

FEUX DE CHARBON
ILS EMBRASENT
LA PLANÈTE

MINI-TROU NOIR
RETOUR VERS
LE BIG BANG



**DINOSAURE,
MAMMOUTH,
NEANDERTAL...**

ILS PEUVENT REVIVRE

Le génie génétique au bord de l'exploit



MÉDICAMENTS
VIVE LES EFFETS
SECONDAIRES !

LE CERVEAU
DOPE AUX
ÉLECTROCHOCS



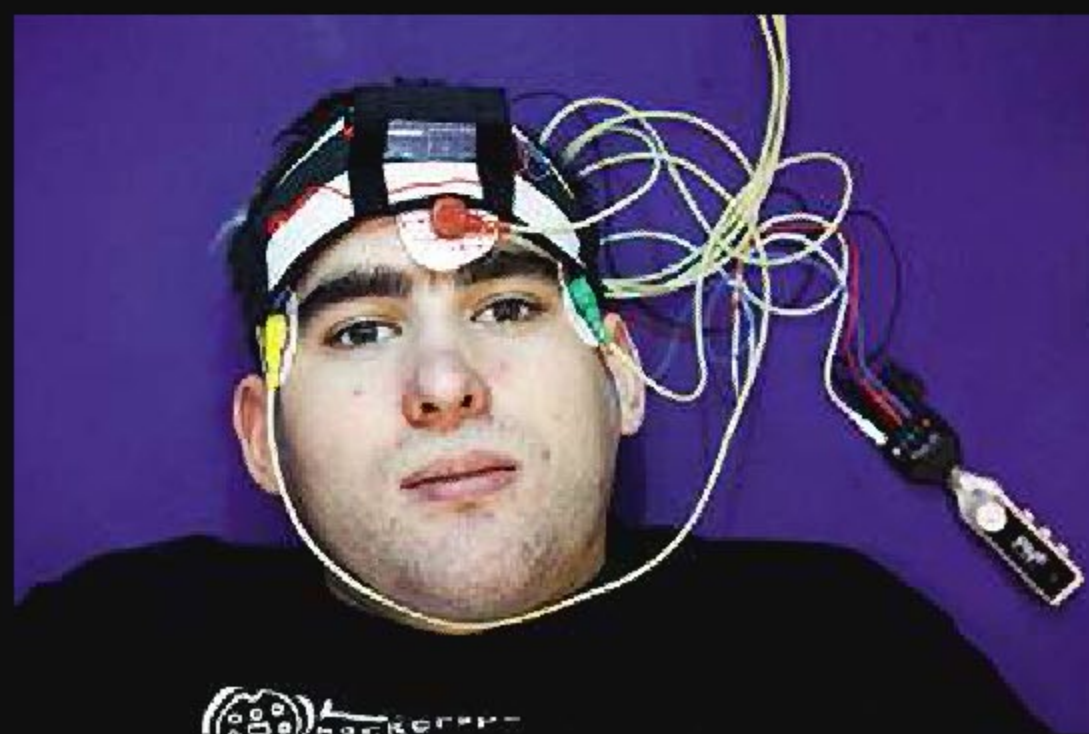
Placer des électrodes sur son crâne et, quelques décharges électriques plus tard, voir ses capacités cérébrales améliorées. Validée par nombre de travaux scientifiques, cette méthode rudimentaire de stimulation ouvre une nouvelle voie : celle du "lifting de la cognition" à la portée de tous.

PAR FRANÇOIS LASSAGNE



CERVEAU

LE DOPER À L'ÉLEC



A. JUNGROVA/PAVLEYE



TRICITÉ DEVIENT TENTANT

▲ Au Brmlab de Prague, Petr Navratil, jeune neurobricoleur de 26 ans, a réalisé sur lui-même une quarantaine d'expériences pour doper ses capacités cognitives !

neurosciences affirme que lors de ses essais, en fonction de l'emplacement des électrodes, l'acuité de sa vue, l'intensité de sa réflexion et sa facilité de lecture se sont améliorées.

Fort de ces résultats, il n'a pas hésité à "équiper" le crâne de certains membres de sa famille souffrant de maux de tête, apposant sur leur scalp les deux électrodes "faites main" reliées au boîtier électronique de son cru. "La douleur disparaît! Ça marche mieux que les médicaments", s'enthousiasme le neurobricoleur.

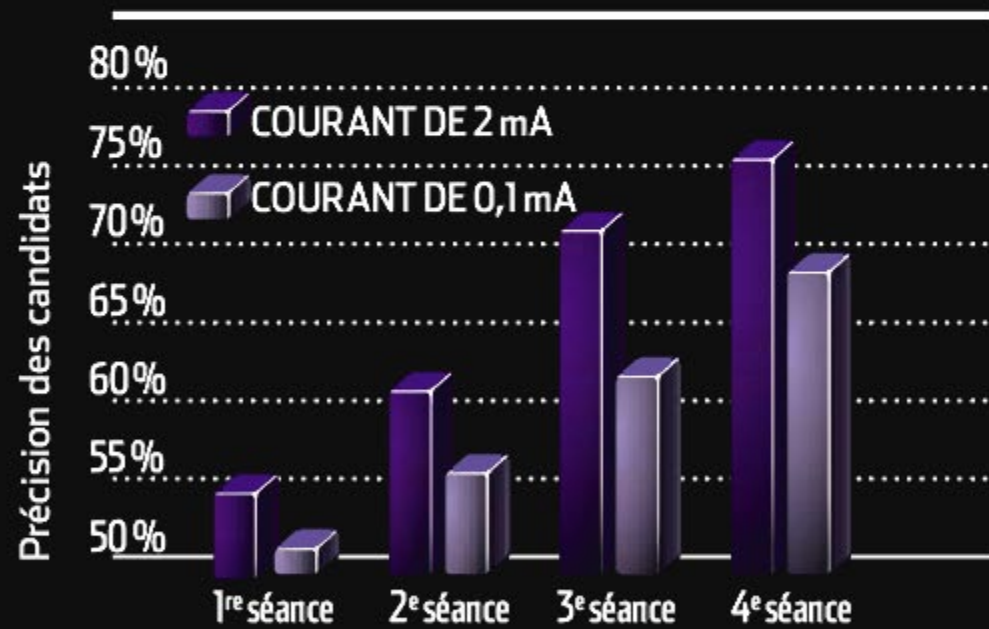
Trop beau pour être vrai? Après presque deux siècles d'essais peu fructueux, l'idée de stimuler le cerveau avec du

AGILITÉ, LOGIQUE, VISION: 3 EXPÉRIENCES CLÉS



La stimulation électrique permet de...

Pour détecter des objets suspects, les candidats stimulés à 2 mA étaient plus performants



SOURCE: MIND RESEARCH NETWORK, ALBUQUERQUE

...mieux distinguer les détails visuels d'une scène

Relever, comme des soldats en zone dangereuse, les détails suspects (bidons abandonnés, silhouettes sur un immeuble) de scène urbaine présentée sur écran... Telle était la mission de la centaine de volontaires de l'expérience menée en 2010 par Vincent

Petr Navratil a 26 ans. Et des idées plein la tête. De drôles d'idées... Car cet étudiant en chimie reconverti dans les neurosciences a pris son cerveau comme cobaye pour des expériences menées de sa propre initiative! Cela se passait au Brmlab de Prague, un lieu d'accueil et d'expérimentation pour passionnés de sciences et techniques, que le jeune homme a rejoint l'an dernier. A l'instar des autres *hackerspaces* ayant essaimé ces dernières années en Europe et aux Etats-Unis, le Brmlab se veut un espace de recherche scientifique amateur. Les règles d'usage, l'accès au matériel, le choix des projets de recherche y sont fixés collectivement, sans lien avec le monde académique. Ainsi, en quelques mois, Petr Navratil a réalisé sur lui-même une quarantaine d'essais d'une technique de modification du fonctionnement cérébral: la stimulation transcrânienne par courant continu – ou tDCS.

UNE SIMPLE PILE DE 9 VOLTS

Derrière ce nom compliqué se cache un équipement en réalité simplissime: une source de courant continu de faible voltage (typiquement, une pile 9 V), un petit montage électronique de régulation du courant, deux électrodes (en pratique, du tissu imprégné d'eau salée) et un bandeau élastique pour plaquer les électrodes sur le crâne. Notre apprenti sorcier en

courant a fini par passer davantage pour du charlatanisme que de la science (voir encadré p. 102). Sauf que les résultats obtenus ces dernières années avec la tDCS, et publiés dans des revues reconnues, rendent les observations du jeune amateur plausibles (voir ci-dessus).

Il prétend avoir amélioré l'intensité de sa réflexion? Richard Chi et Allan Snyder, de l'université de Sydney, ont aussi réussi à doper les performances mathématiques de volontaires engagés dans le cadre d'une expérience aux résultats statistiquement indiscutables, publiée au

mois de février. Le *hacker* pragois assure que les courants qu'il s'applique affinent sa vision? C'est, cette fois, l'équipe de Vincent Clark, de l'université du Nouveau-Mexique, appuyé par le département de recherche de l'armée américaine, qui lui donne raison. Quant au contrôle du mouvement, il est aussi concerné comme l'ont montré, il y a trois ans, Leonardo Cohen et ses collègues de l'Institut national de la santé à Bethesda, aux Etats-Unis.

Reste la stimulation électrique contre les maux de tête: eh bien, elle fait écho aux résultats obtenus en 2006 par l'équipe de

M.KONTENTE - V.P.CLARK ET AL. - L.G.COHEN

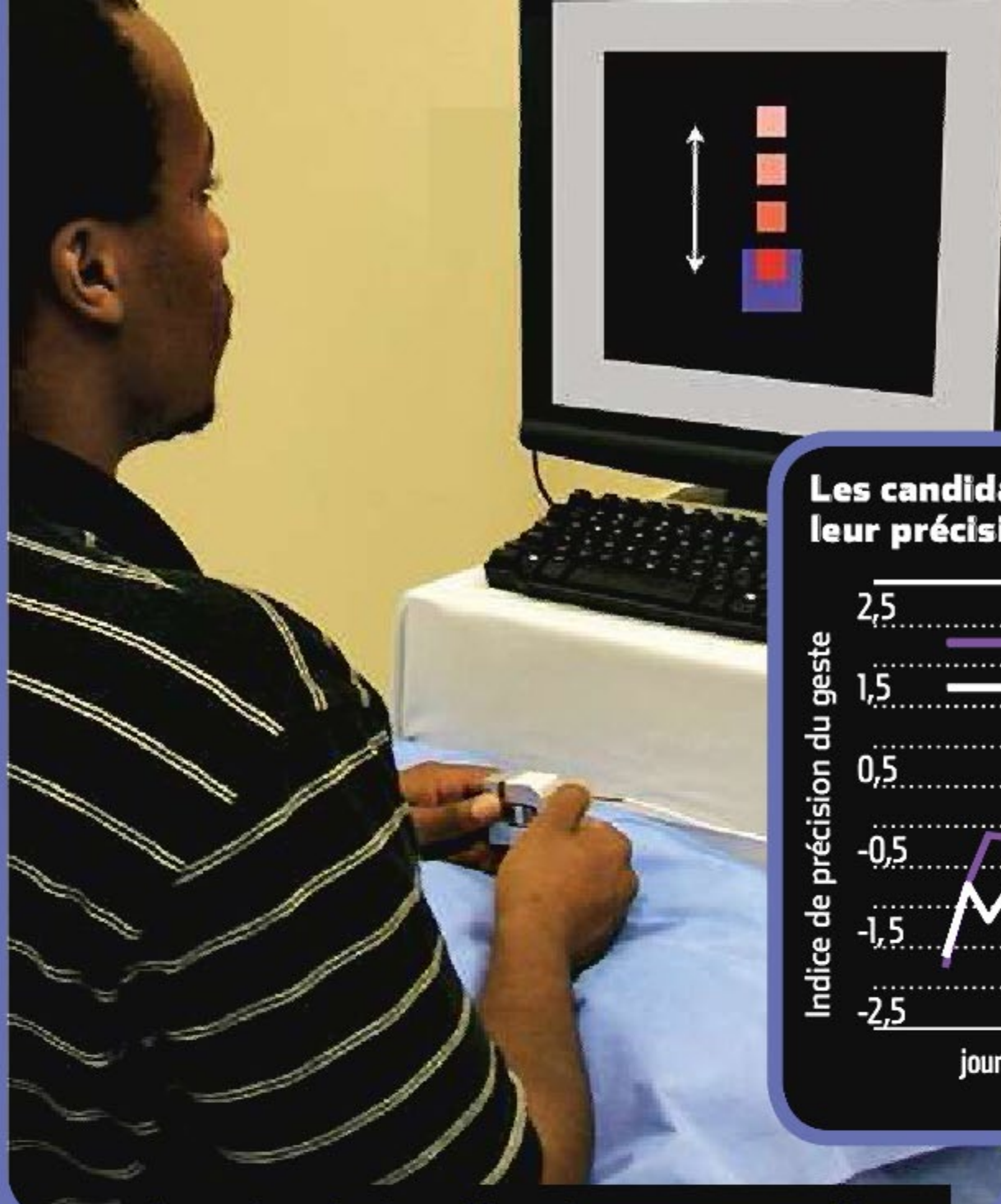


Clark du département de psychologie de l'université du Nouveau-Mexique (Etats-Unis). Les volontaires qui ont reçu du courant de 2 mA ont amélioré de 87 % leur capacité à détecter des détails cachés par rapport à ceux qui ont reçu une stimulation quasi-nulle de 0,1 mA.

Felipe Fregni, chercheur au Centre de stimulation cérébrale non invasive à Boston, auprès de patients souffrant de douleurs musculaires chroniques.

AMÉLIORER L'APPRENTISSAGE

Cette simplissime technique de stimulation du cortex serait-elle donc capable de jouer sur tous les tableaux de la vie cérébrale? On est tenté de le croire à la lecture de publications scientifiques qui rapportent également des effets d'amélioration de la lecture, de la mémoire de travail ou encore de la qualité du sommeil (voir tableau p. 101). Mais comment expliquer →



La stimulation électrique permet d'...

...améliorer la précision de ses mouvements

Agir vite ou agir précisément: tel est le compromis auquel sont soumis tous nos mouvements. En 2009, Janine Reis, de l'Institut national des troubles neurologiques de Bethesda (Etats-Unis), a testé la capacité à allier au mieux vitesse et précision chez 24 volontaires chargés de déplacer un curseur en des

points donnés d'un écran, par simples pressions sur une manette, en un temps limité. La moitié des volontaires recevait une stimulation, l'autre non. Résultats: ceux dont le cerveau était stimulé ont vu leur capacité à allier vitesse et précision s'améliorer plus vite et davantage, sur 5 jours, que les autres.

Les candidats électriquement stimulés améliorent leur précision gestuelle plus rapidement



SOURCE: NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, BETHESDA

La stimulation électrique permet de...

...mieux résoudre des problèmes mathématiques

Le défi: corriger des équations écrites en chiffres romains avec des allumettes. Les soixante volontaires de l'expérience menée cette année par Alan Snyder, du Centre pour l'esprit, à l'université de Sydney, ont dû résoudre une première série de problèmes en transformant un X en V (ici III = IX-I doit devenir III = IV-I). Ils ont ensuite dû résoudre une deuxième série en transformant cette fois un + en = (ici VI = VI + VI doit devenir VI = VI = VI). Sans stimulation, ils n'étaient que 20 % à réussir, contre 60 % après une stimulation.

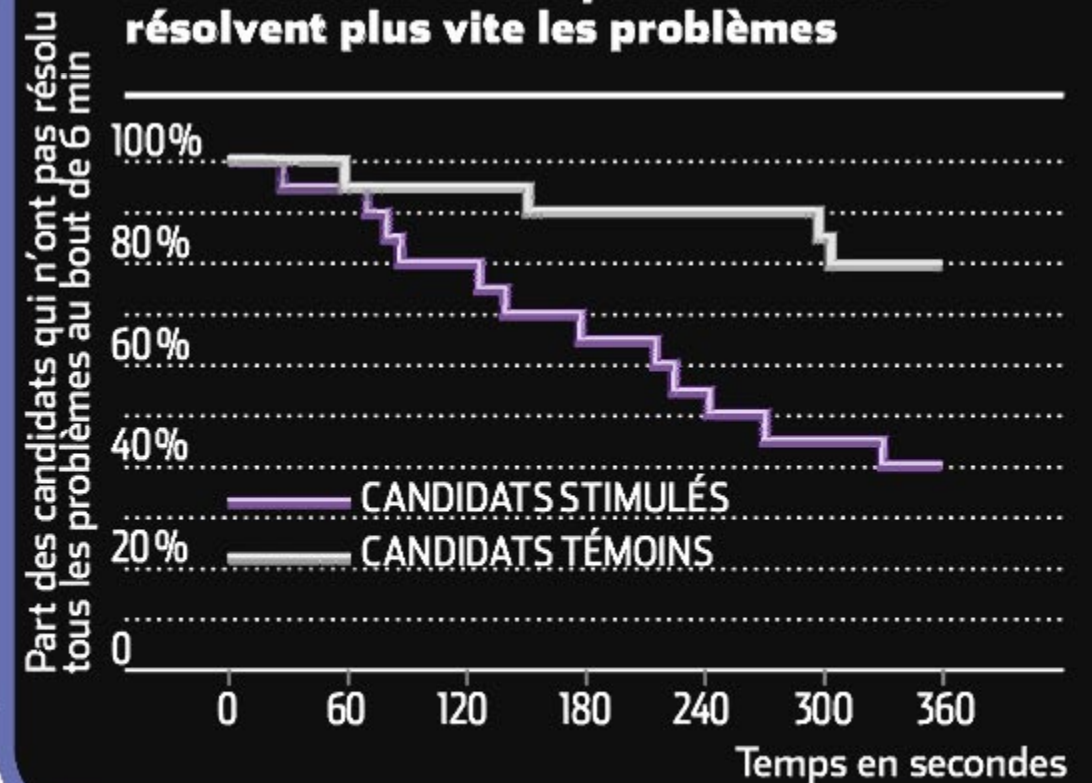
Exercice 1



Exercice 2



Les candidats électriquement stimulés résolvent plus vite les problèmes



SOURCE: CENTRE FOR THE MIND, UNIVERSITY OF SYDNEY

→ qu'on puisse améliorer ses capacités mentales simplement en branchant des électrodes au bon endroit – à l'aplomb du cortex visuel pour la vision, du cortex moteur pour le mouvement, du cortex frontal pour les fonctions cognitives telles la lecture, la mémoire, la logique? En réalité, ce que l'on sait des mécanismes physiologiques induits dans le cerveau par de faibles courants continus semble accréditer l'idée d'une technique de dopage tout terrain.

UN OUTIL ENCORE IMPRÉCIS

En pratique, la tDCS ne provoque aucun comportement nouveau des neurones : elle ne fait que les rendre plus réactifs aux signaux qu'ils échangent entre eux, en modifiant la polarisation électrique de leurs membranes. En clair, elle facilite leur activité. *“La tDCS ne cause rien, explique Jared Horvath, qui donne des cours de tDCS au Centre de stimulation cérébrale non invasive de Boston. Quelle que soit la durée ou l'intensité de la stimulation, la fonction cérébrale visée ne sera améliorée que lors d'exercices portant sur cette capacité précise.”*

Voilà qui ouvre tout de même des perspectives qui, sans surprise, intéressent les militaires. Andy McKinley, du Laboratoire de recherche de l'armée de l'air américaine, le reconnaît : *“La littérature scientifique suggère que la tDCS peut améliorer les capacités telles que l'apprentissage d'une langue, la mémorisation ou la prise de décision, ce qui peut avoir des applications très diverses sur le terrain militaire.”* Michael Weisend, qui a travaillé avec Vincent Clark sur l'amélioration de la capacité à détecter des objets dans une scène, confirme : *“Je crois que la tDCS*

pourrait être utilisée pour améliorer l'apprentissage, en général, dans de nombreuses situations, aussi bien civiles que militaires.”

Reste à savoir comment garantir l'efficacité de la technique pour des tâches aussi variées. Et là... c'est une autre paire de manches.

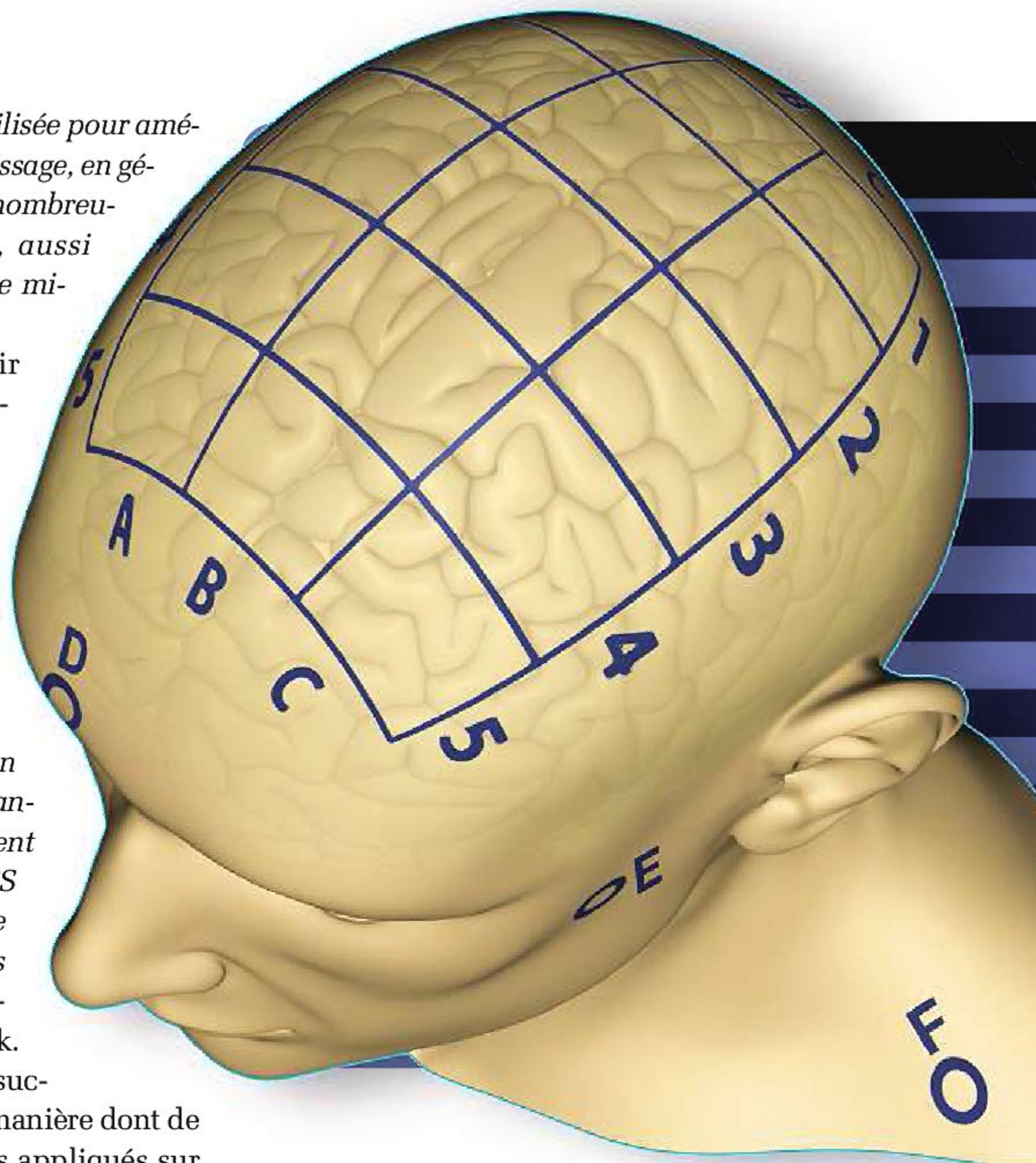
“Nous devons en apprendre davantage sur comment marche la tDCS afin d'en faire un outil plus précis”, tempère Vincent Clark.

Car malgré les succès récents, la manière dont de faibles courants appliqués sur la tête affectent le fonctionnement cérébral reste obscure. *“Les mécanismes physiologiques théoriquement produits sont simples, explique Jean-Pascal Lefaucheur, professeur au service de physiologie de l'hôpital Henri-Mondor. Mais s'il y a vraiment un effet de po-*

LES NEURONES NE FONT RIEN DE NOUVEAU, ILS SONT SEULEMENT PLUS RÉACTIFS

larisation, il reste difficile de déterminer dans quel circuit cérébral et au niveau de quelle électrode l'effet se produira.”

Au moins sait-on qu'une partie des courants délivrés sur le crâne, même faibles (quelques milliampères), circule bien à l'intérieur du cortex. Des mesures l'ont montré, chez l'animal notamment, et des modèles informatiques l'attestent (voir



ci-contre, à droite). Mais les mesures n'ont encore rien dit de l'effet précis des courants sur les réseaux de neurones, et les modèles restent très rudimentaires. La lumière commence tout juste à être faite grâce à quelques rares études donnant à voir le cerveau en action (comme par tomographie à émission de positons, ce qui permet de visualiser l'activité cérébrale en temps réel) avant et après la stimulation électrique. *“Si la tDCS revient aujourd'hui sur le devant de la scène, estime Jared Harvath, c'est parce que nous avons désormais les outils d'imagerie pour étudier précisément ses effets: il était temps de 'retourner vers le passé'.”*

Un retour qui exige cependant une grande prudence dans l'interprétation des expériences. Ce que Chris Chambers, de l'équipe Neurosciences cognitive au

ANODE	CATHODE	CAPACITÉS AMÉLIORÉES
B2	D	Acuité spatiale
C2	D	Apprentissage du langage
C3,C5	D	Mémoire de travail
C4	D	Fluidité verbale
A4	E	Mémoire déclarative
C2	B3	Dénomination d'images
C5	D	Prise de risque
C5	D	Réduction de la dépression
C3,C5	D	Réduction de la douleur
C3,C5	D	Qualité du sommeil
C5	A5	Dépendance à l'alcool
C4	A4	Compétences mathématiques
C5	D	Capacité de planification
C4	A4	Prise de décision
C2	D	Précision des gestes
A5,A1	F	Discrimination visuelle

D'APRÈS M. A. NITSCHKE ET AL., 2008, « TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION: STATE OF THE ART 2008 », BRAIN STIMULATION DOI: 10.1016/J.BRS.2008.06.004

UNE STIMULATION AFFINÉE QUI CIBLE LES CAPACITÉS

La stimulation du cerveau par des courants électriques de quelques milliampères peut améliorer des capacités cérébrales aussi variées que la mémoire, la prise de décision, la précision des gestes... Les expériences menées ces dernières années montrent que l'emplacement des électrodes, positive (anode) et négative (cathode), détermine le type d'effet obtenu.

département de psychologie à l'université de Cardiff, résume: *“Il faut être conscient que l'amélioration d'une capacité donnée peut être due à la somme d'effets, à la hausse ou à la baisse, sur d'autres capacités. Faisons l'hypothèse que la tDCS puisse améliorer quelque chose d'aussi complexe que le ‘raisonnement déductif’. Comment savoir ce qui s'est vraiment passé? Est-ce le niveau d'attention qui a augmenté? La capacité de concentration sur un certain type de problème? Ou autre chose encore?”*

▼ Les courants utilisés sont faibles mais ils traversent le crâne : leur intensité (à g.) et leurs chemins à travers le cerveau (à dr.) se concentrent près des électrodes (carrés rouge et noir de la modélisation au centre) : en rouge, ils sont forts, en vert ils sont plus faibles.

Faire la part des causes de l'influence de la tDCS sur le comportement est une gageure. Pour y faire face, une seule solution: appliquer la plus grande rigueur scientifique. Ce qui explique l'aspect souvent très basique et artificiel des tâches proposées dans les laboratoires, tout comme la définition d'un protocole strict. Ainsi, après quelques années

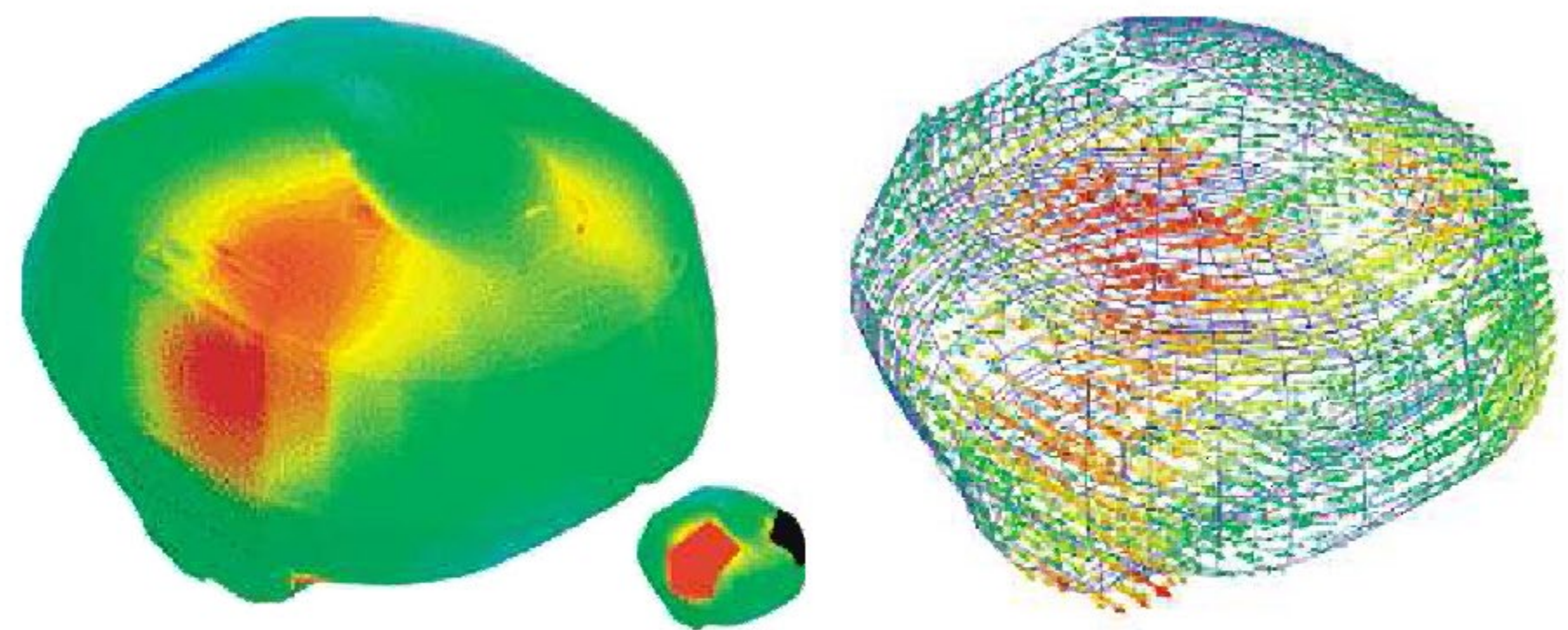
de tâtonnements, les scientifiques s'accordent aujourd'hui sur un ensemble de recommandations sur la gamme des courants appliqués, la nature et le placement des électrodes, ou les durées de la stimulation.

TOUS NEUROBRICOLEURS?

Tout est donc là, à disposition des chercheurs souhaitant tester un nouvel effet ou en confirmer un autre établi au préalable... et à disposition des bricoleurs. Si Petr Navratil, à Prague, a pu s'essayer à la tDCS, c'est tout simplement en piochant dans la littérature scientifique. De même pour Dave Asprey, “serial entrepreneur” de la Silicon Valley qui donne régulièrement des conférences sur l'optimisation individuelle... des électrodes collées aux tempes: *“Je me réjouis du jour où les gens fabriqueront leur propre dispositif de tDCS à la maison. Les gens au ‘soi quantifié’ comme moi [Dave Asprey prétend mesurer*

et ajuster en permanence son temps de sommeil et de nutrition, son rythme cardiaque...] prennent déjà le contrôle de leur santé. Une technique accessible telle que la tDCS fait partie de notre évolution.”

Un discours tonitruant qui ne doit pas occulter une grande diversité d'états d'esprit chez les amateurs inspirés par les mystères du cerveau. Henry Meier, membre d'un espace du même genre que le Brmlab de Prague, en Arizona, nourrit ainsi une ambition autrement plus... raisonnable. *“Nous souhaitons réaliser une recherche crédible, éventuellement à plus grande échelle que dans une université. La simplicité de la tDCS le permet, mais elle peut aussi inciter certains à prendre des succès anecdotiques pour des faits établis, voire à vendre des appareils à des malades désespérés. Quelles que soient les potentialités de la tDCS, nous tenons à ce qu'elles reposent sur des preuves rigoureuses.”* →



200 ANS DE STIMULATIONS

1804 Cinq ans après que le physicien Alessandro Volta a inventé la première pile électrique, le neveu de Luigi Galvani – lui-même pionnier de l'expérimentation électrique sur les animaux – publie un *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. Giovanni Aldini y décrit l'application de courants électriques sur le crâne comme un traitement possible de la mélancolie, des psychoses... et comme une voie possible pour ressusciter les morts.

1938 Le premier traitement par électrochocs (courants forts) d'un patient psychotique

est réalisé par Ugo Cerletti et Lucino Bini à la clinique pour les maladies nerveuses mentales de Rome.

1964 Démonstration sur des rats par des chercheurs du département de physiologie de l'université de Londres que des courants faibles, appliqués directement sur le cerveau, modifient l'excitabilité des neurones.

1975 Des psychiatres de l'université de Californie apportent la preuve, chez l'homme, que les courants faibles

traversent le crâne et affectent l'activité cérébrale.

2000 La tDCS peut moduler l'activité du cortex moteur comme le démontrent des chercheurs du département de neurophysiologie clinique de l'université de Göttingen.

2005 A l'Institut national des troubles et attaques neurologiques de Bethesda, aux Etats-Unis, la preuve est faite que la tDCS peut moduler les fonctions cognitives du cerveau.



→ Une fois les effets de tDCS bien établis, peut-on envisager sereinement un usage amateur? *“La stimulation cérébrale pourrait aider à vivre mieux dans le monde actuel ceux qui ont du mal à apprendre à lire, à se concentrer en classe ou à résoudre des problèmes logiques...”*, fait valoir Vincent Clark.

Sauf qu'il y a des dangers. Au Centre pour le futur de l'humanité de l'université d'Oxford, Anders Sandberg estime que *“si la tDCS semble améliorer la cognition sans risque, on peut aussi craindre qu'elle la mette sens dessus dessous”*. Ne peut-on redouter un phénomène d'accoutumance, des changements durables du métabolisme du cerveau, des migraines chroniques et autres effets encore insoupçonnés par manque de recul? Au-delà du risque

de perturber la cognition elle-même, il ne faudrait pas que *“des ‘ingénieurs-maison’ augmentent l'intensité du courant dans l'idée d'augmenter les effets”*, redoute Jared Horvath. Ce qui serait non seulement inutile – les effets ne sont prouvés que pour des courants faibles –, mais surtout dangereux.

▲ Les travaux de Cerletti et Bini ont ouvert la voie à l'usage des électrochocs dans le traitement des maladies mentales : ici en 1947, dans la clinique du Dr Gaston Ferdière, à Rodez.

Si la tDCS n'a que peu d'effets secondaires connus (maux de tête, irritation, rougeur de la peau, démangeaison... ceux-ci étant loin d'être systématiques), ce n'est qu'à condition d'être employée en respectant les protocoles établis par les établissements de recherche qui y ont recours.

GARE À LA MÉDICALISATION

L'éventuel succès de la tDCS auprès du grand public soulève une autre inquiétude, pointée par le spécialiste de la plasticité cérébrale et de la stimulation non invasive Roy Hamilton, à l'université de Pennsylvanie, aux Etats-Unis. Il appelle ses confrères à réfléchir sérieusement au risque de “médicalisation” des capacités cognitives, conduisant la tDCS à suivre le même chemin que des techniques chirurgicales, passées de la médecine réparatrice à celle du confort et de l'esthétique. La crainte serait alors que le “lifting de la cognition” vienne s'ajouter à celui des peaux vieillissantes. Ou pis : que la possibilité de “doper” facilement des traits de l'esprit humain aussi importants que la mémoire, la prise de décision ou l'humeur modifie en profondeur l'appréciation collective de ce que sont les dons, talents et accomplissements dont les hommes sont capables. Si la course à la performance file aujourd'hui bon train, c'est à grands renforts de substances chimiques, stimulants licites, comme l'alcool, la caféine et les antidépresseurs, ou illicites, comme la cocaïne et les amphétamines. Que la quête éperdue d'individus “surhumains” accélère demain sur un mode électrique, peu cher et facile d'accès, n'est pas forcément une perspective électrisante. ■