultes.

L'hypothèse de contact

Il est également commun d'observer que l'on a des problèmes à discriminer des visages d'un autre type que le nôtre (« Ils sont tous les mêmes »). Une des explications est l'hypothèse de contact, postulant que ce phénomène est la conséquence d'une exposition spécifique à sa catégorie de groupe ethnique. Nous nous sommes intéressés aux capacités de reconnaissances de visages individuels de son type et d'un autre type. Nous avons évalué les capacités de reconnaissance de visages européen, chinois et africain dans une population de nourrissons britanniques. Les résultats obtenus montrent que si les enfants de trois et six mois discriminent au même niveau tous les visages, les enfants de neuf mois ne discriminent plus que les visages européens. Ce résultat étend les données obtenues avec des visages de singes à l'espèce humaine. Les nourrissons se « spécialisent » au cours de la première année de vie pour le traitement des visages les plus présents au sein de leur environnement.

Un outil efficace pour reconnaître les visages

Il a ainsi été montré que le système de traitement des visages évolue très rapidement au cours de la première année de vie et que les nourrissons possèdent un outil efficace qui leur permet de reconnaître des visages individuels. Le développement du traitement des visages commence dès la première semaine de vie. Les nouveau-nés présentent un nombre important de compétences qui sont similaires à celles observées chez l'adulte, mais le système continue à se développer lentement en différentes étapes identifiées au cours de la petite enfance et durant l'enfance. Les visages présents dans l'environnement vont ainsi façonner la représentation des visages du nourrisson et de l'enfant.

Olivier Pascalis

Petit jeu Codage, décodage et perception de l'information

Une phrase dont on change l'ordre des lettres dans un mot est encore lisible :
« On n'a pas besoin de lire les lettres dans l'ordre pour comprendre ce qu'on lit ».

« On n'a pas besoin de lire les lettres dans l'ordre pour comprendre ce qu'on lit »

VOIR LE CERVEAU EN ACTION

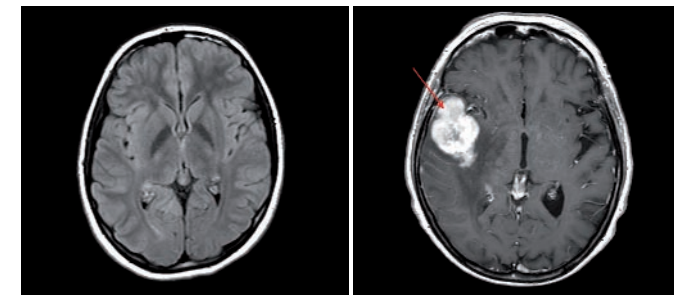
Observer le cerveau en action, guetter ses réactions face à des stimulations diverses, analyser sa façon de coordonner nos mouvements... sont autant de possibilités d'études offertes aujourd'hui par les techniques d'imagerie cérébrale, afin de mieux comprendre le fonctionnement cérébral normal et pathologique. En quoi consistent ces techniques ? Quelles connaissances ont-elles apporté ? Quels sont les enjeux futurs de la recherche en neurosciences ? Voici un petit tour d'horizon sur la question.

Il est loin le temps des seuls examens anatomiques post-mortem réalisés dans le but de confirmer ou d'infirmer le bien fondé d'un diagnostic neurologique... Le développement de nombreuses techniques de neuroimagerie au cours des dernières décennies est intimement lié à l'essor des neurosciences et aux incontestables progrès effectués dans les domaines de la neurologie et de la psychologie. Et pour cause ; la compréhension des mécanismes biologiques à l'origine d'activités cognitives et sensorimotrices normales ou pathologiques repose sur l'étude du fonctionnement du cerveau en temps réel.

Des rayons X à l'IRMf : de l'anatomie au comportement

Jusqu'à la fin des années 70, seules quelques techniques telles que le scanner à rayons X* et la Tomographie par émission de Positons (TEP) étaient utilisées pour étudier l'anatomie et le fonctionnement du cerveau. Or ces deux techniques, du fait de l'utilisation de rayons ionisants, ne peuvent être répétées chez un même sujet. La mise au point de l'Imagerie par Résonance Magnétique nucléaire (IRM)*, exploitant le signal réémis par certains noyaux (et plus particulièrement les noyaux des atomes d'hydrogène des molécules d'eau) lors d'une exposition dans un champ électromagnétique, et étant particulièrement adaptée à la visualisation des tissus mous tel que le cerveau, a révolutionné la médecine au début des années 80.

Ainsi l'IRM anatomique, offrant des images 2D ou 3D du cerveau, est devenue incontournable, en complétant le scanner X pour faire des diagnostics en neurologie et neurochirurgie mais aussi pour réaliser



Coups anatomiques du cerveau d'un sujet sain (à gauche) et d'un patient atteint d'une tumeur (à droite), obtenus par IRM. La tumeur est indiquée par une flèche.

des études neuroanatomiques. L'IRM fonctionnelle (IRMf), apparue dans les années 90, est à présent la technique d'imagerie non invasive la plus utilisée pour observer le cerveau en action. Depuis leurs balbutiements jusqu'à leur utilisation en tant qu'outils de recherche, ces techniques de neuroimagerie voient leurs applications cliniques se multiplier, offrant des perspectives inconcevables il y a encore quelques années.

IRMf et TEP : deux techniques pour observer le cerveau en action

La réalisation d'une tâche spécifique se caractérise par des variations locales de l'activité neuronale dans le cerveau. Pour faire face à l'exigence métabolique accrue de ces neurones, un ajustement du débit sanguin régional est nécessaire. Ceci se traduit par une variation du diamètre des vaisseaux, ou dilatation, suite à l'activité cérébrale (on parle de réponse hémodynamique*). Les neurones activés lors de la tâche reçoivent ainsi une plus grande quantité de sang que ceux au repos, ceci augmentant leur apport en nutriments (glucose) et en oxygène. La détection de ce couplage neuro-vasculaire, en lien avec l'activité considérée, constitue le principe de base de l'IRMf et de la TEP.

Ces signaux n'étant pas observables directement, leur mesure nécessite

GLOSSAIRE

Electroencéphalographie

Technique permettant de mesurer l'activité électrique neuronale à la surface du cerveau à l'aide d'électrodes placées sur le cuir chevelu.

Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire (IRM)

Technique consistant à appliquer des ondes électromagnétiques (longueur d'onde de l'ordre du mètre comme les ondes radio FM) sur une partie du corps et à mesurer le signal réémis par certains noyaux (comme le noyau de l'atome d'hydrogène). Cette technique est particulièrement utilisée pour l'étude des tissus mous, tel que le cerveau.

Magnétoencéphalographie

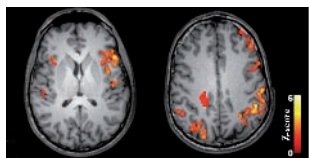
Technique permettant de mesurer les champs magnétiques induits par l'activité électrique neuronale.

Réponse hémodynamique

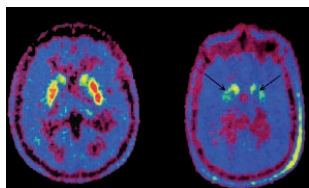
Mécanisme physiologique qui consiste en une augmentation locale du débit sanguin afin de subvenir aux besoins énergétiques des cellules en activité. Il s'agit donc d'une réponse liée aux paramètres dynamiques du sang (vitesse, débit, volume...).

Scanner à rayons X

Technique utilisant les rayons X (longueur d'onde de l'ordre de l'angström, interagissant avec la matière) pour obtenir des clichés anatomiques. Les rayons X sont du même ordre de grandeur que la taille des molécules biochimiques.



Mise en évidence par IRMf des réseaux neuronaux activés lors de la réalisation d'une tâche impliquant la génération de phrases (à gauche) ou la lecture d'un texte (à droite), chez un sujet sain. Le T-score donne une indication statistique (sur une échelle de 0 à 6) quant à la puissance des activations cérébrales représentées sur les coupes horizontales.



Imagerie TEP montrant les différences de métabolisme cérébral entre un sujet sain (à gauche) et un patient parkinsonien (à droite), à l'état de repos. Les régions à fort métabolisme sont colorées en jaune et rouge sur l'image de gauche. Sur l'image de droite, ces mêmes régions (indiquées par des flèches) montrent quant à elles un faible métabolisme. Ceci est caractéristique des dysfonctionnements liés à la maladie de Parkinson.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mazoyer B. (2001) *L'imagerie cérébrale fonctionnelle*. Edition Que sais-je ? Presses Universitaires de France (PUF).

Houdé O., Mazoyer B., Tzourio-Mazoyer N. (2002) *Cerveau et psychologie*. Edition Presses Universitaires de France (PUF).

Numéro spécial Pour la Science (décembre 2005). *Le corps transparent. La nouvelle imagerie médicale*.

PORTRAIT DE L'AUTEUR

Audrey Maillet est doctorante en deuxième année à l'Institut des Neurosciences de Grenoble (Centre de Recherche Inserm U836-UJF-CEA-CHU), dans l'équipe « Dynamique des Réseaux Neuronaux du Mouvement » dirigée par le Dr. Marc Savasta. Ses travaux de thèse, réalisés sous la direction des professeurs Pierre Pollak et Bettina Debû, portent sur l'étude des réseaux neuronaux impliqués dans les troubles de la marche et le freezing dans la maladie de Parkinson.

Audrey.Maillet@e.ujf-grenoble.fr

l'injection d'un traceur radioactif dans le sang (cas de la TEP), ou l'exploitation des propriétés de l'état d'oxygénation de l'hémoglobine du sang (cas de l'IRMf). La TEP rend ainsi compte du métabolisme neuronal par visualisation de la cinétique de désintégration de ce traceur, tandis que l'IRMf détecte les modifications de signaux liés à l'oxygénation du sang en aval des neurones activés. En combinant ces techniques avec des méthodes d'enregistrement instantané de l'activité électrique ou magnétique du cerveau, telles que l'électroencéphalographie (EEG)*, ou encore la magnétoencéphalographie (MEG)*, il est aujourd'hui possible de « voir le cerveau penser et agir » sans pour autant ouvrir le crâne.

Combiner différentes techniques pour explorer le cerveau

La neuroimagerie fonctionnelle consiste à faire effectuer une tâche cognitive, visuelle, motrice ou autre à un individu, puis à détecter et mesurer la variation du signal générée par un marqueur physiologique suite à une activité cérébrale. Grâce à des outils informatiques et mathématiques puissants, il est ensuite possible de retrouver les régions cérébrales activées lors de la réalisation de cette tâche, et de les localiser dans une image anatomique de meilleure définition.

L'association de ces techniques avec des tâches comportementales spécifiques a ainsi permis de cartographier précisément les aires cérébrales impliquées dans diverses fonctions cognitives ou sensorimotrices, telles que le langage, la mémoire, ou encore lors de la préparation à l'action. Ceci a aussi été à l'origine de l'identification des relations existant entre les différentes régions cérébrales impliquées dans ces processus. En visualisant l'ordre d'activation des régions cérébrales, ces techniques ont en effet offert une meilleure compréhension du cheminement et du mode de traitement de l'information dans le cerveau.

La neuroimagerie comme outil de diagnostic

L'imagerie cérébrale est également à

l'origine d'une meilleure compréhension des pathologies neuropsychiatriques et neurodégénératives, apportant des informations utiles aussi bien pour le diagnostic que pour l'optimisation des traitements.

L'imagerie cérébrale anatomique est un outil crucial pour attribuer une cause (tumeur, malformation...) à des maladies neurologiques dont l'explication restait inconnue jusqu'alors. Cette amélioration du diagnostic a facilité à son tour les progrès en neurochirurgie, notamment pour repérer la région cérébrale à l'origine de la maladie, comme dans le cas de l'épilepsie. La neuroimagerie fonctionnelle sert aussi à étudier les modifications d'activité cérébrale (liées à la plasticité du cerveau) relatives à certaines pathologies affectant la cognition (maladie d'Alzheimer, schizophrénie, dépression...) ou encore la motricité (maladie de Parkinson), contribuant de fait à une amélioration de la prise en charge des patients concernés.

Perspectives et enjeux futurs

Une meilleure compréhension du fonctionnement mais aussi des dysfonctionnements du cerveau humain constitue plus que jamais l'un des défis majeurs du XXI^e siècle. Les bénéfices potentiels de ces recherches auront un impact direct dans le domaine de la santé publique dont l'espoir est de pallier un jour l'augmentation croissante de ces affections cérébrales diverses.

L'un des autres défis auquel sont confrontés les neurobiologistes est sans aucun doute d'élucider la manière dont les neurones interagissent dans les processus cognitifs complexes par lesquels il nous est donné d'agir, de prévoir, d'apprendre et de communiquer avec autrui. Une chose est sûre : si les connaissances concernant le cerveau ont beaucoup évolué au cours de ces dernières années, ce dernier est loin d'avoir encore livré tous ses secrets...

Audrey Maillet

« Une meilleure compréhension du fonctionnement du cerveau constitue plus que jamais l'un des défis majeurs du XXI^e siècle. »

JE VEUX TE DIRE UN SECRET, MAIS TOUT LE MONDE M'ÉCOUTE !

Nous avons tous aujourd'hui besoin de communiquer, via différents outils informatiques, que ce soit pour rester en contact avec nos proches ou pour des raisons professionnelles. Comment s'assurer que nos messages les plus importants ne soient pas révélés à tous ceux n'en étant pas destinataires ? Faut-il nécessairement rencontrer nos partenaires ? Utiliser la Poste ? Découvrez ici un des moyens possibles d'atteindre ce but : le protocole d'échange de clé de Diffie-Hellman.

Le développement des outils informatiques a rendu les problèmes liés à la confidentialité de données personnelles omniprésents. Cependant, envoyer un message non chiffré sur le réseau Internet revient à envoyer une lettre via un organisme postal corrompu consultant impunément toute lettre non scellée.

“Chiffrons tous les messages importants”, concluront un peu vite les utilisateurs insouciantes que nous sommes, sans s'apercevoir que ce n'est que partie remise... En effet, chiffrer un message c'est lui appliquer une transformation particulière (voir encadré). Comment diable votre interlocuteur serait-il capable de déchiffrer vos messages sans disposer d'un précédent message expliquant comment déchiffrer, c'est-à-dire lui précisant la clé, qui permettra d'appliquer la transformation inverse de celle que vous avez choisie pour chiffrer votre message ? Nous voilà de retour à la case départ : une rencontre physique ou la confiance en la Poste semblent incontournables à l'établissement d'une clé secrète partagée !

« Envoyer un message non chiffré sur le réseau Internet revient à envoyer une lettre via un organisme postal corrompu consultant impunément toute lettre non scellée »

Alice et Bob veulent partager un secret...

Précisons un peu notre problème en fixant un contexte, en introduisant progressivement tous les outils que les cryptographes Diffie et Hellman ont utilisé pour construire leur solution. Nous allons appeler nos deux protagonistes Alice et Bob. Notre objectif est de déterminer une suite d'échange de messages entre Alice et Bob qui leur permettent d'établir un secret commun, que personne ne soit susceptible de déduire de l'interception des messages qu'ils s'envoient. Pour

simplifier nos exemples, nous allons choisir comme messages directement des nombres (ex.: code ASCII*). Alice et Bob ont à leur disposition une machine à chiffrer qui a des propriétés intéressantes : il faut lui fournir une clé, et un message, et elle calcule le chiffrement du message avec la clé donnée. N'importe quel chiffrement n'est pas intéressant : par exemple, une machine qui ne se sert pas de la clé et écrit juste le message à l'envers ne va pas nous avancer à grand chose. N'importe qui peut s'apercevoir de la supercherie et déchiffrer le message. Que serait alors une machine intéressante ? Nous allons supposer l'existence d'objets

mathématiques sur lesquels reposent l'essentiel de la cryptographie actuellement utilisée. Il s'agit des fonctions à sens unique. Rappelons qu'une fonction est une transformation qui associe, à chaque élément de l'ensemble de départ, un élément dans l'espace d'arrivée, qu'on appelle son image. Le tableau exhibé

dans l'encadré définit par exemple une fonction : à chaque lettre de l'alphabet, il en associe une autre. Dire qu'une fonction est à sens unique, c'est dire qu'il est facile de calculer une image par cette fonction, mais très difficile, étant donné un élément dans l'espace des images, de retrouver de quel élément c'est l'image. Notre machine M, pour qu'elle soit intéressante, doit être une fonction à sens unique de la clé : on ne doit pas pouvoir retrouver une clé à partir d'un message chiffré qui l'a utilisée.

Détail du protocole : quels messages échanger ?

Revenons à nos compères, qui vont tout d'abord se mettre d'accord, publiquement, sur un message commun, par exemple le nombre 7. Ensuite, chacun de son côté

GLOSSAIRE

Code ASCII

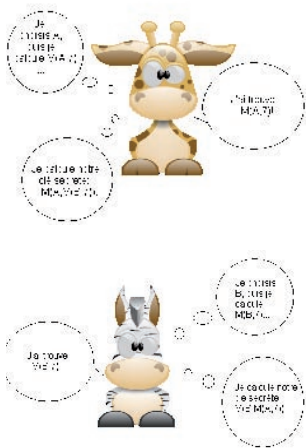
C'est une norme de codage des caractères les plus courants très utilisée. Ce code associe par exemple les lettres 'a' à 'z' aux nombres 97 à 122. ASCII est en fait l'acronyme d'American Standard Code for Information Interchange.

Calculer modulo un entier n

Chaque nombre est représenté par le reste de sa division euclidienne par n. Si n=3 alors 5 est représenté par 2, car 5/3 donne un quotient de 1 et un reste de 2. 2 est également représenté par 2, ainsi que 8. Si n=2, tous les nombres pairs vont être représentés par 0, tous les nombres impairs par 1. L'intérêt d'un tel calcul est de ne retenir des nombres que la propriété qui nous intéresse : le reste de leur division euclidienne par un entier fixé n.

Algorithme

Un algorithme est pour un ordinateur ce qu'une recette de cuisine est pour un cuisinier. C'est la liste des choses qu'il doit faire dans l'ordre précis où elles doivent être faites.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Simon Singh, *Histoire des codes secrets*, Edition Le Livre de Poche.

Portail de la cryptologie sur Wikipedia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Cryptologie>

Pour les lecteurs plus chevronnés : Oded Goldreich, *Foundations of Cryptography*, tome I et II.

10 PORTRAIT DES AUTEURS

Pascal Lafourcade est maître de conférences en Informatique à l'Université Joseph Fourier. Il étudie notamment la sécurité de protocoles cryptographiques et les problématiques liées aux communications sans fil au laboratoire VERIMAG, situé en bordure du campus à Grenoble.

pascal.lafourcade@imag.fr

Marion Daubignard effectue sa thèse dans ce laboratoire.

marion.daubignard@imag.fr

va choisir une clé secrète, un nombre, qui pour Alice sera noté A, et pour Bob B. Chacun de son côté va utiliser la machine M avec sa clé et le message sur lequel ils se sont mis d'accord. La machine va donc rendre un résultat que nous noterons M(A,7) (à lire "machine appliquée avec clé A sur message 7) pour Alice, et M(B,7) pour Bob. Alice et Bob s'échangent maintenant leur résultat sur le réseau.

Cet échange est-il risqué par rapport au caractère secret des clés choisies ? Non, puisque notre machine est une fonction à sens unique des clés. Cependant, que peut faire Alice du message M(B,7) qu'elle vient de recevoir ? Pas grand chose a priori : seul Bob connaît B... Le trait de génie dû à Diffie et Hellman se situe dans la remarque suivante : « Qu'elle fasse ce qu'elle sait faire ! » C'est vrai, la seule chose qu'Alice sait faire, c'est chiffrer avec la clé A en usant de la machine. Elle chiffre donc ce qu'elle vient de recevoir avec la clé A, et obtient M(A,M(B,7)). Bob fait de son côté pareil avec sa clé. Il obtient donc de la machine M(B,M(A,7)).

Peut-on s'arrêter là ?

C'est à ce stade dans les calculs que nos chercheurs ont essayé de justifier l'arrêt des échanges en suggérant qu'il suffisait de trouver une machine pour laquelle $M(A,M(B,7))=M(B,M(A,7))$. Dans le cas d'une telle égalité, on dit que A et B commutent. Cela suffirait à atteindre notre but, qui était l'établissement d'un secret connu d'Alice et Bob seulement alors que toutes leurs communications ont lieu en public. En effet, si cette égalité est vérifiée, chacun des compères a pu créer ce dernier nombre sans divulguer la clé qu'il avait choisie, donc un espion ne disposant d'aucune des clés ne pourrait pas reconstituer ce dernier secret !

L'hypothèse faite que ces nombres coïncident est-elle réaliste ? Vous connaissez tous de telles fonctions : les fonctions puissance. Fixons par exemple qu'Alice choisisse comme clé A=2 et Bob B=3. La machine, étant donné une clé et un message, élève le message à la puissance de la clé. Nous avons donc : $M(A,7)=7^A=7^2=49$, $M(B,7)=7^B=7^3=343$, puis $M(A,M(B,7))=M(A,343)=343^2=117649$, $M(B,M(A,7))=M(B,49)=49^3=117649$. Si le caractère échangeable de A et B est bien ici une réalité, ces transformations ne sont pas satisfaisantes du point de vue de la sécurité : retrouver la puissance à laquelle est élevée un nombre donné est facile en général.

Le fin mot de l'histoire

Cependant, encouragés par ces constats, Diffie et Hellman se mirent à rechercher une machine qui remplisse toutes les conditions nécessaires : être une fonction à sens unique de la clé, et avoir la bonne propriété de commutation par rapport aux clés. Ils n'eurent pas à chercher bien loin : « calculer modulo certains nombres »* bien choisis en plus d'utiliser des fonctions puissances leur sembla, et semble toujours, une solution satisfaisante. Comme souvent en cryptographie, on a dû se satisfaire d'admettre qu'il n'existe pas d'algorithme rapide pour déduire la clé des messages.

Mais gardez-vous bien de croire que le simple fait de pouvoir utiliser des outils cryptographiques puissants vous dispense de prendre vos responsabilités : choisissez un mot de passe évident ou divulguez-le, et la plus intelligente des inventions cryptographiques ne vous sera d'aucun secours !

Pascal Lafourcade
Marion Daubignard

LES YEUX DANS LES JOUEURS : LE NUMÉRIQUE INVENTE LE FUTUR DES RETRANSMISSIONS SPORTIVES

Transformer le monde réel en maquette numérique : c'est le défi que tentent de relever les chercheurs en vision par ordinateur. Arrivant à maturité, leurs technologies touchent aujourd'hui le grand public à travers les retransmissions sportives, pour lesquelles s'ouvre un futur fascinant.

Depuis février 2008, les journalistes de la rédaction football de Canal Plus sont passés à l'ère du numérique. Grâce à leur nouvel outil, baptisé Palette Plus, ils peuvent illustrer et expliquer les actions de jeu au moyen d'annotations qui viennent s'incruster directement dans les images de la rencontre. Ils peuvent aussi obtenir une reconstruction complète en trois dimensions du terrain et des acteurs, ce qui, d'après Cyril Linette, le directeur des sports de la chaîne cryptée, « offre encore la possibilité d'apprécier une action depuis le point de vue de l'un des joueurs ». Alors, vivre une rencontre en direct à travers les yeux d'un joueur, anticipation ou réalité ?

La Vision par Ordinateur : transformer le réel en virtuel

Pour répondre à cette question, disséquons le fonctionnement de la Palette Plus. Derrière cette interface numérique se cache une technologie développée par la société anglaise Red Bee Media. Ancienne filiale de la BBC, Red Bee Media est spécialisée dans l'enrichissement de contenu visuel, tel que le sous-titrage ou le multi fenêtrage. Parmi leurs logiciels, nous trouvons celui qui est au cœur de la Palette Plus : Piero, un système de vision par ordinateur dédié au suivi du mouvement des joueurs et du ballon. Cette action de suivi, effectuée naturellement par le cerveau humain, se

réelles quantifiant un niveau de Rouge, de Vert et de Bleu (le fameux RGB pour Red-Green-Blue). Afin de reconstruire la scène, Piero doit commencer par déterminer la position et l'orientation de chaque caméra par rapport au terrain. Cette étape, dite d'étalonnage, est très bien maîtrisée dans le cas d'une retransmission sportive grâce à la connaissance complète des dimensions du terrain et à des points de repère aisés à identifier automatiquement (lignes de touche ou rond central par exemple). L'information obtenue, appelée homographie de la caméra, permet alors d'effectuer les incrustations directement dans les images filmées. Elle est de plus indispensable pour localiser et suivre les acteurs sur le terrain. Dans cette deuxième étape, dite de suivi, Piero commence par isoler dans l'image les joueurs et le ballon

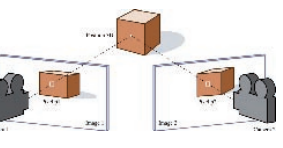
au moyen de techniques de soustraction de fond. Connaissant la position du ballon dans deux images prises par deux caméras différentes ainsi que les homographies de ces deux caméras, le logiciel peut alors calculer précisément sa position dans l'espace ; le procédé est identique pour localiser les joueurs.

La différence entre théorie et pratique

Cependant, les capacités de Piero ne lui permettent pas encore de construire de manière complètement automatique une maquette virtuelle. Certaines ambi-

guités, qui résistent encore aux systèmes de vision par ordinateur actuels, nécessitent une intervention manuelle pour être levées. Ainsi, deux joueurs très proches l'un de l'autre forment souvent un bloc compact difficile à séparer automatiquement. De la même manière, il est parfois

Pour calculer la position en 3 dimensions d'un point, un système typique de Vision par Ordinateur utilise 2 caméras. Cette position est déduite comme suit : on considère la droite formée par le centre de la première caméra et la projection dans l'image associée du point recherché (représenté sur la figure par le pixel p1), puis la droite correspondante formée par la seconde caméra et la projection dans l'image de la caméra 2 (pixel p2). À l'intersection de ces deux droites se trouve la position recherchée.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bruno Raffin et Christian Blonz, (2008). *Grimage : une plate-forme d'interactions 3D sans marqueurs.* - Interstices : http://interstices.info/jcms/c_30408/grimage-une-plate-forme-dinteractions-3d-sans-marqueurs .
- Grimage : <http://grimage.inrialpes.fr/>

Thierry Viéville et Odile Lausecker, (2005). *De la deuxième à la troisième dimension.* Interstices : http://interstices.info/jcms/c_9564/de-la-deuxieme-a-la-troisieme-dimension

Richard Hartley and Andrew Zisserman, (2003). *Multiple View Geometry in computer vision.* Cambridge University Press.

Petits jeux Codage, décodage et perception de l'information

Message à déchiffrer :
DFXWO XBD FIMD !

SALUT LES AMIS !

Chiffrer un message, disons « bonjour », c'est lui appliquer une transformation particulière. On peut choisir de remplacer chaque occurrence d'une lettre par une autre lettre de l'alphabet.

Fixons la substitution suivante pour chiffrer notre message :

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
F	R	U	Z	B	S	J	L	M	Y	C	X	I	E
K	N	A	G	D	O	W	H	V	Q	T	P		

Le chiffrement de « bonjour » est « rkeykwg » : on substitue à chaque lettre son image par la transformation donnée dans le tableau. Sans pouvoir lire de bas en haut ce tableau, le destinataire d'un message doit virtuellement essayer toutes les possibilités de substitution. Il faut connaître la clé, ici la lecture de ce tableau à l'envers, pour être capable de déchiffrer le message efficacement.

PORTRAIT DE L'AUTEUR

Thierry Stein est doctorant dans l'équipe ARTIS (Acquisition, Représentation et Transformations pour l'Image de Synthèse) du laboratoire LJK (CNRS-INRIA-Université de Grenoble). Ses travaux de thèse concernent le rendu narratif, c'est à dire la représentation en images de données temporelles.

thierry.stein@inrialpes.fr

délicat d'identifier le ballon, formé d'un petit tas de quatre ou cinq pixels qui peut se déplacer très vite d'une image à l'autre. Mais surtout, l'obtention des images virtuelles nécessite un modèle 3D complet de chacun des joueurs ainsi que l'intervention d'un graphiste pour venir positionner correctement leurs bras et leurs jambes.

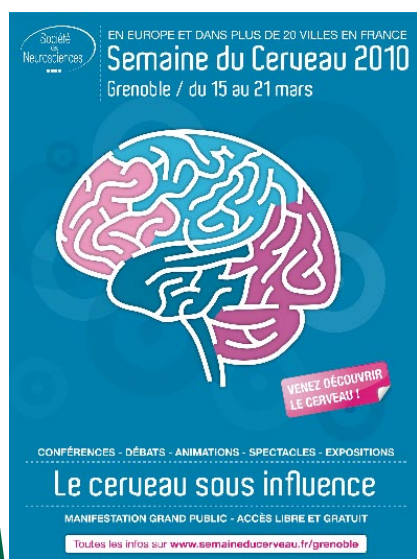
Les grenoblois à la rescousse

Vaincre ces limites actuelles et concrétiser les images futuristes que laissent entrevoir la palette n'a rien d'utopique. Au sein du Centre de Recherche INRIA Rhône-Alpes basé à proximité de Grenoble, des chercheurs parviennent déjà à reconstruire en temps réel un acteur se déplaçant dans un espace de plusieurs mètres carrés cerné par un ensemble de huit caméras. Les techniques mises en jeu sont très similaires à celles utilisées au cinéma pour capturer le mouvement d'un comédien. L'avancée majeure consiste en la disparition complète des capteurs, ces petits cercles blancs disposés sur tout le corps de l'acteur et

qui symbolisent l'image traditionnelle de la capture de mouvement pour le grand public. Aujourd'hui, il suffit que la personne porte des vêtements d'une couleur différente de celle du fond pour pouvoir être entièrement « clonée virtuellement ». Bonne nouvelle, cette demande de couleurs distinctes est aussi une contrainte traditionnelle imposée aux équipementiers pour permettre à la grande majorité du public de distinguer clairement les deux équipes sur le terrain. Ce n'est donc l'affaire que de quelques années avant de voir ces techniques sortir des laboratoires et modifier en profondeur notre manière de vivre une retransmission sportive. En effet, grâce à ces technologies, le réalisateur ne se contentera plus de choisir une image parmi le nombre fini de caméras existantes mais pourra choisir librement en tout point de l'espace le point de vue qu'il souhaite offrir au spectateur. Nous pourrions alors vivre en direct une phase de jeu à travers les yeux des joueurs, amplifiant ainsi les émotions que le sport et sa glorieuse incertitude savent seuls nous faire ressentir.

Thierry Stein

« Vivre une rencontre en direct à travers les yeux d'un joueur : anticipation ou réalité ? »



Lundi 15 mars à 20h au CRDP, 11 avenue du Général Champon à Grenoble - Arrêt Tram A : Albert 1er de Belgique.

Conférence : Hypnose et neurologie : une vieille histoire d'amour

Rencontre le mardi 16 mars à 12h, exposition jusqu'au 6 mai, au Musée grenoblois des sciences médicales à La Tronche - Arrêt Tram B : Michallon. Accès libre les lundis, mardis et mercredis de 9h30 à 11h30 et de 12h30 à 16h30, et les jeudis de 12h30 à 16h30.

Exposition : Parkinson, créativité, dopamine : rencontre avec 13 artistes

Mardi 16 mars à 18h30, Espace Vie Étudiante - Arrêt Tram B ou C : Gabriel Fauré

Café-sciences : Le stress : ami, ennemi ou compagnon ?

Mardi 16 mars à 20h30, Bibliothèque Universitaire des Sciences - Arrêt Tram B ou C : Bibliothèques universitaires

Spectacle : Petite confidance #8

Mercredi 17 mars à 20h45, Mon Ciné (10 avenue Ambroise Croizat à Saint-Martin-d'Hères)

Projection – débat : Comment notre cerveau contrôle-t-il la douleur ?

Jeudi 18 mars à 20h à La Casemate 2 place St Laurent 38 000 Grenoble - 04 76 44 88 80

Soirée : Stups et fiction

Vendredi 19 mars à 20h, Bibliothèque Universitaire des Sciences - Arrêt Tram B ou C : Bibliothèques universitaires

Lecture : Le cerveau se livre : Le syndrome Copernic de Henri Lœvenbruck

Samedi 20 mars à 16h, Grenoble-Institut des Neurosciences (chemin Fortuné Ferrini à La Tronche)

Conférence : Le cerveau imbibé

Du 16 janvier au 29 août, La Casemate (2 place St Laurent à Grenoble). Entrée gratuite à l'exposition du 15 au 21 mars

Exposition : Dopage ? Avez la pilule !

Du 8 au 15 mars, dans le Hall Vercors de l'Hôpital Michallon à La Tronche ; du 15 au 20 mars, à Mon Ciné à Saint-Martin-d'Hères ; le 15 mars, au CRDP à Grenoble, du 16 au 19 mars à la Bibliothèque Universitaire des Sciences ; du 20 au 26 mars au Grenoble – Institut des Neurosciences à La Tronche

Exposition : Images hallucinantes du cerveau

Du 15 au 19 mars pour les primaires, les collèges et les centres de loisirs, le 20 mars de 10h à 12h et de 14h à 16h pour le grand public à La Débrouillothèque (12 rue du 140e R.I.A. à Grenoble)

Animations : Quand le cerveau se débrouille