

## عقل في حركة(\*)

إن فكرة أن الأشخاص المشلولين قد يتمكنون يوماً من الأيام من التحكم في أطرافهم بمجرد التفكير، لم تعد خيالاً هوليوذي الطراز.  
<L.A.M. نيكوليس>

إن بلايين المشاهدين في جميع أنحاء العالم قد يتذكرون مباراة افتتاح كأس العالم عام 2014 في البرازيل، لأكثر من مجرد عدد الأهداف التي سجلها المنتخب الوطني البرازيلي وعدد البطاقات الحمراء المعطاة للفريق الخُصم. ففي ذلك اليوم، كان مختبري في جامعة Duke - المتخصص بتطوير التقنيات التي تسمح للإشارات الكهربائية المنبعثة من الدماغ بأن تتحكم في أطراف إنسالة(1) - يخطط لتسجيل معلّم(2) في التغلب على الشلل.

### باختصار

يمكن للموجات الدماغية الآن أن تتحكم في عمل مؤشرات الحاسوب(3)، والأذرع الإنسالية، وقريبا، في طقم كامل: هيكل خارجي سيسمح للمشلول بالمشي وربما بطريقة أكثر رشاقة. إن إرسال إشارات من القشرة الدماغية الخارجية لاستهلال حركة في الهيكل الخارجي، يمثل آخر ما توصل إليه العلم لعدد من التقانات التي جرى استكمالها في السنوات الأخيرة. وسيكون كأس العالم 2014 في البرازيل كمجال لاختبار الهيكل الخارجي المتحكم فيه دماغيا، إذا تمكّن يافع عاجز، كما هو متوقع، من القيام بركلة الإطلاق في بداية اللعب.

فإذا نجحنا في مواجهة التحديات التي لا تزال هائلة، فقد تكون أول ركلة احتفالية في مباراة كأس العالم من يافع مشلول، محاط بفريقي كرة القدم المتباريين، يمشي الهوينى على أرض الملعب مرتدياً بدلة إنسالية robotic. وهذه البدلة - أو الهيكل الخارجي(4) كما نسميها - سوف تُغلف ساقي هذا اليافع. وسيتحكم في خطواته الأولى، إشارات حركية منشؤها دماغه والمنقولة لاسلكيا إلى وحدة حاسوبية بحجم حاسوب محمول موضوعة في حقيبة يحملها هذا اليافع على ظهره. وسيكون هذا الحاسوب مسؤولاً عن ترجمة إشارات الدماغ الكهربائية إلى أوامر حركية رقمية، بحيث يستطيع الهيكل الخارجي بداية أن يحفظ توازن ثقل جسم اللاعب، ثم يحث الساقين الإنساليتين لتبدأ حركات المشي المنسقة جيئة وذهابا على العشب المشذب. وعند الاقتراب من الكرة، سيتخيل اللاعب وضع قدمه على تماس معها. وبعد ثلاثمئة ميلي ثانية، ستأمر إشارات الدماغ قدم الهيكل الخارجي الإنسالية لتنعقف تحت الكرة الجلدية، على النمط البرازيلي، وتركلها عاليا.

وهذا الاستعراض العلمي لتقنية جديدة جذريا، تُجرى بتعاونٍ أوروبي برازيلي، سينقل لجمهور عالمي تعداده البلايين، فكرة قد تغدو حقيقة، وهي أن تحكم الدماغ في الآلات قد تحول من كونه مجرد تجارب مختبرية ومن تخمين مستقبلي إلى عصر جديد أصبحت فيه الأدوات قادرة على جلب الحركة إلى مرضى مقعدين بسبب أذى أو مرض. وإننا على طريقنا، ربما في

العقد المقبل، إلى تقانة تربط الدماغ بآلات ميكانيكية أو إلكترونية أو افتراضية virtual. وسيستعيد هذا التطور الحركة ليس فقط لضحايا الحوادث والحروب وإنما أيضا لمرضى التصلب الجانبي الضموري (5) ALS (الذي يُعرف أيضا بمرض Lou Gehrig's)، ومرضى باركنسون والاضطرابات الأخرى التي تؤدي إلى تعطيل التصرفات الحركية التي تعيق وصول الذراع والإمساك باليد والتنقل والتكلم. وستمكن التجهيزات العصبية الصناعية - أو واجهات دماغ-آلة (6) - العلماء أيضا من القيام بأعمال أكثر من مجرد مساعدة المعوقين. وستجعل من الممكن أيضا استكشاف العالم بطرق ثورية من خلال تمكين الأشخاص الأصحاء من زيادة مهاراتهم الحسية والحركية.

في هذا المشهد (7) المستقبلي، موجات دماغية كهربائية إرادية، هي الأبجدية الحيوية التي تكمن وراء تفكير البشر، ستتحرك من بُعد إنسالات صغيرة وكبيرة، وتتحكم أيضا من بعد في السفن الفضائية، وربما تسمح أيضا بالتشارك في الأفكار والأحاسيس بين الأفراد عبر ما ستصبح مستقبلا شبكة دماغية جماعية قائمة على الدماغ.

## آلات الفكر (\*\*)

ما زالت بذلة الجسم الخفيفة الوزن المعدة للاعب الذي لم يجر بعد اختياره، قيد التطوير. ومع ذلك، يجري الآن بناء نموذج في مختبر صديقي الشهير ومعاوني <G. شينغ> [من الجامعة التقنية في ميونيخ] وهو أحد المؤسسين لمشروع امش مجددا (8)، وهو مشروع تعاون مشترك لاربحي ما بين مركز جامعة Duke للهندسة العصبية في ميونخ ومعهد التقانات الفيديرالي السويسري في لوزان ومعهد <E. و L. safra> الدولي للعلوم العصبية الولادية في البرازيل (9). وسيضم بعض الأعضاء الجدد إلى هذا الفريق الدولي خلال الشهور القليلة القادمة، ومنهم معاهد أبحاث وجامعات رئيسية حول العالم.

في جامعة Duke، اعتمد المشروع على مدى عقدين تقريبا من العمل الرائد على واجهات دماغ-آلة وقد انبثق البحث نفسه عن دراسات تعود إلى ستينات القرن الماضي حين حاول العلماء بداية التنصت على دماغ الحيوان ليروا إذا كان بالإمكان إدخال إشارة عصبية إلى الحاسوب بحيث تعطي أمرا يستهل حركة في جهاز ميكانيكي. وبالعودة إلى عام 1990 وطوال العقد الأول من هذا القرن، قمت مع زملائي في تلك الجامعة بزيادة طريقة استطعنا من خلالها أن نزرع في أدمغة الجرذان والقردة المئات من المحسات الشعرية اللينة المعروفة بالأسلاك الميكروية. وخلال العقدين الماضيين، بيّننا أنه بعد زرع هذه الشوكة الكهربائية يمكنها كشف الإشارات الكهربائية الدقيقة، أو كمونات الفعل (10)، التي تولدها مئات العصبونات المفردة الموزعة على طول القشرة الجبهية والجدارية، وهي المناطق التي تعرّف دارة دماغية واسعة مسؤولة عن توليد الحركات الإرادية (11).

وعلى مدى عقد كامل من الزمن، استخدمت هذه الواجهة إشارات مشتقة من الدماغ لتوليد حركات أذرع، وأيد وأرجل إنسانية في تجارب على الحيوانات. وقد حدث اختراق حاسم في عام 2011 حين تعلم قردان في مختبرنا أن يمارسا تحكما عصبيا في حركات مولدة حاسوبيا لذراع مجسدة (12) لمست أشياء في العالم الافتراضي لكنها بعثت أيضا عن طريق تغذية راجعة

بإشارة «لمس صناعي»<sup>(13)</sup> مباشرة إلى دماغ القريدين. وقد مكّنتنا البرمجيات من تدريب الحيوانات على الشعور بإحساس لمس شيء ما، بأصابع افتراضية يتحكم فيها مباشرة أدمغتها.



لقد بدأت جمعية «امش مجددا» - بمساعدة الفريق الدولي من علماء الأعصاب وعلماء الإنسالية وعلماء الحاسوب وجراحي الأعصاب واختصاصيي إعادة التأهيل - بالاستفادة من نتائج الأبحاث على الحيوانات لابتكار طريقة جديدة لتدريب وإعادة تأهيل المرضى المشلولين بحدة على كيفية استخدام تقنيات الواجهات دماغ-آلة لاستعادة حركية كامل الجسم. وفعليا، ستحدث الخطوات الطفولية الأولى للاعبنا الاحتفالي المستقبلي داخل غرفة واقع افتراضي<sup>(14)</sup> متطورة، تُعرف بالبيئة الافتراضية الآلية الكهفية<sup>(15)</sup>، وهي غرفة مزودة بشاشات مُسقطَة على جميع الجدران والسقف والأرض. وبعد ارتداء نظارات ثلاثية الأبعاد وخوذة تكشف - من دون جراحة - موجات الدماغ (عبر تقنيات تعرف بالتخطيط الدماغي الكهربائي EEG والتصوير الدماغي المغنطيسي)، سيكون لاعبنا المرشح - والذي سيكون بالضرورة يافعا خفيف الوزن للجولة الأولى من هذه التقنية - مغمورا في بيئة افتراضية تمتد في جميع الاتجاهات. وهناك سيتعلم الشاب التحكم في شخصية تجسيدية برمجية<sup>(16)</sup> بالأفكار فقط. وتدرجيا، سيزداد تعقيد الحركات الناتجة في هذه الشخصية وستنتهي أخيرا بحركات دقيقة مثل المشي على أرضية متغيرة أو فك غطاء جرة هلامية افتراضية.

## اقتحام العصبونات (\*\*\*)

لا يمكن معالجة الحركات الميكانيكية للهيكل الخارجي بالجهوزية نفسها التي نعالج فيها الشخصيات التجسيدية البرمجية، لذلك ستكون التقانة والتدريب أكثر تعقيدا. وسيكون من الضروري زرع مجسات في الدماغ مباشرة لمعالجة الأطراف الإنسالية. ولن نحتاج فقط إلى وضع المجسات<sup>(17)</sup> تحت الجمجمة في الدماغ، وإنما نحتاج أيضا إلى زيادة عدد العصبونات التي يجب قراءة خرجها في آن واحد عبر القشرة الدماغية. وسيجري زرع العديد من المحسات في القشرة الحركية، وهي المنطقة في الفص الجبهي الأكثر جهوزية لمرافقة توليد البرنامج الحركي الذي يُحمل عادة إلى النخاع الشوكي، والذي تتحكم الأعصاب منه مباشرة في عمل عضلاتنا وتنسق فيما بينها. (يعتقد بعض علماء الأعصاب أنه يمكن إنجاز هذا التفاعل بين العقل والعضلات بطريقة لا تحتاج إلى مداخله ضمن الجسم عبر تسجيل فعالية الدماغ مثل التخطيط الكهربائي الدماغى EEG، إلا أنه يجب تحقيق هذا الهدف عمليا).

لقد ابتكر <G. ليهو> [من مجموعتي في جامعة Duke] نوعا جديدا من المحسات: مكعب تسجيل بإمكانه، عند زرعه، التقاط إشارات عبر كامل حجم القشرة الدماغية الثلاثي الأبعاد. وخلافا للمحسات الدماغية السابقة، التي كانت تتكون من صفيقات<sup>(18)</sup> مسطحة من المجسات الميكروية التي تسجل أطرافها الإشارات الكهربائية العصبية، فإن مكعب <ليهو> يوسع أسلاك المحسات الميكروية إلى الأعلى والأسفل وعلى الجوانب على طول محور مركزي.

يتضمن الإصدار الحالي لمكعب التسجيل الذي بحوزتنا، ما يصل إلى 1000 سلك تسجيل ميكروي فعال. ولأنه يمكننا تسجيل أربع إشارات وحتى ست إشارات على الأقل من كل سلك ميكروي، فيمكن لكل مكعب التقاط فعاليات كهربائية لما بين 4000 و 6000 عصبون. ولنفترض أن بإمكاننا زرع العديد من هذه المكعبات في القشرات الجبهية والجانبية للدماغ - وهي المناطق المسؤولة عن التحكم العالي المستوى في الحركات واتخاذ القرار - عندها يمكننا الحصول على عينات من عشرات الآلاف من العصبونات في آن معا. وبحسب نمذجتنا البرمجية النظرية، يمكن لهذا التصميم أن يكفي للتحكم في مرونة الحركات التي نطلبها لتشغيل الهيكل الخارجي بساقين، واستعادة التحرك الذاتي لمرضاينا.

ولمعالجة البيانات المنهجرة من هذه المحسات، فإننا نتوجه إلى تصنيع جيل جديد من الجذاذات العصبية المصممة حسب الطلب. وعند زرعه في جمجمة المريض جنبا إلى جنب مع المجسات الميكروية، فإنها ستستخرج الأوامر الحركية الأولية التي نحتاج إليها لمعالجة كامل الهيكل الخارجي للجسم.

وبالطبع، نحتاج بعدها إلى بث الإشارات المكتشفة من الدماغ إلى الأطراف الصناعية. وحديثا، قام <T. هانسون> [طالب الدكتوراه في جامعة Duke المتخرج حديثا] ببناء نظام تسجيل لاسلكي بـ 128 قناة، مجهز بمحسات وشيبيات chips يمكن وضعها داخل الجمجمة وهي قادرة على بث موجات الدماغ المسجلة إلى مستقبل بعيد. وقد جرى اختبار الإصدار الأول من هذه الشبيبات العصبية<sup>(19)</sup> بنجاح على القروء. وبالفعل، شهدنا مؤخرا أول فرد يشغل الواجهة بين الآلة والأعصاب، على مدى الساعة، باستخدام إرسال لاسلكي لإشارات



الدماغ. وفي الشهر 7/2012 تقدمنا بطلب إلى الحكومة البرازيلية للسماح لنا باستخدام هذه التقنية على البشر.

وبالنسبة إلى لاعب كرة القدم المستقبلي، سيجري ترحيل البيانات من نظم التسجيل لاسلكيا إلى وحدة معالجة حاسوبية صغيرة، موجودة في حقيبة تحمل على الظهر. وستنفذ معالجات رقمية متعددة خوارزميات برمجية متنوعة تترجم الإشارات الحركية إلى أوامر رقمية قادرة على التحكم في الأجزاء المتحركة أو المفعلات الموزعة على جميع مفاصل بدلة الإنسالة، وهي عناصر عتادية تضبط موقع الأرجل الصناعية للهيكل الخارجي.

### قوة الطاقة الدماغية(\*\*\*\*)

ستسمح الأوامر لمرتدي الهيكل الخارجي بالمشي خطوة ثم أخرى، كما ستسمح بخفض سرعته أو رفعها، وبالانحناء أو بصعود الدرج. وستجري مباشرة معالجة بعض حالات الضبط من المستوى الأدنى لتموضع العتاديات الصناعية بواسطة الدارات الإلكترونية الميكانيكية للهيكل الخارجي، من دون أي دخل عصبي neural input. وستبقى الملابس التي تشبه البدلات الفضائية مرنة ولكنها تستمر بتزويد مرتديها بدعم هيكلية، ينوب عن النخاع الشوكي البشري. وبالاستفادة الكاملة من هذا التفاعل بين إشارات التحكم المنبثقة عن الدماغ وردود الأفعال الإلكترونية التي تطلقها المفعلات، نأمل بأن تتمكن واجهتنا دماغ-آلة من أن يتحلى فعليا الراكل الأول في كأس العالم بقوة الإرادة.

وهذا الراكل لن يتحرك فحسب وإنما سيتحسس أيضا الأرض تحته. وسيولد الهيكل الخارجي الشعور باللمس والتوازن بتضمين محسات ميكروية تكشف مقدار القوة الناتجة من حركة معينة، ويرسل معلومات من البدلة إلى الدماغ. وسيكون بمقدور هذا الراكل الأول أن يشعر بأن إصبع قدمه قد لامست الكرة.

وتقترح تجاربنا الممتدة على مدى عقد من الزمن على الواجهات بين دماغ-آلة أنه حالما يبدأ بالتفاعل مع هيكله الخارجي، يبدأ الدماغ بإدماج هذا الجسم الإنساني كامتداد حقيقي لصورة جسده الفعلي. ومن خلال التدريب، فإن الخبرة المتراكمة من هذا الشعور المستمر من التماس مع الأرض وموضع الأرجل الإنسالية ستمكن من الحركة بخطى رشيقة على ملعب كرة القدم أو النزول عن رصيف. وجميع مراحل هذا المشروع تتطلب اختبارات مستمرة ودقيقة على الحيوان قبل أن نبدأ بالتجريب على البشر. إضافة إلى ذلك، يجب أن تجتاز جميع إجراءات وكالات التقييم في البرازيل والولايات المتحدة وأوروبا لضمان مراجعة علمية وأخلاقية صحيحة. ومع جميع الشكوك التي ينطوي عليها استكمال العرض العلني الأول لهذا العمل والوقت القصير المتبقي له، فإن الفكرة البسيطة التي ينطوي عليها مثل هذا المعلم العظيم قد أثارت اهتمام المجتمع البرازيلي بالعلم قلما لوحظت من قبل.

## التسلسل الزمني(20)

الطريق الطويلة إلى أطراف اصطناعية يتحكم فيها الدماغ(\*\*\*\*\*)  
لقد وجدت الأطراف البديلة منذ آلاف السنين - استجابة عقلانية للحاجة إلى  
معالجة جرحى الحروب أو الأنواع الأخرى من الأذيات والتشوهات منذ الولادة.  
وحاليا، فإن التقنية متقدمة جدا بحيث تمكن من التحكم في الأرجل الاصطناعية  
بواسطة إشارات كهربائية تُوجّه مباشرة من الدماغ.

1000-1500 ق.م. أول مرجع تاريخي(21)

ذكر كتاب هندوسي مقدس كُتب خلال هذه الفترة، <فيشبال>(22)، التي كانت  
لديها ساق مبتورة بعد تعرضها خلال معركة حربية لجرح طال بقاؤه. وقد  
استعاضت عن ساقها هذه بنسخة حديدية سمحت لها بالمشي والعودة إلى قواتها.



القرن الرابع قبل الميلاد مصنوع قديم(23)

أحد أقدم الأطراف الاصطناعية المُكتشفة - نبيّن صورة لها هنا - كان مدفونا في  
جنوب إيطاليا عام 1858. وقد جرى صنعه نحو عام 300 ق. م. وكان مصنوعا من  
النحاس والخشب، وكان مصمما - على ما يبدو - لبتتر تحت الركبة.

القرن الرابع عشر

البنادق والبتور(24) (حالات البتر)

إن وصول البارود إلى الاقتتال الأوروبي قد ضخم كثيرا عدد الإصابات التي  
تكبدها الجنود. واستجابة لذلك، وفي القرن السادس عشر، طور <A. پاريه>  
[الجراح الملكي لعدة ملوك فرنسيين] تقنيات لتركيب الأطراف العلوية والسفلية  
للمرضى، وأعاد استخدام الضمادات لربط الأوعية الدموية.



حرب أهلية(1865-1861) <le4"> حرب أهلية(25)

أنتجت الحرب بين الولايات عدة حالات بتر. وكان أحد الأشخاص الذين تأثروا  
بذلك، قائد اللواء <S. J. ماك چرورتي> الذي فقد ذراعه. وقد أدى تدفق التمويل

الحكومي وتوفر التخدير، الذي سمح بالقيام بعمليات مدتها أطول، إلى تحسّن تقانة الأعضاء الاصطناعية خلال هذه الفترة.



**1963** واجهة دماغية بدائية ( غرس < R.M.J. ديلجانو > مجسا راديويًا مُتحمًا فيه في عمق النواة المذنبية في دماغ ثور وجعل الحيوان يتوقف ساكنًا كالميت في الحلبة، بالضغط على زر تحكم موجود على مرسل بعيد؛ ويُعدّ هذا الجهاز سلفًا للواجهات دماغ-آلة المعاصرة.

**1969** تجارب رائدة أنجز < E. فيتس > [من جامعة واشنطن] دراسة درّب فيها قرودا على تفعيل إشارات كهربائية في أدمغتها للتحكم في قذح عصبون وحيد، وهذه الإشارات مسجلة بشكل واف بمجس ميكروي معدني.

**الثمانينات** إصغاء إلى موجات دماغية (28 الثمانينات إصغاء إلى موجات دماغية (28)

اكتشف < A. جوركوبولس > [من جامعة جون هوبكنز] نموذج قذح كهربائي في الأعصاب الحركية لقروود المكاك الهندية، يحدث حين تقوم بتدوير أذرعها باتجاه معين.

في بداية التسعينات

قدم < J. شابين >، الذي هو الآن في جامعة داون ستيت، مع < L.M. نيكوليليس > تقنية سمحت بتسجيل دسات من الأعصاب المنتشرة انتشارًا واسعًا، تسجيلًا متزامنًا، وذلك باستخدام مجسات مغروسة بشكل دائم، مما مهد الطريق أمام البحث في واجهات دماغ-آلة.

**1997** إجراءات أفضل (30)ام البحث في واجهات دماغ-آلة. (30)

جرى طرح الطرف الاصطناعي C-LEG المتحكم فيه بمعالج ميكروي (ميكروبروسسر)، والذي يسمح في نسخته الحالية لمرتيديه بتشغيل إعدادات settings حسب الطلب يمكن استخدامه

**1999-2000** تغذية راجعة جيدة (31)

نشرت مختبرات Chapin and Nicoletis أول وصف لواجهة دماغ-آلة مشغلة بنشاط من أدمغة الجرذان، حيث تتحسس الحيوانات بواسطتها الحركة عبر إشارة تغذية راجعة مرئية. وفي العام التالي نشرت مختبرات N تغذية راجعة مرئية (31) شفرة عداء

**2011** قرد يفكر وأقناتار

(إنسالة على شكل إنسان) يعمل ( وذهب إلى نصف نهائي 400 متر في بطولة العالم للرابطة الدولية لاتحادات الألعاب الرياضية في كور بين فريق Nicolelis في مركز جامعة Duke للهندسة العصبية أن بإمكان قرد أن يستخدم أفكاره للتحكم في حركات أفتار برمجي.

2012 من دماغي إلى ذراعي الإنسالة: ; بين دونكو وزملاؤه [من جامعة براون] أن بإمكان شخص بغرسة دماغية brain implant أن يحرك ذراعا إنسالية ليلتقط شرابه باستخدام نظام واجهة عصبية لبوابة الدماغ



2014 ركلة الافتتاح لسيبروك(35)  
ينوي مختبر Nicolelis تزويد هيكل خارجي ليافع معوق ليقوم بأول ركلة في افتتاح كأس العالم في البرازيل عام 2014.

## تحكم من بُعد ("Tahoma" <\*\*\*\*\*)

إن ركلة الافتتاح لكأس العالم - أو لحدث مشابه، ولنقل الألعاب الأولمبية أو البارالمبية(36) في ريو بالبرازيل في عام 2016 إذا فاتنا الموعد الأول لأي سبب كان - ستكون أكثر من مجرد عمل مثير لمرة واحدة. ويمكن اكتشاف تلميح لما يمكن القيام به مع هذه التقانة من تجربة بجزأين استكملت على القروود. وكمقدمة - وبالعودة إلى عام 2007 - درّب فريقنا البحثي في جامعة Duke قرودا هندية على المشي منتصبه على جهاز تدويس، في حين كان يجري تسجيل النشاط الكهربائي لأكثر من 200 عصبون لحائي(37) في آن معا. وفي غضون ذلك، بنى > G. شينك < [في مختبرات الاتصالات والإنسالية الذكية ART في كيوتو] بروتوكول إنترنت بالغ السرعة، سمح لنا بإرسال هذا الدفع من البيانات العصبونية إلى كيوتو مباشرة، حيث غدت المتحكّمات الإلكترونية لإنسالة شبه بشرية(38) CB1. وفي الجزء الأول من هذه التجربة عبر الكرة الأرضية، بين < شينك > مع مجموعتي العاملة في جامعة Duke أن الخوارزميات التي طوّرت سابقا لترجمة الأفكار إلى تحكم في أذرع إنسالية يمكنها أيضا تحويل أنماط نشاط عصبي متعلق بالتنقل على قدمين، لجعل رجلين ميكانيكيتين تمشيان.

لقد أعطى الجزء الثاني من التجربة مفاجأة أكبر بكثير. فحين كانت إحدى قروودنا (إيدويا) تمشي على جهاز التدويس في Durham, N.C.، كانت واجهتنا دماغ-آلة تبث دفقا ثابتا من فعالية كهربائية لدماغها إلى كيوتو عبر وصلة تشينك للإنترنت. وهناك، كشفت الإنسالة CB1 هذه الأوامر الحركية وبدأت بالمشي أيضا على الفور تقريبا. وقد احتاجت الإنسالة CB1



في البداية إلى بعض الدعم عند الخاصرة؛ ولكن في التجارب اللاحقة بدأت بالتحرك ذاتيا كاستجابة للأوامر المنبعثة من الدماغ، التي يولدها القرد على الطرف الآخر من الكرة الأرضية.

والأكثر من ذلك، فحتى حين توقف جهاز التدويس في جامعة Duke، وتوقفت القردة إيدويا عن المشي، ظل بإمكانها أن تتحكم في حركات أرجل الإنسالة CB1 في كيوتا بمجرد مراقبة أرجل الإنسالة تتحرك وفق فيديو حي وتخيل كل خطوة يجب أن تتخذها الإنسالة CB1. وتابعت القردة إيدويا إنتاج النماذج الدماغية اللازمة لجعل الإنسالة CB1 تمشي حتى وإن لم يعد جسدها مشاركا في هذه المهمة الحركية. وهذا البرهان العملي لواجهة دماغ-آلة عابرة للقارات أظهر أن بإمكان أي إنسان أو قرد أن يتجاوز بسهولة الفضاء والقوة والزمن بإصدار أوامر من الدماغ من الحدود الفيزيائية للجسم الحيوي الذي يحوي الدماغ ويبثها إلى جهاز من صنع الإنسان موجود بعيدا عن الفكرة الأصلية التي ولدت الفعل.

وتقتضي هذه التجارب أن بإمكان واجهات دماغ-آلة أن تمكّننا من التحكم في إنسالات مُرسلة إلى بيئات لا يمكن مطلقا للبشر اختراقها مباشرة: يمكن لأفكارنا أن تشغل أداة جراحة ميكروية داخل الجسم، أو لنقل، أن توجه نشاطات إنسالة شبيهة بشرية تحاول أن تصلح تسربا في منشأة نووية.

ويمكن للواجهة أيضا أن تتحكم في أدوات تؤمن قوى أقوى أو أخف من القوى التي تستطيع أجسامنا تأمينها، متحررة بذلك من القيود العادية على مقدار القوة التي يمكن للفرد أن يبذلها. وإن ربط دماغ القرد بإنسالة شبيهة بشرية قد تخلص من القيود التي تفرضها الساعة: فقد استغرقت رحلة القردة إيدويا الدماغية حول الكرة الأرضية 20 ميلي ثانية - وهي مدة أقل مما تتطلبه لتحريك رجلها.

ومع استلهاهم رؤى من المستقبل البعيد، فإن ما قمنا بعمله على القرد أعطانا ثقة بأن خطتنا يمكن أن تكون قابلة للتطبيق. وعند كتابة هذا المقال، كنا ننتظر معرفة ما إذا كان الاتحاد الدولي لكرة القدم (فيفا)، الذي يقع على عاتقه تنظيم الاحترافية، سيوافق على مقترحنا بمشاركة يافع مشلول في احتفالية افتتاح كأس العالم عام 2014. والحكومة البرازيلية - التي تنتظر إقرار الفيفا - تدعم مقترحنا هذا.

وقبل أن نتحقق رؤيتنا تكثر الصعوبات البيروقراطية والشكوك العلمية. ومع ذلك، لا يمكنني التوقف عن تخيل ما يمكن أن يكون عليه الأمر أثناء التمشي الوجيه ولكنه التاريخي على أرض كرة القدم الخضراء الاستوائية لثلاثة بلايين من البشر ليشاركوا شابا برازيليا مشلولا ينهض ويمشي من جديد بمحض إرادته، وأخيرا يركل الكرة ليسجل هدفا للعلم لا ينسى، في الأرض نفسها التي أتقنت هذه اللعبة الجميلة.

المؤلف

Miguel A. L. Nicolelis

<L .A .M. نيكوليس> رائد في حقل العصب الصناعي. وهو أستاذ علوم الأعصاب في مدرسة دوک للطب والمدير المساعد لمركز جامعة Duke للهندسة العصبية.



مراجع للاستزادة

Controlling Robots with the Mind. Miguel A. L. Nicolelis and John K. Chapin in Scientific American, Vol. 287, No. 4, pages 46-53; October 2002

Cortical Control of a Prosthetic Arm for Self Feeding. Meel Velliste et al. in Nature, Vol. 453, pages 1098-1101; June 19, 2008

Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machines—and How It Will Change Our Lives. Miguel Nicolelis. St. Martin's Griffin, 2012

MIND IN MOTION (\*)

THOUGHT MACHINES (\*\*)

PLUGGING INTO NEURONS (\*\*\*)

FORCE OF BRAINPOWER (\*\*\*\*)

The Long Road to Brain-Controlled Prosthetics (\*\*\*\*\*)

REMOTE CONTROL (\*\*\*\*\*)

(1) robot = إنسالة، وهذه نحت من إنسان-آلي ومنها نشق إنسالية = robotic، أو روباتية.

(2) milestone، أو: الصُوة.

(3) computer cursors

(4) exoskeleton

(5) هذا المرض (Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) هو مرض تدهور عصبي متدرج يؤثر في الخلايا العصبية للدماغ والنخاع الشوكي ويؤدي إلى موت الأعصاب الحركية التي

- تنقل الإشارات من الدماغ إلى النخاع الشوكي ومن النخاع الشوكي إلى عضلات الجسم.  
<http://www.alsa.org/about-als/what-is-als.html>
- brain-machine interfaces (6)  
scenario أو: سيناريو (7)  
Walk again project (8)  
Edmond and Lily Safra International Institute of Neuroscience of (9)  
Natal in Brazil  
action potentials (10)  
voluntary movements (11)  
avatar arm (12)  
artificial tactile (13)  
virtual-reality (14) = واقع افتراضي: بيئة محاكاة ثلاثية الأبعاد تُمكن المستخدم من تجربتها والتعامل معها كأنها عالم طبيعي حقيقي.  
Cave Automatic Virtual Environment (15)  
the movements of a software body avatar (16)  
sensors (17)  
arrays = ج: array = صفيف (18)  
neurochips (19)  
CHRONOLOGY (20)  
FIRST HISTORICAL REFERENCE (21)  
Vishpala (22)  
ANCIENT ARTIFACT (23)  
GUNS AND AMPUTATIONS (24)  
CIVIL WAR (25)  
PRIMITIVE BRAIN INTERFACE (26)  
PIONEERING EXPERIMENTS (27)  
LISTENING TO BRAIN WAVES (28)  
PLUGGING IN (29)  
BETTER MOVES (30)  
GOOD FEEDBACK (31)  
BLADE RUNNER (32)  
MONKEY THINK, AVATAR DO (33)  
FROM MY BRAIN TO MY ROBOT ARM (34)  
CYBORG OPENING KICK (35)  
Paralympic (36)  
cortical neuron = لحائي خاص بلحاء الدماغ = cortex (37)  
humanoid robot (38)