

L'utilisation de *smartphones* façonne le traitement cortical de l'information sensorielle tactile provenant de l'extrémité des doigts

Anne-Dominique Gindrat^{1,*}, Magali Chytiris^{1,2,*},
Myriam Balerna^{1,2,*}, Eric M. Rouiller¹, Arko Ghosh²⁻⁴

¹Domaine de physiologie, Fribourg cognition center, département de médecine, université de Fribourg, 5 chemin du Musée, CH-1700 Fribourg, Suisse ;

²Institut de neuroinformatique, université de Zürich et ETH Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, Suisse ;

³Neuroscience center Zürich, Université de Zürich et ETH Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, Suisse ;

⁴Institut de neuroscience cognitive, university college London, 17 Queen Square, Londres, WC1N 3AR, Royaume-Uni.
anne-dominique.gindrat@unifr.ch

Full-text papers at core.ac.uk

La plasticité cérébrale au quotidien

L'architecture de base de notre cerveau n'est pas complètement figée mais peut évoluer dans le temps, par exemple au cours du développement du système nerveux ou, chez l'adulte, pendant les phases d'apprentissage, en fonction du degré d'utilisation des différentes parties du corps. On appelle « plasticité cérébrale par l'usage » la capacité qu'a le cerveau à augmenter sélectivement le traitement de l'information associée à une partie du corps en réponse à une plus grande utilisation de celle-ci [1-3]. Jusqu'à présent, la plasticité cérébrale par l'usage a été mise en évidence dans des situations extrêmes, que ce soit chez des patients ayant perdu une partie du corps après un traumatisme (lésion de la moelle épinière, amputation, membre immobilisé) [4, 5], ou chez des sujets montrant des habiletés extraordinaires nécessitant une utilisation particulièrement intensive d'une partie du corps, comme les sportifs d'élite [6], les aveugles lisant le Braille [7] et les musiciens [8]. Chez les joueurs d'instruments à cordes [8] par exemple, la représentation corticale de la main gauche, occupée à raccourcir la longueur des cordes de l'instrument (ce qui requiert donc une grande dextérité manuelle et une forte stimulation sensorielle), était non seulement plus étendue que celle de la main droite, qui manie si besoin l'archet, mais également plus étendue que celle de la main

gauche chez des sujets contrôlés. Ces exemples de plasticité cérébrale chez des sujets hors du commun conduisent alors à se demander si ce phénomène intervient aussi dans notre vie quotidienne. Les technologies digitales personnelles telles que les téléphones portables avec écran tactile ou *smartphones*, constituent des « supports » de choix pour répondre à cette question. Non seulement ces petits appareils occupent une place prépondérante dans nos vies, mais ils permettent également d'utiliser leur propre technologie pour en suivre l'utilisation faite par leur propriétaire. L'électroencéphalographie (EEG) offre la possibilité d'étudier de manière non invasive, et avec une grande résolution temporelle, l'activité électrique générée par le cortex cérébral. L'étude relatée ici [9] a porté sur l'enregistrement de l'activité corticale par EEG de surface (62 électrodes sur le cuir chevelu) en réponse à des stimulations tactiles très focales (d'une durée de 2 ms, provoquant une légère déformation de la peau) appliquées sur la phalange distale du pouce, de l'index et du majeur droits chez 37 sujets droitiers : 26 possédaient un *smartphone* et 11 un téléphone portable d'ancienne génération, sans écran tactile. Des potentiels évoqués somatosensoriels (PES) ont été obtenus par le moyennage de 1250 stimulations par doigt stimulé.

eric.rouiller@unifr.ch

arko@ini.uzh.ch

*Ces auteurs ont contribué de façon égale

Les technologies digitales personnelles façonnent le traitement de l'information tactile par le cerveau

À notre plus grande surprise, alors que les utilisateurs de *smartphones* interagissaient avec l'écran tactile de leur appareil essentiellement par le pouce, l'amplitude de l'activité corticale en réponse aux stimulations tactiles des extrémités des trois doigts testés s'est avérée statistiquement plus grande chez les utilisateurs de *smartphones* que chez les utilisateurs de téléphones portables d'ancienne génération (Figure 1A). Cette différence s'observait spatialement au niveau des électrodes contralatérales pariétales pour les trois sites de stimulation, bien que plus faible suite à la stimulation du majeur (Figure 1B-C). Grâce à des stimulations tactiles simultanées des extrémités du pouce et de l'index, nous avons aussi démontré que l'augmentation de l'activité cérébrale chez les utilisateurs de *smartphones* ne s'était pas produite aux dépens des interactions inhibitrices [10] entre les doigts, phénomène qui permet d'augmenter la capacité de discrimination tactile.

Restait alors à expliquer l'activité corticale des adeptes du *smartphone*. Pour ce faire, des analyses de régressions multiples ont été réalisées entre l'activité cérébrale moyenne de la popula-

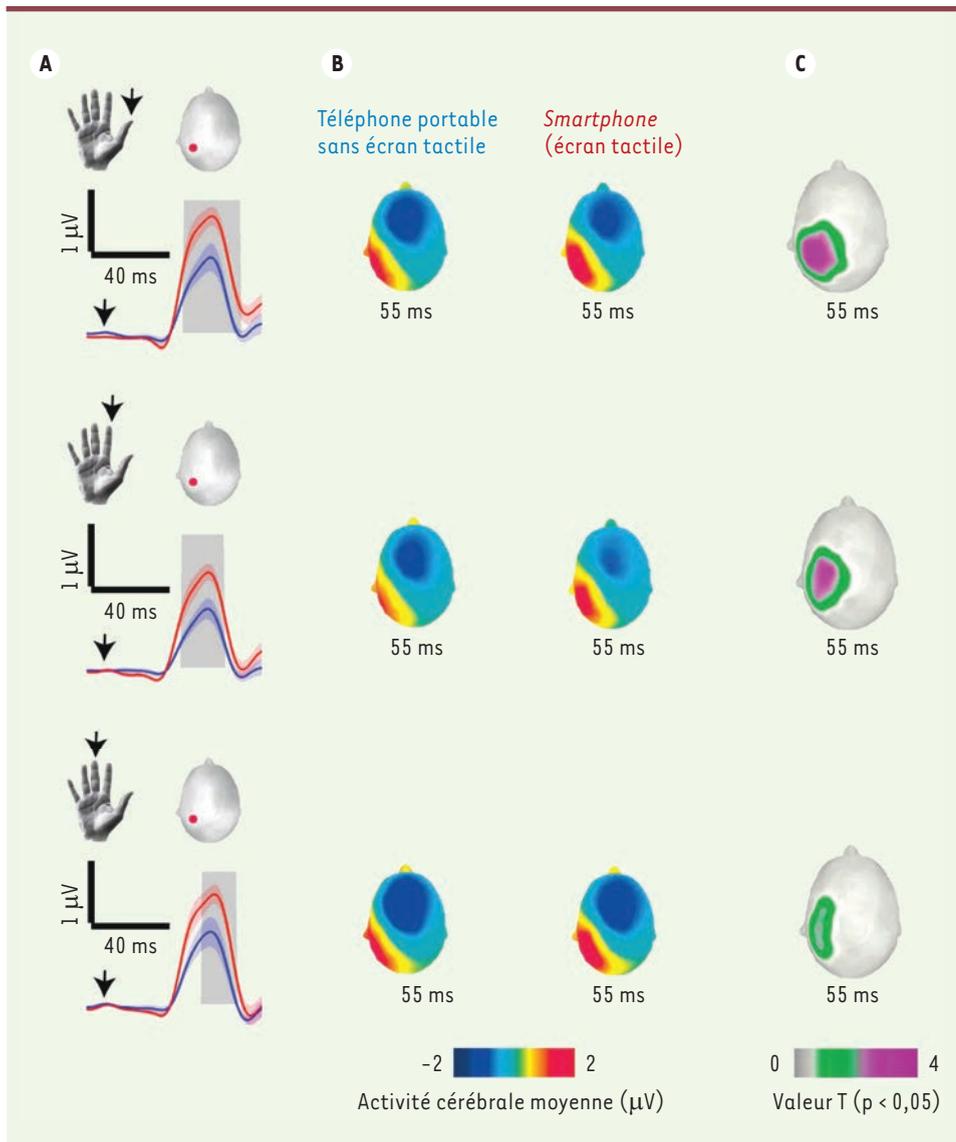


Figure 1. Modification du traitement de l'information tactile des doigts par l'usage de smartphones. **A.** Tracés moyens (traits foncés) des potentiels évoqués somatosensoriels (PES) (référence moyenne) \pm erreur type (zones plus claires) au niveau de chaque groupe de sujets, mesurés sur l'électrode (point rouge) montrant le plus grand PES positif en réponse à la stimulation tactile de la phalange distale du pouce droit (haut), de l'index droit (milieu) et du majeur droit (bas) chez les utilisateurs de smartphones (rouge) et chez les utilisateurs de téléphones portables sans écran tactile (bleu). Le rectangle gris correspond aux latences pour lesquelles il existe une différence statistiquement significative entre les deux groupes de sujets ($p < 0,05$ et $T > 1$, test t à deux échantillons corrigé ensuite pour les comparaisons multiples par un *clustering* spatiotemporel en 2D basé sur 1 000 *bootstraps*). Le début de la stimulation (0 ms) est indiqué par une flèche pointant en direction des tracés. **B.** Cartes correspondantes de la distribution du voltage mesuré sur le cuir chevelu

55 ms après la stimulation chez les utilisateurs de téléphones portables sans écran tactile et chez les utilisateurs de smartphones. **C.** Cartes des valeurs T ($p < 0,05$, corrigées ensuite pour les comparaisons multiples par un *clustering* spatiotemporel en 2D basé sur 1 000 *bootstraps*) indiquant la distribution des électrodes mesurant un signal significativement différent entre les deux groupes de sujets 55 ms après la stimulation (figure et légende reproduites de [9] - © 2015, avec la permission d'Elsevier).

tion d'utilisateurs de smartphones d'une part, et trois variables liées à l'utilisation de ces appareils d'autre part, à savoir l'âge du début de la pratique (inspiré par les résultats obtenus chez les joueurs d'instruments à cordes [8]), l'usage par heure et la durée comprise entre le pic d'utilisation du téléphone et l'acquisition EEG (Figure 2). Ces deux derniers paramètres ont été dérivés directement de l'historique de l'utilisation de la batterie du smartphone pen-

dant les 10 jours précédant l'acquisition EEG (évolution de la décharge de la batterie au cours du temps suivie au moyen d'une application).

Nous avons alors pu montrer que chez les utilisateurs de smartphones, l'activité corticale résultant de la stimulation tactile du pouce et celle liée à la stimulation tactile de l'index étaient directement proportionnelles à l'intensité de l'utilisation du téléphone (usage par heure). Deuxième fait marquant, la réponse à la stimulation

tactile du pouce était sensible aux fluctuations quotidiennes de l'utilisation du smartphone : en effet, plus l'intervalle de temps compris entre l'épisode d'utilisation la plus intense du téléphone et la mesure de l'activité cérébrale en réponse à la stimulation du pouce était court, plus l'activité corticale associée était grande. Étant donné les grandes fluctuations de l'utilisation des smartphones au cours du temps en fonction de notre besoin, l'historique de l'utilisation de ces appareils

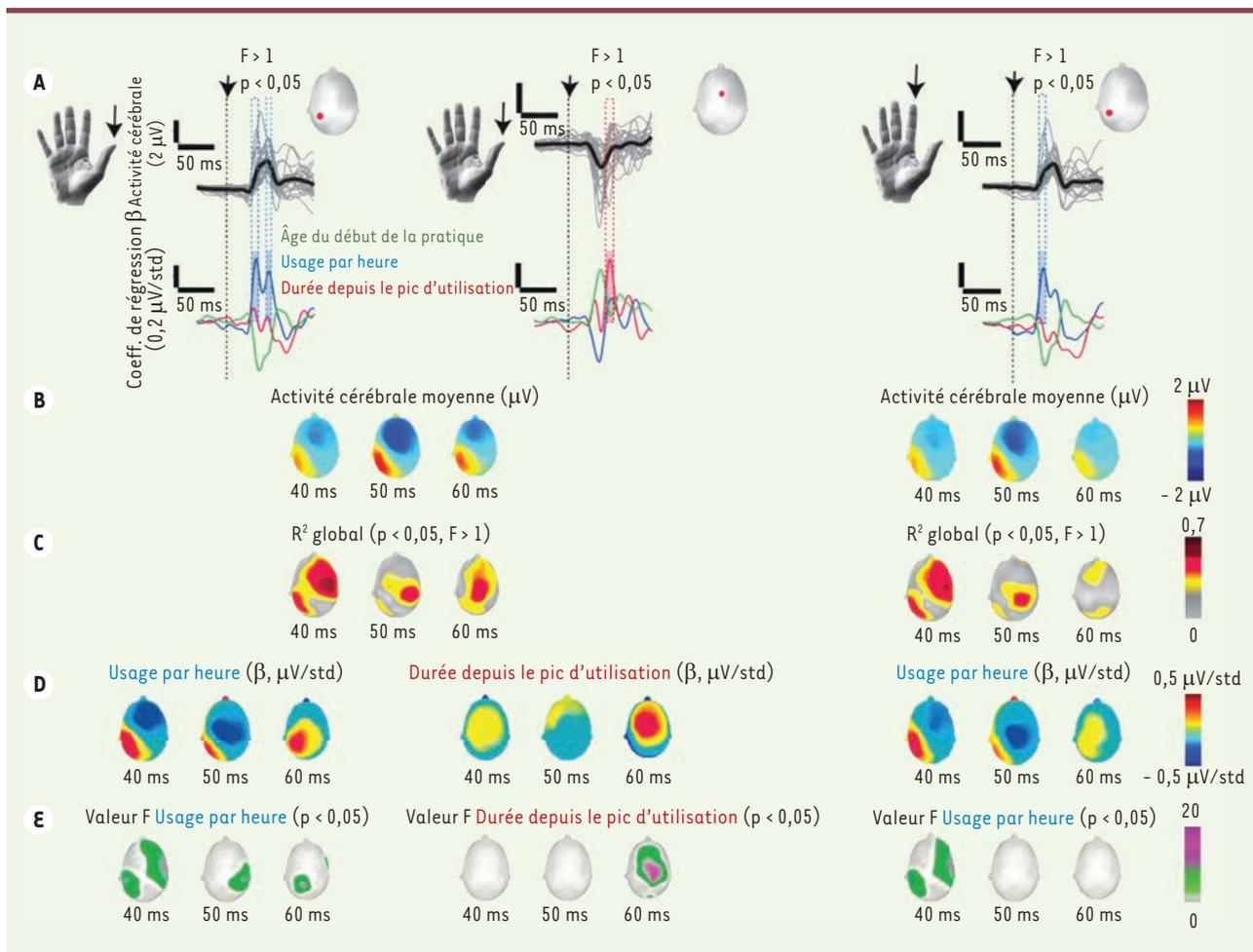


Figure 2. Relation entre les variations interindividuelles de l'activité corticale et l'utilisation des smartphones. **A.** Des analyses de régressions multiples ont été réalisées pour chaque site de stimulation entre les potentiels évoqués somatosensoriels (PES) (haut) et trois variables indépendantes (normalisées Z') liées à l'utilisation des *smartphones* : l'âge du début de la pratique, l'usage par heure (aire sous la courbe) et la durée depuis le pic d'utilisation ($\ln(h)$). Des coefficients de corrélation β (bas) au cours du temps ont ainsi été obtenus pour chaque variable aux deux électrodes (point rouge) montrant le plus grand PES positif, respectivement négatif, en réponse à la stimulation tactile de chacun des trois doigts, mais seules les corrélations statistiquement significatives sont représentées ici. Les PES obtenus chez chaque utilisateur de *smartphones* (référence moyenne) sont représentés par les traits gris et la moyenne obtenue à l'intérieur de ce groupe est illustrée par le trait noir épais (haut). Le début de la stimulation (0 ms) est indiqué par une flèche pointant en direction des tracés. Les rectangles de couleur délimités par les traits pointillés correspondent aux latences auxquelles il existe une corrélation statistiquement significative (coefficients de corrélation β significatifs, $p < 0,05$, régressions corrigées ensuite pour les comparaisons multiples par un *clustering* spatiotemporel en 2D basé sur 1000 *bootstraps*) entre les PES et la variable correspondante (bas). std : écart-type. **B.** Cartes correspondantes de la distribution du voltage mesuré sur le cuir chevelu 40 ms, 50 ms et 60 ms après la stimulation. **C.** Estimation de la validité de l'ajustement correspondant pour le modèle de régression globale (R^2) aux trois mêmes latences que **B.** **D.** Cartes de la distribution sur le cuir chevelu des coefficients de corrélation β aux trois mêmes latences que **B.** **E.** Cartes de la distribution sur le cuir chevelu des valeurs F statistiquement significatives aux trois mêmes latences que **B.** L'usage par heure s'est avéré significativement corrélé aux PES suite à la stimulation tactile du pouce et de l'index sur certaines électrodes, alors que la durée depuis le pic d'utilisation s'est montrée significativement corrélée aux PES suite à la stimulation tactile du pouce sur certaines électrodes (figure et légende reproduites de [9], © 2015, avec la permission d'Elsevier).

basé sur les 10 jours précédant la mesure de l'activité cérébrale reflète l'utilisation à court terme seulement. Malgré cela, la relation linéaire entre l'activité corticale

et les fluctuations journalières de l'utilisation des smartphones suggère qu'un remodelage du cortex a déjà pu se produire pendant cette courte période.

L'augmentation de l'activité corticale chez les utilisateurs de *smartphones* diffère de celle démontrée précédemment chez les joueurs d'instruments à

