رؤى

العلم يستطيع قـراءة الأفـكار[1]

فرانسوا لاساين، وماري كاثرين ميرات،
ورومان إيكونيكوف
ترجمة: د. يوسف تيبس*

حقق علماء الجهاز العصبي إنجازاً عظيماً بعون جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (IRMF)،[2] ونماذج معلوماتية من قبيل ابتكار «أجهزة لفك الشفرات» تقرأ الصور والأصوات المدركة في الدماغ. لذا نتساءل: ألم يعد فك شفرة أسرارنا النفسية، بل وأحلامنا، سوى مسألة وقت؟

من منا لا يعرف اللعبة السحرية التالية: نختار بشكل اعتباطي ورقة الكوتشينة، ننظر إليها دون إظهارها للساحر، ثم نضعها مع باقي الأوراق. يضرب الساحر على مجموع الأوراق، ثم يمعن النظر فينا كما لو كان يقرأ أفكارنا، فيخرج الورقة التي اخترنا من بين الأوراق الأخرى. نذهل، فنصفق جميعاً. لقد وضع العلم هذه الحيلة التي لا تتقادم في المهملات! لا يتعلق الأمر هنا بأي حيلة خفية أو مسكوت عنها: تمكن الباحثون اليوم من معرفة، بل ومن إعادة بناء ما يشاهده المرء؛ سواء أكان ورقة كوتشينة أم صورة أم منظراً... بواسطة ملاحظة ما يحدث في الدماغ فقط. إن ما يرى في ذاته أصبح مرئياً خارج ذاته.

التكنولوجيا الدقيقة

يفضل العلم السحر بالشفافية، لأن سر إنجازه يختصر في أربعة حروف (IRMF – آي آر أم أف) [التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي]، وهي تقنية فرضت نفسها منذ بضع سنوات كأداة نموذجية غير اجتياحية، وغير مؤلمة، لتتبع نشاط الدماغ. المبدأ: يصور «آي آر أم» تدفقات الدم في المناطق الدماغية بمجرد ما تنشط. فالخلايا العصبية تستهلك الأوكسجين بمجرد ما تنشط. يُظهر «آي آر أم» على الشاشة مساهمة مجموعات مختلفة من الخلايا العصبية، عندما نحرك اليد مثلاً... أو نشاهد صورة، بالنسبة لكل وحدة حجم صغيرة من الدماغ – تسمى «الفوكسيل» (Voxel)، نسبة إلى «البكسيل (Pixel) مقياس الحجم». تسمح هذه الآلة الرائعة بمعية تقنيات التحليل الرياضي المتطورة للعلم بخداع الحيل السحرية الأكثر شهرة. لا يكتفي «آي آر أم» بالكشف عن الصورة التي يشاهدها المرء فحسب، بل تمكن أيضا من إعادة تشكيل ما نراه بشكل بعدي على الشاشة. الأدهى من ذلك: عندما نلاحظ ما يحدث في الدماغ أثناء سماعنا للأصوات، يمكن أن نتعرف على أصحاب هذه الأصوات، بل وحتى الأصوات التي يتلفظون بها! تبرهن ثلاث تجارب منذ الآن فصاعداً أن بالإمكان استرجاع ومشاهدة الآثار البصرية والسمعية التي يحدثها العالم الخارجي في أدمغتنا.

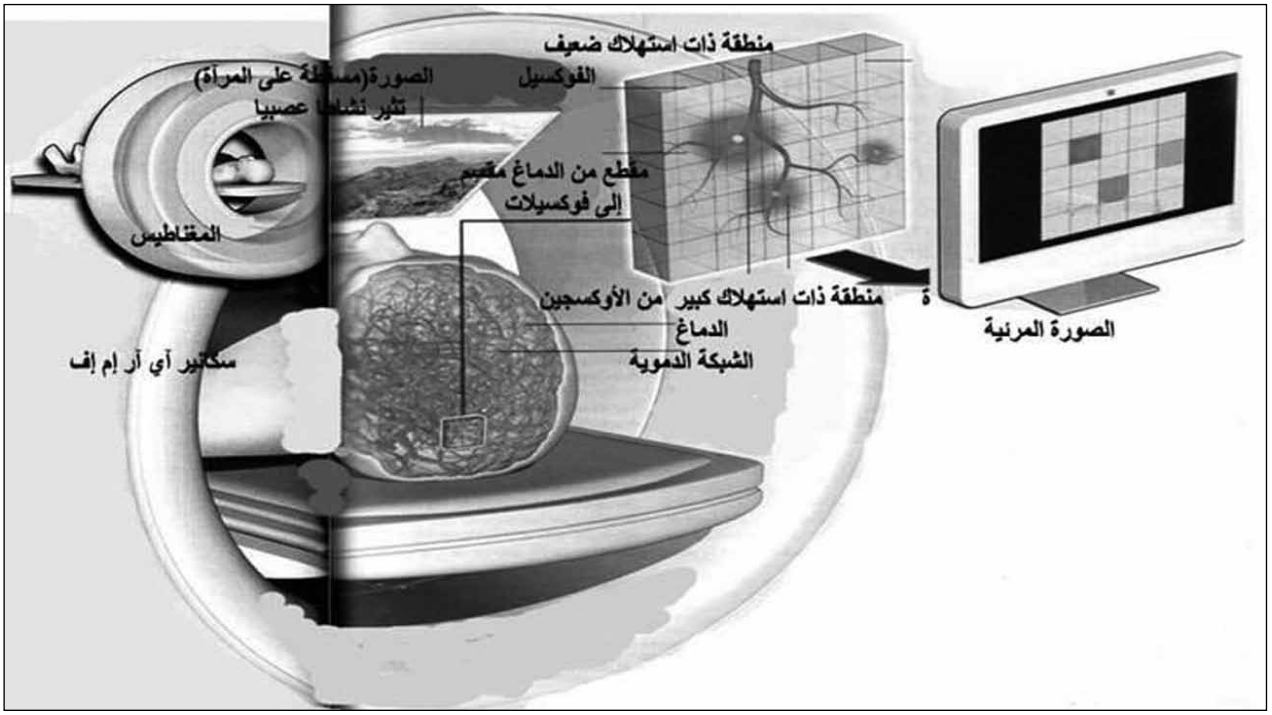
هب أن دماغنا مثل الحاسوب، سيكون الأمر كما لو كان جهاز «آي آر أم» يفتح ملفات الصور والأصوات المخزنة بالقرص الصلب للدماغ. ومعلوم أن هناك ملفات أخرى أهم بالنسبة للاشتغال الجيد للحاسوب من قبيل برامج التشغيل والاستغلال، ... الخ، بيد أن جوهرها يظل لغزاً لا يستطيع جهاز «آي آر أم» معرفته. لسبب وجيه: لا تسمح تقنيات التحليل الرياضي المتوفرة بحل شفرة المعلومة التي تشكل هذه «الملفات» في النشاط الدماغي المسجل. بعبارة أخرى، تبتعد الأفكار التي تتولد في أعماق وجودنا وجوانيته عن العلم، ما يفرض التساؤل حول طبيعة النشاط الدماغي الذي يسجل بواسطة «آي آر أم». هل يمكن الحديث فعلاً عن «فكر» عندما تنطبع صورة أو صوت في دماغنا؟ الجواب: نعم. لأن دماغنا ليس حاسوباً: لا وجود لحدود مادية تفصل «الوحدات المنطقية» المختلفة. ولا شيء يميز في الحقيقة «ملفاته».

« لا يستطيع «آي آر أم» قراءة كل أفكارنا، لكن الطريق أصبح معبداً »

التفكير إدراك

تتعايش الأنشطة الدماغية، إدراكاتنا ومشاعرنا وقراراتنا وأفكارنا . . . دائماً في موضوع يربط بينها: إنه الشبكة الشاسعة لخلايانا العصبية. لذا، فتسجيل ما نراه أو نسمعه لا يعني قراءة كل أفكارنا–لا تزال رغباتنا وقناعاتنا وذكرياتنا إلى حد الآن بعيدة المنال– ومع ذلك يمثل أول وأفضل مدخل إلى مادة أفكارنا. يقول الفيلسوف آلان (Alain): «التفكير إدراك دائم»، وهو إقرار يتقاسمه اليوم مع العديد من الباحثين في العلوم العصبية الذين يعتبرون إدراكاتنا، مثل أفكارنا، ابتكاراً مركباً من خلايانا العصبية، وليس مجرد معلومة خامة يفرضها المحيط وحده . . . «يمكن اعتبار الموضوع المُدرك بواسطة الجهاز البصري وحدة مفهومية مجردة». كما دعا إلى ذلك جون لورونسو (Jean Lorenceau)، مدير الأبحاث بمختبر العلوم العصبية والمعرفية والتصوير الدماغي، مستشفى لابيتيي– صالبيتريير (La Pitié– Salpitriére). أما آلان بيرثوز،[3] أستاذ بالكوليج دوفرانس وأخصائي في العلوم العصبية للإدراك، فنادى بتعميم هذه الفكرة أثناء ندوة سنة 2008، موضوعها: كيفية إدراك الكائنات الحية للعالم قائلاً: «يفرض الدماغ البشري قواعده التأويلية على المعطيات الحسية». محصول القول: إن قراءة صورة أو صوت في الدماغ هو حقاً وضع اليد على تجريد!

هل يمكن أن نذهب أبعد من ذلك فنقرأ أفكار كل شخص كما نقرأ كتاباً مفتوحاً؟ أن نستعيد أحلامنا الليلية عند الاستيقاظ؟ أن نتمكن من سماع «الصوت الخافت» لتأملاتنا بواسطة آلة التسجيل ستيريو؟ إذا كان التخيل سريع الجموح، فإن تقنيات القياس من قبيل النماذج النظرية اللازمة لتصور مثل هذه المرايا السرية يجب أن تبتكر. بيد أن مجرد تصورها، في الوقت الراهن، يحدث الدُّوار. دوار عاشه كل من شارك في التجارب الثلاث التي نقدم سنعرضها الآن.



كيف يقوم «آي آر أم» بمسح أفكارنا؟

تمكن تقنية «آي آر أم» (التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي) من تنشيط جزيئات الهيموجلوبين في الدم بواسطة المغناطيس. فيتعرف جهاز المسح الضوئي «سْكانر» على موقع هذه الجزيئات، فيعرف إن كانت قد تخلت عن الأوكسجين إلى الخلايا المجاورة أم لا. علماً أن مناطق التبادل تترجم نشاطاً عصبياً أكثر كثافة (تثيره مثلاً صورة أو صوت). هكذا يحصل الباحثون على تخطيط للدماغ مقسم إلى «فوكسيلات voxels» (متوسط وحدة حجمها هو 50 مم3) تكون مشتغلة إلى حد ما طبقاً للنشاط الاستقلابي الذي يتم فيها.

وعلى هذا الأساس أنجزت التجارب الثلاث التالية:

التجربة الأولى: يستطيع الباحثون أن يقرأوا في الدماغ الصور التي نشاهد.

تمكن باحثون أميركيون من تحقيق إنجاز عظيم بواسطة «جهاز حل شفرة المعلومة الدماغية» مؤداه: التعرف على صورة، من بين عشرات أُخر، طبعتها قشرة الدماغ على ذاتها. فقد نشرت مجلة الطبيعة (Nature)، عدد آذار 2008، نتائج دراسة شكلت محطة تاريخية لأنها تمثل تدليل عقبة فعلية حققها عالم الأعصاب جاك جالان (Jack Gallant) وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا: فقد توصلوا إلى ابتكار «نموذج لحل شفرة المعلومة الدماغية» مكنهم من التعرف على الصورة التي يشاهدها الفرد من بين عشرات الصور، وذلك باعتماد نشاط الدماغ فقط. لكن ليس أي نوع من الصور! كان أن العلماء يعتقدون إلى حد الآن أن الدماغ لا يتخيل سوى الأشكال البسيطة: الأشكال الهندسية، والجداول، والضامات . . . غير أن جهاز حل الشفرة لفريق كاليفورنيا يستطيع معالجة كل صورة يتلقاها من الواقع: سواء أكان فضاءً حضرياً، أم شجرة مزهرة، أم سيارة أم وجهاً . . . .

الاستنباط الرياضي

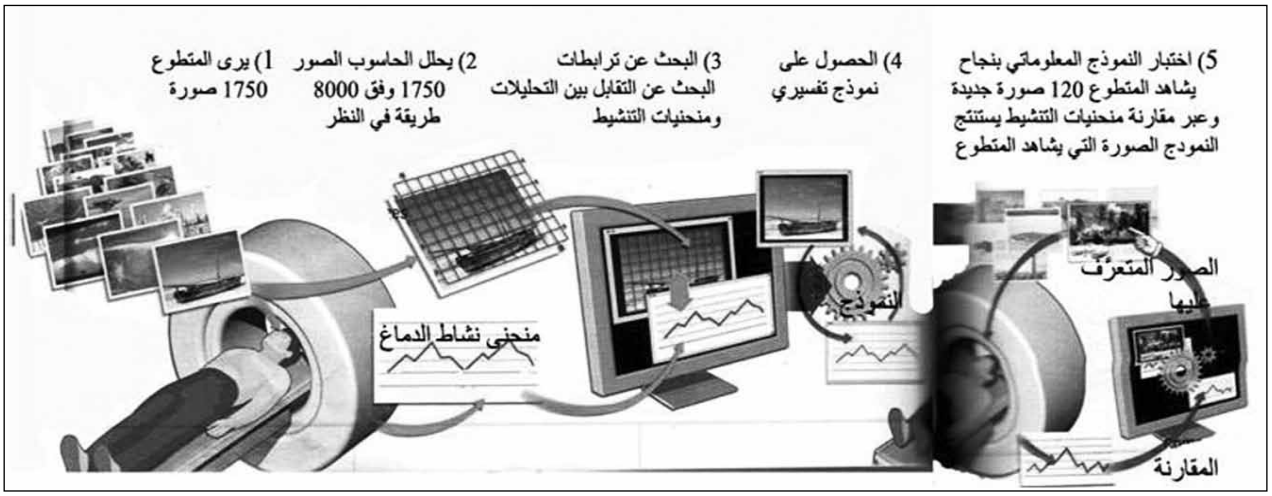
إنه تحدّ لأن صور الفضاءات الطبيعية جد معقدة إلى حد أنه لا يوجد جهاز قادر على إعادة تركيبها انطلاقاً من النشاط الذي تولده في دماغ الفرد الذي يشاهدها. النتيجة: لمعرفة الصور التي يشاهدها المرء، يجب تحديدها، إن لم يستطع إعادة تركيبها، باعتماد بصماتها الدماغية فقط، ما يلزم عنه إمكانية التنبؤ بالنشاط الدماغي الذي يمكن أن ينتجه الفرد عند مشاهدته صورة معينة. كيف ذلك؟ بفضل نموذج رياضي يستطيع قراءة الأفكار «البصرية» عبر الجمع بدقة بين الصورة والبصمات الدماغية. هذا بالضبط ما نجح في القيام به هؤلاء الباحثون من كاليفورنيا.

عملياً، قام الفريق بتحديد الروابط بين الصور الطبيعية وشفرتها في مستوى قشرة الدماغ البصرية، أي جزء الدماغ المنشط تسند إليه معالجة الصور.

قام متطوعان صبوران بمشاهدة مئات الصور (1750 صورة)، مُمَدّدين في سْكانر آي آر أم، بمختبر جامعة كاليفورنيا، تمثل الصور حيوانات ومآثر وشواطئ البحر . . . فأنشأ سْكانير بالنسبة لكل صورة، تخطيطاً للفوكسيلات (وحدة حجم صغيرة يراها آي آر أم) المُنشطة في القشرة الدماغية البصرية للمتطوعين. فيستنبط من هذا التخطيط منحنى تنشيط الدماغ.

تكمن المرحلة الموالية في معرفة علاقة التطابق بين الصور المرئية وفوكسيلات التخطيط. والحال أن الباحثين يعرفون أن كل خلية عصبية في القشرة الدماغية البصرية الأولية، حيث توجد الطبقات الأولى للخلايا العصبية التي تعالج المعلومات الواردة من شبكة العين، تكون حساسة لوضع العناصر (التردد المكاني) وتوجهها وكثافتها الموجودة في الصورة. لذلك راهن جاك جالان وفريقه على إمكانية اعتبار كل فوكسيل خلية عصبية عليا، له المقاييس نفسها. وبهذه الشاكلة قاموا بتفكيك 1750 صورة بعون مجموعة من المصفاوات الرياضية العجيبة -لا تقل عن -8000 تشمل كل واحدة طريقة «لرؤية» صورة بالنظر إلى الوضع والاتجاه والتردد المكاني . . . في النهاية، حصلوا على وصف لكل صورة عبر متوالية طويلة من المقاييس يكفي ربطها بتخطيط الفوكسيل لوضع نموذج تفسيري. يمكننا من استنباط إشارات انطلاقاً من أي صورة ينتجها مبدئياً في الدماغ.

لم يتبق سوى اختبار القدرة التنبئية للنموذج. لذا، أُخضع دماغ المتطوعين من جديد لعملية المسح بسْكانر أثناء مشاهدتهما 120 صورة مختلفة عن تلك التي استعملت في بناء النموذج. الهدف:



مقارنة منحنيات التنشيط المتنبأة من قبل المرء بتلك التي أنتجت النموذج لاستنباط الصورة التي يشاهدها المتطوع في وقت محدد. بعبارة أدق: «يقوم جهاز حل الشفرة بمسح 120 صورة ويتنبأ بمنحنى التنشيط الدماغي، بالنسبة لكل واحدة، الذي يجب أن يتولد حينما تكون مرئية، كما يفسر ذلك جاك جالان؛ ثم يختار الصورة التي يكون نشاطها المتنبئ هو الأقرب من ذلك الذي تم قياسه». فكانت النتيجة كالآتي: بلغت نسبة نجاح التجربة 92% بالنسبة للمتطوع الأول، و72% بالنسبة للثاني! يعود الفرق، حسب الباحثين، إلى عامل التركيز لدى المرء وقدرته على البقاء ساكناً في الجهاز. الواقع أنه إنجاز عظيم.

نسبة النجاح تقارب 90%

يدعي المؤلفون اليوم أن الجهاز أصبح قوياً إلى حد التعرف على الصورة بمعدل واحد على خمسة إذا وسعنا المجال كي يبلغ مليارا من الصور المعروضة في محرك البحث جوجل (Google)! غير أنه كلما زاد خطر عدد الصور، زاد خطر تشابه بعضها. إنها إحدى النقائص الراهنة لجهاز فك الشفرة: إذا تقاربت صورتان بشكل كبير، يمكن أن يختار الجهاز الصورة الخاطئة، لأن منحنيي التنشيط الدماغي متشابهان.

على الرغم من ذلك تمثل التجربة الكاليفورنية مرحلة حاسمة في قدرتنا على استخراج المعلومة التي تنتج خلايانا العصبية، إلى حد تسمح بإعادة التركيب الكامل للصور المرئية، وليس فقط تحديدها، كما يتجرأ بعض الباحثون على تصوره في مجلة الطبيعة؟ «يجب أن نتمكن من قلب النموذج، حسب جان جالان، لأسباب رياضية، ما يضع مشاكل جمة» بالنسبة للصور الطبيعية. لكن بالنسبة للصور البسيطة جداً . . . فقد أضحى الأمر ممكناً!

ماري كاثرين ميرات

التجربة الثانية: يمكن أن نسقط أفكارنا البصرية على الشاشة.

استطاع علماء من اليابان إعادة تركيب صورة من دماغنا على الشاشة انطلاقاً من البصمة (الأثر) الذي تتركه في أدمغتنا. إنه تدليل لعقبة ومع ذلك يشكل مجرد بداية.

لا يتعلق الأمر بالتعرف على الصورة التي نشاهد، بل بإظهارها على الشاشة، وقد تمت إعادة تركيبها بشكل سحري: شهور معدودة بعد إنجاز باحثي كاليفورنيا، تمكن فريق مخبري من علماء الأعصاب الحاسوبي (ATR) في مدينة طوكيو، يقوده يوكيياسو كاميطاني (Yukiyasu Kamitani)، من الدفع بفن قراءة الأفكار خطوة أبعد. المؤدى: إمكانية رؤية يوم ما حقيقة أحلامنا والصور الذهنية التي تحضر في وعينا.

لم يتحقق الأمر بعد، لأن الصور المعاد تركيبها إلى حد الآن من طرف العلماء اليابانيين تقتصر على الأشكال الهندسية، وليست مشاهد من الواقع. لا وجه، أو منظر أو موضوع هنا . . . لكن الإنجاز لا يقل عظمة. لأننا نجد به أشكالاً استذكارية من قبيل الحروف، في حين أن جودة إعادة التركيب تتجاوز كلما تم بلوغه إلى حد الآن.

تبسيط المشكل

لفهم المسألة: يجب أن نعلم أن كل صورة تدخل في حقلنا البصري معقدة إلى حد كبير. وتشفيرها في المخ لا يقل تعقيداً. تتم معالجتها بشبكية العين، ثم تتحول إلى تيار عصبي ينقله العصب إلى مؤخرة الدماغ في مستوى القشرة البصرية، حيث تُحلّل العديد من الباحات المتخصصة الخصائص المختلفة للصورة، إذ بعضها يُعنى باللون والبعض الآخر بالأشكال، والثالث بالحركة . . . وهلم جرا. إن تشفير المعلومة البصرية معقد جداً ولا نعرف عن خباياه إلا القليل. كيف نتصور إذن فك شفرته بشكل نبلغ معه حد إعادة تركيب الصورة قطعة قطعة، انطلاقاً من مسح بسيط للدماغ بواسطة «آي أر أم» فقط. يبدو أن المهمة عسيرة جداً، ما عدا إذا بسطنا المشكل بأن نبدأ بتبسيط الصورة ذاتها، وهي حيلة أعطت أكلها.

بداية ابتكر فريق «إيه تي آر» (ATR) نموذج جهاز لفك الشفرة قادر على تحديد التباينات الموجودة في الصورة بناء على التنشيطات الدماغية المُقاسة بواسطة «آي أر أم». ولهذه الغاية، طلب الباحثون من المتطوعين، الممددين في جوف سْكانر، التركيز على 440 ضامة تتكون كل واحدة من 100 عنصر صغير (أو بقعة) أسود أو أبيض أو رمادي، ما يمكن من تجميع خريطة تنشيط الفوكسيلات المناظرة في القشرة البصرية للمتطوعين بالنسبة لكل واحدة من الصور 440- الفوكسيلات هي أصغر عناصر الدماغ حجماً التي يسجل سْكانر باعتبارها «نشيطة» أو غير «نشيطة». «كان المنطلق هو البحث، بالنسبة لبقعة معينة، عن كيفية تركيب الفوكسيلات، تسمح بالتنبؤ بتباين البقع في الصورة بأعلى درجة من الدقة». كما يوضح ذلك بيرتران ثيريون (Bertrand Thirion) الذي ينجز النوع نفسه من الأبحاث في مركز نوروسبان (NeuroSpin) التابع لـ سي أو إيه، بمدينة ساكلي (Saclay). يبدو الأمر للوهلة الأولى بسيطاً جداً، طالما أن كل الثوابت في هذه المرحلة من التعلم معروفة: نتوفر من جهة على حالة الفوكسيلات، وعلى الصور المترابطة والمحلّلة من طرف الحاسوب من جهة أخرى. علما أن «أصالة النموذج، كما يقول يوكيياسو كاميطاني، تكمن في اعتبار النشاط المتعالق للفوكسيلات المختلفة». تماماً كما هو الشأن في الدماغ، حيث يتم

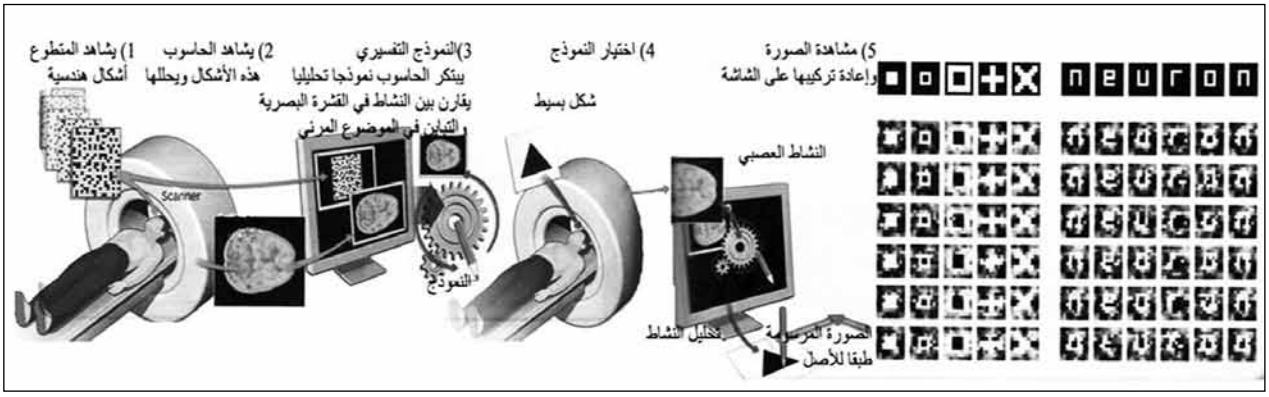
تنشيط الخلايا العصبية بعنصر من الصورة. بعبارة أخرى، يقارب النموذج الفيزيولوجيا العصبية.

استدعاء صورة الحلم

بعد «ضبط» المشفِّر، يقوم الباحثون باختباره: يركز الشخصان موضوع التجربة، وهم ممددون داخل سْكانر، على صورة جديدة، يمكن أن يتعرف عليها المُلاحظ الخارجي: مربع، صليب، حرف . . . فيتمكن المُشفر من قراءة نشاطهما العصبي بدقة، إذ يتجسد الصليب، المربع، الحرف. . . على شاشة حاسوب المختبر.

هل يمكن الدفع بالتجربة إلى الأمام، إذا طلبنا من الشخصين تخيل الصور بدل النظر إليها؟ يجيب يوكيياسو كاميطاني: «نظرياً الأمر ممكن، إذا وجدنا منطقة عصبية تخص الإدراك البصري والتخيل البصري»، تمت المحاولة عملياً . . . ونجح فريق برتران ثيريون في ذلك سنة 2006. بيد أن الصور المتخيلة التي أعيد تركيبها جد أولية- »من قبيل مجموعة من النقط التي سبق أن رأى الشخص من قبل». كما يفسر ذلك الباحث في «سي إي إي».

الواضح أن التغلغل في «قراءة» أفكارنا، يفرض على العلماء التعرف أكثر على الطريقة التي يعيد بها الدماغ خلق الصور المرئية في وعينا. مناط ذلك، حسب دافيد أليسون (David Alleysson)، من مختبر المركز الوطني للبحث العلمي لعلم النفس والمعرفة العصبية في مدينة جرونوبل [فرنسا]، أن 80% من الألياف العصبية التي توجد في القشرة البصرية تصدر عن أجزاء أخرى من الدماغ؛ و20% فقط تنجم عن الصور». يبقى على مشفر الصور الدماغية إذن أن يتعلم لغة هذه 80% من الخلايا العصبية. ومع ذلك فالطريق أصبح معبداً.



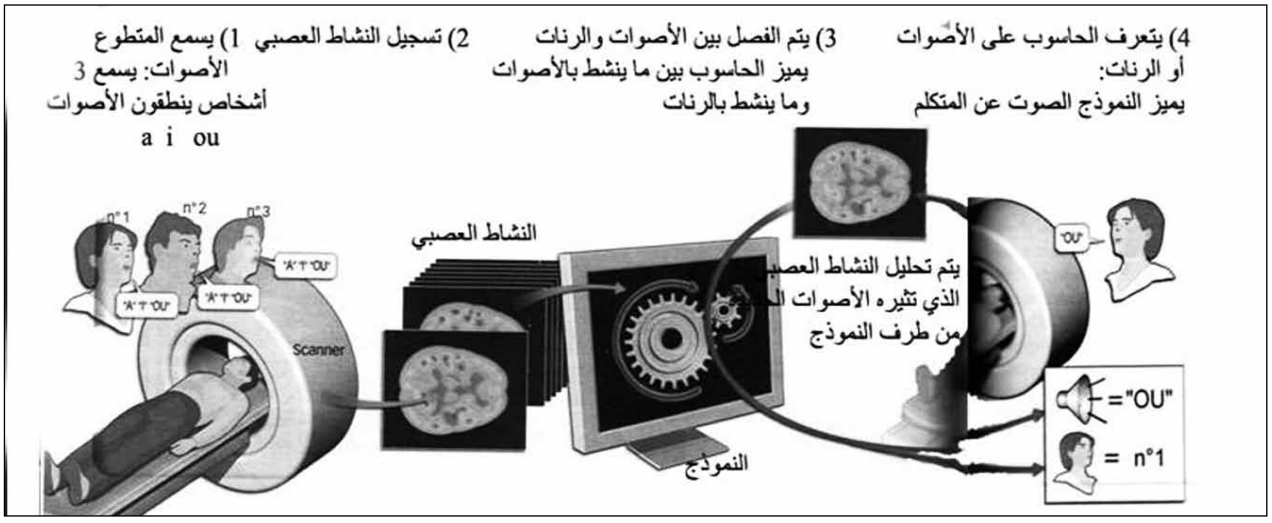
ماري كاثرين ميراث

التجربة الثالثة: اكتشاف الأصوات التي تسمع في القشرة الدماغية

حقق باحثون هولنديون إنجازاً عظيماً: قراءة أفكارنا السمعية بواسطة المشفر الدماغي الذي يستطيع تحديد الآثار التي يتركها الصوت فينا!

«هل تعرفون برامج التعرف على الصوت في الهواتف الخليوية أو الحواسيب؟ تتلخص المرحلة الأولى في تدريب البرنامج على صوتنا. بعد ذلك، يتمكن البرنامج من التعرف على كل ما نقوله. الشيء نفسه نقوم به في هذه الحالة لكن بدل اعتماد الصوت نعتمد النشاط العصبي». هكذا تلخص إيليا فورميسانو (Elia Formisano)، الباحثة في جامعة ماستريخت بالأراضي المنخفضة. لا يمكن تحقيق أفضل مما حققته بمعية فريقها الذي نشرته مجلة العلم (La science)، في عدد تشرين الثاني 2008، لأن الجهاز الذي ابتكروه يستطيع فعلاً أن يقرأ في الدماغ الأصوات التي يتلفظ بها شخص آخر. الأكثر من ذلك: يتمكن من التعرف على المتكلم، انطلاقاً من البصمة الدماغية التي يتركها الصوت في دماغ المستمع. هكذا يستطيع العلم قراءة «الأفكار السمعية» بعد أن تمكن من قراءة «الأفكار البصرية»!

ما سر هذه التجربة؟ يبتدئ كل شيء بجملة تعليمية. طلب الباحثون الهولنديون من سبعة أشخاص، ممددين داخل سْكانر «آي آر أم»، الاستماع إلى الأصوات «أ A» و«آي I» و«أو Ou» -أي الوحدات الصوتية الأكثر استعمالاً في جميع اللغات- منطوقة من طرف ثلاثة أشخاص. فكانت النتيجة كالتالي: كم هائل من المعطيات، أنتجها سْكانر، على شكل خريطة عصبية تظهر باحات القشرة السمعية التي نشّطها كل صوت يتلفظ به كل متكلم على حدة.



يستحيل في هذه المرحلة معرفة البصمة الدماغية للصوت بمعزل عن المتلفظ بها. كما يستحيل معرفة البصمة الدماغية لصوت أي متكلم بمعزل عن الصوت الذي يحدثها. لسبب معقول هو أن البصمات الخاصة بالصوت وتلك الخاصة بالرنات تكون مختلطة.

طور الباحثون نموذج تحليل رياضي من أجل فصلهما. طبقاً لفكرة أن كل جزء صغير من الدماغ المُنشّط أثناء الاستماع (الفوكسيل) يجب أن يحتاز خصوصية، وأن يكون أكثر حساسية لصوت المتكلم منه للصوت المنطوق. عندئذ يمكن إحصائياً أن نُعَلِّم النموذج كيفية التعرف على انتقاء كل فوكسيل على حدة.

فصل الرنات عن الأصوات

كيف ذلك؟ بعد مرحلة التعلم، قسم الباحثون الخرائط العصبية المسجلة إلى «فئتين»، ثم قدموهما إلى النموذج التحليلي. تتشكل الفئة الأولى من التسجيلات التي استمع فيها المتطوعون إلى متكلم واحد يتلفظ بأصوات معينة. في حين تتكون الفئة الثانية من التسجيلات التي استمعوا فيها لعدة متكلمين يتلفظون بالصوت نفسه. فتمكن النموذج من تمييز إحصائي بين كثافات الفوكسيلات، من خلال مقارنة هاتين الفئتين من التسجيلات، إلى حد التعرف على تطابقها انتقائياً مع الرنة أو الصوت.

بقي أن نختبر فعالية النموذج. لأجل ذلك استعمل الفريق تسجيلات دماغية للأشخاص أنفسهم الذين يستمعون للمتكلمين أنفسهم، لكنهم لم يخضعوا لمرحلة التدريب. فماذا كانت النتيجة؟ تمكن النموذج من قراءة الأصوات المنطوقة وهوية المتكلمين معاً في الخرائط الدماغية غير المنشورة بنسبة نجاح بلغت 65%!

لم يقف باحثو ماستريخت عند منتصف الطريق. إذ تساءلوا هل بإمكان النموذج التعرف على الأصوات التي تلفظ بها متكلم آخر. الشيء نفسه، إذا علّمنا النموذج التمييز بين أصوات المتكلمين باعتماد التخطيط الدماغي المطابق مثلاً للصوت (A) فقط، هل سيتمكن من التعرف عليها انطلاقاً من خطاطات الأصوات «I» أو «Ou»؟ فكان الجواب في مستوى تطلعاتهم، إذ بلغت نسبة النجاح ما بين 60 و65%!

بغض النظر عن قدرة الجهاز على قراءة، في الدماغ، من يصدر الصوت، يرى الباحثون في نجاحهم تعليماً غير مسبوق حول اشتغال الدماغ تقول في ذلك إيليا فورميسانو: «يتبين أن أجزاء مختلفة من قشرة الدماغ السمعية متخصصة في تشفير المُصوِّتات وفي تشفير المتكلم». وعليه، يمكن تصور تجارب أكثر طموحاً.

تتلخص المرحلة المقبلة في خلق ظروف أكثر واقعية. لأن المصوتات كانت تنطق، في التجربة السالفة، في مكان صامت. يتساءل الباحثون: «إذا كان هناك دائماً ضجيج حولنا في الحياة الحقيقية، فكيف يشتغل الدماغ ليمكننا من التركيز على كلام شخص واحد ضمن ضجيج منظم؟»، إذا تمكنوا من الإجابة سيكون «محللهم العصبي للصوت والرنة» قد اقترب بشكل مدهش من طريقة الاشتغال الأكثر دقة للسمع البشري. فيبلغ حد فتح أفق جديد من قبيل فك شفرة الاستماع إلى كلمات كاملة في الدماغ، كلمات لم نسمعها فقط بل فكرنا فيها؟ سيبت في ذلك المستقبل، لكن الأمر لم يعد بعيد المنال.

ماري كاثرين ميرات

نحو قارئ عام للأفكار؟

إذا كان «آي آر أم» يستطيع فك شفرة بعض من أفكارنا، فإنه يظل مع ذلك غير دقيق إلى حد كبير عند قراءة أسرارنا النفسية. فهل يتمكن العلم من رفع التحدي؟ لسنا متأكدين.

تكشف المزاوجة بين الحاسوب و«آي آر أم» الحجاب عن أفكارنا البصرية والسمعية بشكل سحري. الأكيد أن هذه الإنجازات تنبئنا بأخريات. فهل معنى ذلك أننا مقبلون على عهد تصير فيه كل أفكارنا في متناول العلم؟ السبيل إلى ذلك هو: وجود سْكانرات الدماغ، بحيث يتم في المحكمة إسقاط ذكريات المتهم على الشاشة، كما يحدث فعلاً في الولايات المتحدة الأمريكية (انظر العدد 1097 من مجلة العلم والحياة). أو أجهزة صغيرة تمكن الفرد من قراءة أحلامه، وأحلام غيره. هكذا تفتح آلة قراءة الأفكار آفاقاً رحبة ومحرجة.

لم نبلغ بعد هذا الحد لأن الطريق طويل جداً قبل أن يتمكن العلم من قراءة أفكارنا الحميمة. للاقتناع يكفي دراسة آلة فك شفرة الدماغ قطعة قطعة كما هي مرسومة فعلاً: تمثل كل واحدة حدوداً هي عوائق أمام مشروع «قارئ عام للأفكار».

أول حد: إشارة بولد (Bold) (Blood oxygen level dependent) الأسلوب الذي يعتمده العلماء لقراءة الأصوات والصور في الدماغ. تقيس هذه الإشارة ارتفاع سيلان الدم الذي يغذي الخلايا العصبية بالأكسجين. ويتم اكتشافه بواسطة «آي آر أم». وعلى الرغم من نجاح هذه التقنية، فإنها لا تزال غير دقيقة. أولاً لأن قياس حجم أصغر عنصر مكون دماغي نتمكن من رؤيته، أعني الفوكسيل، 50 مم3؛ إنه صغير بالفعل، لكنه ضخم بالقياس إلى الخلايا العصبية، إذ يتكون الفوكسيل الواحد من خمسة ملايين خلية، تشكل كل واحدة بدورها عالماً متكاملاً. بعبارة أوضح، يمكن أن يميز البولد شكل مدينة، لكن تنفلت منه تماماً هندستها.

بالإضافة إلى أن البولد لا يمكننا من معرفة إن كان الفوكسيل المنشط (الذي يستهلك الأكسجين) مطلوب من أجل معالجة مهمة معرفية واحدة أو أكثر بشكل متزامن، فبالأحرى أن يعرف طبيعة هذا النشاط: عندما يبلغ تيار عصبي خلية معينة، قد يعني ذلك «تَوقّفْ عن الإرسال» أو «تابع/ استأنف». رسالتان متناقضتان لا يميز بينهما البولد لأن الخلايا العصبية تستهلك القدر نفسه من الأكسجين.

أخيراً، لا يكون البولد دقيقاً إلا إذا قصرنا الدراسة على المهام المعرفية الثانوية (السمع والبصر) التي تحرك الباحات المنفصلة. وهو ما يعرفه جيداً علماء الأعصاب. فسبر أغوار الفكر لا يستوجب قياس استهلاك الخلايا العصبية للأوكسيجين، بل نشاطها الكهروكيميائي الذي يسمح لها بالتواصل فيما بينها: نقل الشحنة الكهربائية إلى سطح الخلايا، تمركز النواقل العصبية . . . بيد أن استنباط كل هذا النشاط من إشارة البولد أشبه بمحاولة تخيل ما يفعله المرء انطلاقاً من وتيرة تنفسه فقط: لا قياساً مع وجود الفارق.

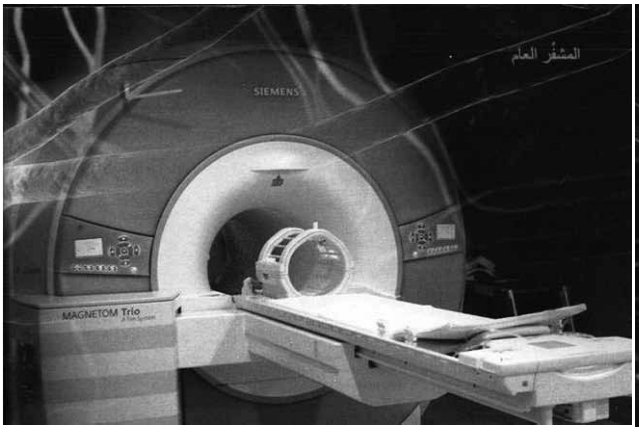
لندع البولد ولنعوضه بالنشاط الكهروكيميائي للخلايا العصبية! توجد فعلاً العديد من التقنيات القادرة على قياسها موضعياً. المشكلة تكمن في ضرورة زرع منافذ كهربائية دقيقة (microélectrodes) في المادة الرمادية. نتيجة ذلك أنه لا يمكن التجريب سوى على أدمغة القردة.

كيفية الولوج إلى الدماغ

هكذا فقياس النشاط الكهربائي للدارة الصغيرة للخلايا العصبية (المسمى حقل القدرة الموضعية) يعاني من عدم الدقة لسبب معقول هو: استمرار الحقول الكهربائية بعد توقف نشاط دارة الخلية العصبية، ما يخلط القياسات بشكل كبير.

لكن هذا لا يمنع من أننا إذا تمكنا من ولوج الإشارات الكهربائية للخلايا العصبية بواسطة تقنية غير اجتياحية قد نحقق قفزة في البحث. والحق أن بريقاً من الأمل يتراءى في الأفق. يكمن أولاً في تطوير «آي آر أم»، وهو ما يعمل عليه دونيس لوبيهان (Denis Le Bihan)، مدير مشروع توروسبين في (CEA)، إذ يقول: «إذا استعملنا سْكانر مزود بقطع مغناطيس تضاعف أو تثلث قوة سكانر الحالي، ستتمكن من تحديد تدفق الجزئيات المساهمة مباشرة في نقل السائل العصبي في زوائد الخلية العصبية والمحاور العصبية». توجد طريقة أخرى:

لا يكفي التعرف على استهلاك الأوكسجين من طرف الخلايا العصبية



جعل النشاط الكهربائي للعصبونات مرئياً عن طريق التلوين. تطبق فعلاً هذه التقنية على الخلايا العصبية المعزولة والمبللة بملونات حساسة للحقل الكهربائي، وهو ما يوضحه أليكساندر بوجي (Alexandre Pauget) من جامعة روشيستر قائلا: «لكننا نسعى في نهاية المطاف إلى تحريض هذه الظاهرة في دماغ حي بواسطة آلية وراثية». سيؤكد المستقبل إن كانت هذه الطرق الواعدة قابلة للتحقق.

وإذا سلمنا بذلك، فهل سيكون «جهاز قراءة كل الأفكار» في المتناول؟ لم ينجز الأمر بعد لأن قطعة أساسية تنقصنا: نموذج معلوماتي قوي قادر على فك شفرة مليارات المعطيات المسجلة في مضمون الفكر من قبيل ذكرى حدث، تعبير عاطفي . . . بيد أن بعض العوائق تبرز هنا لتغلطنا.

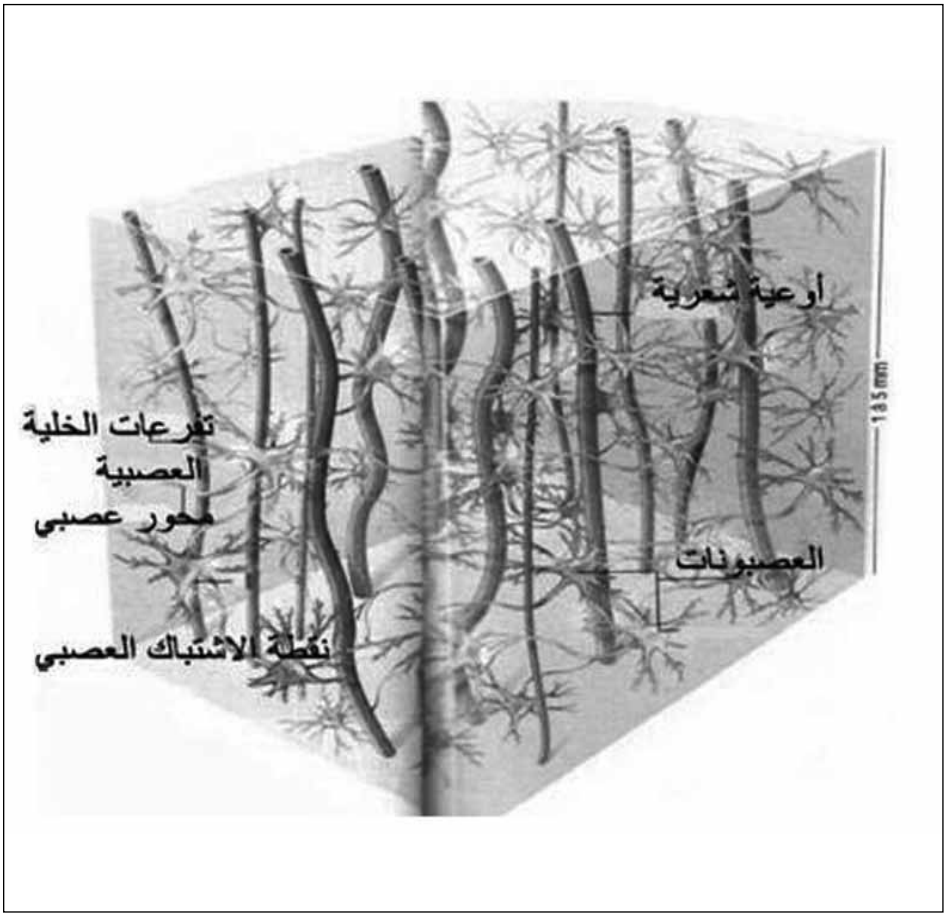
السبيل الأمثل، في هذا المقام، هو تكوين قاعدة هائلة من المعطيات بواسطة التجارب تربط كل نوع من الفكر «بخطاطة» التنشيطات الدماغية، أشبه بمعجم لغوي مزدوج «فكر/ السائل العصبي»، بحيث يلعب الجهاز دور المترجم الآلي. إلا أن هذا وهم! لأن الدماغ سيد التقلب: تتنوع الموضعة الفيزيائية لدارات الخلايا العصبية والطريقة الشاملة لتوليد الفكر بشكل كبير حسب الأفراد، وبالتالي فإن الجهاز الذي يقرأ فكر شخص ما قد يفشل في ذلك مع شخص آخر. ناهيك عن أن الفكر لا يتكرر في نفس «الحالة النفسية»، ما يستعصي على كل آلة مصنوعة «تحت الطلب» . . . لندع إذن المترجم الآلي للأفكار.

الرهان هو استخراج الأفكار من محيط التقلبات العصبية

الحل؟ اختراع برنام (Logiciel) يستخرج الأفكار الكامنة في هذا المحيط من التقلبات ومن الضجيج غير المتمايز الحاضر في الخلفية.

والحال أن مثل هذه الآلة القادرة على تحقيق هذا الإنجاز موجودة فعلاً: إنه الدماغ نفسه! لذا على جهاز فك الشفرة العام أن يستلهم، حسب الباحثين، من الدماغ. وهو ما يوضحه بيير جاكوب (Pierre Jacob) مدير معهد جون نيكود قائلاً: «إن ما يحدث عند استغلال طريقين متمايزين ومتكاملين هو من جهة توضيح البنية والصيرورات الفيزيائية للدماغ؛ ومن جهة أخرى، خرق المبدأ المجرد للحساب الذي يعمل فيها».

ماذا يقدم الباحثون المهتمون بالهندسة الفيزيائية للدماغ؟ حالياً



تتوفر نتائج كثيرة أغلبها دقيق. تطفح العديد من المنشورات العلمية باكتشافات حديثة لباحات دماغية، وبشبكات عصبونية حُددت حديثاً، وبقوائم تربط ناقلاً عصبياً معيناً بجين محدد . . . لكن ماذا تفعل هذه الباحات؟ أي دينامية تعمل فيها؟ ما الذي يصل هذه الباحة بتلك أو هذه الشبكة بتلك؟ يكدح الباحثون لإيجاد أجوبة عن تلك الأسئلة، بيد أن الاشتغال العام لعضو أفكارنا يظل، في نهاية المطاف، بعيداً عن منالهم.

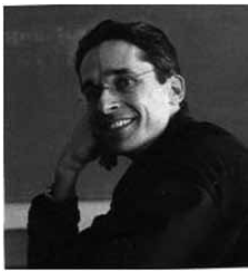
ومع ذلك يحاول فريق من مدرسة التخصصات المتعددة (البوليتيكنيك) في مدينة لوزان السويسرية حرق المراحل بواسطة «إعادة بناء» الدماغ قطعة واحدة، أطلقوا عليه اسم الدماغ الأزرق (انظر العدد 1086 من مجلة: العلم والحياة Science & vie)، يقوم هذا المشروع على تجميع افتراضي للخلايا العصبية يدعها الفريق تتطور على شاشة الحاسوب . . . آملين أن تنتهي هذه المحاكاة إلى إنتاج دماغ افتراضي شغّال، أي يفكر[4] . . . إذا صدقنا رأي العديد من الباحثين، فإن حظوظ هذا المشروع الطموح في النجاح ضئيلة جداً، على الأقل بسبب أن الحساب الضروري لمجموع المحاكاة يتطلب قروناً من العمل.

معالجة رياضية

خبر سعيد: يبدو أن العلم مسلح بشكل جيد لتوضيح فن معالجة دماغنا للمعلومة وفق مبادئ الحساب المجردة (الرياضيات). إنها تمسك بخيط مهم. يقول أليكساندر بوجي: «فرضت المعالجة الرياضية نفسها منذ عشر سنين: يعتبر استقراء بايز[5] نظرية إحصائية تتطابق مع الدماغ بشكل خاص». فهذه النظرية تُمكّن من الحصول على السبب الأكثر احتمالية في ظاهرة معينة على الرغم من «الضباب» الذي تخلقه تقلبات الوسط الذي تحدث فيه. من أجل نمذجة الحساب الدماغي في جميع المستويات. تصرح صوفي دونيف (Sophie denéve)، من فريق العلوم العصبية النظرية (ENS)، قائلة: «بفضل هذا النوع من المعادلات، ننمذج اشتغال خلية عصبية واحدة باعتبارها نسقاً تمثيلياً ليتنبأ ويؤول المداخل التي يتلقى». أما بالنسبة لفرق أخرى، فتصلح معادلات بايز لنمذجة حساب دارة عصبية برمتها (ملايين الخلايا العصبية)، أو دائرة شبكة من الباحات الدماغية. تتغير الثوابت في كل مرة، لكن المعادلة تظل هي ذاتها. فهل سيصبح سر الحساب العصبي في المتناول؟ بعد هذا الضنك، ليست نظرية بايز سوى أداة، لذا يقر أليكساندر بوجي: «إن هذه المعالجة لا تكفي لحل المشاكل الأكثر تعقيداً من قبيل معالجة اللغة».

الأكيد أن جهاز فك الشفرة الدماغية لن ينجز غداً، إلا أن العلم يستطيع فعلاً قراءة الصور والأصوات التي تنطبع على أدمغتنا. الأمر الذي يبرهن أن الباب مفتوح لرفع التحدي: إعادة إنشاء «جهاز» العقل الغريب، الذي استغرقت الطبيعة في صنعه ملايين السنين. والحق أن البحث عن قارئ عام للأفكار يمكن أن يسلط الضوء في الآن ذاته على طبيعة أفكارنا. وهذه في حد ذاتها نتيجة حقيقية.

صوفيا دونيف
من فريق النظرية العصبية
المدرسة العليا للأساتذة



أليكساندر بوجي
جامعة روشيستر

رومان إيكونيكوف

الهوامش

[1] François Lassagne, Marie-Catherine Mérat et Román Ikonicoff, La science sait lire dans les pensées, 3 expériences le prouvent, **Science & Vie**, n° 1098, Mars 2009. Pp.46-59.

* أستاذ المنطق والفلسفة المعاصرة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، ظهر المهراز، فاس- المغرب.

[2] Functional Magnetic Resonance of Images

[3] ترجمنا لهذا العالم (Alain Berthoz) مقالاً مهماً بعنوان: «**في البدء كان الفعل**»، راجع: مجلة «**رؤى تربوية**»، العدد 28، 2009.

[4] راجع مقالنا: د. يوسف تيبس، "تطور مفهوم الجسد: من التأمل الفلسفي إلى التصور العلمي"، **مجلة عالم الفكر**، المجلد 37، عدد 4 نيسان حزيران، 2009.

[5] نسبة إلى طوماس بايز (Thomas Bayes) القائل بتحديد احتمالية الأسباب انطلاقاً من النتائج الملاحظة.