

# العلوم والتقنية للفتيان

مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية KACST

## كيف يُصنع الذهب في الكواكب؟

صفحة ٤٨



ما أذه!  
لحم  
اصطناعي...

ISSN 1658 6239

صفحة ٨٤

وماذا لو...  
...حفرتنا نفقًا عبر  
الكرة الأرضية؟

صفحة ٥٤



## كلمة العدد

تواصل مجلتكم، مجلة العلوم والتقنية للفتيان، مسيرتها وتزف إليكم عددها الثامن المزدان بمواضيع متنوعة بتنوع الاختصاصات العلمية. سيطلع القارئ على مقالة تركز على مسؤولية الفيروس في الإصابة بداء السكري، فضلا عن أخبار طبية تفيد مثلا بأن العلوم تحفز على حب الغير، وأن التهاب المفاصل قد يُففي بكتيريا في اللثة. ومن المجالات التي توليها المجلة اهتماما خاصا مجال الطاقة. وهكذا نقترح عليكم إجابة عن السؤال التالي: لماذا لم تتقدم الطاقة الشمسية في فرنسا؟ ونوضح في موضوع آخر كيف أن الزجاج يقوم بدور المصفي للأشعة الشمسية. ومادامت كارثة فوكوشيما النووية لا زالت تُشغل بال المجتمع الياباني والعلماء عبر العالم نواصل في هذا العدد البحث عن الطول، ونتطرق إلى حل للمعضلة يقضي بتجميد المفاعل. وفي باب الفيزياء، يوضح العلماء في إحدى المقالات لماذا أصبح العالم مضطربا... وبخبرونا في مكان آخر عما يفنيه البروتون. أما الكيميائيون فيطمئنوننا بخصوص لذة اللحم الاصطناعي! وفي الوقت الذي تتزايد فيه الأبحاث حول النانوبات تشرح لنا مقالة قصيرة في هذا العدد لماذا قررت مؤسسة ألمانية متخصصة في الكيمياء غلق مصنع الأنابيب النانوية. وفي موضوع الفضاء والبيئة نتساءل عماذا يحدث لو كانت الأرض غير مستديرة. وفي خبر علمي يجد القارئ خارطة الكرة الأرضية بكاملها وعليها سجلت تفاصيل التنوع البيئي الذي يعتم كوكبنا. وفي خبر آخر نكتشف كيف يتفاعل عالم البحار بسرعة مع الاحترار العالمي. ولعل من بين القراء من يتساءل عن موقع أكبر فوهة بركان في العالم. سوف يجد هؤلاء الإجابة ضمن هذا العدد. وهل تساءلت ذات يوم عن إمكانية حفر نفق يخترق الأرض على طول آلاف الكيلومترات، وعن طبيعة الأماكن المخترقة عندئذ، وعن درجات حرارتها...؟ يتناول أحد مواضيعنا هنا هذه المغامرة. ثم هل تساءلت عن معدن الذهب وكيف يتكوّن؟ لقد حلم الكيميائيون القدامى بصناعته يدويا. وها هم الفيزيائيون الفلكيون يوضحون الأمر في هذا العدد مبرهنيين أن ذلك ناتج من تصادم نجمين!! كما أجبنا بخصوص هذا المعدن عن السؤال الغريب، كيف يمكن استخراج الذهب بواسطة السكر! وقدمنا أيضا في هذا العدد موضوعا يتناول ازدياد ذوبان الجليد بالقطب الشمالي... وهو وضع جديد مفيد لسفن السلع وحاملات البترول... لكنه يضر بالدب القطبي. وتفيدنا الأخبار العلمية حول الماء أن الحياة خلقت من الماء قبل التاريخ المتوقع. ومن أبرز مواضيع العدد الثامن ذلك الذي يتحدث عن كيف يمكن التأكد من أن موقعًا من مواقع الإنترنت خال من الفيروسات. ومن يعيش السرعة من القراء فعليه الاطلاع على المقالة التي تعرض مشروعًا رائدًا يتمثل في وسيلة نقل خارقة تُنظر لها أحد الأثرياء الأمريكيين: قطار بسرعة ١٢٠٠ كلم/ساعة! كما أن هناك مواضيع أخرى لا شك ستنال رضا القارئ.

### رئيس التحرير

#### الإخراج وتصميم الجرافيك

بدر آل ردعان  
فهد بعيطي

#### سكرتارية التحرير

عبدالرحمن الصلحبي  
محمد سنبل  
محمد إلياس

#### هيئة التحرير

د. منصور الغامدي  
د. أبو بكر سعد الله  
د. فايز الشهري  
د. فادية البيطار  
د. هدى الحليسي

#### رئيس التحرير

د. أحمد بن علي بصفر

## اقرأ في هذا العدد

### المياه

٢ وداعاً أيها الجليد البحري...

### التقنية الحيوية

٨ بعد ٤٠ عاماً من التعديل الوراثي الأول... إلى أين يتجه كوكب الكائنات المعدلة وراثياً؟

### الإلكترونيات والاتصالات والضوئيات

٢٢ الهيبربولوب، قطار أسرع من الطائرة

### الفضاء والطيران

٢٨ وماذا لو... لم تكن الأرض مستديرة؟

### الطاقة

٣٢ لم لا تكون الطاقة الفولتضوئية أكثر تطوراً في فرنسا؟

٣٦ عملية الفرصة الأخيرة؟ تجميد فوكوشيما

### البيئة

٤٤ أخيراً، تحديد دقيق للموقع الجغرافي للتنوع البيئي

### المواد المتقدمة

٤٨ كيف يُصنع الذهب في الكواكب؟

٥٤ وماذا لو... حضرننا نفقاً عبر الكرة الأرضية؟

### الرياضيات والفيزياء

٦٠ ماذا يخفي البروتون؟

٦٤ العالم مضطرب!

٧٤ قطرة القار: وأخيراً رأينا سقوطها!

### الطب والصحة

٧٦ ربما يخفي التهاب المفاصل جرثومة اللثة

٧٨ مرض السكري: تأكد المسبب الفيروسي

### التقنية الزراعية

٨٤ ما ألدّه! لحم اصطناعي...

### أخرى

٨٨ أسئلة وأجوبة



٢٢



٣٦



٦٠



٨٤



٨ ملايين كلم<sup>٢</sup>  
في العام ١٩٨٠

# وداعاً أيها الجليد البحري...<sup>(١)</sup>

IMAGES NGFC/NASA

الأبيض برد ١٠٠٪ من أشعة الشمس تقريباً، وبما أنّ حجم تلك المرة يتقلص من سنة إلى أخرى، يمتص المحيط السفلي قدرًا أكبر من الحرارة، ما يدفع الجو بطريقة غير مباشرة، ويفسر ارتفاع حرارة القطب الشمالي بقدر يعادل ضعف باقي الأرض. لكن الأرض ستتأثر كاملةً حتمًا بهذه التدفئة. لماذا؟ لأن المنطقة القطبية الشماليّة، تتضمن أيضًا أراضي شمال أمريكا، وسيبيريا، وغرينلاند ومجموعة كبيرة من الجزر، تغطيها طبقة جليدية تدعى الطبقة دائمة التجمّد، قد تفوق سماكتها ٢٠ مترًا وتشكل بقايا نباتية مكونها الأساسي. لا يمكن منحوتها من الكربون التسرب خارجًا طالما كانت هذه البقايا

جليد القطب الشماليّ الدائم يتلاشى، إنها نعمة لسفن الشحن والبتترول، وكارثة للدببة القطبية.

بقلم: جيروم بلانشار<sup>(٢)</sup>

موسميّ. كيف لهذا المكعب الثلجيّ الضخم أن يذوب بسرعة فائقة، في حين أننا نكاد لا نستبين ظاهرة الاحتباس الحراريّ في أوروبا؟ يعود ذلك لسرعة احتراق المنطقة القطبية الشماليّة التي تعادل ضعف سرعة احتراق باقي الكوكب الأرضيّ (مراجعة السؤال ٢). تُقدّر مجموعة الخبراء الحكوميّة الخاصّة بتطوّر المناخ أو Giec أنّ الحرارة في المنطقة الشماليّة سترتفع من ٢ إلى ٩ درجة مئوية حتى العام ٢١٠٠، عندئذ لن يتمكن أيّ مكعبٍ ثلجيّ -مهما عظم حجمه- من الصمود أمام ظرف كهذا.

٢

## هل سيبزّد ذوبان الثلج الأرضي؟

**الجواب:** لا، بل على العكس، سيمعجّل ذوبان الثلج الاحتباس الحراريّ الأرضي. في الواقع، يحاكي الجليد البحريّ الذي يغطّي المحيط المتجمّد الشمالي عمل المرأة؛ إذ يسمح له لونه

## ١ قريبًا، إلى القطب الشماليّ بالباخرة؟

**الجواب:** أجل. في الواقع يتوقّع الخبراء تلاشي الجليد البحريّ في صيف القطب الشماليّ كليًا في غضون عشرين عامًا؛ ففي العام ٢٠١٢ انصهر الجليد البحريّ على نحو غير مسبوق، وفي نهاية سبتمبر ٢٠١٣ اقتصرت مساحته على ٢,٥ مليون كلم مربع فقط، إنها مساحة تعادل مساحة فرنسا بمقدار ستّ مرات، لكنها أقل من نصف مساحته السابقة؛ ففي بداية الثمانينيات بلغت مساحة الجليد البحريّ الصيفي ٨ ملايين كلم مربع تقريبًا، وفي الشتاء سيعود الجليد ويتشكّل، لكننا سنشهد نهاية الجليد متعدّد السنوات، الجليد الذي لا يذوب أبدًا في الصيف والذي يزداد سماكةً من عام لآخر. سيتحوّل الجليد البحريّ الذي يغطّي اليوم المنطقة القطبية الشماليّة إلى جليد بحريّ



TON KOENE/HOLLANDE HOOGTE/REA



٣,٥ مليون كلم<sup>٢</sup>  
في العام ٢٠١٢

٣

## هل ستختفي الدببة القطبية؟

**الجواب:** أجل، قد ينقرض نوعها في غضون قرن. وحسب الاتحاد الدولي للمحافظة على الطبيعة UICN، سينخفض عددها الذي يقدر اليوم بين ٢٠ و ٢٥ ألفاً بكل تأكيد إلى الثلث، على الأقل في السنوات الخمس والأربعين التالية، كما كشفت دراسة حول مجموعة من الدببة في خليج (هادسون / Hudson / كندا) أن وزن الإناث وعدد الصغار في تراجع مستمر، ما يثبت أنها لا تقتات بشكل جيد. ما سبب تلك المجاعة؟ ذوبان الجليد البحري. تكيف دب البحر أو *Ursus maritimus* في الواقع جيد مع الحياة على الجليد؛ فتنقية صيد الفقمة عنده بسيطة بقدر فعاليتها، يجد حفرة في الجليد ويتنظر. عاجلاً أو آجلاً يُخرج أحد الثدييات رأسه من الماء ليتنفس، فيخلبه الدب المترصد خلباً. ضربة قاضية! لكن لسوء الحظ، كلما تقلص الجليد البحري، كثرت الحفريات في الجليد وتوسعت، فلا تتوقع الدببة مكان ظهور الفقمة، ولا أمل في أن تتمكن من اصطيادها في الماء، بالرغم من كونها سباحة ماهرة.



### إضاءة

#### تأثير الدفينة

هو قدرة غازات الجو على حبس حرارة الشمس، ومن ثم تدفئة الأرض، كلما تامت كمية بعض الغازات، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، تعظم الاحترار.

أن تنخفض كثافة ثاني أكسيد الكربون لاحقاً حالما يعود النبات ويفرز الأرض التي ذاب عنها الجليد مُجدداً، وإن لم يكونوا متيقنين من ذلك. بمجرد نموها جيداً، ستمتص صنوبريات "التايغا" Taiga؛ تلك الغابة

القطبية الشمالية، كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون كما هو الحال مع أدغال الأمازون، ما يحد من الاحتباس الحراري.

النباتية متجمدة؛ فالبرد يمنع -في الواقع- نشاط الجراثيم التي تحلل النبات. لكن، منذ أن بدأت الطبقة دائمة التجمد بالاحترار، عادت الجراثيم شيئاً فشيئاً إلى عملها، وبدأت تطلق نوعين من الغازات ذات <تأثير الدفينة> في الجو: ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub>، والميثان. هل ينبغي القلق من تأثير تلك "القنبلة المناخية" الحقيقية؟ أجل. إذ إن من المتوقع احتواء الطبقة دائمة التجمد ١٧٠٠ مليار طن من الكربون، أي ما يعادل ضعف كمية ثاني أكسيد الكربون الراهنة في الجو، وعندما يطلق هذا الغاز بكميات كبيرة، فإنه يؤدي حتماً إلى ارتفاع في الحرارة، بيد أن رجال العلم يأملون



٥ KANZAKI/NATUREPL.COM

أ انتهى صيد الفقمة لهذا الدب الأبيض المحكوم عليه بالفوق جوعاً.



> يعيش اليوم أربعة ملايين شخص في الدائرة القطبية الشمالية، وستساهم التدفئة في رفع هذا العدد.

٤

## لماذا تهتم ناقلات البتترول بالمنطقة القطبية الشمالية؟

**الجواب:** لأن قدرًا هائلًا من البتترول والغاز يرقد مستترًا تحت الجليد البحري. يقدر معهد الجيوفيزياء الأمريكي (USGS) كمون الجليد البحري بـ ٩٠ مليار برميل من البتترول، أي ما يعادل ثلاث سنوات من الاستهلاك العالمي و ٤٧ ألف مليار من الأمتار المكعبة من الغاز الطبيعي، أي ثلاثة عشر عامًا من الاستهلاك العالمي. إنه مورد إثراء طائل للشركات النفطية التي كانت متلهفة للنفوذ إلى تلك الحقول النفطية الجديدة حتى وقع فشل شركة (شل Shell) الذريع؛ ففي سبتمبر ٢٠١٢، بدأت شركة البتترول بحفر بئر في البحر

على بعد مائة كيلومتر شمال (الأسكا). كانت خطوة سباقية، لكن العملية توقفت بسبب وصول الجليد المبكر، وفي ديسمبر ٢٠١٢، انقطعت حبال منصة تنقيب تابعة لشركة (شل Shell) بينما كانت تقمرها سفن



خلال عاصفة في خليج (الأسكا) بعد أن تقاذفها البحر، انحرفت في نهاية المطاف إلى ضفاف جزيرة مهجورة. ثم أُرسِلَ ٧٠٠ شخص إلى المكان للعمل طوال أسبوع على تعويمها وسحبها إلى مكان آمن. تَبَطَّ هذا الحادث الباهظ الثمن عزيمة الشركة النفطية التي علقت عملياتها كليًا في المنطقة القطبية الشمالية في العام ٢٠١٢. أيضًا، أعلن العملاق الروسي (غازبروم Gazprom) في يونيو ٢٠١٢ إيقاف مشروع التنقيب في حقل (شتوكمان Chtokman) النفطي في بحر بارنتس (Barents) شمال فنلندا، مع أن ذلك المخزون العملاق من الغاز يحوي ما يعادل سنة من الاستهلاك العالمي؛ لكن لا تخطئوا الظن، فناقلات النفط تدرج تمامًا أن الوقت يَصْبُ في صالحها. وهي تلجأ في الوقت الراهن إلى حلول أقل خطرًا وأقل تكلفة. تملك روسيا حقولًا أخرى من النفط أسهل نفاذًا، ويات أمريكا الشمالية تستثمر استثمارًا زائدًا في «الغاز الصخري» (Shale gas). لكن بعد عشر أو عشرين سنة تصبح ثروات المنطقة القطبية الشمالية في متناولها بمساعدة الاحتباس الحراري.

### إضاءة

#### الغاز الصخري

هو غاز طبيعي حبس صخور مسامية، يكون استثماره عادة أكثر تعقيدًا من استثمار الغاز التقليدي المخزن في جيوب شاسعة تحت الأرض، إلا عندما تكون هذه الجيوب كامنة في قعر المحيط القطبي الشمالي.

➤ أنقذت منصة "شل" هذه في اللحظات الأخيرة بعد انحرافها في (الأسكا) ما تَبَطَّ عزيمة سفن البتترول.

1ST CLASS S. FRANCIS/JUS COAST GUARD



## هل ستقصد سفن الشحن الشمال؟

**الجواب:** دون شك، لأن المحيط القطبي الشمالي طريق مختصر رائع بين المحيطين الأطلسي والهادئ. دعونا نتذكر أنه للإبحار من أوروبا إلى آسيا في السابق، كان من الضروري عبور رأس الرجاء الصالح في طرف إفريقيا الجنوبي (انظر الخريطة المرفقة في الصفحة المقابلة). ثم في العام ١٨٦٩، تم تدشين قناة السويس في مصر. كان إنجازًا هائلًا سمح باختصار ثلاثة آلاف كلم مع تجنب الالتفاف حول إفريقيا. لا بأس بذلك، إن الممر الشمالي الشرقي الذي يمتد على طول روسيا شمالًا ويصل إلى المحيط الهادئ عبر مضيق (بيرينغ Bering) يقلص المسار بمقدار سبعة آلاف كلم إضافية، إن المسافة من روتردام إلى طوكيو مثلًا تتقلص من ٢١١٠٠ إلى ١٤١٠٠ كلم، ولا يُفتح هذا الممر الذي تسيطر عليه روسيا إلا من يونيو إلى نوفمبر في الوقت الراهن، كما تعبره قوافل السفن خلف كاسحات جليد نووية تُبعد الجليد العائم، إلا أن هذا لا يمنع من استقبال أعداد متزايدة من السفن؛ فقد حصلت ٢٠٤ سفينة على الإذن بعبوره هذه السنة مقابل ٤٦ في العام ٢٠١٢، و٤ فقط في العام ٢٠١١ تحمل معظم السفن الراية الروسية قاصدة أنهار



## هل سيرتفع مستوى المحيطات؟

**الجواب:** أجل، لكن ليس لذوبان الجليد البحري تأثير مباشر في هذه الظاهرة. في الواقع، لأنه يطفو فوق البحر، فهو يسهم في مستواه الحالي (كما يؤثر مكعب ثلجي في كوب على مستوى السائل الإجمالي في ذلك الكوب)، والماء العذب الذي يصب في المحيط المتجمد الشمالي من الكتل الجليدية الواقعة على اليابسة هو المسؤول تقريباً عن نصف الارتفاع الحالي للمحيطات العالمية (٤٠٪) المقدّر بـ ٣ ملم في السنة! لا تبدو هذه الكميات كبيرة، لكن وفق حسابات الوكالة الأمريكية التي تدرس المناخ (Noaa)، فإن ما لا يقل عن ٧٧٠٠ كلم مكعب من المياه انصب في المحيط المتجمد الشمالي في السنوات الأخيرة، أي ما يعادل حوضاً شاسعاً تبلغ مساحته مساحة فرنسا ويبلغ عمقه ١١ متراً.

لكن المشكلة هي احتمال تآمي هذه الظاهرة بفعل ذوبان الجليد البحري؛ إذ يحيط حالياً بكثير من الكتل الجليدية القارية (خاصة في غرينلاند) ماء البحر المجمد طوال السنة، وبما أنها محبوسة، فهي تكاد لا تسهم في ارتفاع الماء. لكن مع انخفاض مساحة الجليد البحري، تبدأ الكتل الجليدية التي تحررت بدورها بإطلاق جبال جليدية في المحيط؛ مثل آلاف من مكعبات الثلج الجديدة في كوب.

إذا، سيكون للمنطقة القطبية الشمالية دور كبير في ارتفاع مستوى البحر في المستقبل بنسبة تتراوح بين ٠,٩ و ١,٦ م من الآن حتى العام ٢١٠٠، ما يسبب ضرراً للعديد من الجزر المسكونة والمدن الساحلية. ■

### للاستزادة

صوّر قمر صناعي تطور الجليد البحري على مدى المواسم. شاهدو الفيديو على العنوان الآتي:

svjlesite.fr

## المنطقة القطبية الشمالية بالأرقام

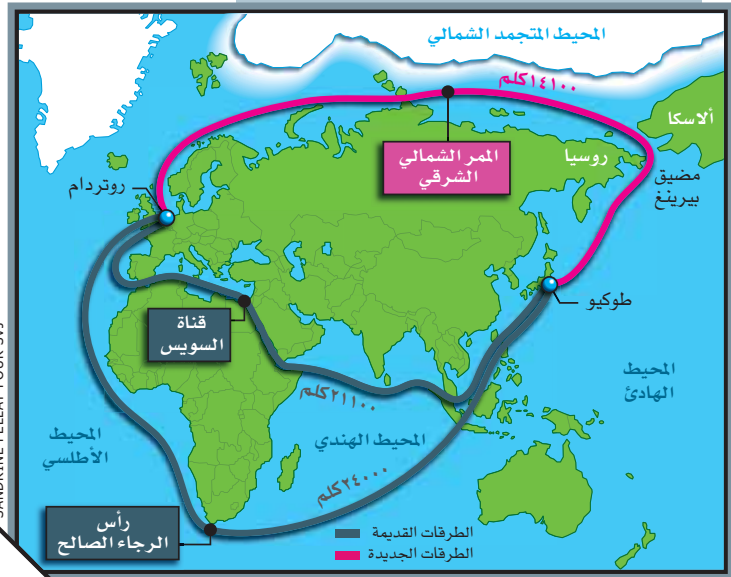
- ٩٠ مليار عدد براميل البترول التي يحويها باطن أرض المنطقة القطبية الشمالية.
- ٢٣ مليون كلم مربع. إنها مساحة الأرض الجليدية التي توشك أن تذوب.
- ٢٥ ألفاً عدد الدببة القطبية التي تعيش في المنطقة القطبية الشمالية.
- ٧ آلاف عدد الكيلومترات التي تم توفيرها على مسار روتردام - طوكيو مروراً في الشمال.
- ٨٪ من مساحة الأرض، هذا ما تمثله الدائرة القطبية الشمالية.

➤ تفصل كتلة ضخمة من الجليد في جزيرة سبيتزبيرغ Spitzberg (النرويج) وتغوص عند غرقها في الماء، يرفع الجليد مستوى البحر.

P. GOLDSTEIN/EXODUS/REX/SPA

سيبيريا، وهي الطريقة الوحيدة للوصول إلى قلب المنطقة، بيد أن سفن شحن أجنبية بدأت بالعبور بين أوروبا وآسيا. بالرغم من أن هذا الممر ما يزال بعيداً عن منافسة قناة السويس (تعتبر ٤٠٠ سفينة قناة السويس أسبوعياً)، إلا أنها مسألة سنوات قبل أن تصبح هذه الطريق المختصرة القطبية الشمالية - إلى جانب شقيقتها التوأم في الشمال الغربي، في شمال أمريكا - طريقاً تجارية أساسية.

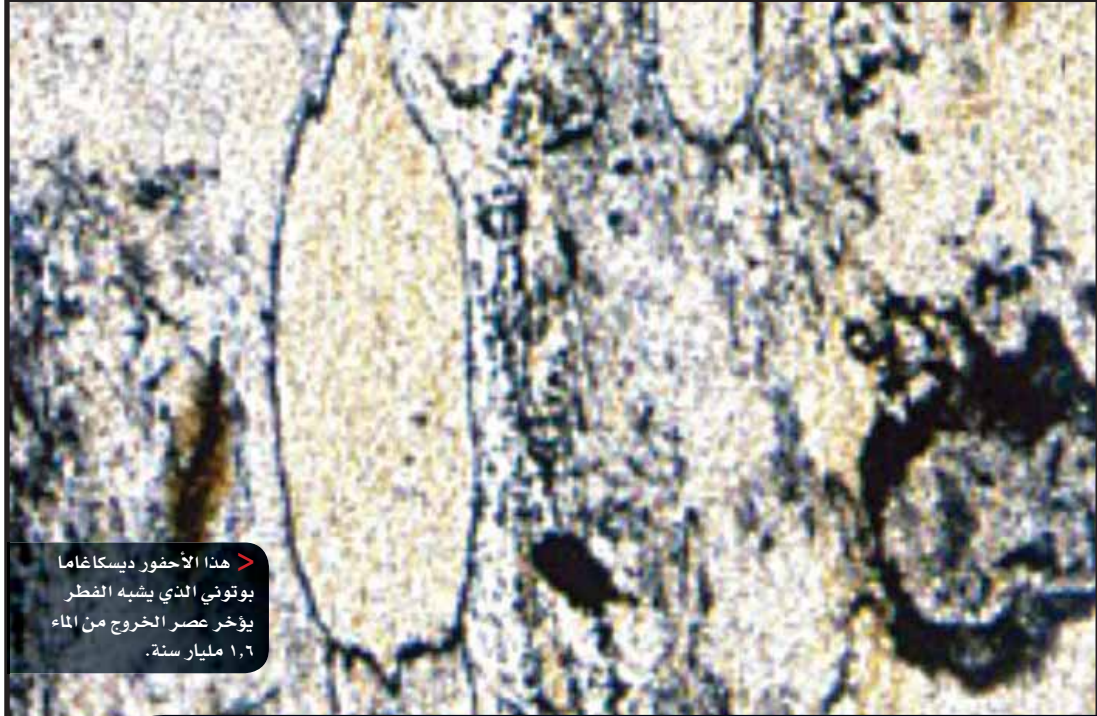
## إنها طريق القطب السريعة!



(1) ADIEU BANQUISE..., Science & Vie Junior 289, PP 20-23

(2) Jérôme Blanchart





> هذا الأحفور ديسكاغاما بوتوني الذي يشبه الفطر يؤخر عصر الخروج من الماء ١,٦ مليار سنة.

## علم الحفريات

# خرجت الحياة من الماء قبل التاريخ المتوقع بكثير

"هرمت" نظرية الانبثاق من الماء اليوم؛ فقد أثبت (غريغوري ريتالاك Gregory Retallack) من جامعة (أوريغون) منذ فترة وجيزة أن الحياة ظهرت على سطح الأرض منذ ٢,٢ مليار سنة، وهو اكتشاف توصل إليه بعد تحليل ١٥٣ أحفوراً من جنوب إفريقيا من (ديسكاغاما بوتوني Diskagma buttonii) تحليلاً كيميائياً بالأشعة السينية، طوله ١ ملم، وهو أشبه بفطر (جيوسيفون Géosiphon) على هيئة الجرة؛ فقاعدته أنبوبية يعلوها جسم مركزي، ثم كأس مليئة بالخيط، وقد دفع ذلك الاكتشاف إلى إعادة فحص أحفوريات أخرى كانت محل شك حتى الآن، وإلى رسم ملامح أراضٍ بدائية غير متوقعة! (E.R.

مع أن ظهور الحياة على الأرض ما يزال لغزاً، إلا أن بعض النقاط من تاريخ الحياة لا تزال مطروحة. فالكوكب قد تشكل منذ ٤,٥٦ مليار سنة، وظهرت الحياة منذ حوالي ٤ مليار سنة في محيط بدائي عبر الخلايا الأبسط، ثم ظهرت الخلايا ذات النواة منذ ملياري سنة، وأخيراً ظهرت كائنات متعددة الخلايا منذ ٦٠٠ مليون سنة في الفترة التي ارتقت فيها بعض الكائنات إلى اليابسة. لكن هذا السيناريو الأساس يهتز أكثر فأكثر كل سنة؛ ففي العام ٢٠١٠ أعلن فريق فرنسي عن اكتشاف كائنات متعددة الخلايا تعود إلى ملياري سنة (S&V العدد ١١١٥، ص. ٢٠)، هكذا فقد



# الأنابيب النانوية الكربونية لنعطها فرصة ثانية!<sup>(1)</sup>

بقلم: فينسانت نويريغا<sup>(2)</sup>

تلك الفترة بأنهم بالغوا إلى الحد الهذيان. لكن بعد الإشادة بأنابيب الكربون النانوية، فإنّ نهبها بتلك الطريقة المشينة يبدو ضرباً آخر من المغالاة.

هل نسينا أنّ  
الكيفلر احتاج  
إلى ٤٠ سنة  
ليفرض نفسه؟

علينا أن نتفتح بأنّ نجاح مادة ما يحتاج إلى الصبر المديد. نحتاج إلى الوقت لننتقل من الاكتشاف الأساسي إلى التطبيق الأكثر طموحاً، وللقيام على كلّ أنواع المقاومة والقصور الذاتي والصعوبات التقنية لإنتاج صناعي، بهدف التخلّص من المادة المستعملة رهنأً. هكذا استغرق الكيفلر أربعين سنة -تقريباً- ليفرض سبب وجوده، أربعين عاماً؛ تبدو تلك المدّة غير قابلة للتقليص، لكن عمر الكشف عن الأنابيب النانوية يكاد لم يتجاوز العشرين عاماً، وهي مدّة لا تشكل تزمة أكثر من أربع أطروحات لشهادة الدكتوراه.

لا جدوى من إخفاء الأمر، ففضلاً عن الشكوك المتعلقة بتأثيرات سميّة لأنابيب الكربون النانوية المحتملة، فإنّ العوائق التكنولوجية التي ينبغي تجاوزها ليست بقليلة، وتبقى صناعة الأنابيب النانوية خالية من الشوائب ومحققة الخصائص المطلوبة على مقياس كبير، مهمة صعبة. إلّا أنّه يتم التعاطي مع الموضوع بطريقة أفضل، وكُشف مؤخراً -في نهاية أغسطس ٢٠١٣- عن وسيلة واعدة للتحكم بتركيباتها، وهذا دليل على أنّ قسمًا من المجتمع لا يزال يؤمن بها، ولكن بالرغم من تضاعف التطورات الأساسية والتطبيقات الجديدة (رقاقة IBM، وشاشة هاتف ذكي...)، إلّا أنّها تمرّ من دون أن يلاحظها أحد، وهذا ظلم، في عصر جنوني كمعصر الغرافين الراهن. نرد هذه المادة يومياً في مقال صحفي جديد. إلّا أنّها قد تعرّض أيضاً للاستبعاد في أحد الأيام. ■

نهاية حلم. هذا ما استنتجناه -على كلّ حال- من قرار مجموعة باير (Bayer) الأخير: في مايو ٢٠١٣، أعلن عملاق الكيمياء الألماني إقبال مصنع الأنابيب النانوية الكربونية لديه بسبب غياب الفرص. إنّها صدمة حقيقية! تذكروا: منذ عشر سنوات، كان رجال العلم لا يتقنون إلا بعضيّات الكربون الفائقة الدقّة تلك، الأرقّ عشرة آلاف مرّة من الشعرة. كلّنا نظنّ لدى الاستماع إليهم بأنّ وجه العالم سيتغيّر، وأنّ البشرية ستدخل عصر الأنابيب النانوية الكربونية، كما عاشت عصر الحديد وعصر البرونز، وأقلّ ما نقوله اليوم هو أنّ ذلك الحماس اضمحل. فمنذ بضعة أشهر، بات الباحثون والصناعاتيون يعربون حتّى عن "يأس نانوي" عميق. بل الأسوأ من ذلك: يتكلّم بعضهم بصراحة عن الأنابيب النانوية بصيغة الماضي، ولا يتأملون إلا بالغرافين، تلك المادة الكربونية الجديدة والجميلة الطامحة إلى جذب قسط كبير من تمويل الأبحاث.

إنّ الإعلان عن موت الأنابيب النانوية سابق جدّاً لأوانه! فهو يؤدّي إلى تجاهل المسار الوعر وكثير الارتدادات لأيّ مادة معدّة للاستثمار في حياتنا اليومية. البدايات المحتشمة يحل محلها عادة تردد الصناعيين الذين يمتنعون عن تحمّل كلفة الطريق الطويلة نحو الربحية. إنّ حالة الغيظ الرهانة نفسية لا ريب في المقام الأول: قدر الآمال التي أطلقها الباحثون والمهندسون والصحافيون في منتصف بداية الألفية الثانية، من المخطئ ومن المصيب؟. اكتشف مهندس ياباني من خلال مجهره في العام ١٩٩١ هذا الترتيب الجزيئيّ شديد الخصوصية الذي يظهر في المختبر خصائص آتية باهرة وقدرات بصريّة مذهلة -فضلاً عن مميّزات حراريّة وكهربائيّة تكاد تكون مثاليّة- لم نشهد مثيلاً له قط، ويقدمّ بدهاء الأمل للتوصل إلى صناعة مادة معجزة، تسمح بابتكار شبكية عين اصطناعية، ودهان لا يسيل، وحتى مصعد فضائيّ (تخيّلوا عموداً يرتفع ٣٦ ألف كلم!). وقد اعترف المعنيّون في

(1) NANOTUBES DE CARBONE: LAISSONS-LEUR UNE SECONDE CHANCE!, Science & Vie 1154, P 62

(2) Vincent Nouyrigat

بعد ٤٠ عامًا من التعديل الوراثي الأول...

# إلى أين يتجه كوكب الكائنات المعدلة وراثيًا؟<sup>(١)</sup>

بقلم: إيمانويل مونييه<sup>(٢)</sup>

S.ELLERGMANN/LAIF-REA - M.KAUFFMAN/TIME-LIFE/GETTY



نوفمبر ١٩٧٣

نجح الإنسان في تحسين  
كائن حي (ص ١٠)

الكائنات المعدلة وراثيًا

إمكانيات من الخدمات  
الأحيائية تكاد تكون  
لامتناهية (ص ١٢)

الهندسة الوراثية

٣ تقنيات لتصويب الرمي  
(ص ١٤)

تغذية

الكائنات المعدلة وراثيًا  
تسعى للعودة؟  
(ص ١٦)



▲ نجح "ستانلي كوهين" Stanley Cohen و"هيربرت بوير" Herbert Boyer بجعل بكتيريا أكثر مقاومة من خلال تعديل جينومها.

حمل الكائن الأول المعدل وراثيًا في طياته أمل تحسين الكائن الحي يومًا ما لتغذية البشرية بأكملها ومعالجتها. بعد أربعين عامًا، لم تف ثورة الهندسة الوراثية بعد بكل وعودها. الكائنات المعدلة وراثيًا منتشرة في كل مكان، لكن المستهلكين لا يرغبون فيها دائمًا في أطباقهم.

# نوفمبر ١٩٧٣ نجح الإنسان في تحسين كائن حي

تجسّد حلم علماء الوراثة القديم ذلك الشهر بربط  
قِطَع من الحمض النووي لتكوين كائنات جديدة:  
الكائنات المعدّلة وراثيًا!

"بناء بلازميد بكتيري وظيفي من الناحية  
الأحيائية في المختبر". يا له من إعلان ولادة  
فائق التزمّت! نشر المقال في نوفمبر ١٩٧٣  
في مجلة المعهد الأمريكي للعلوم أو (Revue de  
Académie américaine des sciences) لكن عنوانه  
افتقر لما يجذب اهتمام الصحف الهامة. أمّا  
الاختصاصيون في علم الوراثة، فلم يفتهم الأمر،  
بل أدركوا جميعاً أنّ عصرًا جديدًا سيبدأ مع  
اكتشاف أعمال "هيربرت بوير" Herbert Boyer،  
عالم الكيمياء الحيوية في جامعة كاليفورنيا  
(بيركلي، الولايات المتحدة الأمريكية) و"ستانلي  
كوهين" Stanley Cohen، الأستاذ في كلية الطب  
في جامعة ستانفورد (Stanford) (كاليفورنيا،  
الولايات المتحدة الأمريكية). تمكّن هذان  
الباحثان من ربط طرفي قطعتين من الحمض  
النووي من نوعين مختلفين من البكتيريا لتصنعا  
مقاومتين للمضاد الحيوي، ثم أدخلوا القطعة  
الجديدة ضمن جينوم نوع ثالث من البكتيريا  
أصبحت -من ثم- قادرة على مقاومة المضاد  
الحيوي نفسه. تمكنا باختصار من صنع الكائن  
الأوّل المعدّل وراثيًا!

كان الثنائي يستعد لإنجاز ما هو أعظم من  
ذلك: مقال جديد كانا يعدّانه للنشر بعد بضعة  
أشهر، يعلنان فيه أنّهما لن يدخلوا بعد الآن في

جينوم بكتيريا ما مورثات بكتيرية مألوفة، بل  
مورثات عُلجوم قيطم (Xenopus Toad). كانت  
عملية نقل غير مسبوقة ما كانت لتحدث في  
الطبيعة من تلقاء نفسها! ومن أسباب تيسير هذا  
النجاح أنّ طالبًا التقى به بوير قبل بضعة أشهر  
في يوليو خلال ندوة حول الأحماض النووية،  
سلّمهما تلك المورثات "جاهزة". ندوة سبقت في  
ذاكرة عالم الكيمياء الحيوية طويلًا.

## ربّما يمكن تصحيح حتى بعض العيوب الوراثية!

لم يتمالك بوير نفسه، وقد غمره الحماس  
لأبحاثهما، فأفصح عن هذا الإنجاز وكشف  
عن كلّ خفاياه. لكن صمّتًا مطبقًا إلى حد كاد  
يكون مهينًا للعالمين تبع ذلك الإعلان: كأن أحدًا  
لم يدرك التحدي، إلى أن استفاق أحد الزملاء  
بعد بضعة بيانات مفصّلة قائلًا: "حسنًا، أصبح  
بإمكاننا الآن إذاً أن ندخل في الجينوم أيّ جزء  
كان من الحمض النووي!". أدرك أنّ حلمًا قديمًا  
قدّم علم الوراثة بدأ يتبلور.

يعود الفضل الكبير لتحقيق هذا الحلم  
إلى اكتشاف إنزيمات القطع مخرّجًا، أي تلك  
البروتينات القادرة على قطع أجزاء من الحمض  
النووي في "مواقع" محدّدة، لكننا تمكّنا كذلك  
منذ فترة وجيزة من "الصق" قِطَع من الحمض

النووي -ما سمح في السنة الماضية لـ "بول بيرغ"  
Paul Berg، وهو مختصّ في الكيمياء الحيوية في  
جامعة ستانفورد- بربط قطعة من حمض نووي  
بكتيري بالحمض النووي لفيروس يصيب القرد،  
لكنّه لم يجرؤ على إدخاله في بكتيريا لأنّ خطر  
تعرّض كائن بشري لإصابة عن غير قصد كبير  
ل للغاية. بوير وكوهين لم يساورهما أيّ تحفظ  
أخلاقي كهذا، لأنّ حمضهما النووي لم يكن  
-مبدئيًا- ضارًا.

يلحم بوير بالتطبيق التجاري، لأنّ آفاقه  
مذهلة، فإذا كان يمكن إدخال أيّ مورثة في  
بكتيريا -كما أظهرها بعد إقناع التقنية- فهذا  
يعني إمكانية تعديل كلّ أنواع الكائنات لجعلها  
تنتج المواد العضوية بكميات كبيرة: الأنسولين،  
هرمون النمو، البروتين الفيروسي، بل ربّما  
تحسّن النبات ليقاوم الحشرات والأمراض،  
وحتى تصحيح بعض العيوب الوراثية عند  
الإنسان!

إلا أنّه في الوقت الحالي، يخشى عدد من  
خبراء الكيمياء الحيوية -بالتحديد- الأخطار  
التي قد تؤدي إليها تلك الاختبارات الجينية.  
ألا نجازف بتخليق أحماض نووية جديدة معدية  
نتائجها مدمرة؟ دفعهما الشك إلى طلب مهلة  
لتحديد الظروف التي يمكن فيها متابعة تلك  
التجارب، وهو ما تمّ تحديده في العام ١٩٧٥، في  
مؤتمر أزيلومار (Asilomar) (كاليفورنيا)، الذي  
خلّفت مناقشاته المحتدمة ذكرى مريرة لدى  
بوير، لكنّه لم يكتثر، مدرّكًا أنّ ثورة الهندسة  
الوراثية قد بدأت، ولا شيء يمكنه أن يوقفها.





٨ إنجاز يفتح أفاق مهيبة إلى حد أنه ابتداء من العام ١٩٧٥، سيهتم مؤتمر أزيلومار (Asilomar) حصرياً بتلك الاختبارات.



٨٧ < هذا المقال (في الأسفل) الذي وقعه "هيربرت بوير" (الصورة أعلاه) و"ستانلي كوهين"، وهما باحثان أمريكيان، نُشر في نوفمبر ١٩٧٣ في مجلة المعهد الأمريكي للعلوم: نجحاً في جعل جرثومة الإشريكية القولونية "E.coli" (الصورة على اليسار) مقاومة لمضاد حيوي.





# الكائنات المعدّلة وراثيًا، إمكانيات من الخدمات الأحيائية تكاد تكون لامتناهية

## الصناعة

### حثّ الكائنات الحية على العمل

تعمل ليلاً نهاراً، لا تبدّد طاقتها، تلوث قليلاً وتجزر بفضل إنزيماتها تفاعلات كيميائية معقدة، تتميز البكتيريا بكل الصفات التي تروق للصناعة الكيميائية. يبلغ مجموع مبيعات التقنية الحيوية الصناعية السنوي بضعة عشرات مليارات اليورو، وقد يصل في العام ٢٠٢٠ - بحسب بعض الدراسات - إلى ٣٠٠ مليار يورو (ما يعادل ١٥٠٠ مليار ريال سعودي). إنتاج الوقود الحيوي هو الفرع الرئيس، لكن البلاستيك الحيوي يتطور أيضاً. تساهم الهندسة الوراثية في تحسين المتعضيات لتنتج إنزيمات تتكيف بصورة أفضل مع ظروف الإنتاج الصناعي (أس هيدروجيني PH مرتفع، كثيف القوام...)، مثال على ذلك حمض النووي الاصطناعي، المستمد من مورثة نباتي مشقر لمحفر تشييد إنزيم إيزوبرين يسمح - بعد إدخاله إلى سلالات بكتيرية - بصنع مركب من الإيزوبرين في عملية التخمر. يُستعمل ٨٠٠ ألف طن منه سنوياً لصنع مطاط الإطارات مثلاً.

اقتصاد: ٧ لترات من النفط لكل ليتر من الإيزوبرين. ويعمل رواد علم أحياء التخليق حالياً على ابتكار متعضيات مجهريّة محسّنة لصنع هيدروجين حيوي من الماء.

معالجة السكري، إنتاج المطاط أو زرع سلجهم مقاوم، وعدت الكائنات المعدلة وراثياً بسرعة بتطبيقات مذهلة. جولة في الأفق.



P. GINTER/AFP - R. GALLARDE/GAMMA - C. BELLAVIA/DIVERGENCE

### المستحضرات الصيدلانية الأحيائية

### ابتكار أدوية أحيائية

الصنع. إنها بروتينات تُسمى "مأشوبة" من بينها ٦٠٪ من إنتاج حيوانات معدّلة وراثياً، و٣٠٪ من بكتيريا أو خميرة و١٠٪ من أصل نباتي. إن كان استعمال أجناس بعيدة عن الإنسان يجبرنا - لاحقاً - على إضفاء طابع إنساني على البروتينات التي حصلنا عليها بإخضاعها لسلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تقربها من تكوينها البشري، فإنّ هذا البعد يحدّ - بالمقابل - من أخطار التلوّث بمسببات الأمراض.

كانت الأبحاث الصيدلانية أوّل من عرف أهميّة الكائنات المعدّلة وراثياً. عند دمج مورثات بشرية في البكتيريا، يصبح من الممكن جعلها تنتج كميات كبيرة من البروتينات العلاجية، مثل الأنسولين الذي تم إنتاجه من بكتيريا منذ العام ١٩٧٨ لمرضى السكري، أو الانتريفيرون ألفا المستعمل لعلاج اليرقان أو مرض الإيدز، الذي يتطلّب إنتاج غرام منه ٤٠ ألف لتر من الدم البشري. نجد حالياً أكثر من ٥٠ دواءً بروتينياً بشرياً وأكثر من مئة في طور



## الزراعة

## منتجات أوفر ذو نوعية أفضل

تسرّع إمكانية تعديل جينوم النبات المزروع مباشرة وفق المراسم عمليّة النهجين والاختيار الطويلة التي تتم منذ آلاف السنوات للحصول على أصناف أكثر إنتاجية "أكثر مقاومة" ومتسمة بطعم وقوام أفضل. في الوقت الحالي، يتطور النبات المعدّل وراثيًا في القارة الأمريكية: إذ جمعت الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل والأرجنتين وكندا في حدّ ذاتها في العام ٢٠١٢، ١٤٢ مليون هكتار من الكائنات المعدّلة وراثيًا، على مساحة عالميّة تقدر بـ ١٧٠ مليون هكتار (أقلّ بقليل من ١٠٪ من مساحة الأرض المزروعة). يستأثر بالزراعة: القطن والصويا والذرة والسلجم المعدّلين وراثيًا لمقاومة مبيدات الأعشاب و/أو تنتج بنفسها مادّة أو عددًا من مواد مبيدات الحشرات، لكن المشروعات كثيرة لإدخال وظائف أكثر تعقيدًا، خاصّة الأصناف القادرة على مقاومة الجفاف بصورة أفضل، ونقص النتروجين أو اكتساب بعض المغذيات الضرورية، كما أجريت عملية نقل مورثات -أيضًا- على المشية لزيادة إنتاجها من الحليب أو تعزيز نموها مثلًا، إلّا أنّه لم يسمح بعدُ باستهلاك أيّ هذه الحيوانات المعدّلة وراثيًا.

## بحث أساسي

## فهم المورثات

استبدال مورث بأخر من نفس الجينوم القريب منها، لاختبار أوجه التباين الدقيق بين البروتينات المتقاربة، فنتكلم عند ذلك عن كائنات "مبدلة المورث". وغالبًا ما يتم توفير هذه الفئران من طرف شركات متخصصة وفق دلائل (قوائم) حسب نوع المورثة.

كتمهيد، يعدّل الباحثون وراثيًا كائنات لتعزيز معرفتهم بعمل بعض المورثات وطريقة التعبير عنها. لذلك استعملت المختبرات الإنجليزية في العام ٢٠١٢، ١,٧٧ مليون فأرة سمّيت "معدّلة المورثة" أو (knock out)، عُمّل فيها عمل مورثة لمراقبة التأثير الناجم عن ذلك (تشوّه، عقم...). والخروج بنظريات عن دورها. كما يمكن

## طب

## معالجة الأمراض الوراثية

المركبة في العام ٢٠٠٠، وفي العام ٢٠١٠، متلازمة ويسكوت-ألدريتش (Wiskott-Aldrich)، وهو مرض من أمراض المناعة، والتلاسيميا الكبرى بيتا، المسببة لفقر حادّ في الدم. في تلك الحالات الثلاث، تمّ الشفاء بعد إدخال نسخة سليمة من المورثة المريضة في خلايا نخاع الشوكي الجذعيّة، وذلك لإكمال المورثة المتغيرة ثم استبداله في العلاجات الحالية. تتناول الاختبارات -أيضًا- الأمراض الوراثية التي تصيب الجلد والعين (التهاب الشبكية الصبغي) أو أمراض التلف العصبي.

وعدت الهندسة الوراثية -أيضًا- بهزم الأمراض الوراثية في منشأها باستبدال الجين الذي اختلّت وظيفته في بعض الخلايا بنسخة سليمة. أولى الأمراض المعنّية هي -بالتأكيد- الأمراض السمّاء أبادية المورثة، التي يسببها نقص أو غياب مورثة واحدة، لكن المبدأ قد يعني -على المدى الطويل- أمراضًا متعدّدة الجينات أو بعض أمراض السرطان التي تسببها سلسلة من الطفرات. بعد بدايات مخيبة للأمل في التسعينيات الميلادية من القرن الماضي، بدأت تتحقّق حالات الشفاء الأولى من خلال العلاج الجيني. كان ذلك حال نقص المناعة الحادّة



P.GINTER/AFP - R.GAILLARDE/GAMMA - C.BELLAVIA/DIVERGENCE

# الهندسة الوراثية

## ٣ تقنيات لتصويب الرمي

### التقنية رقم ١: تغيير مَوْرَث طبيعي

بدلاً من إقحام مَوْرَث غريب، يُستحب تغيير إحدى مَوْرَثات الكائن الحي نفسه. لهذا الغرض، يتم تركيب سلسلة من النوكليوتيدات (عناصر الحمض النووي الأساسية) في المختبر، ذات سلسلة مشابهة لسلسلة المَوْرَث المختار، إلا في المكان الذي نرغب في إحداث طفرة فيه. يحل ذلك الجزء المُقطع محل السلسلة الأصلية عندما يتكاثر الحمض النووي.

تأثيرات عشوائية، انتهاك خطر لحاجز الأنواع... حصدت الكائنات المعدلة وراثياً الناجمة عن عملية نقل مَوْرَثات اللوم . وتحاول الآن تقنيات جديدة الرد على ذلك.

### عملية نقل المَوْرَثات: تقنية نقل مَوْرَثات عشوائية للغاية

حالما يتم تحديد المورثة محل الاهتمام - أي المورثة الذي نرغب في إضافتها - يتم -مسبقاً- إنتاج نسخ عديدة منها. توضع المورثة بعد ذلك في ناقل ملائم: جينوم الفيروس، والبلازميد البكتيري (حمض نووي صغير حلقي) القادر على نقل مَوْرَثاته، لكن عملية النقل تتميز بعشوائية مزدوجة: وحدها بعض الخلايا المستهدفة ستقبل المورثة فعلاً، كما

أن المورثة تندمج في موقع عشوائي ضمن الحمض النووي المستهدف وأحياناً بنسخ متعددة. يتعدّر -إذن- التنبؤ بالصيغة الناتجة، وإذا كانت المورثة المدمجة من نوع بعيد للغاية، نتكلم عن عملية نقل مَوْرَثات دخيلة (transgenesis)، وإذا أتى من النوع نفسه لكن من صنف مختلف فهي عملية نقل مَوْرَثات من النوع نفسه (cisgenesis).

١- يتم إدخال نسخ عدة من المورثة محل الاهتمام في الخلية...

جينوم جاهز للتغيير

مورثات غريبة

مورثات طبيعية

٢- تندمج في موقع عشوائي وأحياناً في مواقع متعددة مما قد يؤدي إلى اضطراب المورثات الطبيعية

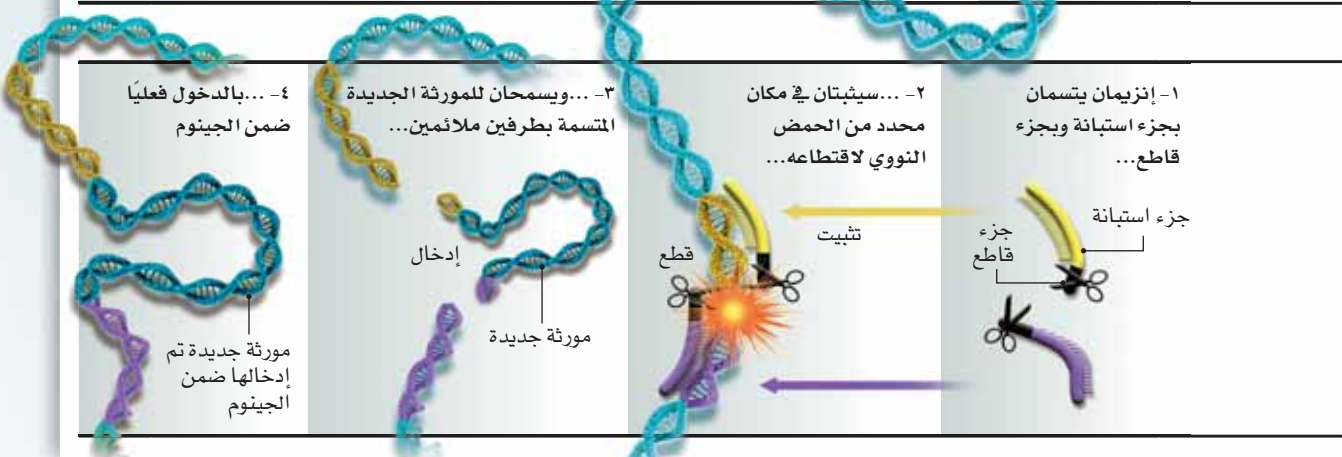
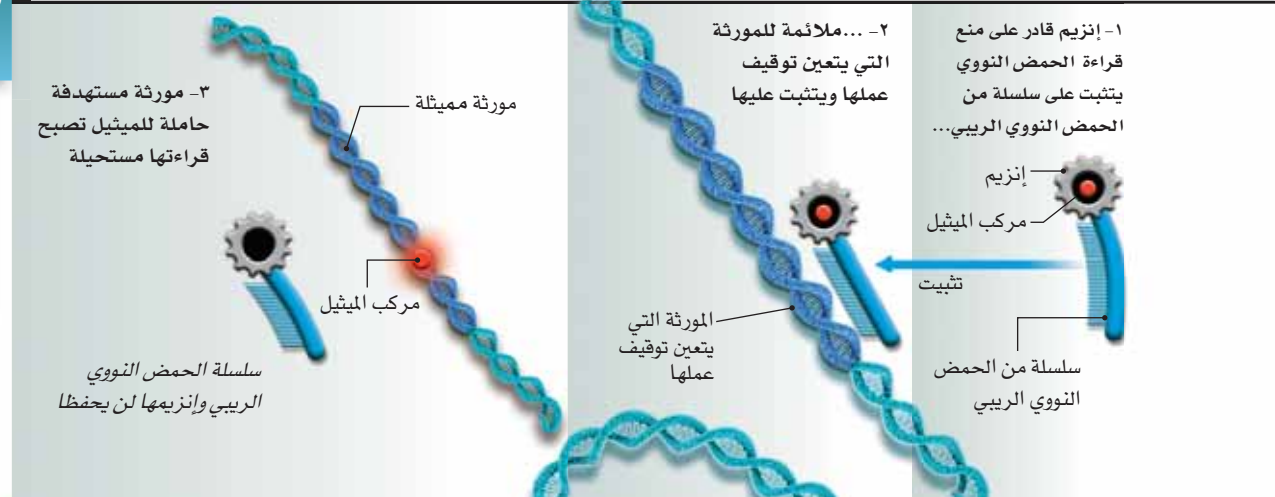
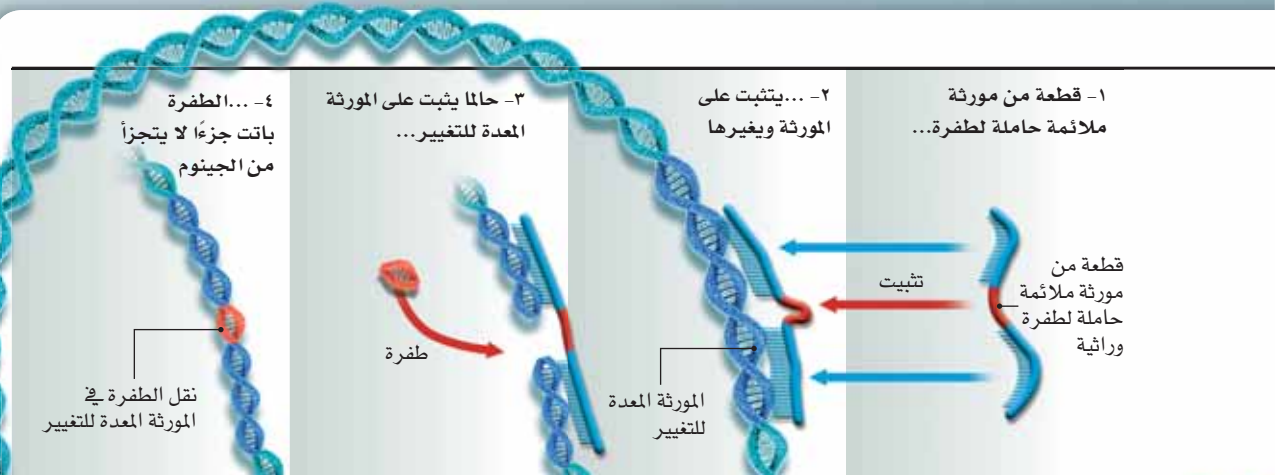
### التقنية رقم ٢: منع التعبير عن مورثة مستهدفة

بدلاً من إدخال مورثة جديدة -المقصود هذه المرة هو توقيف عمل مورثة موجودة سابقاً- يتم مثلاً إضافة مجموعات ميثيل إلى المورثة لتكوين معقد معروف يمنع استنساخ الحمض النووي (DNA). لهذه الغاية، يُنْتَبَ إنزيم الميثلة (methylation enzyme) على جزء من الحمض النووي الريبي (RNA) تكون سلسلته من النوكليوتيد ملائمة لسلسلة المورثة التي نريد توقيفها. يُنْتَبَ ذلك الجزء من الحمض النووي الريبي على المورثة المستهدفة فيحول الميثيل دون قراءتها.

### التقنية رقم ٣: قطع منطقة محدّدة من الحمض النووي لإدخال مورثات مَوْرَث النووي

تقنية تسمى "نوكلياز أصبع الزنك"، وتسمح بقطع الحمض النووي في مكان محدّد بفضل معقدات بروتينية قادرة على التثبّت في تتابعات محددة. عند إضافة المورثة محل الاهتمام في النوكلياز، يمكن إدخالها في مكان القطع المحدّد، حيث تعبر عن نفسها -لاحقاً- بطريقة مثلى.





# تغذية الكائنات المعدلة وراثياً تسعى للعودة؟

شركات البذور في نهاية التسعينيات الميلادية من القرن الماضي -مباشرة بعد أزمة جنون البقر- في وضع المستهلكين أمام الأمر الواقع بإدخال كميات كبيرة من الحبوب المعدلة وراثياً.

كما أدت طبيعة أولى عمليات الزراعة المعدلة لتعمل مبيدات للحشرات (التي يمكن أن ننشرها -من ثم- كما نشاء) إلى طرح العديد من الأسئلة الصحية: هل استهلاكها خالٍ حقاً من الخطر؟ إن كان معظم علماء السموم مقتنعين بغياب الخطر، يتساءل بعضهم إن كانت الاختبارات التي أجريت على جرذان خلال ثلاثة أشهر كافية لإثبات عدم سمية منتج ربما نستهلكه طوال حياتنا. كما يشير العلماء إلى التناقض المتمثل في تفويض اختبارات من هذا النوع إلى شركات البذور نفسها. من جهتهم، يساور المزارعين "التقليديين" والمنتجين للأطعمة العضوية القلق من خطر تقسي عمليات نقل المورثات في زراعتهم، وفي النهاية، أدت ←

بين الصناعة الحيوية والمستهلكين، الطلاق السياسي وصحي. تفرض ثورة وراثية جديدة نفسها مع كائنات معدلة وراثياً «مسوغة»، بشكل أفضل.

عالم الوراثة "جيل اريك سيراليني" Gilles-Eric Seralini من جامعة كان (Caen) التي أشارت إلى سمية محتملة للذرة (NK603)، وبالرغم من تشكك العلماء في دقة استنتاجاته (راجع الإطار "ملحمة الكائنات المعدلة وراثياً في مجلة العلم والحياة" صفحة ١٨)، انطبعت في ذهن الجمهور صور الجرذ الذي شوّهته أورام بحجم كرات تنس الطاولة بعد أن اقتات طوال أشهر بالذرة المعدلة وراثياً.

والإحصاءات التي أجراها في العام ٢٠١٢ معهدا "الإحصاء والاستشارة والتحليل" (CSA) و"المعهد الفرنسي للرأي العام"، (Ifop) واضحة: إن ٧١ إلى ٧٩٪ من الفرنسيين قلقون على سلامتهم الغذائية من الأخطار التي قد تسببها الكائنات المعدلة وراثياً. وهذه النتيجة لم يسبق لها أن كانت مرتفعة إلى هذا الحد. في ديسمبر ٢٠١١، أعلن ٤ فرنسيين من ٥ معارضتهم تلك الزراعة في الحقول، بينما أبدى ٩ من ١٠ تأييدهم لإرساء تسمية "من دون كائنات معدلة وراثياً" على منتجاتهم الغذائية. بيد أن التخريب المتكرر الذي تتعرض له حقول المزروعات المعدلة وراثياً -بما فيها المزروعات المخصصة للأبحاث- أدى في نهاية المطاف إلى إحباط الاستثمارات في فرنسا، وهذا في الوقت الذي صدرت فيه الموافقة على الأدوية الحيوية المصنوعة من الكائنات المعدلة وراثياً، والعلاجات الجينية. ما السبب؟ سلسلة من الأخطاء الاستراتيجية. بدءاً برغبة

استسلمت شركة البذور الأمريكية (مونسانتو) في يوليو ٢٠١٣: وسحبت كل طلبات الموافقة على أي زراعة جديدة تقوم على عملية نقل مورثات في الاتحاد الأوروبي. من المتوقع أن تستمر فقط بزراعة الذرة (MON810). لم تعد المسألة تستحق العناء للرائد عالمياً في صناعة الأغذية المعدلة وراثياً، فقد تحول كل طلب إذن إلى عملية مستعصية نظراً لعداء المستهلكين الأوروبيين العنيف. تبلغ تكلفة العملية عشرات ملايين اليورو للحصول على الضوء الأخضر من الوكالة الأوروبية للأمن الغذائي (EFSA)، وهي موافقة قد تعارضها الدول الأعضاء على كل حال. ترفض تسع دول منها -في الواقع- زراعة الذرة (MON810) على أرضها (ألمانيا والنمسا وبلغاريا وفرنسا واليونان وهنغاريا وإيطاليا ولوكسمبورغ وبولندا).

## ٧٩٪ من الفرنسيين قلقون

توقّع العلماء المجتمعون في ١٩٧٥ في مؤتمر أزيولومار (كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية)، أن تشير الكائنات المعدلة وراثياً للقلق، إلا أن العوائق أدت من حيث لا يتوقعها أحد: كان الخوف من خطر العدوى الناجمة عن إنتاج بكتيريا أو فيروس جديد، لكن الخطر الغذائي الذي أثاره المستهلكون هو الذي يواجهه العلماء، وهي معارضة لا هواده فيها، بل على العكس! فقد أثبتت مجدداً في فرنسا، في سبتمبر ٢٠١٢، من خلال الدراسة الشهيرة التي قدمها



تعمل مختبرات للتوصل إلى جيل جديد من الكائنات المعدلة وراثياً (هنا، ذرة في بيت محمي في المعهد الوطني للأبحاث الزراعية)...



٨ وقد تحصل بسهولة أكبر على موافقة السلطات الأوروبية.



٨ تحمل فائدة حقيقية للمستهلك (هنا أعلاه، زراعة أرز معدل وراثياً في مزرعة في وهان، الصين)...



← المخاوف الاجتماعية والاقتصادية - مثل الخوف من تنامي اعتماد المزارعين على شركات البذور الكبرى التي تسارع لتجيز ابتكاراتهم - إلى إعطاء الجدل طابعاً سياسياً أكثر منه علمياً.

هل حلت - إذا - مسألة الكائنات المعدلة وراثياً في أوروبا؟ هذا ليس مؤكداً، لأن جيلاً جديداً من الكائنات المعدلة وراثياً المتسمة بوظائف "أسمى" تستعد لتولي المهمة مع نبات مقاوم للجفاف، أو قادر على تحمل تربة فقيرة تحتاج إلى كميات أقل من الأسمدة. انطلقت تجارب جديدة في العام ٢٠١٢ في السويد وفي الولايات المتحدة الأمريكية، وبدأت مونسانتو (Monsanto) بتسويق ذرة مقاومة للجفاف، لكن الطموحات لا تتوقف هنا: يطوّر علماء كنديون منذ العام ١٩٩٩ حيوانات معدلة وراثياً لإنتاج إنزيم "فيتاز" (Phytase) في لعابها الذي يسمح لها باستيعاب الفوسفور بصورة أفضل، ما يخفّض كميات الفوسفات في برازها. إنها حجة بيئية قد تساهم في التمهيد لقبولها.

ثمّة منفذ آخر تمثله الكائنات المعدلة وراثياً وتعطي فوائدها حقيقية للمستهلك، لا سيما أنّ تلك الراهنة لا تقدّم أيّ فائدة على الإطلاق، فقد نجح باحثون في جامعة تكساس إيه أند إم (Texas A&M كوليغ ستيشن، الولايات المتحدة الأمريكية) في إنتاج جزرة يزيد استهلاكها

المنتظم بنسبة ٤١٪ من كمّية الكالسيوم المتص. يمكننا - حسب قولهم - أن نكافح هشاشة العظام بتعديل مجموعة كبيرة من الفاكهة والخضار. أمثلة أخرى: التفاحة آركتيك (Arctic) لا يتغيّر لونها بعد قطعها بفضل مورثات تحدّ من نسبة إنزيم أكسدة عديدات الفينول، نسخة جديدة عن الأرز الذهبي المشبع بالفيتامين (أ) قادر على تأمين مكمل كافٍ لتغطية الحاجات اليومية ربما يبدأ تسويقه في العام ٢٠١٤. كما أنّ من المتوقع - أيضاً - إثراء الكاسافا بتخفيض مضمونه من السيانيد (ومن ثمّ خطر التسمّم) فضلاً عن الذرة الرفيعة التي نحاول تسهيل هضمها.

### تجنّب الإجراءات الباهظة الثمن

قد تعود الكائنات المعدلة وراثياً إلى أوروبا بأشكال أخرى مع تطوير تقنيات جديدة من الهندسة الوراثية (راجع الصفحتين ١٤-١٥)، مثل نيوكلياز إصبع الزنك، وهي إنزيمات تسمح بالسيطرة على المكان المحدد الذي تدخل فيه المورثة الجديدة، وتذهب النزعة الراهنة إلى تجنّب الأعمال المخالفة للطبيعة بإدخال مورثات مشتقة من ذات النوع، أو من نوع قريب للغاية منه (نقل مورثات من النوع نفسه)، بتغيير مورثات الجسم (توليد الطفرة أو التطفّر) أو حتى عند تعديل تعبيرها (الميثلة، تداخل الحمض النووي الريبي). هل تفتح تلك التلاعبات أيضاً كائنات

معدّلة وراثياً، وإن كانت لا تزيد على كونها تسرّع عمليات قابلة للحصول بطريقة طبيعية؟ يناقش هذا السؤال القانوني منذ سنوات عدة في المفوضية الأوروبية. لاحظ الصناعيون فائدة الاستثمار في هذه المنطقة الرمادية لإنتاج كائنات، التي وفقاً لفهمنا للنص القانوني، يمكن ألا تعدّ كائنات معدّلة وراثياً كلياً بحسب اقتراح سلطات التنظيم الأمريكية، ما يسمح لهم بالتخلّص من إجراءات التراخيص المكلفة ومن رفض المستهلكين، لذلك تلحق التعليمات التي أصدرها الإتحاد الأوروبي سنة ٢٠١٢ الأصناف الناتجة من التطفّر بالكائنات المعدلة وراثياً، لكنها تفيها من إجراءات التقييم والترخيص الذي يخضع لها النبات الناجم عن عملية نقل المورثات.

الرهان عظيم، ولم يفضل عنه الناشطون المناهضون للكائنات المعدلة وراثياً. في يوليو ٢٠١٣، حدّرت رسالة مفتوحة من اتحاد المزارعين وثمانية منظمات غير حكومية، وموجهة لوزير الزراعة من تنامي استخدام التطفّر لإنتاج نبات مقاوم لمبيدات الأعشاب، مذكرين صناعة التقنيات الحيوية بعدم الاستسلام للأوامر، فالعواقب لا تزال قائمة. ■

## ملحمة الكائنات المعدلة وراثياً في مجلة العلم والحياة (Science & Vie)



١٩٩٦، "التقنية الحيوية: أي ثورة؟". هذا الالتزام هو الذي قادنا - وقد بُدّم بذلك بعض قرّائنا - إلى الشك في الاستنتاجات المخيفة التي خلصت إليها دراسة "جيل-إريك سيراليني" Gilles-Eric Séralini (الرقم ١١٤٢، نوفمبر ٢٠١٢، "التسمم الإعلامي").

الأولى من الجيل الثاني" أو الإنتشار العالمي للمزروعات المعدلة وراثياً (رقم ١٠٧٤، مارس ٢٠٠٧، تجاوزت الكائنات المعدلة وراثياً نسبة الـ ٧٪ من المساحة المزروعة"... وقد لفتنا دائماً الانتباه إلى أخطارها عند اللزوم. حالما وصلت الكائنات الأولى المعدلة وراثياً إلى السوق الأوروبية، في العام ١٩٩٦، حاولنا إظهار الأخطار الصحية والبيئية أو الاجتماعية المرتبطة بالنبات الجديد من دون أيّ انحياز (رقم ٩٥٠، نوفمبر

إن رغبتكم في معرفة المزيد والاطلاع على المراحل الرئيسية لتلك المغامرة الفوضوية من الهندسة الوراثية، ندعوكم إلى الخوض في أرشيفنا على شبكة الإنترنت (<http://archives.science-et-vie.com/>). تابعت مجلة العلم والحياة في الواقع طوال أربعين عاماً مراحل ثورة الكائنات المعدلة وراثياً الكبيرة، مثل تطوير تقنية المورثات الواسمة (رقم ١٠١٧، يونيو ٢٠٠٢، وصلت الكائنات المعدلة وراثياً

(1) 40 ANS APRÈS LA PREMIÈRE MODIFICATION GÉNÉTIQUE... OÙ VA LA PLANÈTE OGM?, Science & Vie 1154, PP 120-130  
(2) EMMANUEL MONNIER

## أيمكنني أن أنسخ وألصق معلومات من شبكة الإنترنت أستعملها في واجبي المدرسي؟<sup>(2)</sup>

جوجل بالطبع! يكفي أن ننسخ جملة لنجد -حالا- مصدرها على الشبكة العنكبوتية. أنشكون في ذلك؟ قوموا بالاختبار. افتحوا الموقع [www.labosvj.fr](http://www.labosvj.fr) وانسخوا جملة اخترتموها عشوائياً على الشبكة، ثم الصقوها في جوجل: فيظهر المقال المقصود في رأس قائمة نتيجة البحث، ولا تفكروا في خداع المحرك بتغيير بضع كلمات. حتى لو حذفتم نصف الجملة وطبعتم أي كلمة أخرى مكانها، سينجح جوجل بالعودة إلى مصدر المعلومات. هذا محبط نفسياً ليس كذلك؟ بل يملك المعلمون سلاحاً أكثر تطوراً: برمجية تحلل كامل واجبك المدرسي وتعرض الروابط على الصفحات كلها التي "استقيتم الهامكم منها". لا مفر منه. يستعمل هذا النوع من البرامج في الواقع على الصعيد الجامعي بشكل خاص. لكن المحرر كومبيلاسيو (Compilation) الذي يسوق أحد تلك البرمجيات، يؤكد أن عدداً متزايداً من أساتذة المدارس الثانوية يلجؤون إلى ذلك. وما قد تم تحذيركم. ■

### من النرويج

النسخ واللصق ليس خاصية فرنسية. فالنرويج تواجه هذه المشكلة أيضاً. الدليل: فيلم مضحك أنتجته جامعة بيرغن Bergen. يظهر طالباً كلفه أستاذ الفيزياء واجباً دراسياً. فانتظر اللحظات الأخيرة ليقوم به وقرر أن ينسخ كل المعلومات من شبكة الإنترنت. حينئذ يتجلى له، جيمس شبح السرقة الأدبية، الذي يشرح للطالب العقوبات التي سيواجهها إن سلم واجباً دراسياً كهذا. والباقي على يوتيوب YouTube، الكلمات المفتاحية "Et Plagieringseventyr". الفيلم مترجم إلى الإنجليزية، لكننا نفهم جيداً ما يقال.

لا! هذه الممارسة تحمل اسماً وهو السرقة الأدبية ويعاقب عليها القانون. بالطبع لن يزج بكم في السجن لأنكم اقتبستم نصف واجبك المدرسي من شبكة الإنترنت. تعرفون العقاب جيداً، هو علامة سيئة، وفي حال تكرار "الجرم"، ستحصلون على تعليق جميل في تقرير علاماتكم المدرسي، وهذا ليس من الرقي في شيء. لكن حسناً، علينا أن نعرف بأن الغش يستهوننا أحياناً فعلاً. فعندما نكتشف -مثلاً- أن معلم الحساب أو الفيزياء يعطينا تمارين حملها من شبكة الإنترنت بدلاً من أن يجهد نفسه ويبتكرها، يكفي عند ذلك أن ننسخ بيان المسألة في محرر البحث لنجد الحل. هذا أمر مفرط في السهولة. تشير دراسة أجرتها شركة كومبيلاسيو (Compilatio) أن طلاباً من اثنين يمارس هذا النوع من النسخ، وقد شنّ المعلمون الهجوم المضاد بعد أن تجاوزت الظاهرة حدود المقبول، وما سلاحهم الرئيس؟

بقلم  
أ.ك.

اكتفيت بالنسخ واللصق...

نتوقع منك  
جهداً فكرياً حقيقياً!



جويبر، معي هنا واجبك المدرسي  
حول فيزياء الجسيمات...

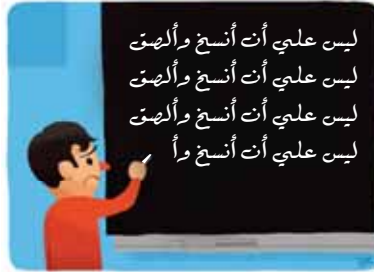
هذا مخجل!



أسف، لكنني مضطر إلى معاينتك،  
لنفهم أن النسخ من دون تفكير غير  
مقبول...



ليس عليّ أن أنسخ وألصق  
ليس عليّ أن أنسخ وألصق  
ليس عليّ أن أنسخ وألصق  
ليس عليّ أن أنسخ وألصق



(1) Philippe Fontaine

(2) PUIS-JE FAIRE DU COPIER-COLLER SUR LE NET POUR MON DEVOIR À LA MAISON?, Science & Vie Junior 289, P 91

## أيمكنني أن أضع صورة صديق على شبكة الإنترنت من دون موافقته؟<sup>(2)</sup>

أما إذا ثبت العكس، فقد تخسر كثيراً. لا تفكر مثلاً في تركيب صورة شخص للسخرية منه. بوسعنا فعل أشياء مضحكة للغاية بواسطة برمجيّة مورفينغ morphing، لكن تذكر أنّ الحدّ الفاصل بين المزاح والإهانة رفيع للغاية أحياناً. ففي حال أبلغ شخص، غيرت مظهره باستخدام هذا البرنامج، والديه يتقدموا بشكوى، ربما يُحكم على والديك بدفع غرامة ثقيلة إذا كنت قاصراً: حتى ١٥ ألف يورو في أسوأ الحالات. توخّ الحذر في تعليقاتك، فعرض صورة شخص لا تحبه على جدارك على فيس بوك ومراقبتها بالإهانات أو الأكاذيب أو التعليقات المحزنة على الكراهية، يعرض والديك إلى عقوبات أسوأ. ناهيك عن أنّ الصورة تخرج بعد نشرها عن نطاق سيطرتك، وقد تسخ وتنتشر على نطاق أوسع من الذي تصورته في البداية. ■

صورته لا يفيد ضمناً موافقته على نشرها على شبكة الإنترنت، التي تُعدّ مساحة عامة". بمعنى أوضح، إن أردت عرض صورة أحد الأصدقاء على حائط صفحتك على فيس بوك، يتعيّن عليك -نظرياً- الحصول على موافقته "الخطية" وهذا ليس كلّ شيء. فإن كان قاصراً، وجب عليك الحصول على موافقة والديه وليس موافقته، ولا أحد يتوقّع منك عملياً طلب ملاً استمارة الإذن من والدي الأصدقاء الذين ترغب في نشر صورهم، ولكن انتبه، في حال طلب أحد منك حذف صورة وضعتها على شبكة الإنترنت، عليك الإسراع بحذفها، فلا مزاح في فرنسا بخصوص احترام الحياة الخاصّة، وقد يستدعيك قاض ليذكرك بذلك، إلّا أنّ احتمالات إدانتك محدودة في حال لم تمسّ الصورة كرامة الشخص المصور،

هذا غير مستحسن وإن كان شائعاً. لنفهم السبب، لا بدّ من التذكير قليلاً بالقانون. تنص المادة ٢٢٦-١ من قانون العقوبات في فرنسا على أن نشر صورة شخص من دون إذنه في مكان خاص، عرضة لغرامة قدرها ٤٥ ألف يورو (ما يعادل ٢٢٥ ألف ريال سعودي) وسنة من السجن. لكن النص يحدد: "إلا أنه في حال تم التقاط صورة لشخص بمرأى منه ويعلمه من دون أن يبدي اعتراضه فيما هو قادر على ذلك، فهو يُعدّ موافقاً حكماً". إذاً، في حال صورت صديقاً في حفل ما وطلبت منه أن يبتسم ابتسامة عريضة، أو صورت مجموعة من الأصدقاء دون أن أختبئ، أيمكنني أن أضع صورتهم في مدونتي؟ في الواقع، ليس بالضرورة، كما أشارت لنا المحامية "ماري سوليز" Marie Soulez: "قبول شخص بأن تلتقط

بقلم  
أ.ك.

### صور الآخرين؟

كنت تحلم بذلك الحفل، لكن الأنفلونزا المريعة جعلتك طريح الفراش. بعد أن شفيت، حملت صور الحفل من صفحة أحد الأصدقاء في فيس بوك، لتضعها على صفحتك. في الواقع، لقد خرقت بهذا التصرف قانونين، فهذه الصور ملك لمن التقطها (إنه حق المؤلف)، ثم إنه لا يحقّ لك أن تنشرها لمجرد حصوله هو على حق نشرها (إنه الحق في الخصوصية). في هذه الحالة بالذات، المسألة ليست خطيرة للغاية، لكن لتجنّب المشكلات، لا تعرض صوراً لم تلتقطها دون استئذان المصور، والأشخاص الذين يظهرون في تلك الصور.



(1) Philippe Fontaine

(2) PUIS-JE POSTER LA PHOTO D'UN POTE SANS SON AUTORISATION?, Science & Vie Junior 291, P 91



## كيف نتأكد من أن موقعنا على شبكة الإنترنت خالٍ من الفيروسات؟ (2)

الأولى، قد يتكرر في هيئة مضاد الفيروسات (وهذا يتجاوز الحد) ويتظاهر بأنه يسمح حاسوبكم قبل إبلاغكم بأنه مصاب بالفيروس، ومن تأثيراته المذهلة أيضاً أنه يوقف الحاسوب، ويعرض إعلاناً من وزارة الداخلية يتهمكم بتحميل موسيقى أو أفلام فيديو بطريقة غير شرعية، بل ويلتقط لكم صورة ويعرضها على الشاشة إن كان جهازكم مزوداً بكاميرا الويب، وتضطرون - في كل مرة - إلى دفع مبلغ مالي لإعادة الأمور إلى نصابها. لكن الأهم ألا تستجيبوا أبداً؛ فالوضع سيزداد تعقيداً في حال إعطائكم بياناتكم الشخصية. الفيروس الذي ينشط بعد فترة هو الأكثر خطورة؛ فهو يتفحص - سراً - كل تحركاتكم وتصرفاتكم، ويجمع الأسماء التي تعرف بكم، وكلمات السر، وأرقام البطاقات المصرفية، أو الهوية التي تطلبونها على لوحة المفاتيح، أو التي يجدها على الأسطوانة الصلبة دون أن ينسى - بالتأكيد - لائحة بأسماء المستخدمين المسجلين على صفحتكم، فيبحث فيها عن أهداف جديدة. ■

### أي حماية؟

لحد من الخطر، حملوا مضادات مجانية للفيروسات (مثل أفاست Avast)، ثم أديروا نمط التحديث التلقائي لنظام تشغيلكم (ويندوز Windows، ماك أوس Mac OS) الذي سيعالج قصور نظام الأمان. وهذا ينطبق أيضاً على متصفحكم والمكونات الأكثر عرضة للإصابة بفيروس. لكن مضادات الفيروسات تحتاج - لسوء الحظ - إلى أسابيع عدة قبل أن تسد ثغرات الأمان. وكملأخيراً: إن أصابكم الفيروس وأصبح منشطاً، يمكن حل المسألة بإعادة تثبيت كامل لنظام التشغيل (باستخدام قرص مدمج مزود للاستعادة).

الفيروس على خلاف سيطر نوعاً ما على متصفحكم، فيأمره بالتوجه إلى خادم قرصان إنترنت لتحميل ملف سيصيب البرنامج الضعيف بالفيروس، ربما يكون مثلاً: (أدوب ريدر Adobe Reader). في تلك الحالة، يختبئ الفيروس في مستند (PDF) الذي يُفتح تلقائياً دون أن تفرقوا عليه، فيصيب حاسوبكم بالعدوى. إنه اعتداء خفي! لا تتصوروا أن هذا النوع من الأحداث المزجة مقتصر على المواقع "الحساسة" كالتي تقدم برامج لتغيير برمجيات ألعاب الفيديو؛ فقد تُنقل إليكم العدوى أيضاً أثناء زيارتكم لصفحة محترمة للغاية على شبكة الإنترنت كمدونة النجم الكوميدي المفضل لديكم، وإن كان هذا أمر أندر حدوثاً. بعد ذلك؟ حالتان أساسيتان: إما أن يظهر الفيروس في الحين، وإما أن يبقى مختبئاً في انتظار مواعده. في الحالة

لسوء الحظ هذا مستحيل؛ إن مجرد فتح صفحة على شبكة الإنترنت بصيب حاسوبكم بالعدوى، بل دون أن تدركوا الأمر أحياناً. كيف يؤثر الفيروس في الحاسوب بهذه السهولة؟ إليكم ما يحصل: عندما تقرون على رابط يصل إلى موقع إلكتروني، يُفخذ المتصفح (فايرفوكس، وإكسبلورير، وكروم...) العمليات الضرورية لعرض النص، والصور، أو أفلام الفيديو أيضاً، كما يفتح برامج صغيرة أو نصوصاً مخصصة - مثلاً - لتغيير الإعلانات تلقائياً، أو إدارة محرك البحث، فيختبئ الفيروس في تلك النصوص، وينشط حالما يُفتح البرنامج، فيبحث عن خطأ في إجراءات الأمان: أي عن خلل في جهاز حماية المتصفح والبرمجيات المختلفة، أو المكونات المرتبطة بها (فلاش، أدوب ريدر، جافا...). إنها حالة متكررة في أجهزة الحاسوب التي يجري تحديثها بانتظام، وحين يعثر

بقلم  
أ.ك.

ألقي رسائل تحاول أن تسحب مني معلومات شخصية

أشعر طول الوقت بأنني مراقب بالتالي لم أعد أجرؤ على كتابة شيء



منذ أن زرت الموقع وأمور غريبة بدأت تحدث. أشعر أن حاسوبي مصاب بفيروس...



نصحتك امك ألا تقبل صديقاً لك على فيسبوك



ولا تعرف كيفية التخلص منه يا للمسكين

كلا، هذا معقد، حاولت مرة إلا أن هذا تسبب بمشاكل إضافية



(1) Philippe Fontaine

(2) COMMENT ÊTRE SÛR QU'UN SITE INTERNET N'EST PAS INFECTÉ?, Science & Vie Junior 290, P 91

# الهايبرلوب،

## قطار أسرع من الطائرة<sup>(١)</sup>

السير بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة في أنبوب فارغ من الهواء: إنها وسيلة نقل المستقبل كما تخيلها ملياردير أمريكي. تحدّ تقني ليس جنونياً كما يبدو.

بقلم: رومان رافجو<sup>(٢)</sup>

قطع المسافة بين باريس ومرسيليا في فرنسا في أقل من ساعة، أمر محتمل وليس مجرد نزوة من نزوات الخيال العلمي! حسنًا، لا بأس، إن الآلة التي سنخبركم عنها لا مجال للشبه بينها وبين القطار السريع (TGV) الذي ربما استخدمتموه للذهاب لقضاء العطلة. لا ليست قاطرة، بل عربة واحدة وأنبوب فارغ من الهواء بمنزلة خط السكّة الحديدية. لتجلية هذا التصوّر، دعونا نتخيل كبسولة مجهزة بمروحة كبيرة في المقدمة تنزلق على وسادة هوائية بسرعة تفوق ١٢٠٠ كلم/الساعة! على متنها ٢٨ راكبًا، يندفعون بسرعة تبلغ سرعة الصوت أو تكاد في أسطوانة محكمة الإغلاق. وسيلة النقل المستقبلية هذه ليست سوى مشروع حاليًا، ولكن لا مانع من تنفيذها من الناحية التقنية. قدّمها "الون ماسك" Elon Musk رسميًا على مدوّنته في ١٢ أغسطس ٢٠١٣. يقترح هذا الملياردير الأمريكي بناء خطّ بين سان فرانسيسكو ولوس أنجلوس في الولايات المتحدة الأمريكية ليربط المدينتين المتباعدتين ٦٠٠ كلم خلال خمس وثلاثين دقيقة تقريبًا.

**القطار السريع في كاليفورنيا.. مقرط الغلاء!**

لماذا الساحل الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية؟ لأنّ مئات آلاف الأمريكيين يسلكون ←





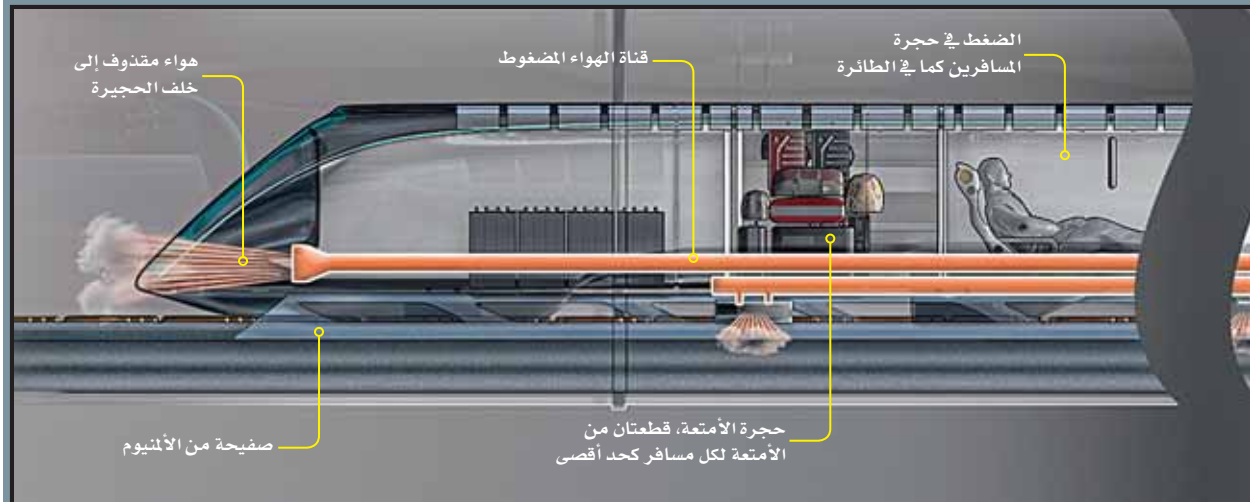
### مسار الخط مستقيم تقريباً



ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ







يسافر الركاب وهم شبه مستقيمين نظرًا لتدني السقف. لكن ذلك يتيح لهم سهولة تحمل سرعة الحجيرات المذهلة. كل مقعد مزود بشاشة العرض البلوري السائل أو LCD لتسليّة المسافرين خلال الرحلة التي تدوم خمسًا وثلاثين دقيقة. لا ينبغي أن ننسى غياب التوافذ على امتداد هيكل المركبة لأن شيئًا لا يستحق الرؤية في الخارج؛ فالأنايب من فولاذ عند الوصول إلى المحطة، خمس دقائق تكفي لتحميل الركاب وإنزالهم ثم نقل حجيرة من أنبوب الذهاب إلى أنبوب الإياب.

المضغوط (ب ١١ وحدة بأسكال) في ٢٨ مزيجًا موزعًا على الجوانب في أسفل هيكل المركبة. هذه المزائج مزودة بفتحات صغيرة تضدّ تيارات الهواء في المساحة الضيقة بين المركبة السريعة وبين جدار الأنبوب. مما يحدث - من ثم - وسادة هوائية تطفو عليها الحجيرة، ويؤمن الراحة القصوى للمسافرين. حالما تتباطأ عند الوصول، يحل محلها قطار ذو عجلات لتعويض تضائل الوسادة الهوائية تدريجيًا لمنع المركبة من الاحتكاك بجدار الأنبوب.

MICHEL SAEMANN POUR SVJ

## الحجيرات بالأرقام

٨٤٠

راكبًا في الساعة وفي الأنبوب الواحد أي ١٤,٨ ملايين في السنة

٣٤

مركبة سيارة

٢٨

راكبًا في كل مركبة كحد أقصى

٢٠

دولارًا للتذكرة الواحدة (ذهابًا)

٢

دقيقتان بين وصول مركبة ومغادرة الأخرى.

بانزعاج شديد وكأنهم في حلقتين كبيرتين، تلصقهم < قوة الطرد المركزي > بطرف مقعدهم. ينوي "الون ماسك" أن يحضر بضعة أنفاق لعبور التضاريس تقادياً لتعرج الخط. سيسفر ذلك عن زيادة تكلفة البناء، لكن قيمة الزيادة معقولة بحسب الملياردير: ٢٤ كلم من الأنفاق كحد أقصى على الكيلومترات الـ ٦٠٠ الضرورية من المسلك، وللمحافظة -أيضاً- على راحة الركاب، لن يفوق تسارع الهيبرلوب أكثر من < ٠,٥ g >. ولإيضاح مدلول هذه القيمة، تجدر الإشارة إلى أن تسارع المدفع في سبائس ماونتن (Space Mountain) في يورو ديزني (EuroDisney)، يبلغ ١,٣ g.

### كما في سباق عبر المحيط

صمّم المشروع بكامله لخفض المصاريف إلى أدنى حدّ، لذلك لن يتعدّى قطر الأنابيب التي ستسير فيها الحجيرات ٢٣, ٢٢ م. الجدير بالذكر أنّ فراغًا شبه كليّ ينبغي أن يسود لخفض -بقدر المستطاع- احتكاكات الهواء التي ترفع من حرارة الحجيرات وتحد من



JTOI PRESS/AFP

> يتعين على خط الهيبرلوب أن يصمد أمام الزلازل لتلا ينتهي به الأمر مثل الطريق السريع هذا في اليابان.

أو بالأحرى حجيرات (حجرات) كما أسماها "ماسك". تكلفة نظام النقل: ستة مليارات دولار (ما يعادل ٢٤ مليار ريال سعودي) "قطط"، وهو ما يقل عشر مرّات عن القطار الموعود لسكان كاليفورنيا!

سيخصّص قسط كبير من ذلك المبلغ -٨٥٪- لبناء خطّ القطار، بحسب الملياردير. وستتألف الخط من ٢٥ ألف عمود مربع لحمل الأنبوبين: أنبوب للذهاب، وآخر للإياب (انظر الرسم في أسفل الصفحة المقابلة). فلا جدوى من طمرهما لأنّ ذلك مكلف للغاية. ولمزيد من ترشيد التكلفة،

ستتبع الهيبرلوب بقدر المستطاع مسار الطريق السريع رقم ٥. فلا ضرورة لشراء أراضٍ لتركيب أعمدة المسلك المرّبعة بأسعار خيالية. كما ينبغي أن يكون الخطّ مستقيمًا لتلا ينزعج المسافرون عند المنعطفات، ذلك لأنّه عند التقلّب بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة، يكفي انحناء حاد قليلًا ليشعر المسافرون

### إضاءة

#### قوة الطرد المركزي

هو الاسم المعتمد للتأثير في شيء يدور بسرعة فائقة ويميل إلى نبذه إلى خارج مسار.

g هي تسارع الثقل المرتبط بكتلة الأرض. فالجسم يسقط على اليابسة بسرعة ٩,٨ م/ث<sup>٢</sup>.

تبتلع الهواء تدريجياً خلال سيرها بسرعة تفوق ١٠٠٠ كلم في الساعة (انظر الرسم ص. ٢٤-٢٥). سيكون هذا الهواء مضغوطاً ومبرداً قبل أن يخرج قسم منه إلى الخلف وقسم آخر تحت القطار لتوليد الوسادة التي ستحمل الحجيرة.

### لم يتم الإعداد لوقفة لاستخدام دورة المياه!

مشروع "الون ماسك" ليس خيالاً بحتاً، وحتى لو بدا مستقبلياً، فهو لا يستعمل في الواقع إلا تقنيات معروفة ومختبرة. هل يمكن إذن أن يحل محل القطار السريع المتوقع في كاليفورنيا؟ الحقيقة، هذا غير مرجح: إذ سبق وأن خطمت ولاية كاليفورنيا الأعمال على خط القطار السريع وجّهت له التمويل المحدد.

أضف إلى ذلك أنّ تصوّر الهيبرلوب يحتاج إلى تعزيز: فهل سيقبل الركاب مثلاً السفر في كبسولة بلا نوافذ، أي عبارة أخرى من دون رؤية المناظر الخارجية؟ والمراحيض؟ نظراً لقصر مدّة الرحلة، لم يتحسّب مخططو الهيبرلوب لذلك. من غير المؤكد أن يقبل

المسافر لن يتجاوز الخمس وثلاثين دقيقة. بالكاد ما يكفي من الوقت لمشاهدة الأخبار التلفزيونية قبل الوصول!

أما أساليب الراحة فهي الأفضل: لا نخشى أيّ هزّة مزعجة ولا أدنى صوت صادر عن العجلات المحركة بالسكك، فكلّ حجيرة يدفعها حقل مغناطيسي (انظر الرسم أدناه)، ستعوم على وسادة هوائية. وسادة ستولدها بنفسها عندما تتحرّك داخل الأنبوب.

حلّ أنيق ابتكره مهندسو "ماسك" لمعالجة التحدي الحقيقي: الهواء المتبقي داخل الأسطوانات، فالفراغ لن يكون مطلقاً وإن قلّ الضغط ألف مرّة عنه في الخارج، لذلك كان من الضروري توفير حلّ لمنع الغازات التي تبقى محتجزة من تسخين الكبسولات عندما تجري بسرعة هائلة داخل الأنبوب، لهذا السبب ستزوّد الحجيرات في المقدّمة بمروحة ضخمة

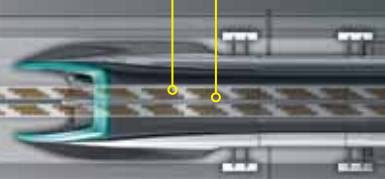
كيف نؤمن سلامة القطار مئة بالمئة؟

## الدفع المغناطيسي الكهربائي

عند الانطلاق من المحطة، يسير الهيبرلوب على عجلات تحركها محركات كهربائية. حالما تصبح العجلات على وسادة هوائية (انظر الرسم ص. ٢٤-٢٥)، تنسحب إلى الداخل ولا يبرز منها على بدن المركبة إلا صفيحة بسيطة من الألمنيوم. ثم تتوقّف المحركات، وتحل محلّها وشائع مغناطيسية كهربائية مركبة ضمن مجموعة ثلاثية من جهتي المسلك. يجري في تلك الوشائع تيار كهربائي متردد، أي أنّه يولد حقلاً مغناطيسياً ينتقل من حالة إلى حالة أخرى بالتناوب. بعبارة أخرى، تتصرف كل وشيعة كمغناطيس تتغيّر قطبيته -الشمالية أو الجنوبية- باستمرار. أما الصفيحة فتتزلق في مزارب بين تلك المغناطيس الكهربائية. بتأثير من الحقول المغناطيسية التي تنتجها الوشائع، ينشأ تيار في الصفيحة. تتصرف تلك الصفيحة من ثمّ كمغناطيس كهربائي باعتماد قطبيته مطابقة لقطبية الوشائع المواجهة. مثلاً: إن كانت قطبية الوشيعة

مغناطيس كهربائي لم يشغل بعد

صفحة من الألمنيوم المغناطيس الكهربائي



تنزلق صفيحة الألمنيوم في الحجيرة بين صفين من المغناطيس الكهربائية التي تقوم بدور المسرع.

الشمالية في مواجهة الصفيحة، تعتمد الصفيحة هي أيضاً قطبية شمالية، وبما أنّ المغناطيس ذات القطبية نفسها تتدافع، تندفع الصفيحة إلى الأمام (مع الحجيرة التي تحملها). تغيّر الحقول المغناطيسية التي تنتجها سلسلة من ثلاثة مغناطيس كهربائية قطبيتها بسرعة هائلة خلال أجزاء من الألف من الثانية. وهذا يؤثر بدوره في الصفيحة. في الواقع، كأننا نواجه مغناطيسين كهربائيين يتدافعان ويتجادبان باستمرار، وفي غياب الهواء لكبحها داخل الأنبوب، ستزداد سرعة الحجيرة أكثر فأكثر بدفع من الوشائع المسرعة.



## المشكلات التي لاتزال عالقة

لا يفرض صنع الهيبرلوب مصاعب تقنية غير قابلة للتدليل. فالتقنيات متوافرة ويتقنها المهندسون، إلا أننا لم نحدث فراغاً قط داخل حجم كبير إلى هذا الحد: أيمن أن نحافظ على ضغط ١٠٠ وحدة باسكال على طول الأنبوب بكامله؟ هذا ضروري إن أردنا أن تصل سرعة الهيبرلوب إلى السرعات الهائلة التي يتباهى بها "الون ماسك" فالسرعة بحد ذاتها، تتسبب بمشكلة سلامة حقيقية. شهدنا ذلك خلال الصيف الماضي مع انحراف القطار الإسباني السريع عن مساره بسرعة ١٨٠ كلم/الساعة في سان جاك دو كومبوستيل، وفي حال توقفت حُجيرة في الأنبوب، كيف نمنع اصطدامها بالمركبات الأخرى التي تتبعها بسرعة ١٢٠٠ كلم في الساعة؟ يؤكدون أن هذا: "غير مرجح على الإطلاق" وفي حال حصل، ستجهز الكبسولات بنظام فرملة طارئ، لا يزال بحاجة إلى ضبط. ما يدفع مهندسي معهد MIT أو معهد ماساتشوستس للتقنية (جامعة أمريكية مرموقة)، الذين اطلعوا على المشروع عن كثب أكثر، إلى القول إن مبلغ ٦ مليارات دولار الذي قدمه "ماسك" هو خاطئ التقدير. فنظراً للمشكلات التي تحدث دائماً عند تطبيق تقنية مبتكرة، فإن بناء الهيبرلوب سيكون باهظ التكلفة، وللتخفيف من التكلفة، ينبغي رفع سعر البطاقة. فيسعر ٢٠ دولاراً للبطاقة ومع ١٤,٨ مليون راكب في السنة، لن تُسدّد تكلفة الاستثمار إلا بعد عشرين عاماً... بعض الخبراء يحدّدون سعر البطاقة على الأقل بـ ١٠٠ إلى ١٥٠ دولاراً للرحلة الواحدة (ما يعادل ٤٠٠ إلى ٦٠٠ ريال سعودي).

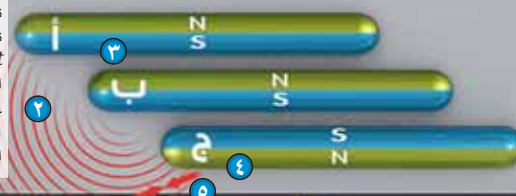


O.CORRAL/REUTERS

▲ تترتب على القيادة بسرعة جنونية نتائج خطيرة للغاية عند وقوع حادث ما، كما حصل هنا في سان جاك دو كومبوستيل Saint-Jacques-de-Compostelle في شهر يوليو ٢٠١٢.

### المرحلة الأولى

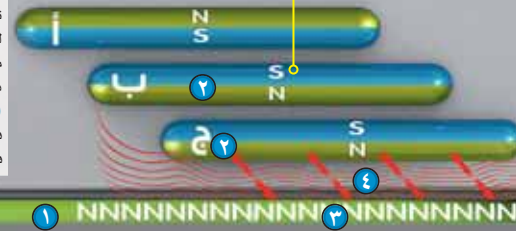
تدخل الصفيفة (١) الحقول المغناطيسية (٢) التي تولدها الوشائع المغناطيسية الكهربائية (٣). في لحظة  $t$  تتصرف الوشيعتان أ و ب كمغناطيسين قطبهما الجنوبي يواجه الصفيفة. تتخذ تلك الأخيرة رداً على ذلك قطبية جنوبية تتفاعل مع القطبية الشمالية التي تبنيها الوشيعية ج. يتجاذب المغناطيسان الكهربائيان (٥) وتتقدم الصفيفة في المسرع (٦).



غيرت  
الوشيعية  
قطبيتها

### المرحلة الثانية

تقدمت الصفيفة (١) في المسرع. تخضع الآن لحقل الوشيعتين (ب) و(ج) وقطبيتها الشمالية تواجه الصفيفة (٢). وهذه الصفيفة رداً على ذلك، تغير قطبيتها وتقلب من الجنوب إلى الشمال (٣). وبما أن للوشائع والصفيفة زمن القطبية نفسها، فإنهما يتدافعان بعنف (٤). وتدفع الحجيرة بسرعة فائقة إلى الأمام (٥).



## للاستزادة

ملف تقديم المشروع متوافر (بالإنجليزية) على موقع شركة الون ماسك سبايساكس. الرابط المباشر

على [svjlesite.fr](http://svjlesite.fr)

(1) HYPERLOOP, LE TRAIN PLUS RAPIDE QU'UN AVION, Science & Vie Junior 290, PP 54-59

(2) Romain Raffegaue

# ...لم تكن الأرض مستديرة؟<sup>(1)</sup>

ودّعوا كوكبنا الأرضي العزيز!  
وتمسّكوا جيّدًا، لأنّ الحياة  
في عالم منبسط، غريبة جدًّا

بقلم: رينيه كويليريه<sup>(2)</sup>

دعونا نوضح على الفور. إنّ أرضًا منبسطة على شكل كعكة، مثل "العالم-القرص" في سلسلة "فانتازي" أو الخيال لـ تيري براتشيت Terry Pratchett لن تصمد طويلًا. لأنّ <جاذبيتها> تكون ضعيفة للغاية (ستكون المادة ضئيلة تحت قدميكم)، وعلى كلّ حال، بحسب علماء الفيزياء، ستفتت بعد بضع ساعات إربًا إربًا. أمّا الأرض المكعّبة مثل عالم بيزارو Bizarro في عالم الرجل الخارق أو سوبرمان، فقد تحافظ على شكلها (منبسطة على كلّ واجهة من واجهاتها الست) وقتًا أطول بقليل. كيف تكون الحياة على كوكب من هذا النوع؟

استعدّوا للشعور بالاعتراب التام. تخيّلوا -إدًا- عالمًا مصنوعًا من مادة تشبه الصخور الأرضية، حجمه مطابق لحجم كوكبنا الحالي ويتميّز بالثقالة نفسها على السطح، إلّا أنّه عالم مشذب كمكعب من 10,270 كلم من الروايا البارزة. أنتم جاهزون؟ هيا! ها أنتم وسط إحدى واجهاته. أوّل ما يفتّككم عندما

تفتحون عينيكم على هذا العالم، هو جسامة المشهد الذي يحيط بكم. على أرضنا المستديرة (بل الكروية)، حتى في ظروف جيّدة -مثلًا على شاطئ البحر- تقتصر رؤيتكم على مسافة الثلاثة أو الأربعة كيلومترات، لأنّ الأرض منحنية، ويتعيّن على الضوء أن ينحني أيضًا لإظهار ما

يصبح المشي  
البسيط رياضة  
عنيفة

وراء الأفق، أمّا هنا، فالوضع يختلف. تستفيدون من كلّ الجهات من منظور مذهل، ويجول نظركم إلى البعيد البعيد، حتى زوايا المكعب البارزة، على أكثر من 5 آلاف كلم من وسط الواجهة. والأفق أبعد على الأقلّ بألف مرّة من المعتاد! ولم تنته المفاجآت. إن قرّرت المشي حتى زاوية من زوايا المكعب مثلًا، ستعيشون تجربة غريبة فعلاً.

## الجاذبية تدبر لكم المقالب

مع مرور الوقت، يبدو لكم المشي أصعب فأصعب كما لو كان العالم بكامله -المنظر الهائل المنبسط على مدى آلاف الكيلومترات- متأرجحًا، ويجبركم على تسلّق منحدر حادّ أكثر فأكثر. ببعض التفكير، يتبيّن لنا أنّ هذا أمر

منطقي، فقوّة الجاذبية التي تمارسها كتلة العالم الضخمة تصوّب- تقريبًا- نحو مركز المكعب. وهو الحال أيضًا على كوكب كرويّ، لكن الجاذبية التي تحدّد الخط العمودي -أي

المسار الذي تتبعه كرة نرميها- تكون دائمًا متعامدة بالنسبة إلى سطح الكوكب. ليس هنا: في هذا العالم المكعب، يزداد انحراف الخط العمودي بالنسبة إلى الأرض كلّما ابتعدنا عن وسط واجهة ما (راجع الرسم) تأثير

## إضاءة

### الجاذبية

جاذبية يمارسها كوكب بفعل كتلته على الأجسام التي تحيط به، خاصّة الأجسام على السطح. كلّما زادت كتلة الكوكب، كانت الجاذبية أقوى.

LUCAS RACASSE POUR SVT



مع أحجام ماء وغلاف جويّ مشابهين لأحجام الماء والغلاف الجويّ في أرضنا المستديرة، وموزعة توزيعاً عادلاً، يكون المحيط المركزي لكلّ واجهة مربعة من واجهات الكوكب محدباً، عدسة من الماء يبلغ قطرها ألفي كلم تقريباً، تكاد تكون أكثر امتداداً من البحر الكاريبي، لكن عمقها يصل إلى أكثر من ١٠٠ كلم في مركزها، أي أكثر بعشرين ضعف من عمق محيطاتنا الأرضية!

### غوصوا في محيط محدّب

للمفارقة، فإنّ المكان الوحيد في ذلك العالم المنبسط الذي يكون فيه أفقكم محدوداً بالفعل، هو شاطئ البحر، إذ تمنعنا حبة الماء الهائلة من رؤية الضفّة المواجهة يتراكم هواء الكوكب المريع مثل الماء، بشكل قوقعة كروية تترقد على البحر (انظر الرسم أعلى ص. ٢١).

لكن للأسف، ثمة حلقة جويّة رفيعة وحيدة فقط تغطّي المنطقة التي حول المحيط، وتجعله قابلاً للعيش، أمّا الخبير السارّ فهو أنّ بوسعنا التنزّه في الفضاء سيراً على الأقدام في تلك الظروف، إذ يكفي أن نمشي مدبرين عن المحيط حتى مسافة ٥٠٠ كلم، لنخرج من الغلاف الجويّ! أربعة أخماس مساحة العالم معرضة لقسوة الفراغ الفضائيّ إذن، مثل تعرض القمر لها. وإلتامام نزهتنا بالوصول إلى زاوية الكوكب، لا

تتسى أن نجهّز أنفسنا ببزّة فضائيّة! في الواقع، قبل الوصول إلى الفراغ -أي بعد ١٠٠ أو ٢٠٠ كلم- ستبدو لكم الأرض منحنية للغاية، ولكون الهواء أقل من أن يحبس حرارة الشمس، تلتحف الطبيعة الثلوج الدائمة، ويصبح البرد قارصاً كما يكون على قمة الإفريست.

لذلك -وليتمكّن الناس من العيش على هذا العالم المريع- يتعيّن عليهم التجمّع ضمن الـ ١٥٠ كلم الأولى من الساحل، على مساحة قابلة للسكن تكاد تكون أقلّ بمترتين من مساحة فرنسا. (انظر الرسم أعلى ص. ٢١)، كيف هو الطقس في تلك البقعة الصغيرة القابلة للسكن؟ لتكوين فكرة عن الإجابة، علينا أن ندرك غياب المناطق المناخيّة ←

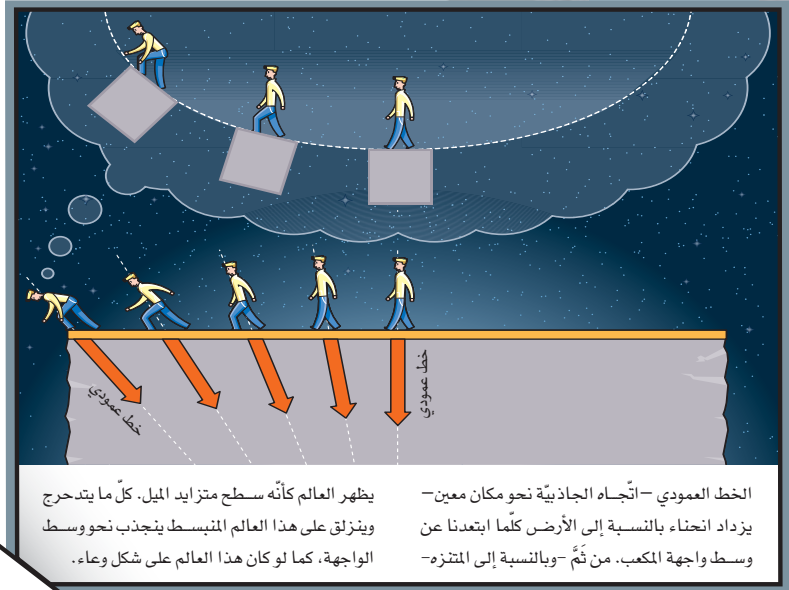
التأرجح" في أسفل الصفحة). ما يولد الانطباع بتسلّق منحدر أكثر حدّة كلما ابتعدتم عن وسط الواجهة.

في الواقع، الأرض لا تتحرّك بالتأكيد، بل أنتم مضطرون إلى الانحناء إلى الأمام لتمكنوا من الوقوف. لكن هذا المنحدر ليس مجرد وهم بحت، فإذا رميتم كرة، ستسقط بالضرورة بزواوية منحرفة بالنسبة للأرض، وإن فقدتم التوازن، تتدحرجون فعلاً نحو وسط واجهة المكعب! حتى لو بدا للعين أن العالم منبسط، من ناحية الجاذبيّة، تنصرف كلّ واجهة كأنها على شكل وعاء.

عزاء صغير: كلما ابتعدتم عن وسط واجهة ما، تناء يتم -أيضاً- عن وسط المكعب وتدنت قوّة الجاذبيّة. من ثمّ، عندما تصلون إلى الزاوية، لن يتجاوز وزنكم نسبة ٦٥٪ من وزنكم العادي. وهذا يسهّل ذلك "التسلق" الغريب. بالمناسبة، إن أنزلت غرض قذفتموه نحو وسط الواجهة، فهذا ينطبق أيضاً على الماء والهواء الضروريان للحياة، اللذان لا وسيلة لهما للتشبث بالأرض! فيضطران إلى التراكم "في قعر" الوعاء، مشكّلين قطرة ضخمة وسط واجهة المكعب.



### تأثير التأرجح







LUCAS RACASSE POUR SVJ

← في عالم منبسط، على كوكبنا المستدير، تسقط أشعة الشمس على نحو يكاد يكون متعامداً مع الأرض في المنطقة الاستوائية، في حين تصل وفق زاوية تزداد انحرافاً في المناطق المعتدلة، ثم القطبية. هذا يفسر انخفاض الحرارة التدريجي كلما ابتعدنا عن خط الاستواء.

## توقعات جوية ثابتة دائماً

في كوكب مكعب، تبلغ أشعة الشمس كل نقاط واجهة ما بالزاوية نفسها: يمكن قطع آلاف الكيلومترات من دون أن يتغير المناخ (إلا إذا خرجتم من المنطقة القابلة للسكن، حيث

تجدون أنفسكم خارج الغلاف الجوي، ومن ثم من دون مناخ مطلقاً). أما الباقي، فيتوقف الأمر كله على محور دوران العالم المكعب، فإذا مرّ المحور بمركز واجهتين متواجهتين، تكون الواجهة العليا والواجهة السفلى مجمّدتين كلياً، مثل القطبين على أرضنا، فيما تتمتع الزوايا الأربعة الأخرى بمناخ استوائي (انظر الرسم "واجهات مقابل الشمس" في أدنى الصفحة المقابلة) وإذا مرّ محور الدوران بزوايتين متواجهتين، تتجه الواجهات كلها ٤٥ درجة -تقريباً- بالنسبة إلى أشعة الشمس. يكون المناخ معتدلاً في كل مكان. على كل حال، لا تكون الرياح شديدة. على الأرض المستديرة، تدفع أوجه حركة الغلاف الجوي الكبيرة فائض الطاقة الشمسية التي تصل إلى خط الاستواء نحو المناطق المعتدلة. لا شيء من هذا القبيل

هنا، فأكثر ما يمكننا تصوّره هو أن يسخن الهواء الواقع فوق وسط المحيط -هو داكن لذا يمتص الحرارة جيّداً- خلال النهار ويصعد نحو قمة قفاعة الغلاف

الجوي. وهنا يبرد ويعود نازلاً باتجاه أطراف المنطقة القابلة للسكن، ومن هناك يعود باتجاه المحيط المركزي ويتدفّق على طوال الأرض.

شروق الشمس وغروبها، لمعرفة المساحة التي عبرناها من الشرق إلى الغرب، وقياس ارتفاع نجم القطب في السماء لمعرفة المساحة التي

اجتازناها من الشمال إلى الجنوب (يظهر النجم على الأفق وفوق رأسكم في القطب الشمالي).

لا اختلاف هنا في التوقيت (عندما تشرق الشمس عندهم، تشرق بالضبط في

توقعات "المناخ-المكعب" الجوية لا تتغير أبداً: "نسمة أرضية تهبّ باتجاه البحر ابتداء من منتصف النهار".

هيا، أصبحتم جاهزين -تقريباً- للقيام برحلتكم إلى زاوية العالم. تبقى تساؤلات أخيرة: كيف ستمكثون

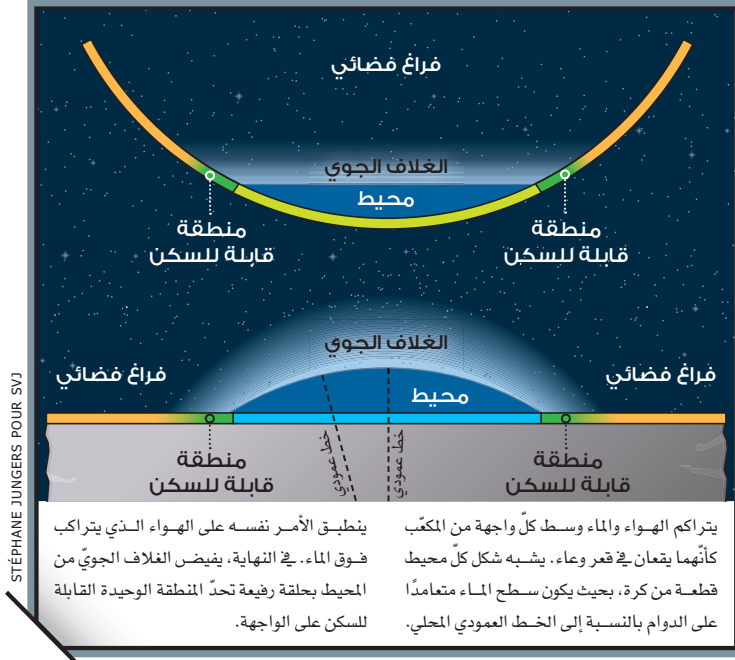
من معرفة وجهتكم على تلك المساحة المنبسطة؟ الإبحار ابتداءً بالنجوم كما يفعل بحارة الأرض المستديرة منذ قرون؟ لن ينفعكم مطلقاً، إذ كان يقوم على قياس اختلاف التوقيت بين

**في عالم منبسط، نبحر من دون الاستعانة بأدوات الملاحة**

## إضاءة

**المجال الحيوي**  
يشير في الوقت نفسه إلى مجموع الكائنات الحية في كوكب ما وأوساطها الحياتية، وتفاعلها مع بعضها الآخر.

## مساحة حيوية مقلّصة



ينطبق الأمر نفسه على الهواء الذي يتراكم فوق الماء. في النهاية، يفيض الغلاف الجوي من المحيط بحلقة رفيعة تحُدّ المنطقة الوحيدة القابلة للسكن على الواجهة.

يتراكم الهواء والماء وسط كل واجهة من المكعب كأنهما يقعان في قعر وعاء. يشبه شكل كل محيط قطعة من كرة، بحيث يكون سطح الماء متعامداً على الدوام بالنسبة إلى الخط العمودي المحلي.

التسلق إلى هنا. لا شيء يُقال سوى أنه كوكب عجيب إلا أنه للأسف، لن يصمد وقتاً كافياً ليصبح مأهولاً. لإدراك السبب، تخيلوا كرة داخل مكعب. الزوايا البارزة والأركان التي تتجاوز تلك الكرة هي بمنزلة سلسلة ضخمة من الجبال موضوعة عليها. وصفها بأنها "ضخمة" وصف ضعيف في الواقع: ترتفع ٣ آلاف كلم تقريباً، مقارنة بالكيلومترات الـ ٨ التي يسجلها ارتفاع إفريست المسكين.

حتى لو بدت لنا الصخور الأرضية صلبة، إنها قادرة على تغيير شكلها - انظروا إلى تدرجات الجبال مثلاً، فأني منها ليس قادراً على تحمّل وزن جملة المرتفعات التي يصل ارتفاعها إلى ٢٠٠٠ كلم، وحتى لو وُجد عالم مكعب بفعل معجزة ما (عالم نعجز حتى عن تصوّره)، من المتوقع أن تنكسر زواياه وأطرافه وتهار وتغرز بسرعة... باختصار، في أقل من مليار سنة (المدة التي استغرقها ظهور الحياة على الأرض)، يصبح الكوكب "المربع" كوكباً مستديراً كغيره للأسف. لكن اعترفوا، كانت زهرة جميلة. أليس كذلك؟

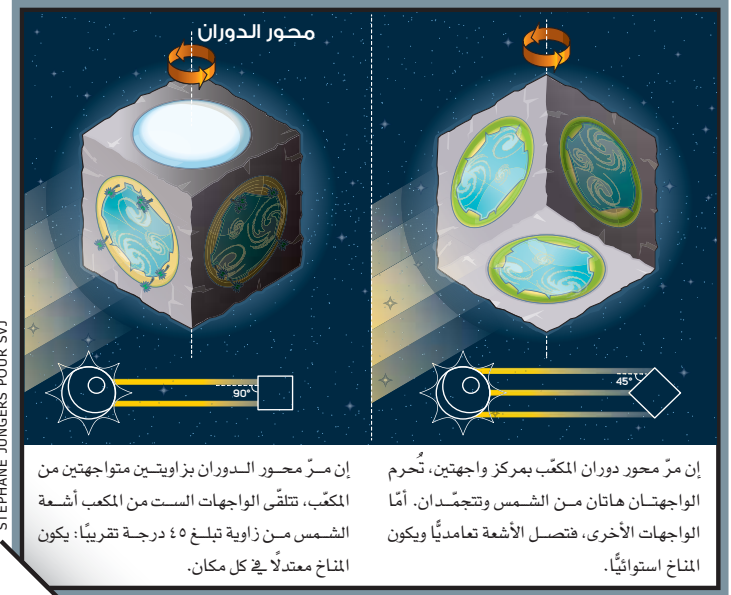
تواجدكم" وجهها لوجه" أمام مخلوق غريب قادم من تلك الواجهات الأخرى، يصيبكم برعشة، هذا إن خطرت ببال ذلك المخلوق أيضاً فكرة

الوقت نفسه في نقاط الواجهة كلّها أيّنا كنتم) ونجم القطب يبقى على الارتفاع نفسه بالنسبة إلى زوايا المكعب (التي تحلّ مكان الأفق) حيثما كنتم. لكن لا بأس - لاحظوا كيف خلّقت الطبيعة بطريقة مثالية! - لأنه في العالم المنبسط، من المستحيل أن نضيع، تذكروا، المعالم كلّها بارزة ولا يغطيها الأفق، فتعرفون مكانكم بدقة دائماً.

## ست كواكب أرضية في أرض واحدة!

وصلتم أخيراً إلى إحدى الزوايا. كانت أمتار التسلق الأخيرة شاقّة للغاية، لكن بوسعكم الاسترخاء أخيراً، جالسين على قمة هرم من ثلاث زوايا. ثلاث واجهات للعالم المكعب، لم تروا اثنتين منها قط. بعيداً، ووسط هذه المنبسطات الشاسعة والواسعة، تلاحظون الاستشعاع الأزرق في فتحات الحياة، وتدركون فجأة أنّ هذا العالم يخبئ ستة <مجالات حيوية> محكمة السدّ، ينفصل بعضها عن بعضها الآخر بألاف الكيلومترات من الفراغ، كما تختلف عن بعضها بعضاً اختلاف الكواكب النائية عن بعضها الآخر. على واحد منها، لم تقترض الديناصورات قط، وعلى الآخر، الأعشاب أرجوانية وليست خضراء، لأنّ النبات يستعمل الريتينال مكان الكلوروفيل لالتقاط الضوء، إلخ... التفكير في احتمال

## واجهات مقابل الشمس



إن مرّ محور الدوران بزوايتين متواجهتين من المكعب، تتلقّى الواجهات الست من المكعب أشعة الشمس من زاوية تبلغ ٥؛ درجة تقريباً: يكون المناخ معتدلاً في كل مكان.

إن مرّ محور دوران المكعب بمركز واجهتين، تُحرم الواجهتان هاتان من الشمس وتتجمدان. أما الواجهات الأخرى، فتصل الأشعة تماماً ويكون المناخ استوائياً.

(1) ET SI... LA TERRE N'ÉTAIT PAS RONDE?, Science & Vie Junior 289, PP 66-69  
(2) René Cuillierier



# الفولتضوئية

لم لا تكون الطاقة

أكثر تطوراً

في فرنسا؟<sup>(1)</sup>

الطاقة الفولتضوئية غير ملوثة، لا تنضب، وتتسم بميزات إيجابية كثيرة مقارنة بالطاقة النووية، إلا أنّ فرنسا بانت مترددة بسبب التكاليف الضرورية لتنفيذها.

العام ٢٠١١، أن تخفّض أسعار الشراء، ما أدى إلى تباطؤ شديد في السوق. بحسب تقرير حديث أصدرته محكمة مراجعة الحسابات، فإنّ كهرباء الطاقة الفولتضوئية في فرنسا لا تزال تكلف أكثر بكثير اليوم من الطاقة النووية، وحتى لو أصبحت بعد بضع سنوات ذات تكلفة تنافسية مع مصادر الطاقة الأخرى، فإنّ ازدهارها يعتمد على إرادة السلطات. يقول "سيدريك فيليبير" Cédric Philibert وهو محلّ في وكالة الطاقة الدولية: "اعتمدت ألمانيا سياسة ثابتة وهي تقطف الثمار".

يعود الرادع الأخير إلى طبيعة تلك الطاقة، إذ يعتمد إنتاج الطاقة الفولتضوئية على الشمس، ما يجعل إنتاجها متباين المستويات في النهار ومنعدماً في الليل، فلا يوافق الإنتاج استهلاك الكهرباء. المطلوب إذن تطوير الشبكة الكهربائية الفرنسية وإيجاد حلول تخزين اقتصادية. L.B.

## معالم

منذ ١٩٨٦ (بعد حادثة تشرنوبيل النووية)، يشجّع الاتحاد الأوروبي مصادر الطاقة المتجددة. في العام ٢٠٠٥، اعترفت فرنسا بإنتاج ٢١٪ من الكهرباء من مصدر متجدد بحلول العام ٢٠١٠ (الهدف لم يتحقّق: ٨٪ في العام ٢٠١١). حدّثت مباحثات غرونيل المفتوحة حول البيئة (Le Grenelle de l'environnement) في العام ٢٠٠٩ حصة الطاقة الفولتضوئية في الكهرباء "النظيفة" بـ ٤٪ حتى العام ٢٠٢٠، هدف ينبغي أن يتم تحقيقه قبل التاريخ المتوقع.

مباحثات غرونيل المفتوحة حول البيئة (Le Grenelle de l'environnement) إلى إنتاج ٤٪ فقط من الكهرباء المتجددة من خلال هذه الطاقة (أي ٥٤٠٠ ميجاوات) حتى العام ٢٠٢٠، مقابل ٤٠٪ باستخدام التربينات الهوائية، ما السبب؟ الثمن الباهظ.

## الدولة تتراجع

أخذت السلطات الفرنسية خطوات عدّة لدعم تطوّرهما، فالتخذت في العام ٢٠٠٦، تدابير تشجيعية، مثل شراء شركة كهرباء فرنسا أو (EDF) للكهرباء المنتجة بأسعار منخفضة للباقة، وقد ازدهرت المنشآت إثر ذلك في أنحاء فرنسا خاصة عند الأفراد، بين العامين ٢٠٠٦ و ٢٠١٠، انتقل إنتاج حقل الطاقة الفولتضوئية من ٤ إلى ٨٨٠ ميجاوات! أمام هذا الشغف بمصدر الطاقة وخوفاً من ارتفاع فاتورة كهرباء الفرنسيين (ينعكس معدل زيادة أسعار المشتريات عليها)، قرّرت الدولة في

تشهد الطاقة الفولتضوئية نمواً سريعاً في العالم منذ عقد من الزمن. يتجاوز حالياً إجمالي طاقة الألواح الفولتضوئية التي تم تركيبها في المحطّات الكبيرة أو على سطوح المنازل الـ ١٠٠ ألف ميجاوات! هذه الطاقة غير ملوثة ولا تنتج نفايات أو أيّ انبعاث من غازات الدفيئة. مصدرها مورد متجدد لا ينضب (الإشعاع الشمسي) وهي -بعكس التربينات الهوائية- صامتة ولا تشوه المناظر الطبيعية. في تصنيف البلدان التي اختارت تطوير الطاقة الفولتضوئية، لا تزال فرنسا متأخرة: تم تركيب ٤ آلاف ميجاوات في نهاية العام ٢٠١٢، مقابل ٢٢ ألف ميجاوات في ألمانيا (الخطيرة العالمية الأولى).

يهدف الانتقال بين مصادر الطاقة الذي بدأ منذ بداية الألفية الثالثة، إلى التخلّي تدريجياً عن الطاقة النووية لإنتاج كهربائنا، لكن الأهداف المرسومة بشأن الطاقة الفولتضوئية لا تزال متواضعة. في العام ٢٠٠٩، هدفت

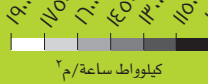


## المفتاح الأول

### على الرغم من إمكانيات الطاقة الشمسية في فرنسا...

بفعل موقعها الجغرافي، تملك فرنسا "الحقل الشمسي الأوروبي الخامس". التعرض الشمسي أضعف في الشمال (١٠٠٠ كيلوواط ساعة/م<sup>٢</sup> من الجنوب - الشرقي (١٩٠٠ كيلوواط ساعة/م<sup>٢</sup>). تتقاسم بلدان بحر الأبيض المتوسط والمقاطعات والأقاليم ما وراء البحار الفرنسية ٢٠٪ من محطات الطاقة الفولتضوئية الفرنسية. ينتج منزل مجهز بأنواع الفولتضوئية موجهة جيداً ٢ آلاف كيلوواط ساعة في السنة، أي ما يعادل نصف استهلاك المنزل بالكهرباء.

### التعرض الشمسي السنوي في فرنسا

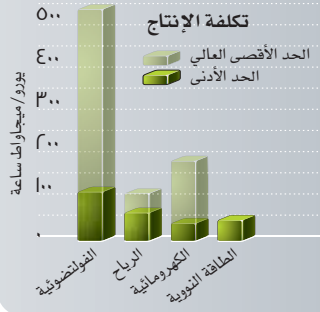


SOURCE: COMMISSION EUROPÉENNE

## المفتاح الثاني

### ...لا يزال إنتاج تلك الطاقة مكلفاً للغاية.

لطاقة الفولتضوئية هي الأكثر كلفة: متوسط يتراوح من ١١٤ يورو/ميغاواط ساعة لحظة شمسية في جنوب فرنسا إلى ٥٤٧ يورو/ميغاواط ساعة لأنواع لدى أحد الأفراد في الشمال. لكن أسعار الأنواع تتخفص باستمرار، فيما ترتفع أسعار الكهرباء باستمرار (تعرفة شركة كهرباء فرنسا)، من المتوقع أن تصبح تلك الطاقة تنافسية ابتداء من العام ٢٠١٦.



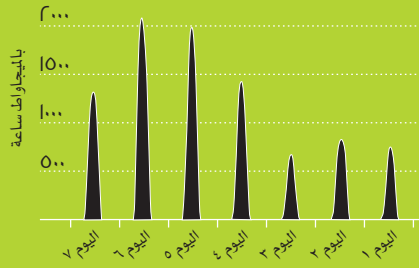
SOURCE: COUR DES COMPTES

## المفتاح الثالث

### تخضع لاحتمالات الأحوال الجوية...

يعتمد إنتاج الطاقة الفولتضوئية على الشمس، ولا يمكن أن يتم سوى في النهار، متفاوتاً بحسب ظروف الأحوال الجوية. من ثم، في الأسبوع نفسه، يبلغ إنتاجها ذروته في فترة الظهر في يوم صيفي جميل، وينعدم كلياً عند الساعة مساءً، ثم يضعف في اليوم التالي في يوم غائم، إلا أن ذلك التقلب لا ينسجم مع ذروات الاستهلاك الكهربائي العادية، خاصة ذروة الساعة السابعة مساءً في الشتاء. على صعيد منزل ما، عند استخدام هذه الطاقة، من الضروري إذا اللجوء إلى جهاز تخزين لتخفيف هذا التقلب في مستويات الإنتاج، لكن ثمن البطاريات الحالي لا يزال باهظاً.

### نموذج لإنتاج الطاقة الشمسية في فرنسا

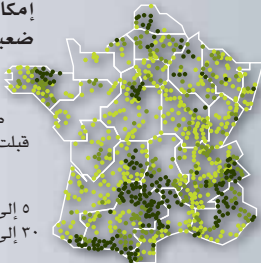


SOURCE: RTE

▲ ينتج منزل مجهز بأنواع فولتضوئية حتى نصف أوجه الحاجة الكهربائية لمنزل ما سنوياً.

مناطق ذات إمكانيات ربط ضعيفة

طاقة جديدة قبلت بها الشبكة



## المفتاح الرابع

### ...وتتطلب تكيف الشبكة الكهربائية الوطنية.

في معظم الحالات، يعاد دمج كهرباء الطاقة الفولتضوئية في الشبكة الوطنية. إلا أن قدرات ربط هذه الشبكة مشبعة اليوم، لا سيما في القسم الجنوبي من البلاد، ومن المتوقع أن يتم تعزيزها. كما أن الشبكة ليست مصممة لإدارة تلك الطاقة المتقطعة وتخزينها. ينبغي أن يتضمن الحل شبكات مستقبلية ذكية قادرة على قياس التغييرات في الإنتاج والاستهلاك في وقت حقيقي وتوقعها.

SOURCE: RTE



٨ بإمكان زجاجة النافذة، وهي مزيج من زجاج ومعدنين، سد الضوء (في حال العتامة) أو حبس الحرارة فقط.

## هندسة

# زجاج يصفّي - حسب اختيارنا - أشعة الشمس

الحرارة. ينطبق المبدأ نفسه على النيوبيوم: عندما يلتقط إلكترونات، يسود فيكثف الزجاج، ويتم مرور الإلكترونات عبر تيار كهربائي يسلك الزجاج (لوحتان زجاجيتان متعدّتا العناصر يفصل بينهما إلكترويت، مادة ناقلة) في غضون بضعة سنوات، قد تستخدم هذه النافذة لضبط التدفئة والضوء في المنازل والسيارات أو الطائرات، بحسب توقعات "ديليا ميليرون" Delia Milliron S.B. التي شاركت في هذه الأعمال.

الألومنيوم والإنديوم، وهي مواد تستخدم في الشاشات المسطحة. ما الفائدة من هذين المركبين؟ عند تعريضهما لتفاعلات أكسدة إرجاعية - تلك التحوّلات الكيميائية التي تسفر عن فقد الإلكترونات (أكسدة) أو اكتسابها (اختزال) - تتغير خصائصها بطريقة قابلة للانعكاس، من ثمّ فإنّ مزيج الألومنيوم والإنديوم يمرر أشعة الشمس تحت الحمراء عندما يكون مؤكسداً، لكنه يمنعها في حالة "الإرجاع"، فيحول دون نفاذ

شغلوا نمط "البرودة": تمنع النافذة الحرارة من النفاذ. اختاروا نمط "الظلام": ها هي تمنع نفاذ الضوء. اختراع ثوري! في حين اكتفى الزجاج الذكي -حتى الآن- باللعب على عتمته، فإنّ هذه النافذة التي طوّرتها جامعة بيركلي (الولايات المتحدة الأمريكية) هي الأولى التي ترشّح الضوء والحرارة بطريقة اختيارية. إنّها نتاج مزيج زجاج ونوعين من المعادن، أكسيد النيوبيوم المستعمل خاصة في المكثفات، وأكسيد

# nature

الطبعة العربية الدورية الشهيرة العالمية للعلوم



إقرأ في العدد العشرين  
من مجلة نيتشر الطبعة العربية

- المخزون العميق للمياه في الأرض.
- أنماط نمو الثقب الأسود فائق الضخامة.
- السرطان: تعطيل الدفاع في المخ.
- جسيم هيجز على الشاشة الكبيرة.

وغيرها عن آخر المستجدات العلمية.

بدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية  
تصفح جميع الأعداد الشهرية لمجلة **nature** مجاناً على الموقع:  
<http://arabicedition.nature.com>





# عملية الفرصة الأخيرة؟ تجميد فوك

I. KATO / REUTERS

مرّت سنتان تقريباً  
على الكارثة، وما  
زال الوضع حرجاً في  
فوكوشيما. تتولّى  
حالياً الحكومة اليابانية  
هذه القضية. حلّ  
جذري يلوح في الأفق:  
تجميد الموقع تحت  
الأرض، كتلة عملاقة  
من الجليد! والهدف من  
ذلك: توقيف التسرب  
الإشعاعي المتسلل  
من الأنحاء كلّها. زيارة  
الورشة الدائمة.

بقلم: فينسانت نوبريغا<sup>(١)</sup>

# فوكوشيما



# كيف تتوقع السلطات اليابانية تجميد الجزء تحت الأرضي من المحطة

## ١ لتوقيف تسربات الإشعاع...

تصب المياه الملوثة المتراكمة في الطوابق تحت الأرضية في المحيط من دون أن تتمكن شركة تيبكو من توقيف تدفقها. يضم مصدر ذلك التلوث المفاعلات الأربعة المتضررة وغرف تربيئاتها أي مساحة ٢٠٠ م على ٥٠٠ م

محطة فوكوشيما

المفاعل ٣  
الماء المتراكم  
٣م ٢١,٣٠٠

المفاعل ٤  
الماء المتراكم  
٣م ١٦,٤٠٠

المنطقة  
الواجب عزلها

المحيط الهادئ

## ٢... سيتم تشييد جدار من الجليد...

تقضي الفكرة بمنع كل تسربات الماء باتجاه المحيط بتجميد رقعة من الأرض حول المحطة. سيغوص هذا السور الدائم التجميد البالغة سماكته ٣ أمتار حتى عمق ٢٧ متراً ليتصل بالطبقة الجيولوجية العازلة للماء.

## ٣... بتجميد الأرض المغمورة بالمياه في الموقع

سيتم حفر ١٥٠ حفرة حول المحطة. وسيتم إدخال أنابيب ليحفر فيها سائل مبرد (محلول ملحي) يمتص حرارة الأرض. بالتالي، فإن الماء داخل مسامات الأرض سيتجمد بصورة طبيعية. سينتج عن ذلك غلاف أرضي مثلع عازل لكل شيء: حاجز فعلي ضد المياه المشعة.

٤- امتصاص حرارة الأرض

٣- تركيب مصنع تبريد

١- ثقب حفر كل متر  
٢- وضع أنابيب مترابطة

مصنع تبريد  
من ه ميغاوات  
حرارة الأرض



المفاعل ١  
الماء المتراكم  
٣م١٣,٨٠٠

المفاعل ٢  
الماء المتراكم  
٣م٢٢,٢٠٠

فيما الماء الملوث يتسرب  
في مسام التربة...

...لا يمكنه أن يخرج عند  
تشكيل جدار من الجليد...

...وتوقفه في العمق  
الطبقة العازلة للماء

أرض ملوثة  
تحت المفاعلات

أرض مجمدة  
السماكة: ٣ أمتار  
العمق: ٢٧ متراً

أنابيب يجري  
فيها سائل مبرد

منطقة خارجية

٥- تجميد الأرض  
حول الأنابيب

سائل يجري

أرض مجمدة



كان لا بدّ للتسرّب أن يتوقّف، بعد أكثر من سنتين على الكارثة، خارت قوى شركة الكهرباء اليابانيّة تيبكو (Tepco)، ونضبت أفكارها، ونفذ منها المال وخسرت مصداقيتها، وقد عجزت عن السيطرة على الوضع. أخطأت الشركة عندما قلّت -بمهارة- من شأن المشكلات التي نشأت منذ ذلك اليوم في ١١ مارس ٢٠١١، إلى حدّ تصديق وهم أنّ مأساة نوويّة يمكن أن تحلّ كما يُحلّ أيّ حادث صناعي صغير.

للأسف... بقيت الأعطال في أنظمة الإنقاذ في محطة فوكوشيما تتضاعف إلى أن ظهرت الحقيقة هذا الصيف: كشفت سلسلة من العيّنات التي تم استخراجها من قنوات المفاعلات أنّ الماء الملوّث يتسرّب باستمرار إلى المحيط! إنّه السيناريو الذي يخشاه العلماء بحسب "جوتا كاندا" Jota Kanda، وهو عالم بالمحيطات في جامعة طوكيو: "لأنّ القياسات التي أجريت على الأسماك كشفت عن استمرار النشاط الإشعاعي". إثبات يخالف كلّ التزامات تيبكو وتصريحاتها، إلاّ أنّ شركة الكهرباء اليابانيّة اضطرت أخيراً إلى الاعتراف رسمياً بحقيقة المسألة في ٢٢ يوليو ٢٠١٣. منذ ذلك الوقت، تحوّل القلق إلى يقين: منذ سنتين، لم يتوقّف العملاق عن قذف نشاطه الإشعاعي في البيئة.

كلّا، لم يكن للتسرّب أن يدوم. كان لا بدّ من التصرف. لكن كيف؟ أعلن رئيس الوزراء الياباني "شينزو أبي" Shinzo Abe شخصياً عن الجواب في الثالث من سبتمبر ٢٠١٣. فمن الآن وصاعداً، ستتولّى الحكومة اليابانيّة ووراءها البلد بكامله -القوة العامية الثالثة- الاهتمام بمصير فوكوشيما. كانت نبرة حديثه صارمة: "علينا أن نواجه هذا التحديّ صفّاً واحداً، إنّها مسألة طارئة"، يتعيّن الآن أن نتخلّص من المشكلة كلياً".

هل كان مجرّد كلام يطمئن به الجميع؟ لا، ليس هذه المرة، لأنّ قرار "شينزو أبي" جذري: ستكرّس الدولة ٤٠ مليار ين (٣٠٠ مليون يورو) (ما يعادل ١٥٠٠ مليون ريال سعودي) لتشييد حاجز جليديّ حول المفاعلات الأربعة المتضررة التي تسرّب مياهاً مشعّة. بعبارة أخرى، تجميد فوكوشيما وفي الوقت نفسه، منع التلوث من الانتشار بعزلها عن العالم طوال سنوات، إنّه

## حقائق وأرقام

يفرض تبريد قلب المفاعلات المتضررة النووي ضخ ٣٥٠م<sup>٣</sup> من المياه يوميّاً، وهو مقدار يصبّ -تاليّاً- تحت الأرض. في الوقت نفسه، يتسرّب يوميّاً ٤٠٠م<sup>٣</sup> من المياه الجوفية إلى أقبية المحطّة. يتعيّن على تيبكو (Tepco) التي تضخّ باستمرار، أن تدير اليوم ٣٤٠ ألف م<sup>٣</sup> من السائل ذي النشاط الإشعاعي العالمي.

تحدّ لتشرنوبل وطوقها الخرساني، مع القاعدة الجليديّة التي ستحتجز عملاقاً إشعاعي النشاط، يجتذب فوكوشيما وحده كلّ الاستعارات الأكثر كآبة المتعلقة بالذرة: شتاء نووي، أرض عقيمة.

### إجراء عملي قديم يعود إلى ١٥٠ عاماً خلت

هذا الاقتراح، الذي يبدو كأنّه مستمدّ من رسوم متحرّكة بسيطة، واقعي للغاية. بل إنّ جدولاً زمنياً رسمياً حدّد له: من المتوقع أنه تم تسليم النسخة الأولى من دراسة الجدوى في ديسمبر ٢٠١٣، قبل تسليم خطط عمل مفصّلة في العام ٢٠١٤، وبدء التنفيذ قبل منتصف العام ٢٠١٥. إنّها مواعيد عاجلة للغاية لأنّ المشروع يرتكز -وإن بدا مدهشاً- على تقنيّة متقنة ومجازة منذ العام ١٨٦٣.

في الحقيقة، فإنّ تجميد الأرض كان يهدف ابتداء من نهاية القرن التاسع عشر، إلى تعزيز جدران مناجم الفحم في اسكتلندا وعزلها. منذ ذلك الوقت، أصبح هذا الإجراء بمنزلة عمليّة كلاسيكيّة من عمليّات الهندسة المدنيّة على التربة





## مينتسيو ويماتسو MITSUO UEMATSU

بروفسور في معهد الأبحاث الخاصة  
بالجو والمحيط، جامعة طوكيو (اليابان)

### يتوجب علينا الآن أن نحارب مصدر كل العلق؛ تسرب المفاعلات!



"الماء المتدفق يومياً في قلب المفاعلات لتبريدها باستمرار، يسيل بعد ذلك في كل المبنى متراكماً تحت التربة مع العناصر الإشعاعية المنتزعة من الوقود النووي". ومما يزيد الأمر تعقيداً أن قسماً من المياه الجوفية الواقع تحت المحطة تسرب إلى أقبية المباني عبر كل الفتحات وامتزج بمياه باطن الأرض الملوثة، مشكلاً بحيرة قانلة أصبحت مساحتها اليوم أكثر من ٧٠ ألف م<sup>٢</sup>، ويتبع ذلك التسرب الشهير نحو المحيط وفق مسار لم يُكتشف سرّه بعد.

### يبقى الانتقال إلى التطبيق العملي

حتى الآن لم يتمكن شيء أو أحد من كبح ذلك التسرب. مع أن تيبكو جرّبت كل الوسائل تقريباً، بدءاً من الضخ المستمر في أساس المحطة. إنَّها مبادرة تستحق الثناء، لكنَّها تعثرت بمشكلات تخزين ضخمة لكمية من السائل عالي الإشعاعية يعادل ١٠٠ حوض سباحة أولمبي.

من جهة أخرى، تنهك شركة الكهرباء نفسها في تحويل مسار قسم من المياه الجوفية، وتغطية الأرض بالإسفلت لتجنّب نفاذ مياه الأمطار، وردم السرايب تحت الأرض المؤدية إلى البحر، وسدّ الثغرات بوساطة المعجون الصمغي. لكن من دون جدوى. بل أقامت تيبكو منذ أبريل ٢٠١٤ سدّاً فولادياً على طول أرضفئة المحطة، مجازفة برؤية المياه الإشعاعية تدور حول العائق أو تصطدم به فتتراكم في مستنقع مهلك لا بدّ من صرف مياهه آجلاً أو عاجلاً. ضُخّ المياه وصرفها وسدّ الثغرات، إنّه عمل جبّار وعيبي كما في أسطورة سيزيف.

احتدّ مينتسيو ويماتسو Mitsu Uematsu من معهد الأبحاث حول الجو والمحيط، ←



▲> تولت الحكومة اليابانية الاهتمام بالملف: في ٣ سبتمبر ٢٠١٣، أعلن رئيس الوزراء "شينزو أبي" Shinzo Abe (في الوسط) عن تخصيص ٣٠٠ مليون يورو لبناء حاجز جليدي حول موقع فوكوشيما (أعلاه، في ٢١ أغسطس ٢٠١٣).

ذلك أن نحافظ على التجميد، ما يضطرنا إلى تشييد حاجز مجمّد حول المحطة التي أصبحت مصفاة حقيقية. أحصت لجنة تفكيك المحطة ٨٠٠ فتحة تقريباً نحو الخارج، بما فيها الفتحات تحت الأرض، أمّا في الداخل، فكل شيء مدمر. كما يشير "تيري تشارلز" Thierry Charles، المسؤول عن سلامة المفاعلات في معهد الحماية الإشعاعية والسلامة النووية (IRSN)، قائلاً:

الغرينية. يبقى المبدأ هو نفسه: يجري سائل مبرّد في الأنابيب ويحوّل الماء داخل مسامات التربة إلى جليد، والنتيجة: بقعة من الأرض مجمّدة، تتسم بميزتين قيمتين، فهي أكثر مقاومة للضغط من الإسمنت بمقدار الضعف، وعازلة كلياً للماء! لا تقنية أخرى تقدم ضمانة عزل أفضل منها. يقول "دان ماجو" Dan Mageau، مدير مؤسسة سويل فريز (Soil Freeze) ومؤلف أطروحة حول متجمّد الأرض المجمّدة مفصّلاً: "في البداية، تتجمّد الأرض حول كل أنبوب، ثم تتوسّع تلك الحلقات، وتعود وتتضمّن إلى بعضها الآخر بعد ثلاثة إلى ستة أسابيع لتشكل حاجزاً". يكفي بعد





## التجميد: من الهندسة المدنية... إلى النووية

تستعمل الهندسة المدنية بانتظام تجميد التربة لتثبيت الأراضي الرخوة، بشكل يسمح بحفر أنفاق (إلى اليسار) أو سراديب للمناجم (أعلام). ولكن قد تستعمل تلك التقنية أيضاً لتطويق مصدر التلوث لإيقاف التسرب الكيميائي أو النووي في باطن الأرض.

### من الضروري أن تتجج...

فيما يتعلق بالتجميد، ستكون الطاقة المستهلكة متواضعة، وفق وعود الخبراء، إذ يقدر حجم الطاقة التي تستهلكها محطة التبريد الذي يتعين تشييده بحوالي ٥ ميجاوات على الأكثر، ولن يحدث عطل كهربائي دون أي أثر، نظراً لجمود ذلك الحصن الجليدي. أظهرت الاختبارات التي أجريت في أوك ريدج - في الواقع - أن أسبوعاً من توقيف التبريد لا يسفر عن أي عواقب.

ما المدة التي يفترض أن تصمد ركيزة الجليد في فوكوشيما خلالها؟ لم يُحدّد أي إطار زمني، لكنّ جهازاً من هذا النوع قادر على العمل لأكثر من عقد كما يؤكد الاختصاصيون. يبدو أنّ السدّ الجليدي من الناحية النظرية يتسم بكل المميزات، بما فيها قدرته على ترميم نفسه بعد حصول زلزال، أمّا على أرض الواقع، فانتظار رؤية النتائج. يتعيّن على التقنيين الاقتراب عن كثب من المفاعلات لتركيبة القنوات البالغ طولها ١٤٠٠م، في ظروف غير مؤاتية لهذا العمل الذي يتطلب دقّة عالية، لا يمكن إعداد صفّ قنوات التبريد وتباعدها دون الاستعداد لذلك، تقادياً لتخلل الجدار مواطن الضعف، يصرّ

إنّها عملية سمحت بتثبيت سدودية رقعة الجليد. نموذج يُحتذى به لفوكوشيما. حتى لو بدأ النموذج الياباني أعظم ٣٠ مرة.

← (جامعة طوكيو) قائلاً: " يتوجّب علينا الآن أن نحارب مصدر كلّ العلل: تسربّ المفاعلات". ومن هنا أتت أهمية ذلك السجن الجليدي، السلاح الأخير في معركة الاحتواء: لن تنفذ المياه الجوفية مجدداً إلى قاعدة المفاعلات حيث تلوّثها العناصر والمياه الإشعاعية، بل إنّ المياه الإشعاعية بعد ذاتها لن تتمكن من النفاذ.

يبقى الانتقال إلى المرحلة العملية، إلّا أنّ فكرة تطبيق جهاز صمّم في الأساس لحماية السراديب أو الأنفاق على مسافة بضعة أمتار على محطة نووية ليست كلاسيكية على الإطلاق، فني كندا، شيدّ جهاز تبريد ضخّم يبلغ طوله ٣,٥ كلم، لسدّ رشح الزرنيخ في منجم ذهب، ولكن الجهاز لم يُشغّل قط لأسباب مادية. في الحقيقة، أجريت تجربة واحدة في مجال الاحتواء النووي: كان ذلك في مختبرات أوك ريدج Oak Ridge في الولايات المتحدة الأمريكية، بين ١٩٩٨ و٢٠٠٤، حول نفايات قديمة مخزّنة من دون أيّ حيطه. يناقش "ادوارد يارماك" Edward Yarmak وهو مهندس في شركة أركتيك فاونداتيشونز (Arctic Foundations) التي قادت العملية قائلاً: "التجميد كان الحل الأكثر فعالية للقضاء على تلك المشكلة، ومن ثمّ تطهير الموقع".

## في العام ١٩٠٨، كانوا يجمّدون سراديب باريس تحت الأرض لتميرير قطار الأنفاق

التقنية التي قد تنقذ فوكوشيما هي نفسها التي سمحت لقطار الأنفاق الباريسي بالمرور تحت نهر السين للمرة الأولى. حصل ذلك في العام ١٩٠٨. هدف المشروع إلى ربط محطتي سيتي Cité وسان ميشال Saint-Michel. اضطر المهندس "ليون شاتيو" Léon Chagnaud إلى إثبات براعته. كان قسم من الأرض طرياً، فقرّر أن يجمّده بحقن (أدناه،

المضخات) محلول ملح الكالسيوم بحرارة -٢٤م°، من محطتي تبريد شيدت في هذا المكان. وقد جذبت عشرات الأمتار المسببة للمشكلة التي تطلبت حوالي سنة من الأعمال، سكان باريس كلهم الذين أتوا لمشاهدة الجهاز.





دان ماجو  
DAN MAGEAU

مدير الشركة المتخصصة سويل فريز  
(Soil Freeze)

## يتطلب تجميد التربة حسابات عالية الدقة بسبب طبيعة التربة وسرعة تدفق المياه

من حسن حظ تيبكو أنها تستطيع الاعتماد على المحيط الهادئ لتخفيف هذا التسرب. حالما يبتعد هذا النشاط الإشعاعي مسافة ٣,٠ كم عن المحطة، يكاد لا يستبان. بحسب "جوتا كاندا" Jota Kanda: "منذ سنتين، تعد تلك التدفقات المزمنة بسيطة مقارنة بالانبعاثات الكثيفة التي شهدناها في مارس وأبريل ٢٠١١، تركيزها ضئيل للغاية وأقل من أن يتخطى لحم السمك المستويات المسموحة".

في الحقيقة، لم يخلُ قرار شينزو من دوافع سياسية، بين تنظيم الألعاب الأولمبية للعام ٢٠٢٠ في طوكيو، وإعادة إحياء الطاقة النووية في اليابان ونشاطات صيد الأسماك في شمال شرق البلاد. لكن الرهان نفسي أيضاً: الطرح في المحيط -إرث البشرية المشترك- يتسم بتأثير رمزي كبير ويثير قلق اليابانيين بحسب تيبكو. "أصبحت كلمة "طرح" محرمة في اليابان" وفق "تيري تشارلز" Thierry Charles. لئراهن على بقاء اسم فوكوشيما طويلاً... مُثيراً للخوف. ■



## وفي فرنسا؟

في العام ٢٠٠٨، طلبت سلطة السلامة الفرنسية من شركة كهرباء فرنسا (EDF) أن تحدّد تدابيرها السريعة لمواجهة تلوث البحر أو تلوث المياه الجوفية في حال حصول حادث. عدت شركة الكهرباء أنه من غير الضروري التعمق في دراسات من هذا النوع، عادةً أنّ الحادث بعيد الاحتمال والتقنيات المفترض اعتمادها صعبة للغاية. موقف حافظت عليه في العام ٢٠١٢.

"دان ماجو" Dan Mageau على القول: "يتطلب التجميد الجيد حسابات دقيقة تراعى طبيعة التربة وموصليتها الحرارية، وسرعة جريان المياه الجوفية... فقد يؤوّل ذلك إلى الفشل، كما يحذر "جوزيف سوبكو" Joseph Sopko، وهو اختصاصي آخر في التجميد: "قد تمنع المياه المتدفقة بسرعة تحت الأرض ببساطة تشكّل جدار الجليد". إلا في حال أقسدت سراديب المحطة الكثيرة سدودية الحاجز المجدد، وفي حال حصول تسونامي، كيف ستكون ردة الفعل؟ هذه الأسئلة وكثير غيرها يقلق المهندسين. مازلنا نتذكّر غلاف تشرنوبيل الخرساني الذي تحوّل إلى مآزق على المدى الطويل.

## المقصود عزل هذا الوحش الإشعاعي المقيت عن العالم لسنوات طويلة

اليابانيين، لا خيار سوى نجاح عملية التجميد، حتى لو لم يؤثر التسرب المرحج للسائل الذي لوحظ على جوانب مفاعلات فوكوشيما تأثيراً مبدئياً على السكان. بالرغم من مصابها،

(1) L'OPÉRATION DE LA DERNIÈRE CHANCE? CONGELER FUKUSHIMA, Science & Vie 1154, PP 112-119  
(2) VINCENT NOUYRIGAT

# أخبار الأرض

منطقة آسيا  
وأوقيانوسيا

الحفاظ على الأنواع

## أخيراً، تحديّد دقيق

### للموقع الجغرافي للتنوع البيئي<sup>(١)</sup>

وأفريقيا ومنطقة جنوب شرق آسيا بأكثر عدد من الفقاريات. لكن كيف تحدّد المناطق التي ينبغي أن تحظى بأولوية الحماية؟ أحصى الباحثون الأنواع التي "تتوزع جغرافياً بأعداد قليلة" (نجدها قليلاً في المناطق المختلفة)، والأكثر عرضة لخطر الانقراض من غيرها. من المفترض أن تحظى المناطق التي يتركز فيها أكبر عدد من تلك الأنواع بجهد معزّز: الأنديز، مدغشقر، جنوب شرقي آسيا؛ "لأنّ ما يُبذل اليوم من جهود لا يزال غير كافٍ". كما أظهرت الدراسة مناطق تتسم بأولوية على غيرها: غينيا الجديدة، أو الساحل الشرقي الأسترالي أيضاً.

M.S.

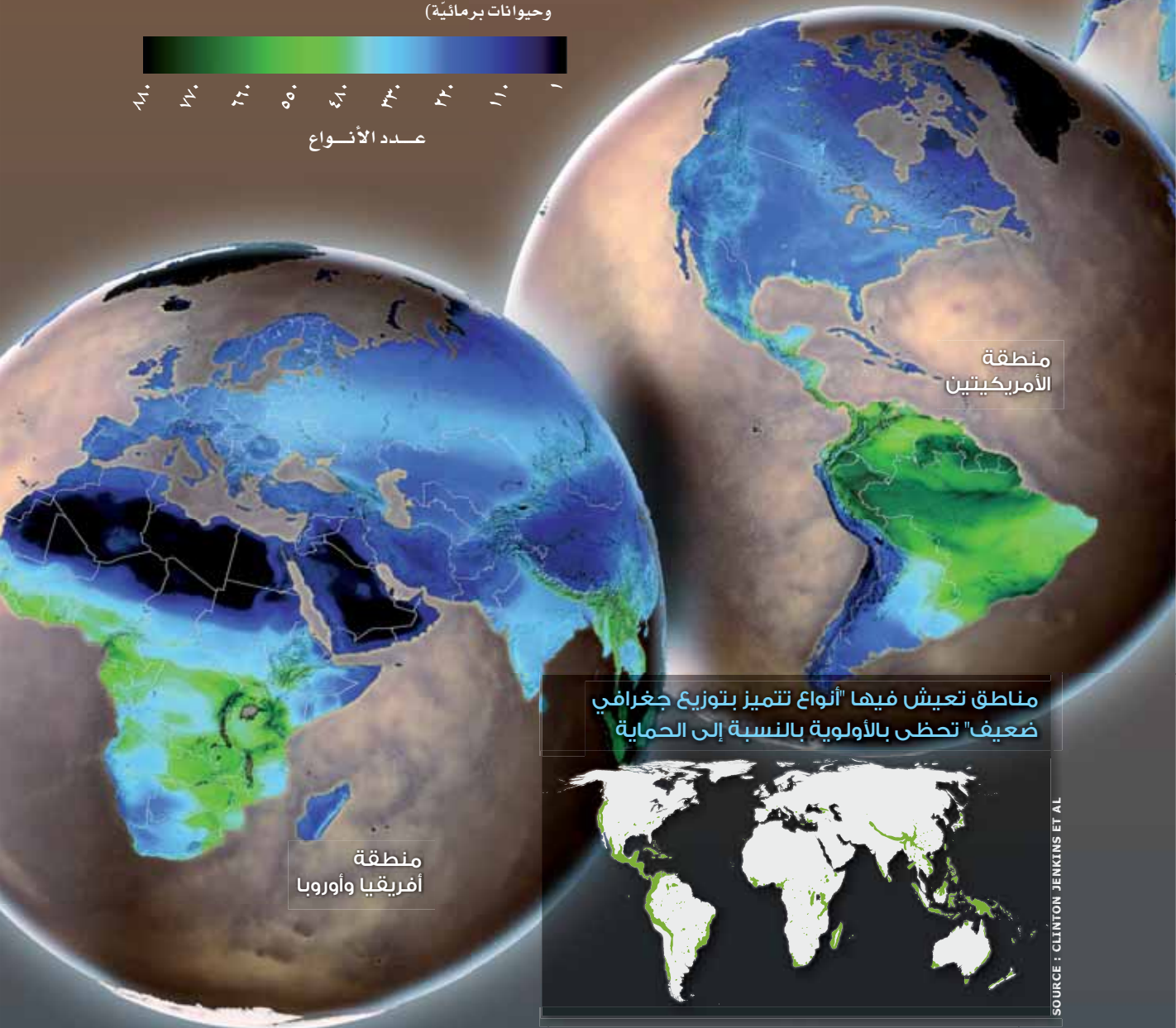
"لحماية الحيوانات، يتعيّن علينا أن نعرف مكانها". انطلاقاً من هذه الملاحظة، أحصى (كلينتون جينكينز Clinton Jenkins) وفريق عمله (جامعة كارولينا الشماليّة في الولايات المتحدة الأمريكية) أكثر من ٢١ ألف نوع من الفقاريات على الأرض، من خلال تحليل المعطيات المتوافرة على مقياس رفيع للغاية؛ ١٠ كلم على ١٠ كلم.

النتيجة: أطلس تنوع بيئي أدقّ بمقدار مائة مرّة من الذي كان معتمداً حتى الآن! ويشير الباحث قائلًا: "من الأهمية بمكان أن ننظر إلى العالم بعين الغاية المنشودة لإنجاز أعمال الحماية المحلية، ونحن نقترّب منها من خلال هذا المقياس". تعجّ الأمازون



## كثافة أنواع الفقاريات

٢١,٠٠٠ نوع من الفقاريات أخذت بالاعتبار (ثدييات، طيور وحيوانات برمائية)



منطقة  
الأمريكيتين

مناطق تعيش فيها "أنواع تتميز بتوزيع جغرافي ضعيف" تحظى بالأولوية بالنسبة إلى الحماية

منطقة  
أفريقيا وأوروبا

SOURCE : CLINTON JENKINS ET AL

من المناطق التي لها حق الأولوية محمية بالفعل **٪١٩**

من الفقاريات تتركز في تلك المناطق التي يحق لها الأولوية **٪٩٣**

من سطح الأرض له حق الأولوية **٪٨**

(1) L'ÉTAT DE LA BIODIVERSITÉ EST ENFIN GÉOLOCALISÉ AVEC PRÉCISION, Science & Vie 1153, PP 26-27

## علم المحيطات

# عالم البحار سريع التأثر بالاحترار

كيف يؤثر التغير المناخي في الحياة البحرية؟ للإجابة عن هذا السؤال، وُحد باحثون من سبع عشرة مؤسسة جهودهم لجمع كل الملاحظات الخاصة بهذا الموضوع. دققوا في ٢٠٨ دراسة وجمعوا معطيات عن أكثر من ٨٥٠ نوعاً بحرياً في أنحاء الأرض. توزيع جغرافي، ووفرة وتكس (تشكل الصدف)... يظهر التحليل أن تأثر الكائنات البحرية بالتغير المناخي يزيد أحياناً عن تأثر نظيراتها على الأرض. فتحت تأثير سخونة ماء السطح، ينتقل سكان المحيطات باتجاه القطبين قاطعين معدل ٧٢ كلم في كل عقد، أما على الأرض، فإن هذه الهجرة المناخية هي أبطأ بعشر مرات. أكثر الأنواع سعياً للجوء إلى مكان أبرد، هي العوالق النباتية، والعوالق الحيوانية والأسماك العظمية. وملاحظة أخرى: بما أن الحرارة الربيعية سُجلت في وقت باكر في السنة، فإن الظواهر المرتبطة بالربيع مثل إزهار العوالق النباتية حدثت قبل موعدها. فهي تتقدم أربعة أيام كل عشر سنوات، أي بسرعة تعادل الضعف قياساً بالأرض. كم من المعلومات الهامة للتنبؤ بمستقبل الموارد المحيطية.

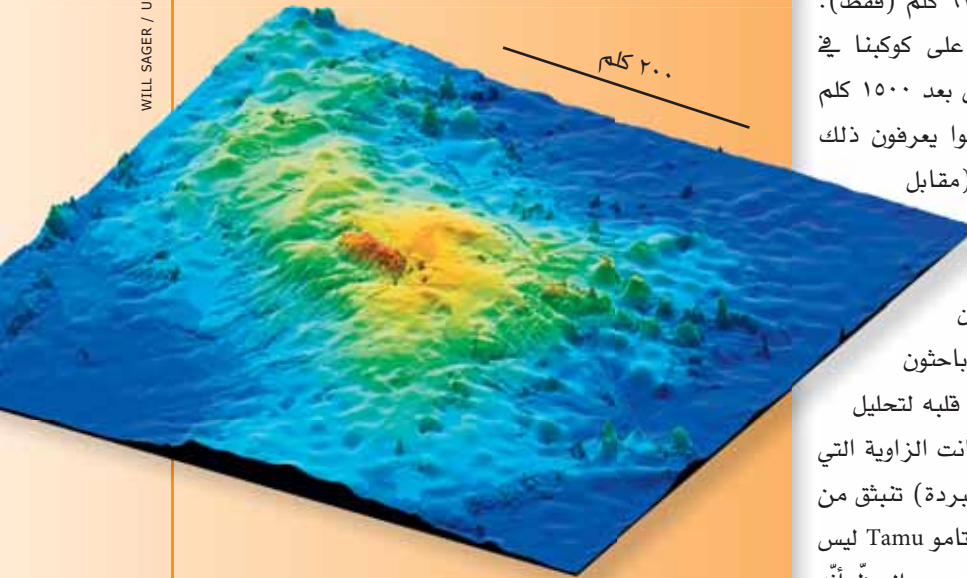
L.C.

➤ الأسماك العظمية (هنا كيشوسوس  
Kyphosus cinerascens  
وسيزيو كونينغ Caesion cunninghamii). في  
حوض المحيطين: الهندي والهندي هي  
الأسرع هجرة نحو القطبين.



## أكبر فوهة بركان في العالم (بل، وفي الكون)

WILL SAGER / UNIV. OF HOUSTON



إنَّه البركان الأكبر في النظام الشمسيّ. يبلغ قطره ٦٥٠ كلم، متفوّقًا على جبل أوليمبس في المريخ الممتد على مدى ٦٢٥ كلم (فقط). اكتشفه علماء الجيوفيزياء على كوكبنا في أعماق المحيط الهادئ، على بعد ١٥٠٠ كلم تقريباً شرقي اليابان. كانوا يعرفون ذلك الجبل الذي يرتفع ٤ كلم (مقابل ٢٦ لجبل أوليمبس...)، لكنهم كانوا يتصوِّرون أنَّه حصيلة نشاط براكين عدَّة، إلا أنَّه عندما أرسل باحثون أمريكيّون موجات زلزاليَّة في قلبه لتحليل تكوينه، أدركوا أنَّه "مهما كانت الزاوية التي نراقبه منها، فإنَّ الحمم (المبردة) تنبثق من وسطه". بعبارة أخرى، جبل تامو Tamu ليس سوى بركان عملاق واحد... لحسن الحظِّ، أنَّه خامد منذ ١٤٠ مليون سنة. J.B.



# كيف يُصنع



# الذهب

## (1) في الكواكب؟

كان حلم الكيميائيين القدامى، وحققه الفيزيائيون الفلكيون: فقد حلوا لغز تشكل الذهب. انبثقت كل معادن الكون الثمينة من لقاء متفجر بين نجمين مشحونين بالنيوترونات.

بقلم: فابريس نيكو<sup>(2)</sup>

### لغز كشف عبر المقراب

أول مقراب التقط صورة هو (مقراب ماجيلان Magellan) في (لاس كامباناس Las Campanas) في تشيلي؛ فقد صوّر بعد ثماني ساعات من مرور الومضة، نقطة مضيئة في مجرة قسيّة (راجع الصورة أدناه). بعد أقل من ساعة، أكد المقراب الفضائي (هابل Hubble) الذي استعين به، ما سجّله ماجيلان وحسّن ملاحظاته: فقد دقّق في النقطة الضوئية التي تراجعت حدّتها حتى اختفت، ثمّ تمكّن الباحثون من تحليل الضوء الذي أحدثه الانفجار. لم يميّزوا ذرّات بالطبع (لا يمكن من هذا البعد) بل لاحظوا أشعّة تحت حمراء قويّة، ذات درجة لون مميزة للغاية، لا تراها العين المجرّدة، إنما تسجّلها أدوات استشعار المقارِب بدقّة. يعرف علماء الفلك ذلك الضوء؛ لأنه ينبثق على الأرض إثر تفكك نوى الذرّات المشعّة الثقيلة، التي تتضمّن عشرات البروتونات والنيوترونات، مثل اليورانيوم. تشكّل تلك النوى غير المستقرّة لدى تفكّكها عناصر ثابتة، مثل: الذهب والبلاطين والرصاص؛ لذلك فقد استنتج علماء الفلك وجود الذهب دون أن يروّه مباشرة، وبما أنّ قوانين الفيزياء ثابتة في كلّ أنحاء الكون، فلا مبرر لأن يسفر التفكّك المشعّ الذي تمّ قياسه على بعد ٢,٩ مليار سنة ضوئية عن عناصر غير التي نشاهدها على الأرض. هذا الاكتشاف كنزٌ ←

### إضاءة

#### أشعّة جاما

إشعاع كهرومغناطيسي، المائل بطبيعته للضوء سوى أنه أكثر طاقة، وهو ناتج عن تفكك النوى الذرية.

ذهب الكون، بما فيه ذهبنا!

بدأ كل شيء في ٣ يونيو، عندما أصيبت الأرض بوميض من الطاقة. لم نشعر بشيء؛ لأنّ الوميض انطلق من بعيد، من مجرّة أخرى؛ لذا فقد وصلتنا ضعيفة للغاية، على شكل دفق من <أشعّة جاما>. إلا أنّ (سويفت Swift) أحد أقمار وكالة الفضاء والطيران ناسا سجّل كلّ ما حصل.

يقيس هذا القمر المختصّ برصد "ومضات جاما" قوتها ويحدّد مصدرها، ما يسمح باستنتاج قوتها الأساسيّة. إنّه دفق عظيم؛ ففي عشريّ الثانية -أي مدّة الومضة- بلغت كمية الطاقة المنبثقة من المصدر ما تتجه الشمس خلال مليون سنة! إذاً أن تشتهر أشعّة جاما بأنها الأحداث الأكثر احتواءً على الطاقة في الكون. من الفضاء، يسجّل القمر الاصطناعي سويفت باستمرار الومضات التي سُمّيت "GRB 130603B"، ولكنه ليس مجهّزاً للحصول على صورة من المصدر. وحالما يُحدّد مكانه، تدور المقارِب باتجاهه.

"ذهب! ذهب!" صرخة أطلقها باحث بالفعل، ولكنه ليس باحث ذهب. (ادو بيرجير Edo Berger) فيزيائيّ فلكيّ بارع من جامعة (هارفارد/الولايات المتحدة الأمريكية)، يعيش وعيانه تحدّقان إلى النجوم، وفيما كان يتفرّس السّماء مع فريقه، رصد حقلاً ضخماً: ألف مليار مليار طن (١١٠) من الذهب في الفضاء؛ أيّ كثافة القمر بمقدار عشر مرات! إن قيمة كنز من هذا النوع مذهلة، عشرة مليارات مليارات المليارات (٢٨٠) من الدولارات بحسب السّعر الحالي، ستؤدّي هذه الكمية بالطبع إلى انهيار الأسعار وفقدان المعدن الثمين كل قيمته.

إلا أنه لا أمل في حدوث ذلك؛ فالذهب في الفضاء ليس مخزوناً من السبائك، بل مسحوق ناعم للغاية رُصد على بعد ٢,٩ مليار سنة ضوئية من الأرض، وهي مسافة طائلة، وبفضل هذا الاكتشاف، اكتشف الباحثون أكثر من مجرّد حقل واحد؛ فقد أصبجوا يعرفون مصدر كلّ

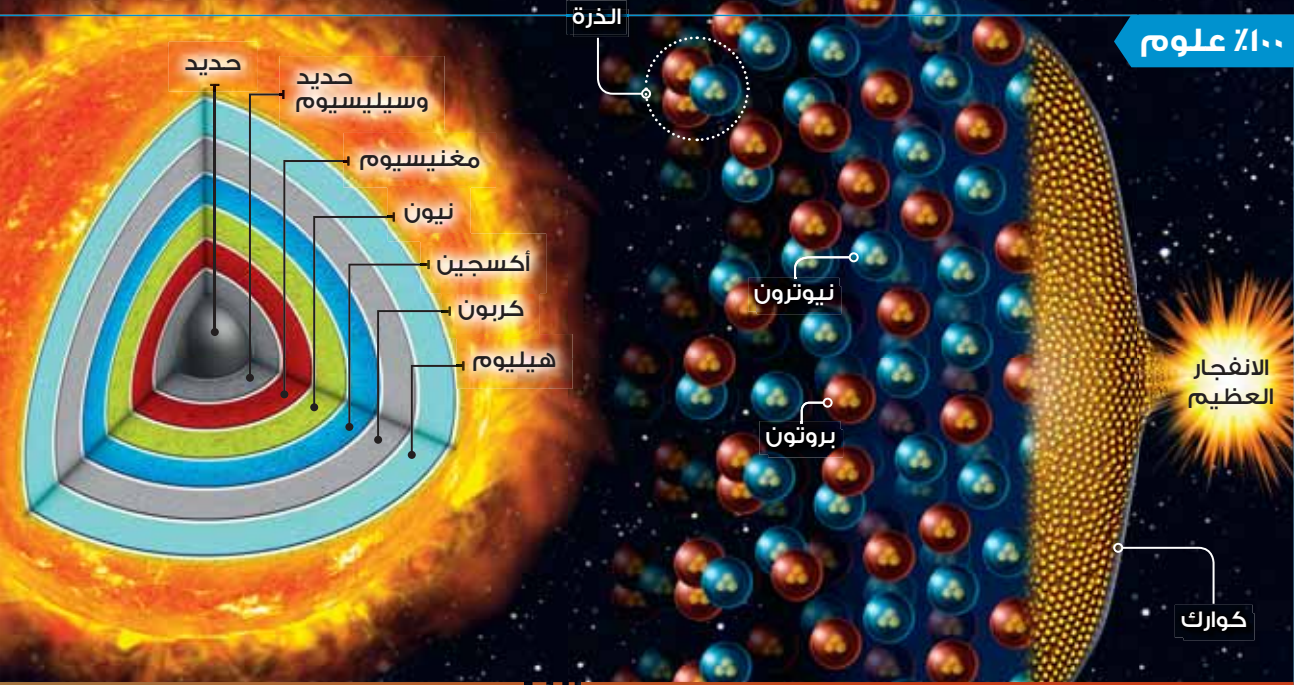
#### > عشرة أضعاف

حجم القمر من الذهب الخالص! رصد الفيزيائيون الفلكيون هذا الحقل المذهل على بعد ٢,٩ مليار سنة ضوئية من الأرض.



< تشكّل الذهب إثر تصادم نجمين في مجرّة بعيدة، إليك صورة الاصطدام الأولى، التي التقطها المقراب "ماجيلان" Magellan، بعد ثماني ساعات من الانفجار.





دام مليار سنة، عاد تكوّن الذرات مجددًا **في قلب النجوم**. بفضل ارتفاع درجة الحرارة والضغط تشكل على التوالي الهيليوم والكربون والأكسجين... وصولاً إلى الحديد.

## ملحمة المادة

يقول العلماء أن الذرات تكونت في الدقائق الأولى التي تلت الانفجار العظيم، منذ 13.8 مليار سنة، مع ظهور الهيدروجين والهيليوم، وهما أخف العناصر. بعد انقطاع

فكل منهما يحمل شحنة كهربائية موجبة. والجمع بينهما أشبه بمحاولة لصق قطبين متشابهين من المغناطيس، فهما يتنافران بشدة. بيد أن ذلك النفور حلاً؛ إذ يتطلب الأمر تصادمات عديدة بين البروتونات بطاقة كبيرة، وفي حالات نادرة للغاية، يبقى أحد البروتونين ملتصقاً بالآخر بفعل التفاعل القوي، وفي الدقائق الأولى التي تبعت الانفجار الكبير، كان الكون صغيراً وغنياً بما يكفي من الطاقة لحدوث هذا النوع من اللقاءات.

خلال الاصطدامات، تتشكل ذرات جديدة: نظائر للهيليوم (٢ بروتون + ١ أو ٢ نيوترون) والليثيوم (٣ بروتون + ٣ أو ٤ نيوترون) ثم لا شيء. في الواقع، فيما كانت تلك الذرات تتشكل، توسع الكون توسعاً مذهلاً فتباعدت المادة، وتدنّت كثافة الطاقة. عندما انخفضت حرارة الكون "الطفل" إلى أقل من مليار درجة، لم يعد ثمة طاقة كافية لدمج البروتونات، وهذا شرط أساسي لإتاحة تكوين ذرات يتزايد حجمها تدريجياً.

بني متطورة أخرى غير تلك الجسيمات الأولية.

### نتجت المادة عن الانفجار العظيم، أما الذهب فلا!

بيد أنه بمجرد انخفاض الحرارة إلى أقل من ألف مليار درجة - وهذا يحدث بعد جزء من مليون ثانية فقط - يتجمع الكوارك لتشكيل النيوترونات والبروتونات، وهما المكوّنان الرئيسان لنوى الذرات (انظر الرسم أعلاه). نواة الهيدروجين المكوّنة من بروتون واحد كانت الأولى ظهوراً، وعندما تنخفض الحرارة مزيداً، تبدأ اللقاءات بين البروتونات والنيوترونات، فتبدأ أخيراً صناعة الذرات.

لدى تقريب نيوترون وبروتون - على مسافة قريبة فعلاً - يبقيان مرتبطين بفعل قوة عظيمة، لكنها لا تؤثر سوى في مسافة صغيرة للغاية "التفاعل القوي". يلتصق البروتون بالنيوترون والنتيجة: ظهور الدوتريوم، <ظهير> الهيدروجين. أمّا لقاءات البروتونات فيما بينها، فمسألة أكثر دقة، ذلك أن البروتونين لا يرتبطان؛

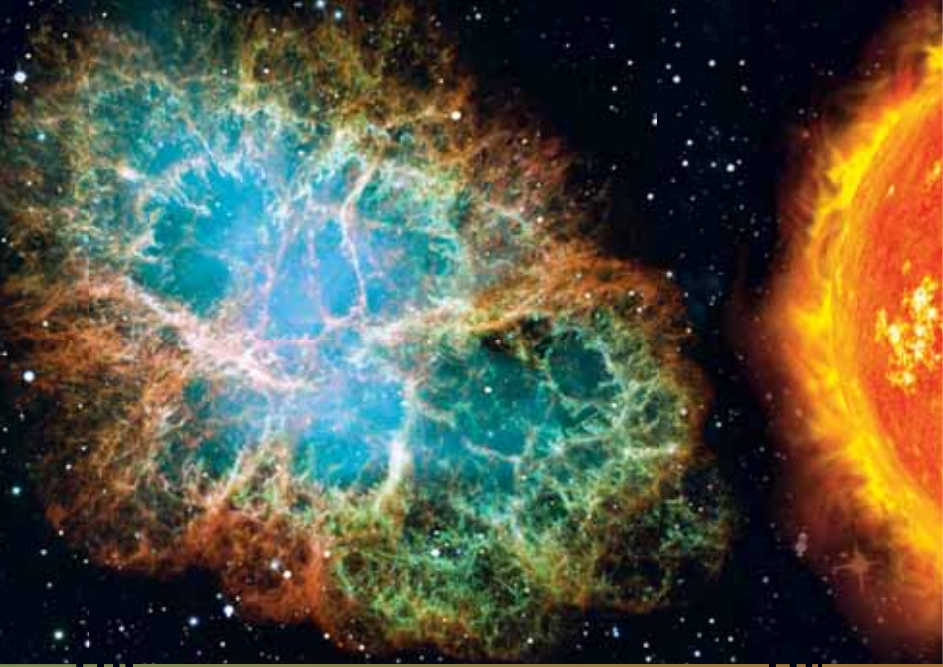
### إضاءة

تمدّ الذرتان نظيرتين حين تتشابها في عدد البروتونات وتختلفان في عدد النيوترونات التي تحتويهما.

← في كل ما للكلمة من معنى؛ لأننا حتى الآن لم نكن ندرك -تماماً- مصدر العناصر الثقيلة مثل الذهب.

في الواقع -وخلالاً لما قد تصوّره- فإنّ الذرات ليست قديمة قدم الكون؛ فالانفجار العظيم الذي حصل منذ 13.8 مليار سنة سلّم الذرات مجموعة واحدة! فلا كربون ولا أكسجين ولا حديد ظهر مباشرة من العدم، بل انبثقت مكوّنات المادة الأولية: الكوارك، والإلكترون، وعند الانفجار الكبير كانت الحرارة أكثر ارتفاعاً -ملايين مليارات الدرجات- من أن تتيح تكوّن





حتى المستعرات العظمى تبدو عاجزة  
عن صنع عناصر ثقيلة مثل الذهب  
والرصاص والبلاتين. إذاً من أين أتت؟  
حُلّ اللغز أخيراً...

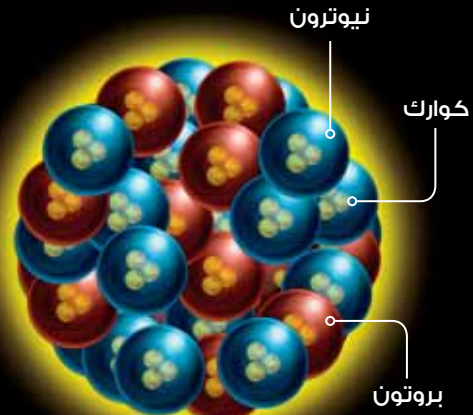
بعد الحديد، لا يمكن للنجم أن يصنع شيئاً؛ فهو ينفجر فيصبح  
**مستعراً أعظم**، كما في تلك الصورة لسديم السرطان (كل ما تبقى من نجم  
شاهدنا انفجاره في العام ١٠٥٤). يسمح الانفجار بصنع عناصر أكثر ثقلاً  
(نيكل ونحاس وزنك...) ونشر تلك الذرات الجديدة في الكون. لكن مبدئياً،

## في قلب الذرة

إنها نهاية الحلقة الأولى التي دامت خمس دقائق  
فقط! للتمّة، علينا أن نصبر مليار سنة في انتظار  
ولادة المجرات الأولى. وفي تلك الفترة، كان الكون  
يتألف بالأساس من الهيدروجين والليل من  
الهيليوم ونظيريهما، تتجمّع هذه الذرات وتشكل  
غيوماً ضخمة من الغاز؛ إنها المجرات الأولى،  
التي سرعان ما ستنشعل النجوم فيها.

### كلّ نجم مسبك للذرات

ذلك الضوء هو الدليل على عودة مسبك  
الذرات للعمل. تنهار غيوم الغاز الكبيرة التي  
تشكّل المجرات في مكانها تحت تأثير التجاذب،  
وفي قلب هذه الانهيارات، احتجّزت البروتونات  
وبدأت تتقلّب في كلّ الاتجاهات، وحرارتها ترتفع.  
تصاعد الضغط إلى حدّ أنّ الظروف باتت  
مواتية للانصهار، ولدى ارتفاع الحرارة إلى ١٠  
ملايين درجة، اندمجت ذرات الهيدروجين لتشكّل  
الهيليوم. يطلق هذا التفاعل قدرًا هائلًا من



مثل كلّ نوى الذرات، تتألف نواة الذهب من بروتونات (٧٩) ونيوترونات (١١٨).  
تسمّيها نويات. وكلّ نوية تتألف من ثلاثة كواركات، وهي الجسيمات الأولية.

← الطاقة. وُلد نجم، وبدأ يسطع ويتحوّل بقوّة الهيدروجين إلى هيليوم، هذا ما سيفعله الجُرم طوال حياته التي تمتدّ مليارات السنوات تقريباً. عندما يتحوّل قسم كبير من الهيدروجين، تدنو نهاية النجم، لكنّه سيكون مثيراً للغاية قبل أن يختفي. ينصهر الهيليوم بدوره ويشكّل ذرّات الكربون (٦ بروتونات و ٦ نيوترونات) ويحرّر هذا التفاعل الجديد

طاقةً فيطيل قليلاً حياة النجم. تصاع إذاً في قلب النجم عناصر يتنامى وزنها تدريجياً دافعة بالعناصر الأخف وزناً إلى المحيط، فيصبح النجم أشبه ببُصيلة تتألف من طبقات مختلفة من الذرّات: أكسجين، ونيون، وماغنسيوم... (راجع الرسم ص. ٥٠). بيد أنّه حين تصل هذه العمليّة إلى الحديد، تتعطّل كل الصياغة. حتى الآن، كان اندماج الذرّات يشكّل مصدر طاقة النجم. تحمي هذه الطّاقة الغازات التي يتألف منها الجُرم، وتجعلها ساطعة، وعند دفعها باتجاه الخارج، تجنّب النجم التقلص بفعل وزنه، ولكن ابتداءً من الحديد (٢٦ بروتوناً) لا يولّد الاندماج طاقةً، بل يستهلكها. هكذا، عندما يصبح قلب النجم مجرد كرة مفعمة بالحديد، لا يعود ينتج حرارة؛ يتوقّف اندفاع الغازات نحو الخارج فينهار الكوكب على نفسه، وإذا كانت كتلته أعظم على الأقل ٤، ١ مرة من شمسنا، تكون النتيجة مذهلة للغاية.

في "قلب قلب" النجم، كرة يبلغ قطرها عشرات الكيلومترات، الضغط فيها شديد إلى حدّ انهيار الذرّات في داخلها، فتتفكّك إلى

### بخفي النجم قلباً من حديد يتسبب بهلاكه

نيوترونات وإلكترونات وبروتونات، ثم تتفاعل البروتونات والإلكترونات مع بعضها بعضاً بدورها لإنتاج النيوترونات، وهكذا لم يعد مركز النجم سوى "حساء" كثيف من النيوترونات فائقة الكثافة. يزن نرد من ذلك الحساء ٣٠٠ مليون طن!

وأثناء انهيار طبقات النجم بفعل وزنها، تتمثّر بهذا القلب المنبع، فتهمز النجم سلسلة من الموجات العنيفة، وفي غضون بضع ساعات فقط، ينفجر النجم متحوّلاً إلى <مستعر أعظم>، مطلقاً ضوءاً تتجاوز حدّته حدّة كلّ نجوم المجرة الأخرى. وتشتت الذرّات في الفضاء.

### انفجارات مثمرة

هكذا اكتسب الكون عناصر جديدة ستعين على تشكيل النجوم المقبلة ومكب كواكبها، وهكذا خلّق نظامنا الشمسي منذ ٤,٥ مليار سنة في بيئة تتوالى فيها انفجارات المستعرات العظمى. لهذا السبب، نحن "غبار النجوم".

### إضاءة

#### المستعر الأعظم

أطلق علماء الفلك منذ الأزل تسمية "نوفاً" (جديد باللاتينية) على نجم يظهر في السماء. في الثلاثينيات الميلادية من القرن الماضي، تم التمييز بين المستعر الأعظم، فهذا الأخير يشير إلى انفجارات النجوم.

إن مصدر الذرّات واضح حتّى الآن. لكن ذلك يتوقّف عند الحديد. ماذا عن العناصر الأخرى الأثقل وزناً؟ خاصّة الذهب الذي تتألف نواته من ٧٩ بروتون (راجع الرسم ص. ٥١) قد نضطر إلى إيجاد مسبّب أقوى لصياغة "عمالقة" من هذا النوع. تقدم المستعرات العظمى قسماً من الإجابة. يقذف انفجار النجم-بالفعل- طبقات الذرّات المختلفة بعضها على بعضها الآخر، تحت قصف مستمر من النيوترونات المنبثقة من القلب، مؤدياً إلى تشكيل نوى أثقل من الحديد: النيكل (٢٨ بروتون)، النحاس (٢٩ بروتون)، الزنك (٣٠ بروتون) فقد كُشف عن هذه المعادن في خيوط مادّة المستعرات العظمى. في المقابل، يكاد لا يكون هناك أي أثر للذهب أو للمعادن الثقيلة. كيف وُلدت إذاً دعونا نعدّ إلى مستعرنا الأعظم: لم يشتت انفجاره كل شيء؛ فقد بقي قلب النيوترونات جاثماً وسط حطام النجم. الجدير بالذكر أنّ الفيزيائيين الفلكيين أطلقوا على هذا النجم فائق الكثافة اسم "النجم المشحون بالنيوترونات"، لكنّه في الحقيقة مجرد هيكل. هذه الكرة التي يبلغ

يقترّب نجمان من النيوترونات، أحدهما من الآخر. هذان الكوكبان بالغتا الكثافة، هما كل ما تبقى من نجمين كانا يتألقان في الماضي قبل أن يتفجرا كمستعر أعظم.

...حتّى الاصطدام، تمارس نجوم النيوترون جاذبية قويّة من حولها. وينتهي بها الأمر في نهاية المطاف باللقاء.



٤

مرثية على بعد مليارات من السنوات الضوئية. إن كمية الطاقة التي يطلقها الاندماج عظيمة إلى حد أننا نشاهد الانفجار على بعد مليارات السنوات الضوئية.

٥

سيكون هناك ثقب أسود.

يتشكل الذهب وغيره من المعادن في دفق المادة عند الاصطدام (إلى اليمين وإلى اليسار على الصورة ص. ٥٢-٥٣) وتتشتت هذه المعادن حالا في الكون. قريباً، لن نجد هنا سوى حضرة سواد ناتجة عن انصهار نجمين مشحونين بالنيوترونات.

من الأضرار! حتى هذا اليوم، لم نشهد انفجاراً أعنف في الكون.

### كيز انبثق عن عنف الكون البالغ

لكن تذكروا! رشقات أشعة جاما التي سجلها قمر (سويفت) الاصطناعي تناسب بالتحديد حدثاً عنيفاً للغاية. لاحظ الفيزيائيون الفلكيون أنّ الطاقة الناتجة عن ذلك الانفجار تتناسب تماماً مع الانفجار الذي تطلقه اصطدامات نجوم النيوترونات، وفق الحسابات.

الضوء وومضات أشعة جاما هي ثمرة ذلك اللقاء المريع (راجع الصور أعلاه). انبثق الذهب مع غيره من المعادن الثقيلة نتيجة لهذا اللقاء. رائع! إلا أنّ هذا النوع من اللقاءات بين جُسمين لا يزيد قطرها على عشرات الكيلومترات من الأقطار، لا يتكرّر كثيراً في الكون على الأغلب، أليس كذلك؟

تبصّروا وعوا: يعيش العديد من النجوم أزواجاً، وعندما يتحوّل أحد النجمين إلى نجم مشحون بالنيوترون، تسرّع الصدمة نهاية النجم الثاني. من ثمّ فليس من النادر أن يتجاذب نجمان مشحونان بالنيوترون ويتصادمان. وهذا يحدث مرّة كل عشرة إلى مائة ألف عام في

يتبع ذلك وميض من الطاقة...

الاصطدام عنيف إلى أبعد الحدود، لأنّ الكوكبين كفيفان جداً ويتجاذبان بقوة فائقة!

شعاعها بضع عشرات الكيلومترات لا تسنوا إلا في حقل موجات لاسلكية وأشعة سينية (ما يسمح برصدها)، إلا أنّ الاختصاصيين، ربما يكونون قد وجدوا مسبقهم المذهل من خلال هذه الكرة. إنّ نجماً مشحوناً بالنيوترون غير قابل للتدمير -عملياً- إلا في حال التقى بنجم آخر مشحون بالنيوترون، فينجذب الكوكبان الكثيفان للغاية أحدهما إلى الآخر ويصطدمان اصطداماً عنيفاً. تخيلوا: قوّة الانجذاب بينهما شديدة، فضلاً عن أنّهما منيعان. لا بدّ من وقوع كثير

المجرة الواحدة، بحسب تقديرات الباحثين وبما أنّ ثمة مئات آلاف المجرات، وأنّ ذلك حصل منذ ١٢ مليار سنة، نتج كثير من الذهب والمعادن الثقيلة على هذا النحو. في الواقع، هذا يكفي لشرح تشكل كل ذهب الكون. أجل حتّى ذهب سواركم، وخاتمكم وخاتم زوج والديكم، فقد ولدت هذه المجوهرات من ذاك اللقاء المذهل بين هيكلين نجمين، منذ مليارات السنين. ■

الشكر لكل من: "إدو بيرجير" Edo Berger، فيزيائي فلكي، جامعة هارفارد (الولايات المتحدة الأمريكية)، و"سيلفي فوكاير" Sylvie Vaclair، فيزيائية فلكية، مؤلفة "ولادة العناصر" La Naissance des éléments (دار نشر أوديل جاكوب Odile Jacob).

### للاستزادة

يمكنكم الاستفادة من فيلم فيديو يعرض تصادمًا مذهلاً لنجوم مشحونة بالنيوترونات على Vimeo.com/70639063 الرابط المباشر على svjlesite.fr

(1) COMMENT LES ÉTOILES FABRIQUENT DE L'OR, Science & Vie Junior 289, PP 50-55

(2) Fabrice Nicot

## ...حفرنا نفقاً

# عبر الكرة الأرضية؟<sup>(١)</sup>

إذا ألقينا بأنفسنا في داخله، بلغنا بعد فترة وجيزة الجهة الأخرى من الكرة الأرضية. زووا!

بقلم: رينيه كويليريه<sup>(٢)</sup>

علينا أن نرضخ للواقع، لن يتحقق إنجاز كهذا في الوقت الحالي، فحضر نفق يخترق آلاف الكيلومترات من الصخور المتزايدة السخونة والرخوة والمضغوطة (حتى ٥٥٠٠ درجة مئوية مقابل ٣ ملايين ضعف الضغط الجوي) التي تشكل قلب كوكبنا، يتطلب بناء جدران من مادة شديدة المقاومة (تكبح الضغط المرتفع) وعازلة كلياً للحرارة، وحيداً لو كان من السهل كذلك صب تلك المادة مثل الإسمنت؛ وهل لتلك المادة من وجود في الواقع كلاً، ليس بعد. سنطلق عليها إذاً اسم أونوبتانيوم (أي العناصر التي يستحيل الحصول عليها) (unobtainium)، مادة مدهشة يحقّق بوساطتها كتاب سيناريو القصص الخيالية أحلامهم كلاً.

دعونا نحلّم قليلاً إذاً: ها هو نفقنا من مادة الأونوبتانيوم، يبلغ قطره ١٠ أمتار ويبلغ عمقه ١٢,٧٤٢ كلم، عابراً للكرة الأرضية من جهة إلى أخرى مروراً بمركزها. قبل إطلاق حجيرة مليئة بالركاب كما في فيلم توتال ريكول (Total Recall) الأخير، دعونا لنلقي نظرة حذرة في الداخل.

عبر طويل في فراغ

**هواء يكاد يكون سائلاً**  
الهواء هو همناً الأول، فالضغط الجوي على سطح الأرض ليس سوى وزن عمود الهواء الذي يتكئ على رأسنا وكثفتنا، صاعداً حتى الفضاء

انتبهوا من سعادة الأكسجين  
ثمّة الأسوأ من ذلك! على عمق ١٢٠٠ كلم، يصل الضغط إلى ١٠٠ ألف ضغط جوي، ومن هنا - حسب تجارب أجريت خلال السنوات

(على ارتفاع حوالي ١٠٠ كلم). في الواقع، يُعد ارتفاع العمود مقتصرًا على ٨ كلم، إذ يتركز ٩٠٪ من كتلة الغلاف الجويّ دون ذلك المستوى. أمّا في وسط النفق، أي وسط الأرض، فيمكث فوقكم عمود من الهواء ارتفاعه ٨٠٠ ضعف! والنتيجة: كلما تعمّقنا في النفق، تكدّس الهواء أكثر وانضغط إلى حد البلوغ سريعاً مستويات قصوى من الضغط والكثافة، وبالكاد نعبّر ٥٠ كلم -مثلاً- حتى يناهز الضغط المستوى السائد في عمق المحيطات!

قبل الوصول إلى عمق ١٠٠ كلم بقليل، يتوقّف الجو -المؤلف أساساً من الأكسجين والنيتروجين- في النفق كلياً عن التصرف كغاز. لم يعد الهواء سائلاً فعلاً (يتعيّن خفض حرارته إلى -١٤٠ درجة مئوية للتوصّل إلى تمييعه)، لكنه تقريباً: "بلغ حدوداً فائقة الحرج". باختصار -وكما في الماء السائل- تكون الجزيئات متلاصقة ويصبح من المستحيل تقريبها أكثر من بعضها بعضاً وتصعيد ضغطها، فتكون إذاً كثافتها هائلة: يزن متر مكعب واحد ٨٠٠ كجم!

هنا - حسب تجارب أجريت خلال السنوات

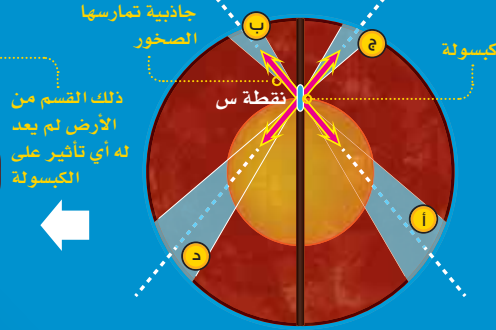
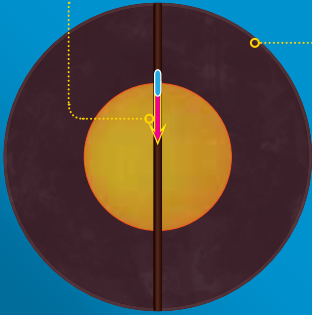


## الجاذبية في النفق

ينطبق على كل الاتجاهات الأخرى "س.د، مثلا". النتيجة: تلغي القوى التي تمارسها كتل الصخور بعضها بعضاً، وفي كل لحظة، تنجذب مقصورتنا فقط بفعل قسم الأرض القريب من المركز. يحصل هذا وكأنّ الأرض "قُصرت" من طبقاتها العليا: لم تعد تمارس أي جاذبية، وكانّ الكبسولة متواجدة في كل لحظة على سطح كوكب أصغر.

عند إنزالها في النفق، تخضع الكبسولة للجاذبية، أي لتجاذب كتل الصخور حولها، من ثمّ، حين تصل الجاذبية إلى النقطة "إكس"، تصبح الجاذبية التي يمارسها جزء الأرض "أ" وهي كبيرة لكنها بعيدة مكافئة ومعاكسة للجاذبية التي يمارسها جزء الأرض "ب" وهي أصغر لكنها أقرب بكثير" وما ينطبق على هذا الاتجاه "يمثلها الخط المنقط أ.ب"

جاذبية الصخور الواقعة تحت الكبسولة



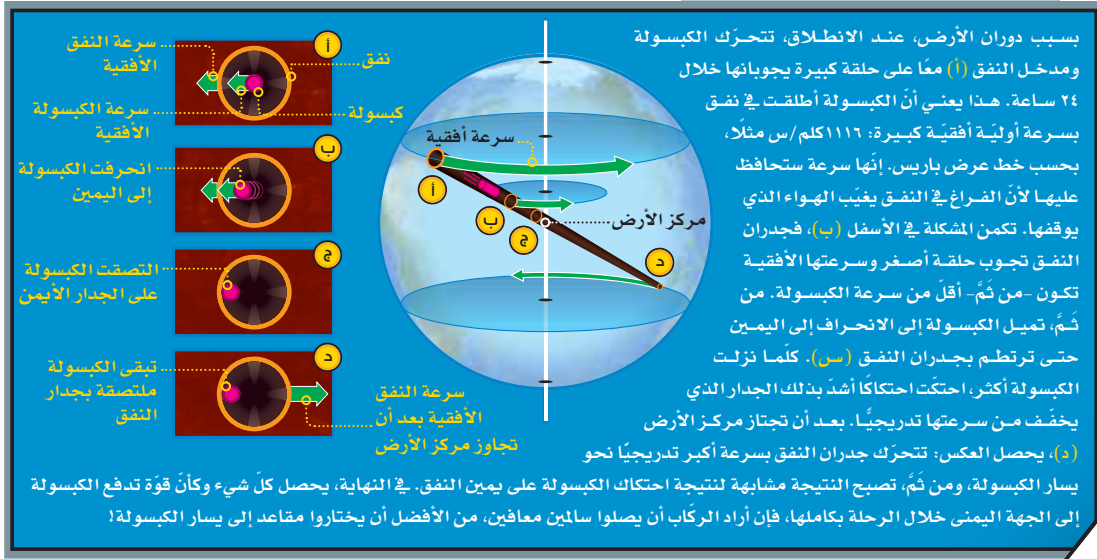
OLIVIER CHARBONNEL POUR SVJ

العشرين الأخيرة- يصبح الأكسجين في الجوّ صلباً: يتبلور على شكل شذرات حمراء تكون أكثر كثافة من باقي الهواء فائق الحرج "فتفرق" من ثمّ كما تفرق الحصى المغمورة في الماء. من ثمّ، في ثلاثة أرباع النفق، لا يحوي الجوّ نسبياً سوى النيتروجين (الذي يشكل ٨٠٪ من الهواء)، فالأكسجين الذي أصبح صلباً توجه نحو مركز الكرة الأرضية. لسوء الحظّ أصبح نفقنا مسدوداً بتلج الأكسجين المضغوط على مدى مئات عدّة من الكيلومترات من السماكة! أحسنّاً صنيعاً كما ترون بالامتناع عن إطلاق الكبسولة وركابها حالاً.

استنتاج يفرض نفسه إذا: لا ينبغي أن نسمح بدخول الهواء! يجب المحافظة على خلاء النفق الذي ينبغي أن ينفذ إلى داخل مبنى محكم الإقفال ومجهز بفلق هوائي. بعد أن نتخذ هذه الاحتياطات، نطلق كبسولتنا في الحفرة. يجد الركاب أنفسهم -تلقائياً- في حالة من انعدام الجاذبيّة، حالة ستدوم طيلة الرحلة، والسبب البسيط وراء ذلك هو سقوط الأجسام كلّها في الفراغ بالطريقة نفسها تحت تأثير الجاذبية. يهوي الركاب وما حولهم من أغراض في كلّ ←



## قوة كوريوليس: إلى اليمين ذرا!



OLIVIER CHARBONNEL POUR SVJ

من المستحيل أن نمنعها من كسحط حواف النفق خلال كل الرحلة! فالطريقة الوحيدة للتخلص من أوجه الاحتكاك هي بحفر نفقنا بين القطبين الشمالي والجنوبي، إلا في حال أردنا بذل كثير من الطاقة ليدفع حقل مغناطيسي قوي الكبسولة ويمنعها من لمس الجدران، أي على طول محور

عن المركز، جذبتها القوة إليه مجدداً بشدة). الخبر السار هو أنه في حال لم تمسك كلابات بالمقصورة عند وصولها لمنعها من السقوط، ربما نجد أنفسنا في الجهة الأخرى من العالم خلال أقل من ثلاثة أرباع الساعة، من دون أن نستهلك

← ثانية بسرعة سقوط جدران المقصورة، ومن هنا يأتي انطباع النوم. ثقوا تماماً بأن انعدام الجاذبية > ليس إلا مرادفاً للسقوط الحرا!

## وسيلة نقل بيئية مئة في المئة

لكن أين يتوقف سقوط

الكبسولة بعد دخولها إلى النفق؟ حسناً، علينا أن نعرف أن الجاذبية الأرضية > التي تستقطب كل هذه الأشياء إلى مركز الأرض، تنخفض كلما اقتربنا من ذلك المركز (انظر الرسم ص. ٥٥). في نقطة انطلاقها، تخضع الكبسولة للجاذبية الطبيعية، أي بسرعة ٩,٨١ م/ث<sup>٢</sup> (أو 91). في منتصف الطريق نحو السطح، تنخفض هذه السرعة إلى ٥,٥ م/ث<sup>٢</sup> وتختفي كلياً في مركز الأرض. حالما تعبر المقصورة وسط النفق، منطلقاً عند تلك اللحظة بالسرعة المذهلة البالغة ٤٠,٤٢٨ كلم في الساعة، لا تسرعها الجاذبية، بل تبطئ سرعتها، علماً أن تلك الجاذبية تؤثر دائماً باتجاه مركز الأرض. النتيجة: عندما تصل إلى السطح في الجهة الأخرى من الكوكب، تتوقف، وفي حال لم يكن ثمة ما يمسكها، تسقط مجدداً وتقوم بالرحلة المعاكسة، مثل اليويو! في الواقع، يحصل كل شيء وكأن كبسولتنا موثقة بمركز الأرض بواسطة شريط مطاطي (كلما ابتعدت

## كبسولة تصعد وتنزل دون توقف

وقوداً ولا طاقة كهربائية، ومع العلم بأن رحلة من هذا النوع تستغرق ٢١ ساعة من الطيران البعيد المدى دون توقف وتستهلك ١٩٠ طنًا من الكيروسين، تصبح وسيلة النقل هذه فجأة جدابة للغاية! النجاح لا يتحقق إلا إذا أزيلت أوجه الاحتكاك كلياً، وهنا تكمن المعضلة، إلا أن ثمة قوة غامضة سببها دوران الأرض، وهي قوة كوريوليس التي ستدفع الكبسولة إلى اليمين باستمرار (انظر الرسم الوارد أعلاه).



ILLUSTRATION : STEVEN CAMUS, PHOTO : MARIE FLORESPOUR SVJ





علماء  
المستقبل  
شارك. حقق. طور.



مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية KACST

# شارك... حقق... طور

نمهد لك الطريق لتصبح عالم المستقبل



[futurescientists.kacst.edu.sa](http://futurescientists.kacst.edu.sa)



# أستطيع استخراج الذهب من السكر<sup>(1)</sup>

## فكرته

أو (البالاديوم) أو (النجاس) أو (الزنك) من الثبات عليها، فيُجري الألفا (سيكلوديكتسترين) عملية الفرز بشكل طبيعي، ولا ينتهي في نهاية المطاف إلا الذهب.

### مجلة العلم والحياة:

أيمكن لهذا السكر في مرحلة ما أن يحل محل المنتجات المستعملة اليوم لاستخراج الذهب من المعادن؟

زهيشانغ ليو: نرجو ذلك؛ فإننا نجه بسيط ولا يكلف شيئاً، بل إنه منتج بيئي تماماً مقارنة بالسليانيد، ذلك السم الخطير على عمال المناجم، وعلى البيئة بشكل خاص، والمستعمل في صناعة التعدين، إلا أننا لم نجد -حتى هذا الاكتشاف- بديلاً من هذا المنتج الذي يستعمله الصناعيون إلى الآن بنسبة ٨٠٪، وقد وضعنا تصوراً لعملية الاستخراج الكيميائية كاملة، ولا يبقى سوى تطويرها، وقد أعربت خمسون شركة في العالم تقريباً عن اهتمامها بالشراكة.

أجرى المقابلة O.D.

وفقاً لتركيبته المتميزة ذات الشكل الحلقي، فإن السكر المشتق من النشا قادر على احتجاز جزيئات الذهب وجمعها في خيوط رفيعة للغاية. لماذا لا نستفيد من هذه الميزة لاستخراج الذهب من المعادن بطريقة بسيطة وبيئية؟ ومن ثمّ نتجنب الطرائق الفاتكة السميّة التي تستعملها صناعة التعدين بكثرة.



زهيشانغ ليو Zhichang Liu، العالم بالكيمياء في جامعة (نورثويسترن في إلينوي) في الولايات المتحدة الأمريكية.

### مجلة العلم والحياة:

كيف خطرت لك هذه الفكرة؟

زهيشانغ ليو: السّر يكمن في شكل السكر الذي نتناول موضوعه هنا، وهو الألفا (سيكلوديكتسترين). في الواقع هو تجمّع من ٦ جزيئات من الجلوكوز تُشكّل حلقة. تحتجز أيونات البوتاسيوم والذهب وسط تلك الحلقة، فتتراكم عند ذلك تلقائياً سلسلة من الحلقات، كل واحدة فوق الأخرى، وتتعاقب وسطحها أيونات البوتاسيوم وأيونات الذهب، حتى تصاغ تلك الإبر الذهبية التي يبلغ قطرها ١,٣ نانومتر.

### مجلة العلم والحياة:

لكن، ألا يمكن للسكر أن يجذب

أنواعاً أخرى من المعادن؟

زهيشانغ ليو: في الواقع لا، وتكمن أهميته هنا تحديداً؛ إذ تشكل بنيتة الهندسية بيئة ذرية مناسبة بشكل خاص لروابط أيونات (البوتاسيوم) وأيونات (الذهب) التي تتربك بشكل مثالي، ولا تتمكّن معادن مثل (البلاتين)

زهيشانغ ليو: بالصدفة تماماً. خطرت لي الفكرة بعد أن مزجت محتوى أنبوبي اختبار، كان أحدهما يحتوي محلولاً من أملاح البوتاسيوم والذهب، والثاني على ألفا - سيكلوديكتسترين (alpha-cyclodextrine)، وهو سكر مشتق من النشا تنتجه البكتيريا، وقد تصورت بادئ الأمر أنني سأحصل على بنية صغيرة ومكعبة واسعة الأبعاد وقادرة على تخزين الغازات، لكن مفاجأتي كانت بالغة؛ فخلال أقل من دقيقة، شاهدتُ شكّل إبر لامعة صغيرة للغاية، لونها بُني فاتح، فأدركت بعد الاطلاع عليها بالمجهر الإلكتروني أنها آلاف متعددة من خيوط أيونات الذهب النانوية المحتجزة في جزيئات الألفا (سيكلوديكتسترين)، ونظراً لسرعة تجمّع الجسيمات النانوية، أدركتُ سريعاً أنّ هذه الطريقة قد تُثير اهتمام صناعة الذهب.

(1) JE PEUX EXTRAIRE DE L'OR AVEC DU SUCRE, Science & Vie 1153, P 34







## القصف بهدف القياس

تقوم الطريقة الأولى المستعملة منذ الخمسينيات (انظر الرسم أدناه) على قصف البروتون بالإلكترونات، وهي جسيمات ←

قطره. بأيّ معجزة يمكن لشيء مؤلف من ثلاث نقاط لا حجم لها أن يتّسم بحجم قابل للقياس؟ في الواقع لنفهم ذلك، علينا أن نتمعّن بالفعل في طريقة قياس الباحثين لذلك القطر.

وزناً، ولكن ذلك لا ينطبق على البروتون، أحد الجسيمات الثابتة الأخفّ وزناً. في الواقع، تتفكك في نهاية المطاف معظم الجسيمات الأخرى إلى بروتونات، إلّا أنّ ذلك الاستقرار جوهري لتماسك المادة، وإلّا لتفكّك تلقائياً كل موجود، وهذا مؤسف للغاية.

## كيف يُقاس البروتون؟



### الطريقة الأولى: قصف الإلكترونات

مكشاف ثم تحليل مسارها، يتمكّن الباحثون من إعادة بناء شكل العائق (البروتون) الذي صادفته في طريقها. فيستنتجون بذلك قطره.

لقياس حجم بروتون (وهو في الواقع أصغر بكثير مما نراه في رسماً)، نقصفه بالإلكترونات. فنصدم به تلك الجسيمات وتُصد أو تتحرف مروراً بقربه، وعند جمع الإلكترونات عبر

أخيراً، وإقتناعكم نهائياً بأهمية البروتون، لاحظوا: إنه أساس الأشكال الثلاثية الأبعاد! ستفهمون الفكرة. ليس البروتون أصغر ما في المادة، إذ يمكننا أن "نفتحه" بعد ونطلّ على محتواه. نجد في الداخل ثلاثة كواركات. يُسمّى اثنين منهما "علوي" والثالث "سفلي"، وتبقى هذه الكواركات شديدة التلاصق بفضل عمل جسيمات أخرى تحمل اسماً يلائم عملها ألا وهي الغليونات. إلّا أنّ الكوارك -ككلّ جسيمات المادة المتناهية في الصغر- مجهول الحجم ولا يمكن قياسه. إنّها أشبه بقطر لا يمكن لرجال العلم أن يقولوا سوى إنّ قياسها يبلغ أقل من جزء من مليار من جزء من مليار متر. يتشكّل البروتون -إذن- من ذلك "اللا شيء" إلّا أنّه لا يشبهه النقطة على الإطلاق. إنّهُ ثلاثي الأبعاد.

الإثبات: حماس حتى الجنون لمعرفة قيمة



< ما هي التجربة التي تخيف الفيزياء بكاملها: البروتونات الخاضعة لدفق من الميونات والمقصوفة بالليزر.. أصغر من المتوقع!

اللون المسبب للإثارة، لا يبقى على الفيزيائيين إلا قراءة حجم البروتون على ألتهم الحسائية، بتطبيق الصيغة السحرية، أقصد الكمية، والنتيجة هي ٨٧٧،  $10 \times 10^{-10}$  م! النتيجة نفسها الواردة باستعمال القصف الإلكتروني.

### يلعب الميون دور المثير

كان من الممكن لعلماء الفيزياء أن يتوقفوا هنا، لكن لا ماذا تريدون، إنهم يعشقون التحقق من نتائجهم ويعيدون التحقق منها بطرق متعددة، لذلك سلكوا في العقد الأول من الألفية الثالثة طريق الميون. الميون يشبه الإلكترون، لكنه أكبر كتلة منه بـ ٢٠٠ مرة ولا يعيش إلا  $10^{-10}$ ، ٠ ثانية (يعني إذا الإسراع في القيام في التجارب). هذا صنع الباحثون ذرة هيدروجين ميونية:

إذ يُستبدل الإلكترون بميون. ماذا يغير ذلك؟

### إضاءة

#### الفيزياء الكمية

تصف الفوانين التي تدير عالم الجسيمات الدقيق ولا تشبه مطلقاً قوانين الفيزياء النافذة في مقياسنا.

الميون، الأكبر كتلة، يدور على نحو أكثر اقتراباً من البروتون مما كان يفعله الإلكترون، تماماً كما يُرسل قمر اصطناعي في المدار على

يدور حوله إلكترون. نقصفه بالضوء، أي بفوتونات من كل الألوان.

يبعث علماء الفيزياء بعد ذلك عن اللون الذي ستمتصه الذرة و"تثيره" (أي تنقل له الطاقة). يعتمد ذلك اللون الفريد من نوعه مباشرة على قطر البروتون، من خلال معادلة مشتقة من <الفيزياء الكمية>. وحالما يكتشفون

← تحمل شحنة كهربائية سلبية. لاحظ علماء الفيزياء أن الإلكترونات تنحرف إلى الجوانب، كأنها ترتد على شيء. عند مراقبة تلك الانحرافات، أعادوا صياغة شكل العائق الذي تصطدم به الإلكترونات: كرة قطرها ٨٧٧،  $10 \times 10^{-10}$  م. إنه البروتون، أو بالأحرى الكواركات الثلاثة الدقيقة التي تشكله. هي تقاطع بالفعل، لكنها في حركة

دائمة بعضها حول بعضها الآخر، وتحتل مساحة كرة إلى حد ما.

هذه الكرة هي التي تعطي للبروتون حجمه القابل للقياس، ولا ترتد الإلكترونات عليها كما لو كانت كرة صلبة: في الواقع، تنحرف بفعل شحنة الكواركات المرتعشة الكهربائية، مثل قطعتي مغناطيس تتدافعان من دون تلامس. ثمة طريقة ثانية إنما غير مباشرة (انظر الرسم في أعلى الصفحة المقابلة)، لتأكيد نتيجة قياس قطر البروتون، نأخذ ذرة الهيدروجين، أي بروتون

### الإلكترون



**قطر:** لا قطر له، قطره مهمل. الإلكترون أشبه بالنقطة.

**كتلة:**  $9,1 \times 10^{-31}$  كجم.

**شحنة كهربائية:** سالبة.

تدور الإلكترونات حول نواة الذرة. نحن نعرفها حق المعرفة لأنها عندما تنتقل من ذرة إلى أخرى، تشكل تياراً كهربائياً. يعكس البروتون، الإلكترون جسيم أساسي (لا يمكن تقسيمه إلى جسيمات أصغر). ومدة حياته قريبة من اللانهاية أيضاً.

### الميون



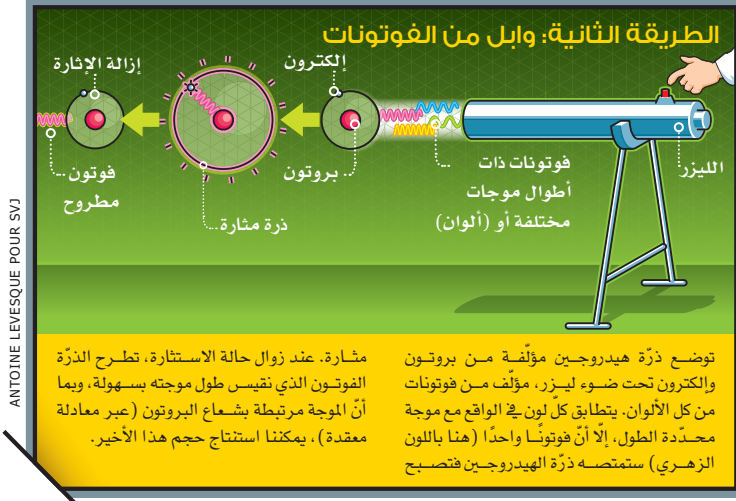
**قطر:** كالإلكترون هو مثل النقطة. **كتلة:**  $1,88 \times 10^{-28}$  كجم (٢٠٧ مرة كتلة الإلكترون).

**شحنة كهربائية:** سالبة.

إنه نسيب الإلكترون المقرب، يشبهه كثيراً إلا أنه أكبر كتلة والأهم أنه قصير الأجل: يضع الأجزاء من الألف من الثانية كحد أقصى. تصنع الميونات بصورة طبيعية عندما تصطدم بجسيمات آتية من الفضاء بسرعة هائلة بنوى ذرات غلافنا الجوي. يعيد الباحثون إحداث تلك الاصطدامات في المختبر لصنع حزم من الميونات.



## كيف يُقاس البروتون؟



ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

معرفة البروتون، يضع علماء الفيزياء كثيراً من النظريات المرتبطة بالعلاقة بين البروتون والميون. تقترح إحداها أنّ قوّة مجهولة تربط الميون بالبروتون. تلك القوّة التي لا ينظر إليها الباحثون بعين الاعتبار، قد تحرف الحساب كلياً وتعطي هماً ببروتون أصغر مما

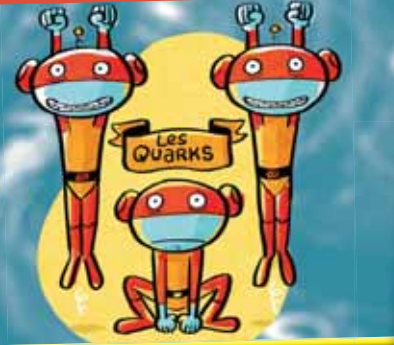
هو في الحقيقة، ولكن ما طبيعة تلك القوّة؟ ما الجسيمات التي تحملها؟ لماذا لم نشاهدها قط؟ إنها أسئلة تلهب العقول. يذهب بعضهم إلى تصوّر أنّ المادّة الداكنة هي المؤثرة. أجل! جسيمات لا نراها، لكنّها موجودة، الأمر الذي يدفعنا إلى التفكير في تلك المادّة الشهيرة التي تشكل ٨٥٪ من مادّة الكون، التي لم نتمكن قط من مشاهدتها. يقتضي علماء الفيزياء أثيراً منذ سنوات، وصولاً إلى المجرّات الأبعد. ربما تعجّ في ذرّاتنا، هذا يتجاوز حدّ الخيال!

هو الرقم الناتج، يمكن القول إنّهُ في حال اجتمع بروتون بميون، تحصل أمور غريبة.

## هل سنرى أخيراً جوانب الفيزياء المظلمة؟

دون انتظار النتائج (لن تجهز هذه

## الكوارك «العلوي» و«السفلي»



**قطر:** لا قطر له، مثل النقطة.  
**كتلة:** غير معروفة، أكثر من مرتين إلى عشر مرات كتلة الإلكترون.  
**شحنة كهربائية:** موجبة لد «أعلى» وسالبة لد «أسفل». تشكل الكواركات الثلاثة معاً البروتون. إنها جسيمات أساسية، لا يمكن أن «فتحتها». لا يمكن حتى أن نفضل بينها. يعيش الكوارك إمّا ثنائياً وممّا ثلاثياً، لكنّه لم يُشاهد قط وحده.

PLUTTARK POUR SVJ

ارتفاع ألفي كلم صوراً أفضل للأرض من قمر اصطناعي على ارتفاع ٣٦ ألف كلم، ما يسمح للباحثين بالحصول على المزيد من التفاصيل عن البروتون خاصة عن قطره، وحالما يصنع الهيدروجين الميوني، يثبته الباحثون كما فعلوا في الطريقة ٢ (انظر الرسم على اليسار)، بواسطة ليزر ليستتجوا بذلك قطر البروتون، وهنا توصلوا إلى ٨٤١، ١٠×١٠<sup>-١٥</sup>م وهي نتيجة لا تتفق مع النتائج التي حصلوا عليها في التجارب السابقة.

ستقولون: "حسناً... بما أنّنا نقيس "لا شيء" محاطاً بـ "ليس كثيراً"، فمن المنطقي أن يصعب الاتفاق على طول ذلك القطر". بالتأكيد.

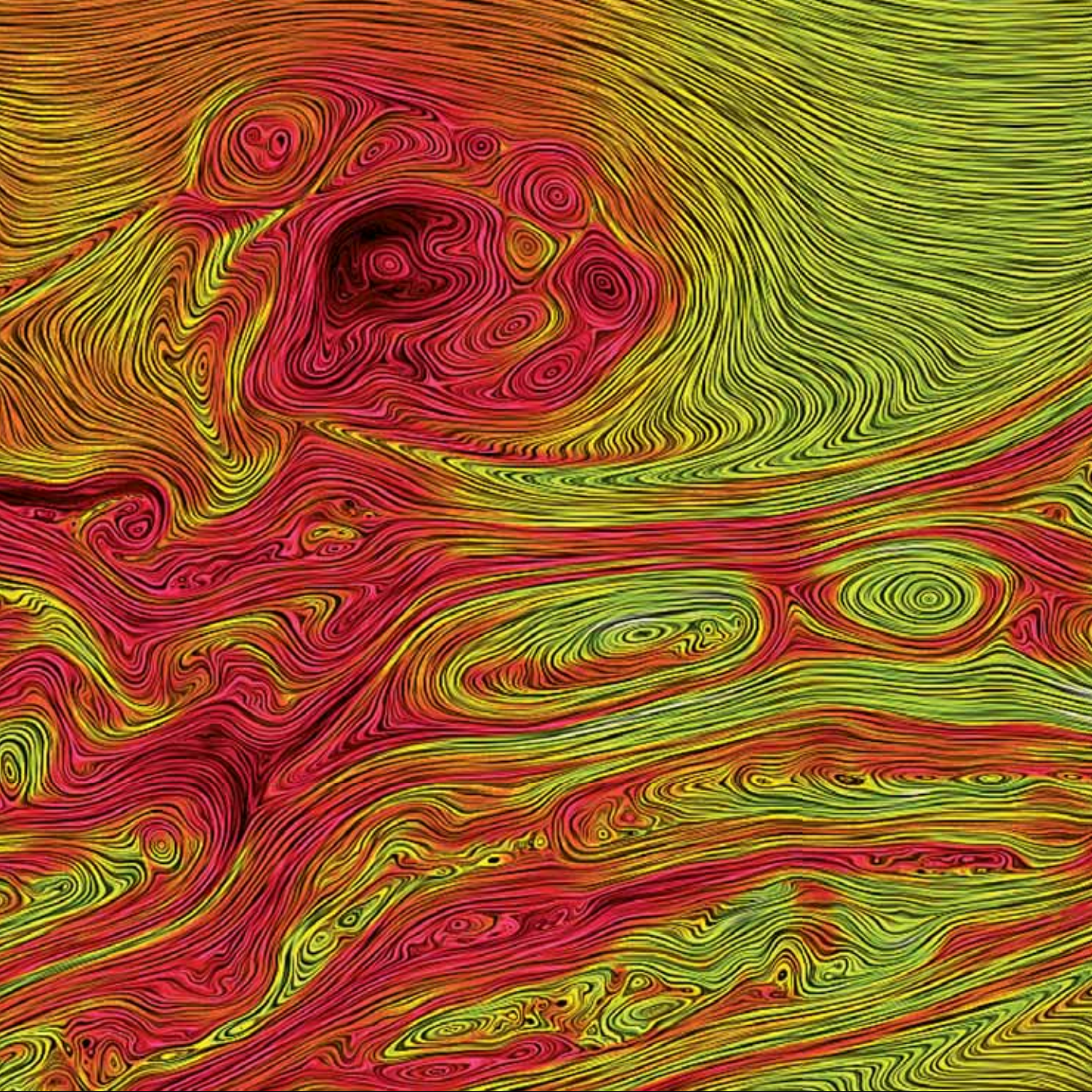
أول ما يتبادر إلى الذهن حتماً هو ارتكاب خطأ في القياس، لكن ذلك غير مرجّح، فقد استعمل الباحثون الهيدروجين الميوني لقياس مميزات البروتون الأخرى، مثل قطره المغناطيسي (الذي يطابق مدى حقله المغناطيسي) وهنا كانت النتيجة واحدة مهما كانت التجربة! اللغز يزداد غموضاً. يعكف علماء الفيزياء إذاً على اختبارات جديدة على الميون، سعياً منهم لمعرفة المزيد والمقصود هذه المرّة تكرار التجربة الأولى التي قصفوا فيها البروتون بالإلكترونات واستبدال الإلكترونات بالميونات. في حال كانت قيمة القطر الذي تم قياسه هي نفسها عند استخدام دقة الإلكترونات أي ٨٧٧، ١٠×١٠<sup>-١٥</sup>م، سيُعيد النظر في تجربة الهيدروجين الميوني، ويبقى أن نجد مصدر الخطأ، أمّا إذا كان الرقم

## الغليون



**قطر:** لا قطر له.  
**كتلة:** غير معروفة وعلى الأرجح مساوية للنيوترون.  
**شحنة كهربائية:** صفر.  
يسبغ كواركا البروتون "العلويان" والكوارك "السفلي" في بحر من الغليونات. تعمل هذه الجسيمات الأولية كخزّاء قوي لتربط الكواركات ربطاً وثيقاً ببعضها بعضاً (ما يجنب عزل أيّ منها).





# العالم مضطرب!<sup>١)</sup>



> يغوص علماء الفيزياء في قلب الظواهر، ناظرين بعين الاعتبار في عمليات المحاكاة الحاسوبية إلى التفافات السوائل الأصغر حجمًا (هنا، تدفق الجسيمات التي ترسلها الشمس).

خفقات القلب، والمطر  
والنجوم... يدرك علماء  
الفيزياء منذ وقت طويل أن  
في ظاهرة الاضطرابات سر  
تركيب جزء كبير من العالم...  
بشرط أن نعرف استعمال  
معادلة تعود إلى ٢٠٠ سنة  
خلت! تحقق ذلك. بالكاد  
بدأت عمليات المحاكاة  
الحاسوبية حتى تجاوزت  
الاكتشافات الأولى أمالهم.

بقلم: س. ديفوس و م. فونتييز<sup>(١)</sup>



$$= -\nabla p + \nu \Delta \vec{u} ; \nabla \cdot \vec{u} = 0$$

"مايكل بورغوان" Mickael Bourgoïn - وهو اختصاصي في هذا المجال في مختبر السريان الفيزيائي الجيولوجي والصناعي في غرونوبل - المسألة فائلاً: "هنا تكمن سخرية تلك المعادلات: تقول لنا إن الحل يكمن هنا... لكنّها لا تُحسب. ونحن هنا منذ القرن التاسع عشر!"

ليس من المؤكّد أن تهدئ إجابة هذه المسألة القديمة، التي حصلنا عليها اليوم، من روع علماء الفيزياء تماماً، لكنّها تتميّز بفعاليتها. قرّرت مجموعات مختلفة من المنظرين والمجرّبين الذين اتّسموا بالعملية في وجه فشل المحاولات المباشرة منذ ثلاثين عاماً، جدولة تحولات جريان السوائل المضطرب بلا كلل. كما فعل علماء الكيمياء في القرن التاسع عشر الباحثين عن تصنيف دوري للعناصر، عكفوا - بصبر - على اختيار الدوامات التي يوسعها أن تلتب دور المواد الأولية. يقول "داريو فينسينزي" Dario Vincenzi - وهو اختصاصي في الموضوع في جامعة نيس (Nice) -: "القصود هنا وضع رسوم تقريبية في حالات خاصّة، نماذج تقريبية لهندسة أو سرعات معيّنة، ثم التحقق من أنّها مطابقة للواقع". في السنوات الأخيرة، ارتفعت كثيراً نسبة تلك الحسابات الرقمية، سمحت أجهزة الحاسوب والكاميرات السريعة بمتابعة أفضل لمسار أحجام

هو قبل كل شيء آلية نقل طاقة من المقاييس الكبيرة إلى الصغيرة. تربط هذه الدوامات بين العالم المرئي للأمواج والرياح والعالم غير المرئي للجزيئات والإشعاعات. لا شكّ إذن في أهميته لوصف الظواهر المناخية والجيولوجية والمحيطية والفيزيائية الفلكية وحتى الظواهر البيولوجية".

## حتى لو استحال أن نحسب الاضطرابات، نجنحنا الآن في محاكاتها

أكثر ما كان محبطاً للعزيمة هو أنّ المعادلة الحسابية التي تشرح الظاهرة كانت معروفة: معادلات نافيه-ستوكس (Navier-Stokes) التي تم اكتشافها في القرن التاسع عشر، والقائمة على فيزياء نيوتن المعروفة، متيحة توقع سريان أي نوع كان من السوائل، من دون أن تُعرف الشروط الابتدائية، إلا أنّه كان ثمة عائق كبير: لا أداة حسابية سمحت حتى الآن بحساب حلّ هذه المعادلات (راجع المربع أعلاه "معادلتان بمليون دولار") ومع أنّ علماء الفيزياء يعرفون قوانين السوائل، ويرون دائماً الأشكال اللولبية نفسها في مخور السفن، إلا أنّهم مازالوا عاجزين عن توقع شكلها وسرعتها حسابياً، يختصر

دخان سيجارة، دوامات الماء في حوض الغسيل... لا يعير معظمنا أهمية لهذه الظواهر. ليست أكثر من دافع لأحلام اليقظة العابرة، ولكن لعلماء الفيزياء، تخفي ظاهرة الاضطرابات كثيراً من الأمور المختلفة! كانت تشكّل تحدياً، لكنّها اليوم رؤيا انكشفت. تحدّي لأنّ تعقيدها يجعل التحكم فيها صعباً إلى أقصى الدرجات. رؤيا انكشفت؟ لأنّ كل شيء، منذ ولادة قطرات المطر حتى سباق المجرّات، منبثق من دوامة بسيطة، دوامة متناهية الصغر... مسألة ليست حديثة العهد. منذ ليوناردو دافينشي - وكان من محبي مشاهدة التيارات الهائجة في نهر أرنو (Arno) - وعلماء الفيزياء يدركون أنّ قسماً كبيراً من فهمهم لبُنية العالم يتوقّف على تلك الشلالات من السوائل التي تتدافع من الأكبر إلى الأصغر كما يحصل في مخور السفينة. وأن هذه الظاهرة مكون أساسي من كل الآليات التي تتطوى على سوائل وغازات متهيّجة، أي على عدد كبير من الأمور التي نشاهدها في الطبيعة. في النجوم، والمحيطات، والأوردة والخلايا... حيثما كانت حركة وسيولة، من المحتمّ أن يلعب الاضطراب دوراً أساسياً. يفصل "تشارلز-هنري برونو" Charles-Henri Bruneau من معهد الرياضيات في بوردو قائلاً: "الاضطراب



## معادلتان بمليون دولار

يقرّ "داريو فينسينزي" من جامعة نيس قائلاً: "نستعملها من دون أن نفكر، لكن في حال أثبت علماء الرياضيات أن معادلات نافيه-ستوكس مطروحة على نحو خاطئ، فسيكون

ذلك مزعجاً للغاية". في إبريل ٢٠٠٠، بمناسبة الانتقال إلى القرن الجديد، اقترح معهد كلاي ماثماتيكلز Clay Mathematics - وهو مؤسسة أمريكية خاصة - لائحة من سبع مسائل حسابية يكافأ حلها بجائزة قدرها مليون دولار. تندرج معادلتا نافيه-ستوكس في اللائحة (انظر المعادلة على اليمين). يكفي للفضوز بالجائزة إثبات أنهما

مطروحتان بشكل صحيح؛ مثلاً، ينبغي إثبات أنهما غير قادرتين -مطلقاً- على توقع السرعة النهائية لسائل ما، لأن ذلك مستحيل من الناحية الفيزيائية. لا يشك معظم علماء الفيزياء بذلك، مثل "تشارلز-هنري برونو"، في جامعة بورجو: "الحل متوافر... وأراه". أما علماء الرياضيات فيلزمون الصمت.

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u}$$

▲ هذه هي معادلات نافيه-ستوكس الغامضة التي تشرح جريان السوائل في الزمن.

## لغة اصطلاحية

يكفي أن نسكب الحليب في القهوة لرؤية الأشكال اللولبية التي تميّز الجريان المضطرب. تشير هذه العبارة إلى حالة سائل أو غاز ذي جريان مضطرب تتغير سرعته تغيراً بالغاً من نقطة إلى أخرى، ويُشرح هذا الجريان المضطرب من خلال سلسلة معادلات في أساس ميكانيكا الموائع: معادلات نافيه-ستوكس.

### في متناول الحسابات

أصبح هذا المؤلف الرمزي عملاقاً إلى حدّ إحراز تقدّم في كلّ مجالات تحرك السوائل، أصبحت في متناول الاختصاصيين الآن أدوات مذهلة يختارون منها الدوامات البسيطة الافتراضية الملائمة لاحتياجاتهم. بات الاضطراب في متناول الحسابات. يقول "داريو فينسينزي": "وأخيراً سنتمكّن من توقع خصائص السريان". النتائج: لا تزال الاكتشافات الناتجة عن عمليات المحاكاة تتلاحق، متخطية حتى أفق الآمال. يقول "لوتشيانو ريزولا" Luciano Rezzola، عالم الفيزياء الفلكي في معهد ماكس بلانك (Max Planck) (ألمانيا): "عندما ننظر إلى الاضطراب بعين الاعتبار، نبدأ أخيراً بوصف اسطوانات الغبار التي تدور حول ثقوب سوداء وتشكّل النجوم الأولى".

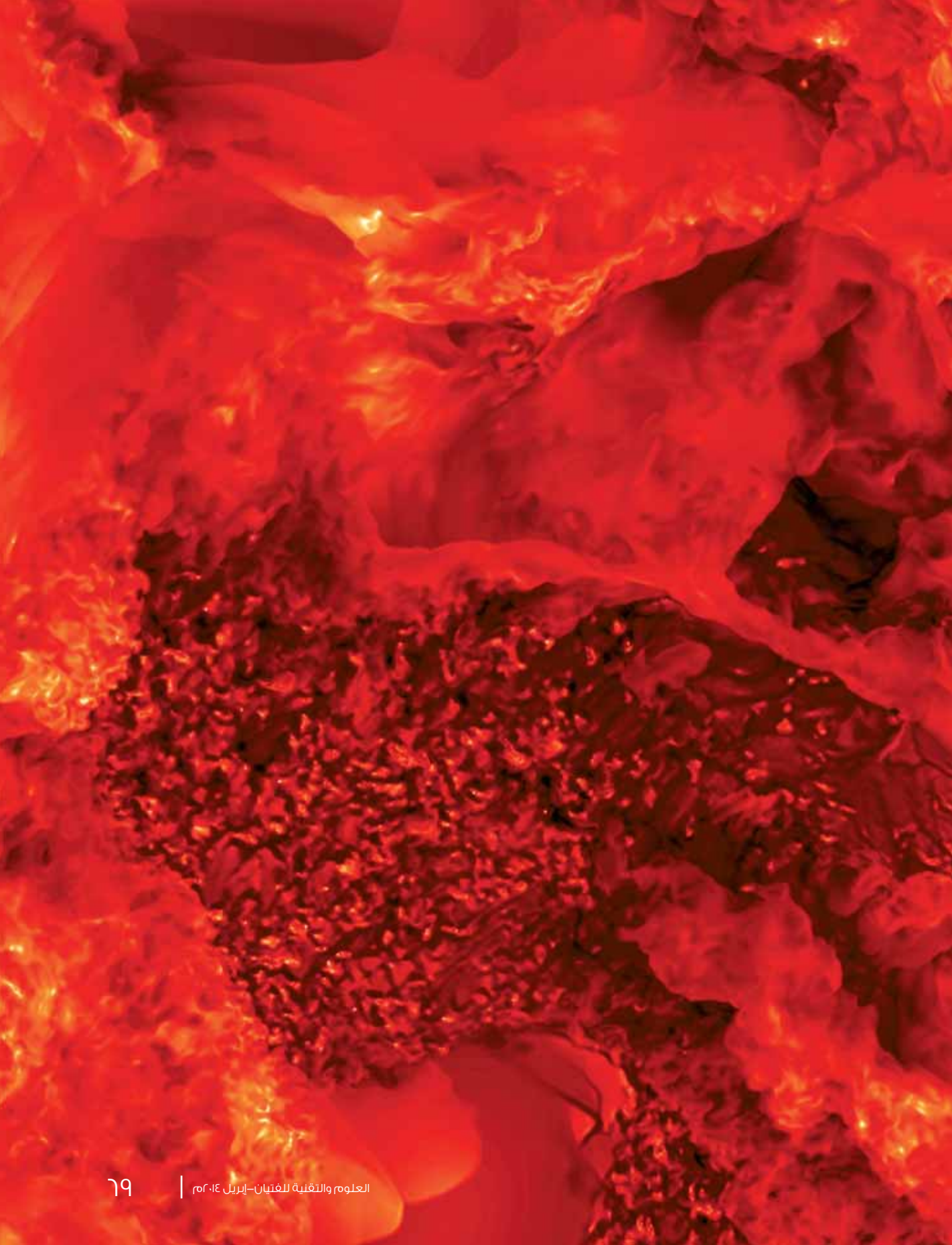
من جانبه يقول "جيريمي ديك" Jérémie Dec وهو عالم فيزياء في مرصد كوت دازور في فرنسا (Observatoire de la Côte d'Azur): "نرى ولادة قطرات المطر في الغيوم". يضيف "راؤول بانديت" Rahul Pandit من معهد العلوم في بانغالور (Bangalore) (الهند) قائلاً: "بتنا نفهم كيف تضطرب نبضات القلب". ويقول "فريدريك بورنو" Bournaud Frédéric، وهو خبير الفيزياء الفلكية في مفوضية الطاقة الذرية: "إننا نلج في حيز الآليات الدقيقة لتشكّل النجوم في المجرات". ويقول "رومان ستوكر" Roman Stoker، عالم البيئة في معهد ماساتشوستس للتقنية (MIT) في الولايات المتحدة الأمريكية: "بتنا نفهم ديناميكية الأنظمة البيئية البحرية". ويضيف "كريستوس فروزاكيس" Christos Frouzakis، وهو عالم فيزياء في مدرسة البوليتكنيك في زوريخ قائلاً: "نعرف كيف تنبثق الشعلات تلقائياً من مزيج الغازات الحارة". من دون الإشارة إلى ولادة الحقل المغناطيسي الأرضي، ونمو الخلايا السرطانية وحتى انبثاق الأفكار... باختصار، لا حواجز بعد الآن. انتشر التدويم والدوامات بشكل رائع في كلّ عمليات المحاكاة باستخدام الحاسوب. أصبح العالم -أخيراً- مضطرباً. ■

## الاضطرابات تصوغ الكون

انظروا إلى دوامات هذه البلازما التي تم محاكاتها للمرة الأولى على الحاسوب: ولدت مجرات الكون الأولى في التفافاتها الأدق التي تتركز فيها الغازات المكهربة. يشرح "كريستوف فيديرات" Christoph Federrath خبير الفيزياء الفلكية في جامعة موناخ (Monash) في أستراليا قائلاً: "لدينا أسباب وجيهة تدفعنا للتصور أنه في بداية الكون -أي بعد بضع ملايين من السنين فقط من الانفجار الكبير- تطوّر الغاز بطريقة مضطربة. لكن الكون كان في ذلك الوقت في حالة من التوسّع السريع... ولشرحه، علينا وضع النسبية في اعتبارنا" إلا أنّ علماء الفيزياء الفلكية -وبغياب نموذج يسمح بشرح تلك الدوامات التي تدور بسرعة تقارب سرعة الضوء- تجاهلوا حتى الآن. كان هذا قبل أن يجد "لوسيانو ريزولا" Luciano Rezzola وزملاؤه في معهد ماكس بلانك (Max Planck) منذ بضعة أشهر، الطريقة للتوفيق بين معادلات أينشتاين والمعادلات التي تشرح الاضطرابات الناتجة عن سريان سائل ما. فقد طوّروا نموذجاً جديداً قادراً على وصف البلازما في هذا النظام الشديد قبل تحويلها إلى لغة المعلوماتية والشروع في أول محاكاة واقعية لحالة الكون بعد وجوده مباشرة. يتحمّس "كريستوف فيديرات" Christoph Federrath قائلاً: "مع هذا الشرح للاضطرابات النسبية، نتمنى أن نبدأ بدراسة ديناميكية الغاز وتحديد كمّيته" فنفهم أخيراً كيف انبثقت نجوم الفضاء الأولى من تلك الدوامات الصغيرة فائقة السرعة.

D. RADICE ET L. REZZOLA, MAX PLANCK INSTITUT

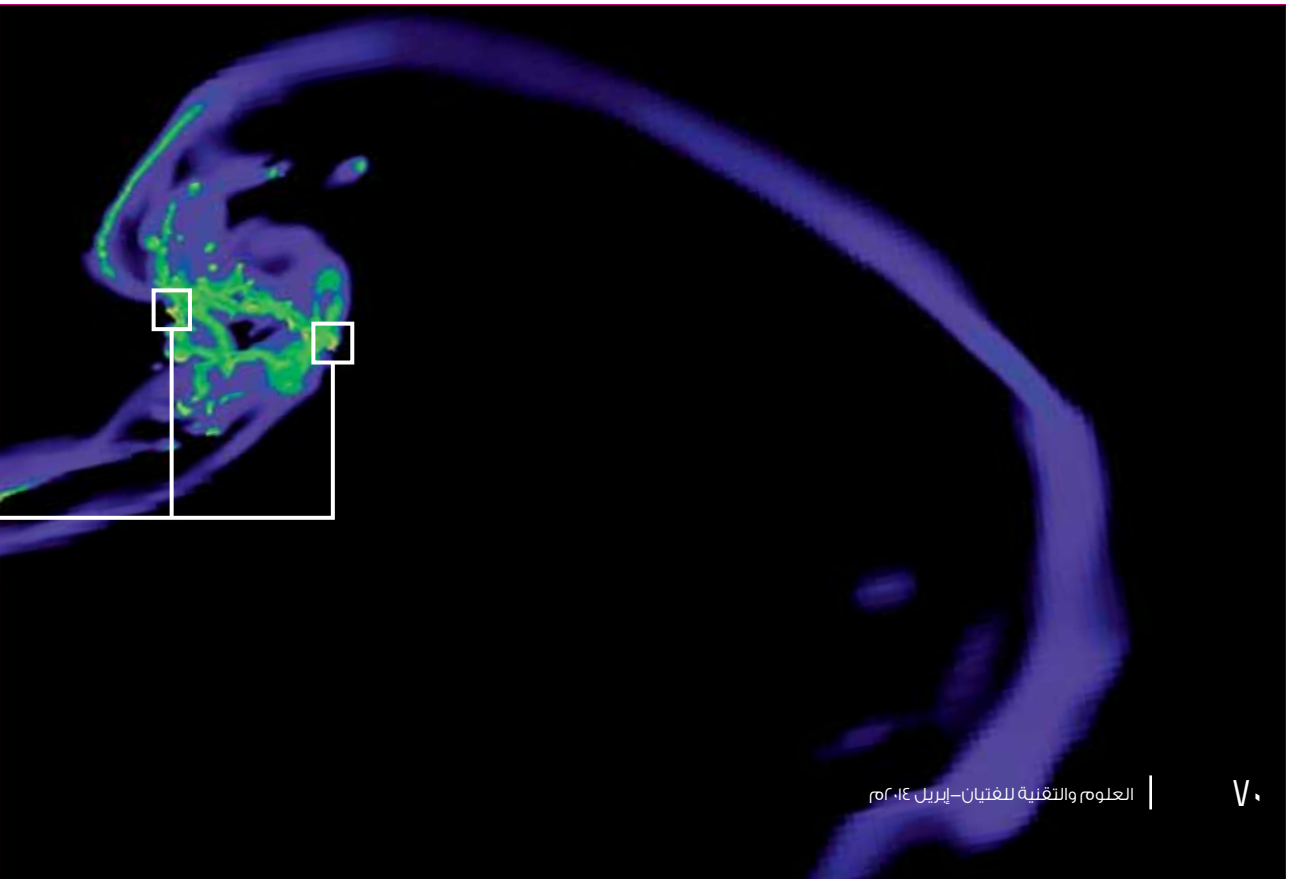






# تُطلق الأمطار الغزيرة

لاحظوا على هذه الصورة سحب النقااط السوداء: الكثيفة من بينها سوف تهطل أمطارًا لدى نمذجة اضطرابات الجو على مقياس صغير، لاحظ "جيريمي ديك" في مرصد كوت دازور، أن قطرات هذه الغيمة المعلقة تتركز حتى تشكل قطرات كبيرة على نحو غير عادي هنا وهناك، فتتهمر في آخر المطاف بفعل الجاذبية على شكل أمطار غزيرة. يؤكد الباحث قائلًا: "في بعض الغيوم، نلاحظ أن الاضطرابات تسرع انهيار الأمطار عشرة أضعاف" ومع ذلك، لا تزال هذه الظاهرة مغيبة حتى الآن في نماذج التوقعات المناخية.





## تتسبب بتوقف القلب

يشرح راوول بانديت قائلاً: "ها هي المسؤولة عن توقف عمل القلب: هذه الموجة اللولبية، عندما تتمدد في القلب، تحدث حالة عدم انتظام في نبضاته ربما تكون قاتلة". منذ بعض سنوات، فيما كان يحاكي الاضطرابات الكهربائية في نسيج القلب، شهد عالم فيزياء المادة المركزة في معهد العلوم في بانغلور (الهند) هذا، ولادة تقلبات: موجات تلتف وتعبّر غشاء القلب وتعطل انقباض بطني القلب. "ندرس حالياً انتشارها لتحسين فعالية مهدئة النبض".

## تُشعل النجوم

يشرح "فريدريك بورنو" Frédéric Bournaud قائلاً: "نلاحظ ذلك في عملية المحاكاة هذه: عندما تصادم مجرتان، تتشكل مناطق ذات كثافة مفرطة، وغازات تولد بدورها نجومًا جديدة". صمّم عالم الفيزياء الفلكية في مفوضية الطاقة الذرية - في الواقع - نماذج عن الاضطرابات التي تنشأ من لقاء مجرتين لولبيتين لهوائيتين. وأدرك أنها تمثّل دوراً أساسياً: تشتعل النجوم بتأثير منها في كل مكان بدلاً من أن تتركز في قلب الاصطدام.

## تنظّم الأنظمة البيئية للمحيطات

تعيد هذه الصورة رسم مسار جسيم من غذاء واحد في المياه المضطربة، وتكشف عن لغز تفوّق بعض الجراثيم. في العام ٢٠٠٩ اكتشف "جون تايلور" John Taylor الاختصاصي في ديناميكية الموائع المحيطية في كامبريدج، وهو يعمل على المحاكاة الحاسوبية لتوزيع الغذاء في المحيط، أنّ البكتريا التي تجيد السباحة تتكيف مع اضطرابات بيئتها، ما يعطيها الأفضلية على شبيهاتها غير المتحركة. يحدّد أنّ بعض الكائنات الدقيقة البحرية تعرف الاستفادة من ذلك الاضطراب لتتغذى بشكل أفضل، وتتكاثر وتتوزع". كما اكتشف رومان ستوكر Roman Stocker وفريقه في معهد ماساتشوستس للتقنية (MIT)، أنّ الاضطراب يتحكّم بنمو العوالق النباتية، معدّلاً قليلاً زاوية محور تحرك كلّ فرد، ومورّعاً السكّان على مساحات واسعة. يتحمس رومان ستوكر قائلاً: "إنّها بداية فرع جديد للأبحاث يمزج الفيزياء وعلم الأحياء الدقيقة البحرية. إنّ فهم الفيزياء في قلب سائل يعطينا مؤشرات على توزيع الكائنات الدقيقة وكلّ النظام البيئي المحيط أيضاً".



## تُشعل الغازات الساخنة

ولدت النقطة الحارة التي انبثقت منها هذه الشعلة من دوّامات بسيطة! خرق "كريستوس فروززاكيس" Christos Frouzakis - وهو عالم فيزياء في مدرسة البوليتكنيك في زوريخ- لغز الاشتعال الذاتي: "عندما يمتزج غازان ساخنان، تتصرف الاضطرابات التي تتشكّل فيهما كحفّاز، وبإنتاجها شعيرات عدّة، تساهم هذه الاضطرابات باتّصال كاشفين". وعندما يكون المزيج متجانسًا كليًا، ترتفع الحرارة بشدّة فيشتعل تلقائيًا.

- (1) LE MONDE EST TURBULENT!, Science & Vie 1155, PP 86-95  
(2) S. DEVOS ET M. FONTEZ

# قطرة القار

## وأخيراً رأينا سقوطها!<sup>(١)</sup>

كانت ما تزال راغبة في الانحدار، وفي ١١ يوليو ٢٠١٣ خرت القطرة أخيراً تحت أنظار إحدى الكاميرات، منهية إحدى أطول التجارب المختبرية على الإطلاق.

تسعة وستون عاماً من التبع في إحدى زوايا مختبر جامعة ترينيتي (Trinity College) المرموقة في (دابلن/أيرلندا) تحت ركام متنامٍ من القار. قُمع زجاجي مليء بالمادة السوداء، موضوع فوق كأس زجاجية بالقرب من ساعة حائط تقعر ساعات الزمن.

جهازٌ بسيط أقيم للإجابة عن سؤال من نمط الأسئلة التي كان يطرحها علماء الفيزياء على أنفسهم في الأربعينيات من القرن المنصرم، بوساطة الوسائل التي كانت في متناولهم في تلك الفترة، بين (الراتنج) و(القطران): هل القار صلب؟ أم سائل يجري ببطء شديد؟

### جُهز في العام ١٩٤٤م!

عند درجة حرارة الغرفة، يكون القار قاسياً إلى حدّ التمكن من تكسيه بالمطرقة، لكنه يتحوّل -عند تسخينه- إلى مادة لزجة. قضت الفكرة إذاً بتدوير القار ووضعه في قمع وتركه يبرد، وفي حال خرت قطرة منه في آخر المطاف -بعد عودة القار إلى درجة حرارة الغرفة- مُدَّ سائلاً ومن ثمّ أمكن قياس لزجته.

لم يبق سوى الانتظار، إلا أنّ أحداً لم يتوقع أن يستغرق السقوط حوالي عقد من الزمن.

في جامعة ترينيتي، يُحكى أن (إرنست والتون Ernest Walton) وهو أستاذ جامعي مديد الخبرة وحائز على جائزة نوبل في الفيزياء، أطلق التجربة في العام ١٩٤٤. عُرف (إرنست والتون) بأعماله الخاصة بتحوّل النواة الذرية، وسرعان ما أزيح الجهاز جانباً، وترك القار يتقطر في طيّ النسيان، ولم يبال أحدٌ بكون تجربة مثيلة تُجرى في الوقت نفسه على الجانب المقابل من الكرة الأرضية، في أستراليا (راجع المربع "التجربة الأسترالية غير الناجحة" في الصفحة المقابلة). هناك، كانت نقطتان

## وقائع وأرقام

أطلق الفيزيائي (توماس بارنيل Thomas Parnell) أولى تجارب قطرة القار منذ ٨٦ عاماً (١٩٢٧) في جامعة (كوينزلاند/أستراليا)، ما جعلها التجربة العلمية الأطول في العالم حالياً، بواقع نقطة واحدة كل ٧ إلى ١٣ سنة لسقوط لا يدوم سوى عشر من الثانية.

< في جامعة ترينيتي في دابلن، كانت قطرة القار تخضع لمراقبة إحدى الكاميرات منذ شهر إبريل ٢٠١٣...



## التجربة الأسترالية غير الناجحة

كان البروفيسور "جون مينستون" John Mainstone، يتمنى أن يعيش ذلك الحدث منذ ٥٢ عاماً. قبل وصوله إلى جامعة (كوينزلاند / أستراليا) كانت ثلاث قطرات قد سقطت في الأعوام ١٩٣٨، ١٩٤٧ و ١٩٥٤. تبعتها أربع نقاط في الأعوام ١٩٦٢، ١٩٧٠، ١٩٧٩ و ١٩٨٨، دون أن يشهد سقوطها. خرت إحداها ليلاً، والأخرى خلال استراحة لتناول كوب من الشاي. وأصابه سوء الطالع أيضاً في ٢٨ نوفمبر ٢٠٠٠ عندما تعطلت الكاميرا المركزة في بداية التسعينيات عند انفصال النقطة الثامنة وسقوطها. يتحلى (جون مينستون) بالروح الرياضية ولم ينس أن يهنئ زملاءه الإيرلنديين. لسوء الحظ أنه لن يتمكن من رؤية القطرة التاسعة التي من المتوقع أن تسقط قبل نهاية هذه السنة. فقد توفي إثر الإصابة بأزمة قلبية في ٢٣ أغسطس ٢٠١٣ في الثامنة والسبعين من عمره.

لزوجة العسل مليوني مرة، أو عن لزوجة الماء عشرين مليار مرة: أي لزوجة أقل بعشر مرات تقريباً مما قُدِّر بعد سقوط القطرة الأسترالية الأخيرة في العام ٢٠٠٠. هذا الفارق لا يثير الدهشة، خاصة بعد النظر بعين الاعتبار إلى الاختلافات البنوية بين نوعي القار. فضلاً عن اختلاف درجة الحرارة والضغط والاهتزازات المحيطة التي لا بد من حصولها خلال تلك السنوات، مُعدلة تشكل النقطة بلا شك. يستعد علماء الفيزياء في جامعة (تريبيتي) -حالياً- لاستقبال القطرة التالية: ويتساءل (شين بيرغن) قائلاً: "من يدري أي تقنيات سوف تتوافر بعد عشر سنوات؟ لكننا سنكون هنا لتصوير تلك اللحظات السحرية، بكل ما تحمله من جمال باهر. إنها مكافأة جميلة لمن يتقن الانتظار. O.D.

قد سقطتا (في العام ١٩٣٨ و ١٩٤٧) مثبتتين أنّ القار سائل. منذ ذلك الوقت، لم يشهد أي عالم فيزياء سقوط قطرة واحدة في جامعة (تريبيتي) ولم يُحدّد عدد النقط التي ربما سقطت بغياب الشهود لإثبات سقوطها، حتى شهر إبريل ٢٠١٢م.

بينما كان عالم الفيزياء (شين بيرغن Shane Bergin) ماراً بالمصادفة، رأى قطرة جميلة بارزة، فقرر مع زملائه أن يصوب كاميرا ويب على الجهاز لمتابعة الحدث مباشرة، وفي ١١ يوليو عند الساعة الخامسة بعد الظهر حدثت المعجزة: "تحطمت" قطرة رقيقة وطويلة للغاية. يروي (بيرغن): "كنا في قمة الحماس، شكّل الموضوع حديثاً مهماً للغاية بين زملاء، وانتابنا الفضول لمعرفة لزوجته عيّنتنا، فسارعوا إلى قياسها من خلال دراسة تغيّر شكل القطرة خلال سقوطها، فكانت النتيجة أنها تتسم بلزوجة تزيد على

> من اليمين إلى اليسار: قطرة القار في ١١، ١٢، ١٣ يوليو. مزيج الارتفاع والقطران سائل إذا وتم قياس لزوجته.



# أخبار الطب





< التهاب حاد في المفاصل،

ربما يعود سبب التهاب المفاصل

الروماتويدي إلى جرثومة مسؤولة

عن التهاب اللثة: فهي على كل حال

تتفاقم الأعراض.

علم المناعة

## ربما يخبئ التهاب المفاصل جرثومة اللثة<sup>(1)</sup>

اللثة قادرتين على توليد بقايا السيترولين تلك. لاختبار تأثيرهما في تطوّر المرض، نقل الباحثون عدوى الجرثومتين إلى فئران تظهر عليها أعراض التهاب المفاصل الروماتويدي. النتائج: إحدى الجرثومتين، بورفيروموناس جينجيفاليس *Porphyromonas gingivalis* تسرع ظهور الأعراض، وتزيد حدتها وتفاقم الأضرار على مستوى المفاصل. يقول "بيوتر ميدل" *Piotr Mydel* المشارك في تأليف هذا البحث: "تزيد كمية السيترولين زيادة كبيرة، وهذا لا يكفي على الأرجح للتسبب بالتهاب المفاصل الروماتويدي، لكنّه قد يكون العنصر المسبب عند الأشخاص الذين يحملون عاملاً من عوامل A.R. خطر الإصابة".

يُحتمل أن يعود سبب التهاب المفاصل الروماتويدي، التهاب المفاصل المزمن، إلى التهاب في اللثة. هذا ما يؤكده الباحثون في جامعات لويسفيل (الولايات المتحدة الأمريكية) *Louisville* وبييرغن (النرويج). *Bergen* حيث أظهروا أنّ جرثومة مسؤولة عن التهاب اللثة، وهو التهاب أنسجة دعم الأسنان، تسرع ظهور مرض المفاصل وتفاقم أعراضه. سبق الاشتباه في وجود علاقة بين هذين المرضين؛ إذ يتضاعف انتشار التهاب اللثة عند المصابين بالتهاب المفاصل الروماتويدي، ويزداد عندئذ هذا الالتهاب حدّة. ليفهم الباحثون هذه العلاقة، انطلقوا من حمض أمينيّ وهو السيترولين الذي تتسبب بقاياه في المفاصل جزئياً ذلك الضرر، إلا أنّ ثمة جرثومتين متورطتين في التهاب

(1) L'ARTHRITE CACHERAIT UNE BACTÉRIE DES GENCIVES, Science & Vie 1154, PP 50-51

# مرض السكري

## تأكد المسبب الفيروسي<sup>(١)</sup>

يكمن وراء داء السكري من النمط الأول فيروس معوي ينطوي إنجازَه البائس على قلب نظام المناعة ضد الأنسولين، بين العامل الوراثي ونمط الحياة، يتأكد مع مرور الوقت مسبب آخر هو العامل الفيروسي.

بقلم: أوديل كابرونييه<sup>(٢)</sup>

السكر في الدم.

النتيجة: ينهار إنتاج الأنسولين انهيأً حاداً ما يجبر مرضى السكري على حقن أنفسهم بأنسولين مصنّع. وثمة استعداد وراثي ضروري على ما يبدو لانتقال أدوات الجسم الدفاعية "المناعة الذاتية" على نفسها.

### لا يقتصر على الوراثة فحسب

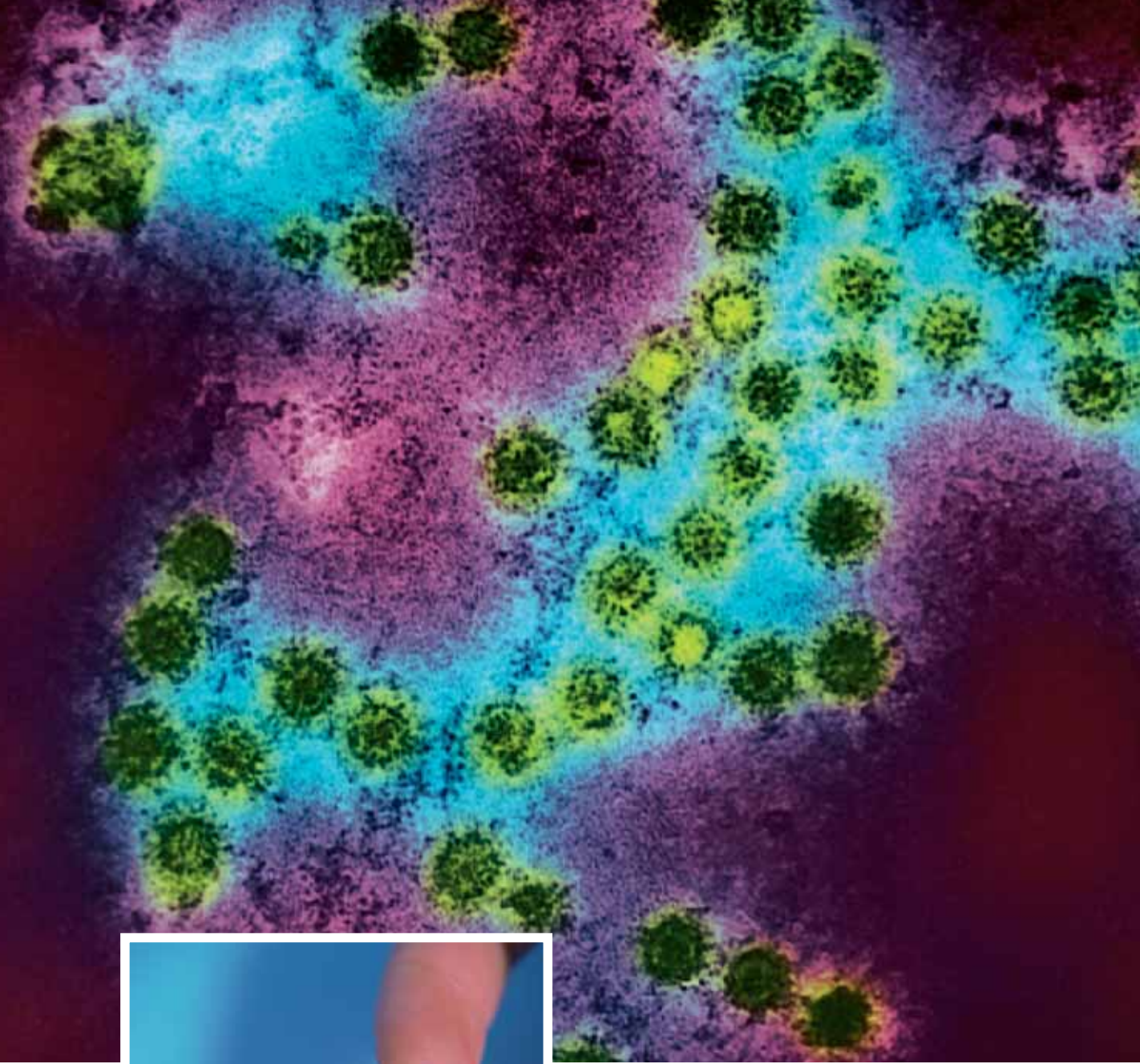
فيما يصيب المرض ١٢ شخصاً من مائة ألف في فرنسا، تبلغ نسبة انتشاره ٦٪ عند أشقاء المريض أو شقيقاته، و٣٠ إلى ٤٠ من ١٠٠ في حال التوائم الحقيقية. لكن الخلفية الوراثية لا تشرح كل شيء. يقول (ديديه هوبر): قد تغير عوامل بيئية التعبير عن المورثات المسؤولة عن الحساسية للسكري. فمن بينها الفيروسات المعوية (كوكساكي ب Cocksackie B) خاصة سلالة ب٤ B4 التي يبدو أنها ذات قدرة عالية على إحداث السكري، ولا يتردد الباحث بوضع الفيروس المعوي (كوكساكي ب٤ Cocksackie B)

أيمكن لعامل غريب واحد أن يدفع بجيش بلد كامل نحو الانحياز إلى معسكر العدو؟ سيرسم هذا السؤال ابتهامة على شفتي كل الاستراتيجيين العسكريين، لكن علماء الأحياء يعرفون أنه في حال كان مسرح الحرب هو الجسم البشري ذو المعسكرين: الخلايا المناعية، والكائنات الدقيقة الغريبة فسيكون سيناريو من هذا النوع محتملاً، بل ومحدداً لأحد أكثر الأمراض تفاقماً في الدول المتطورة: ألا وهو داء السكري من النمط الأول.

بات (ديديه هوبر Didier Hober) وهو أستاذ في علم الفيروسات (جامعة ليل ٢، المركز الطبي الإقليمي الجامعي في ليل) يزداد فتاعةً بنظريته: المسؤول عن ذلك المرض الرهيب الذي يتسبب بتدمير البنكرياس من خلال مناعة المريض هو في الحقيقة فيروس، أو فيروس معوي بتعبير أدق، يقبل نظام المناعة ضد الأنسولين، أي الهرمون الذي يتحكم بضبط معدلات

في صف المتهمين الأوائل بالتسبب بالسكري؛ لأن فريق عمله جاء بعناصر جديدة تثبت ذلك. كنا نعرف منذ العام ٢٠٠٠ أن الفيروس (كوكساكي ب٤ B4 Cocksackie) قادر على إصابة الخلايا بيتا -المنتجة للأنسولين في البنكرياس- في المزارع الخلوية والبقاء فيها. والتشبهت بها، كما اكتشف فريق عمل (ديديه هوبر) منذ مدة وجيزة أن الفيروس يعطل نظام تجديد هذا العضو. وهو النظام الذي يتولى -في الوضع الطبيعي- تجديد





CDC/SPL/COSMOS - C. PEDRAZZINI/SPL/PHANIE

◀ الفيروس المعوي (كوكساكي ب٤) هو المسبب لداء السكري من النمط ١ الذي يجبر المريض على مراقبة معدل السكر في دمه وحقن نفسه بالأنسولين المصنَّع.

الخلايا بيتا المدمَّرة؛ فبعد وقوع البنكرياس المصاب في شَرَك حلقة تدميريَّة، يفقد قدرته على الشفاء الذاتي، ويوضح (ديديه هوبر) قائلاً: "في الواقع، أظهرنا أنَّ الخلايا القنوية المكلفة بتجديد الخلايا بيتا، وقعت هي أيضًا ضحية العدوى".

بداية من الستينيات، اكتشف علماء الأحياء في دم مرضى داء السكري من النمط الأول آثارًا لعدوى غير مباشرة (أجسام مضادة)، ثم ←

## أثار الفيروس نظام المناعة على البنكرياس



**٢- ...ويتسبب بالتهاب**  
يؤدي وجود الفيروس إلى التهاب في البنكرياس. يدمر هذا التفاعل خلايا بيتا المصابة.

**١- يصيب الفيروس البنكرياس**  
تصيب العدوى الخلايا بيتا المنتجة للأنسولين في قلب (جزر لانجرهانس) والخلايا القنوية المكلفة بإعادة تجديدها.

## تعبير خاصة

داء السكري من النمط ١:  
يهاجم نظام المناعة خلايا البنكرياس التي تصنع الأنسولين الضروري لضبط معدلات السكر في الدم.

داء السكري من النمط ٢:  
يسفر إجهاد البنكرياس تدريجيًا طوال سنوات من التغذية المفرطة الوفير عن خفض إنتاج الأنسولين.

مرض المناعة الذاتية:  
مرض ناجم عن انقلاب نظام المناعة ضد خلايا المريض نفسها.

يتسلل (الكوكساكي ب٤) إلى الغدة الزعترية، تتحوّل الخلايا المدافعة إلى مخربة، كما أظهره فريق عمل (فينسان جينين Vincent Geenen) في مركز علم الغدد المناعي في المستشفى الجامعي في (لييج / بلجيكا). يوضّح "جينين" قائلاً: "يخل (الكوكساكي ب٤) بنسج المفاويات الناتجة في أجزاء الغدة الزعترية المزروعة، حيث تتعامل هذه المفاويات مع الأنسولين كعدو ينبغي مكافحته". هكذا يتعطل تحمّل الأنسولين على الصعيد المركزي - في الغدة الزعترية - ما يؤدي إلى تدمير مواقع الإنتاج المحيطية - خلايا البنكرياس بيتا - من قبل المفاويات الناتجة، وصولاً إلى تدمير البنكرياس تدميرًا شاملاً (انظر الرسم أعلاه).

هل يتعيّن علينا أن نعمل على التخلص من (الكوكساكي ب٤) للقضاء على داء السكري من النمط ١؟ الأمر ليس بهذه البساطة؛ فمن أوجه التناقض ما أظهرته الدراسات الويائية بأنه كلما قلّ حجم الإصابة بهذا الفيروس المعوي، ازدادت عرضة الإصابة بهذا النوع من السكري. من ثمّ فإنّ البلدان الثرية هي الأكثر تأثرًا مع أنّها أقلّ عرضة

← مباشرة (من المادة الوراثية الفيروسيّة) بتواتر أكبر مقارنة بالأشخاص الأصحاء. إنّهُ إثبات لحالة أكّدها جامعة (اكستر Exeter / المملكة المتحدة) في العام ٢٠٠٩. تشرح (ساره ريتشاردسون Sarah Richardson) وهي باحثة في كليّة الطب في الجامعة قائلة: "أكّشف بروتين خاص بالفيروسات المعويّة عند ٦١٪ من أصل ٧٢ مصلًا مصابًا بالسكري، في حين كانت نادرة الوجود في بنكرياس الأشخاص غير المصابين". إنّها أدلة ثابتة تدعمها البحوث المخبريّة على الفأرة التي يتسبّب لديها الالتهاب بد (الكوكساكي ب٤) بمرض السكري المتّسم بالمناعة الذاتيّة.

يبقى أن نفهم كيف ينجح الفيروس بتحويل البنكرياس إلى هدف لنظام المناعة. ذلك أنّهُ لدى أغلبية الأشخاص الذين لا يملكون مورثات الاستعداد للإصابة بالسكري من النمط ١، تمرّ العدوى بفيروس (كوكساكي ب٤) مرور الكرام أو تكاد لا تظهر كليًا. لكن عندما تكون الخلفية الوراثيّة مهيبّة لتطوّر السكري، تكون عمليّة الإصابة بالعدوى لا نمطيّة. في هذا السياق يقول (نويل مورغان Noel Morgan) المسؤول عن الأبحاث في جامعة (اكستر): "ليس الفيروس من يتسبب بالأضرار في النسيج، بل يبدو أنّه يبقى فترات طويلة بمستوى متدنّ، فيدفع نظام المناعة للردّ بطريقة غير مناسبة". ولكن من خلال أي آليّة؟

## عندما يتسلل فيروس (كوكساكي ب٤) إلى الغدة الزعترية تتحوّل الخلايا المدافعة إلى مخربة

في بداية الألفيّة الثانية، ساور (ديدييه هوبر) حدس بأنّ حلّ اللغز لا يكمن في البنكرياس بل في الغدة الزعترية؛ فذلك العضو الواقع في أسفل الرقبة مسؤول عن برمجة التحمل المناعي. إنّهُ "يعلم" بعض أنواع كريات الدم البيضاء المعروفة بالمفاويات الناتجة تمييز البروتينات التي ينتجها الجسم عن البروتينات الجرثوميّة لصون الأولى والتخلص من الثانية. لكن عندما



## الأمرأض الأخرى التي تخفي جرثومة

عكس كل التوقعات، فإن داء السكري من النمط ١ ليس المرض الوحيد الذي تشك بأنه فيروسي السبب. منذ عشر سنوات، يسعى الباحثون في العالم الجرثومي للبحث عن أمراض مختلفة كنا نعزوها حتى اليوم إلى موروثاتنا أو إلى أنماط حياتنا. إنه حال أمراض الدماغ (راجع مجلة العلوم والتقنية للفتيان، العدد الأول، ص. ٦٨) وأمراض القلب والشرابين، أو بكتيريا في لتنتنا التي يحتمل أنها تؤدي إلى التهابات مؤذية.

ينبغي التعمق في هذه النظريات، وإن بدت غير متوقعة ومفترقة للدم، إن كنا لا نريد أن نغفل اكتشافاً كبيراً وسبل علاج تتأتى منه. إن مثل القرحة التي تصيب الجهاز الهضمي خير عبرة: فولوا إصرار (روبين وارن Robin Warren) و(باري مارشال Barry Marshall) من جامعة (كالغورلي Kalgoolie / أستراليا) لبقى دور (الهيليوكوباكتر بيلوري Heliobacter pylori) مجهولاً. عانت نظريتهما من عدم الاكتراث عشرات السنين، وفي العام ١٩٨٥ -وفي وجه شك من زملائه- ابتلع باري مارشال مزيجاً من البكتيريا لإثارة المرض قبل تناول مضادات حيوية. انتقام موقف الباحثين جائزة نوبل في العام ٢٠٠٥. C.T.

A. CHRISTIAEN / MAXPPP / PHOTOPQR / VOIX DU NORD - J. FRAUD



٥- ينهار إنتاج الأنسولين  
تدمر الخلايا بيتا وتشكل الخلايا القنوية في استبدالها، ينهار إفراز الأنسولين. إنه الداء السكري من النمط ١.

٤- ...ويهاجم البنكرياس  
يتصاعد التفاعل المناعي الذاتي: تشكل الغدة الزعترية الخلايا التائية التي تهاجم كل خلايا البنكرياس بيتا.

٣- نظام المناعة يتعطل...  
تعد الغدة الزعترية الأنسولين وحطام الخلايا بيتا أعداء لها، والغدة الزعترية هي العضو المسؤول عن برمجة التحمل المناعي.

للفيروس المعوي، وقد سجلت فنلندا رقمًا قياسيًّا بأشياء: ٦٠ حالة من داء السكري من النمط ١ لكل ١٠٠ ألف شخص، أي ستة أضعاف عدد الحالات في جارتها جمهورية كاريلي الروسية، بالرغم من تشابه التوصيف الوراثي لشعبي هذين البلدين. مفتاح ذلك التناقض؟ آثار غير متوقعة للنظافة المفرطة أحيانًا. يرى (هيككي هيوتي Heikki Hyoty) عالم الفيروسات في جامعة (تامبير / فنلندا) أن الوضع يشبه شلل الأطفال -الذي يسببه فيروس معوي آخر- في القرن الماضي.

الإفراط في النظافة يضعف  
بعد اكتشافات (باستور Pasteur) وتعميم وسائل النظافة، تددى انتشار شلل الأطفال، كما تراجمت بعض أشكال الفيروسات. لكن -في المقابل- تضاعفت أشكال الشلل الخطيرة. فمن أوجه الغرابة أن الإفراط في النظافة يجعل الطفل أكثر عرضة للالتهابات. تبدو نظرية "النظافة" مقنعة في حالة السكري. يتراجع ضغط التعرض

بعيداً عن ذلك المثل، يشير (ديديه هوبر) قائلاً: "قد تتجاوز قدرة الفيروسات الضارة إطار الأمراض الفيروسية بحد ذاتها؛ فهي قد تكون عوامل إطلاق أمراض مزمنة مثل مرض التصلب اللويحي، أو مرض ألزهايمر، أو تفاقمها". أو التوحد أيضاً (راجع مجلة العلوم والتقنية للفتيان، العدد الأول، ص. ٧٦). دور لم يخامرنا حتى الآن شعور بوجوده، ويشق طرقاً جديدة للعلاج مروراً بالترسانة العلاجية المقتصر استعمالها عادة على الأمراض المعدية. ■

(1) DIABÈTE: LA PISTE VIRALE SE CONFIRME, Science & Vie 1153, PP 80-83  
(2) ODILE CAPRONNIER

## تحفز العلوم حب الآخرين

بحسب دراسة أجراها باحثون من جامعة كاليفورنيا (سانتا باربارا)، فإن الاهتمام بالعلوم يؤثر في الضمير الخُلقي ويحفز سلوك حب الغير. فعند استجواب متطوعين بعد قيامهم بتمارين لفظية على لائحة كلمات تتعلق بالعلم (مثل "نظرية" أو "مختبر")، أعلن هؤلاء المتطوعون أنهم أكثر ميلاً إلى القيام بنشاطات تطوعية من الذين تعاملوا مع كلمات "عادية". كما بدأ المشتركون أكثر كرمًا في اختبار منحوا فيه مبلغًا من المال يتشاطرونه مع الآخرين. "بلوس وان PlosOne"، ٢٠١٣







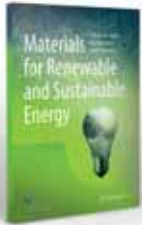
مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية KACST

# إصدارات

مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية KACST



كتبٌ ومجلاتٌ جديدةٌ بالقراءة، في مجالات العلوم والتقنية والإبتكار...  
... حيث تنمو المعرفة



KACST Peer  
Reviewed  
Journals

Journals for  
Strategic  
Technologies

مجلة نيتشر  
الطبعة  
العربية

نقل و توطين  
المعرفة

مجلة العلوم  
والتقنية  
للفتان

إعداد النشء  
لمستقبل أفضل

مجلة العلوم  
والتقنية

إثراء المعرفة  
العلمية

ثقافتك

نحو مجتمع  
مئقف علميا

كتب التقنيات  
الاستراتيجية

الإعداد للتقنيات  
الاستراتيجية

كتب مؤلفة

صناعة إنتاج  
المعرفة



<http://publications.kacst.edu.sa>



@kacst\_sap

تم تذوق شريحة  
اللحم الأولى  
المصنوعة في  
المختبر في لندن.  
أهذه بداية عصر  
جديد في فنّ الأكل؟

# ما الذّه!

## لحم اصطناعي...<sup>(١)</sup>

بقلم: جيروم بلانشار<sup>(٢)</sup>

DAVID PARRY/PA WIRE



T. MELVILLE /REUTERS

DAVID PARRY/PA WIRE



...التي تم طبخها، على الهواء  
مباشرة، مع كمية مناسبة من  
الزيت قبل أن يتم تذوقها.  
رأى المتذوقة: "طعمها قريب  
من طعم اللحم، من دون أن  
تكون غزيرة العصارة".

كل تلك الضجة بسبب شطيرة برجر؟  
هذا طبيعي؛ إنها المرة الأولى التي نتذوق  
فيها لحمًا مصنوعًا في المختبر، ثم نُسّق  
الحدث ببراعة ليحدث ضجة إعلامية.  
في ٨ أغسطس ٢٠١٣، أحضر الباحث  
مارك بوست أمام الكاميرات شريحة لحم  
اصطناعية على صينية...

CULTUREBEEF.NET



## ١ ٢٥٠ ألف يورو (ما يعادل واحد مليون ومائتان وخمسون ألف ريال سعودي)، ثمن باهظ لشطيرة برجر، أليس كذلك؟

٢٠٠٤ دامون للحم المصنوع في المختبر، إذا جريت كل الأبحاث الضرورية من أجل إنتاج صناعي، قد يكلف الطن ٣٥٠٠ يورو (ما يعادل سبعة عشر ألفاً وخمسمائة ريال سعودي) في أحسن تقدير، أي ضعفي تكلفة لحم الدجاج. ويقول "جان فرانسوا هوكيت" Jean-François Hocquette الاختصاصي في نمو الأنسجة العضلية في المعهد الوطني للأبحاث الزراعية: "بشرط أن نجد بروتينات بديلة، يبدو من الأسهل والأوفر أن نتجه نحو الحشرات، والقوارض..."

بتغطية صناعة قطعة اللحم الأولى، فضلاً عن قسم كبير من الأبحاث المسبقة التي امتدت خمس سنوات أيضاً، فقد توجب إجراء اختبارات عديدة قبل إيجاد مكان الزرع المناسب لنمو جيد للنسيج العضلي. لم يكشف "مارك بوست" عن ثمن التقنية التي توصل إليها في نهاية المطاف. إنما اكتفى بتوضيح أنه نموذج تجريبي وأن السعر سيكون أقل بكثير عندما يبدأ الإنتاج على مستوى كبير في غضون عشرين عاماً على الأقصى، وفقاً له. إنه متفائل: حسب دراسة أجراها في العام

**الجواب:** أجل، بالسعر نفسه، كان من الممكن للمشاهدين الحاضرين جلسة التذوق أن يتقاسموا ٢٨ كيلوغراماً من الكافيار الممتاز! إلا أن شطيرة البرجر هذه طعام فريد من نوعه لأن لحمها لم يأت من حيوان مذبوح، بل نما في أنبوب اختبار. ثم إن مبلغ الـ ٢٥٠ ألف يورو هو في الواقع قيمة الشيك الذي وقّعت شركة جوجل منذ خمس سنوات لدعم عمل الباحث "مارك بوست" Mark Post في جامعة ماستريخت (Maastricht)، في هولندا. سمح ذلك المبلغ

## ٢ لماذا دفعت جوجل الفاتورة؟

العام ٢٠١١ أن الإنتاج في المختبر سيؤمن كمية اللحم نفسها باحتلال مساحة أقل بمئة مرة. كما سيكلف أقل بكثير فيما يصدر كمية أقل من غاز تأثير الدفيئة. باختصار، حل معجزة على الورق.

هنا إلى أننا نلتهم كل سنة ٢٢٨ مليون طن من اللحوم والأسوأ من ذلك هو أن الطلب يرتفع باستمرار. بسبب نمو السكان بالطبع، وأيضاً بسبب ارتفاع المستوى المعيشي العام؛ كلما ازداد ثراء، ازداد استهلاكنا للحم، وتقدر منظمة الأمم المتحدة أن الاستهلاك سيتضاعف بحلول العام ٢٠٥٠. أتدرون المشكلة؟ أين نجد أماكن إضافية لتربية الماشية؟ تقدر دراسة نشرت في

**الجواب:** لأن "سيرجي برين" Sergey Brin المؤسس المشارك، يرى أن تلك التقنية قد تحسن مصير الحيوانات والأرض. يقلل إنتاج اللحم في المختبر معاناة الحيوانات خاصة تأثير تربية الماشية على البيئة. ذلك لأن تلك اليابسة على الأرض اليوم مسكون بالمراعي أو الحقول المخصصة لإطعام الحيوانات. إنها مساحة شاسعة، وتجدر الإشارة

### لحم الاصطناعي بالأرقام

٢٥٠,٠٠٠

يورو، كلفة الأبحاث لصنع البرجر الأول في المختبر.

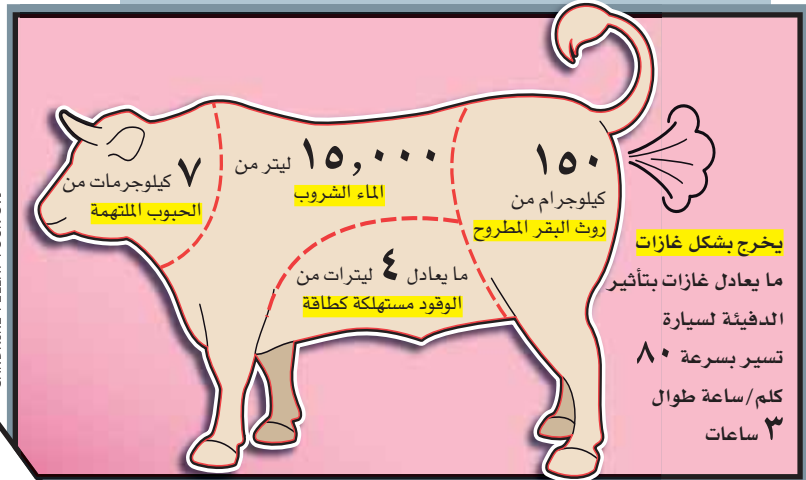
٢٠,٠٠٠

طن من اللحم قد تنتج من عينة واحدة من نسيج عضلي مأخوذ من عجل.

٧

أسابيع استغرقها صنع شريحة اللحم الاصطناعية الأولى.

### مقابل كيلوغرام من لحم العجل من الماشية، نحسب...





٨ لحم "مزروع" في الأنبوب، إنه الأمل أولاً في التخلص يوماً ما من ذبح الماشية.

## كيف نلبي قطعة لحم في المختبر؟

٣

### ١- الاستخراج

يستخرج "مارك بوست" بواسطة إبرة طبية بسيطة قطعة صغيرة من نسيج عضلة البقرة، تحوي تلك العينة الدقيقة عشرات الآلاف من الخلايا.

### ٢- التكاثر

تخزن تلك الخلايا بحرارة ٣٧,٥ درجة مئوية مع كل المغذيات التي تحتاج إليها للنمو. يموت معظمها، وحدها <b>الخلايا الجذعية</b> تزدهر وتتكاثر. قدرتها على التكاثر هائلة بحسب "مارك بوست": [تنتج عينة بسيطة من الخلايا الجذعية (نظرياً) للنسيج العضلي ٢٠ ألف طن من "اللحم المزروع"، أي ١٤٢ مليون شريحة لحم تزن ١٤٠ غراماً].

### ٥- ترانس

لصنع شريحة لحم "عادية" تزن ١٤٠ غراماً، زرع "مارك بوست" ٢٠ ألفاً من حلقات العضلات الصغيرة تلك. استغرقت العملية سبعة أسابيع. يُمزج ذلك الخليط الغريب مع عصير الشمندر والزعفران الذي يضيف عليه لون اللحم، لأنه في غياب الدم، يصبح لون المزيج قريباً من الأصفر.

### ٢- التحول

بعد بضعة أسابيع، عندما تكثر الخلايا الجذعية، تحرم من المغذيات، عندما تجوع، تتوقف عن التكاثر وتتحول إلى خلايا عضلية. تندمج تلك الخلايا ببعضها بعضاً لتشكل أنابيب صغيرة للغاية يبلغ طولها ثلث المليمتر، وهي الخيوط الأولى من النسيج العضلي: الأنابيب العضلية.

### ٤- تقوية العضلات

لزيادة الكتلة العضلية للأنابيب العضلية، ينبغي تمرينها على التقلص، كما يفعل الرياضي عندما يتدرب. يكفي أن نعطي لهذه الرياضية المصغرة مساحة تدريب هلامية تثبت بها وتتقلص وتتضخم، حتى تشكل عضلاً صغيراً حقيقياً: حلقة يبلغ محيطها ١ سم، وتبلغ سماكتها أقل من ١ ملم.

### ٦- الطبخ والتذوق

طبخ قطعة اللحم مع كميات كبيرة من المواد الدسمة. في الواقع، يحوي لحم البقر الطبيعي بين ٥ و ١٥٪ من المواد الدسمة. أما هنا، فلا أثر للمواد الدسمة. بعد أن ينضج اللحم، يبقى تذوقه تحت أنظار الكاميرات.

### إضاءة

**الخلايا الجذعية** هي خلايا يتم الاستنجاذ بها حين يصاب العضل بأضرار، تتميز بقدرتها على التحول إلى خلايا عضلية لتصلح الضرر.



٤

## زراعة لحم بدلاً من قطعان الماشية؟

**الجواب:** لا يبدو هذا محتملاً. لأن هذا يعني فقدان منتجات عدّة أخرى من مصدر حيواني: البيض، والحليب (إذا الألبان والجبن والقشدة...) أو الجلد. ثم إنّه لن يكون من المستحسن للبيئة التخلّي عن تربية المواشي. يقول "جان فرانسوا هوكيت": "لا ينبغي أن نتحصر رؤيتنا للأمور بالأرقام. بالنسبة إلى البقريات مثلاً، إذا اقتصر تفكيرنا على المساحة التي تحتلها، فهذا يعني أن تربية المواشي المكثفة في الحظائر، حيث تكون الحيوانات محشورة في أماكن ضيقة، أفضل من تربية الماشية في

المراعي، إذ تحتل عندئذ كل بقرة حيّزاً أصغر، لكن ذلك المنطق خاطئ لأن المراعي ربما تؤثر إيجاباً في البيئة: فهي غنيّة <بالتنوع الأحيائي> خلافاً لحقول الذرة أو الصويا الضخمة المخصصة لغذاء الأبقار في الحظائر. ومن دون الرعي اليومي للحيوانات، ثمة مساحات شاسعة من الأراضي التي ستبقى بلا زرع فتعود للانضمام للغابة".

أخيراً - وفي سياق فنّ الأكل - لا يُمكن مقارنة لحم المختبر باللحم الطبيعي، وما أبعد "مارك بوست" عن التمكن من إنتاج عضلة كبيرة يمكن

تقطيع شريحة لحم كاملة منها، أي شريحة سميكة غنية بالألياف والدهن والأربطة والعروق، مكونات مذاق ونسيج شريحة اللحم. إنما عليه الاكتفاء

### إضاءة

**التنوع الأحيائي**  
لمنطقة ما هو مجموع أنواع الحيوانات والنباتات المختلفة التي نجدها فيه.

بخيوط لا تزيد سماكتها عن ٥, ٠ ملم... ولن يرتقي منتجه على كونه بديلاً باهتاً، حتى بعد إضافة خلايا دهنية لدى إعداده، وهي المرحلة التالية من أعماله البحثية.

## كيف سيكون شكل لحم المستقبل؟

**الجواب:** بعد ثلاثين عاماً، ربما ننمي لحمنا في مطبخنا. بل يتخيّل "مارك بوست" أننا قد نشترى

خلايا جذعية مجفّفة على الإنترنت، وقد يكون مصدرها أي حيوان كان: بقرة، خروف، "وأيضاً

نمر أو بطريق، لم لا؟". تضعونها بعد ذلك في "آلة صنع اللحم"، وهي آلة ما بين آلة صنع الخبز وآلة صنع اللبن، فلا يبقى سوى الانتظار لتتكاثر. يبدو هذا السيناريو الجنوني إلى حدّ ما غير مرجّح من وجهة نظر "ويم فيربيكي" Wim Verbeke، الذي يدرس سلوك المستهلكين في جامعة غاند (Gand) في بلجيكا. وفقاً له، شراء اللحم المزروع في المختبر من المتاجر قد يكون منفرّجاً. لكن هذا المنتج ربّما يجد منفذاً في سوق الأطباق المحضّرة. قد يستعمله الصناعيون في الواقع كمادّة أولية لأطباق اللازانيا أو البيتزا، شريطة أن تقلّ تكلفة منتج المختبر هذا كثيراً عمّا يكلفه اليوم، بالطبع. ■

> ٧ أسابيع لتمية شريحة لحم: وصفة "مارك بوست" طبيعية، لكن فترة التحضير لا تزال طويلة!



### للاستزادة

تشاهدون تدوّن اللحم في المختبر على [svjlesite.fr](http://svjlesite.fr) عند طبع "frankenburger".

- (1) MIAM! DE LA VIANDE DE SYNTHÈSE..., Science & Vie Junior 290, PP 20-23  
(2) Jérôme Blanchart

# أسئلة وأجوبة<sup>(1)</sup>

## دعابة

كان الدنماركي نيلز بور  
Niels Bohr، الفائز بجائزة  
نوبل في الفيزياء للعام  
١٩٢٢، منظرًا ممتازًا لكنّه  
لم يكن بارعًا في الأعمال  
التطبيقية. لذلك عندما  
وقع انفجار في جامعة  
كوبنهاغن في أحد الأيام،  
صرخ الأساتذة الآخرون:  
"لا بدّ من أنه بور!".



## هل من ضجة في الفضاء؟

تَمَّ - عبر الهواء والماء أو حتى عبر الفولاذ بسرعات مختلفة. المشكلة: في الفضاء، لا مادة، بل فراغ فحسب. فلا تنتقل الموجات السمعية نتيجة غياب سندا مادي لها، ويعمّ الصمت المكان، وبخلاف ما نسمعه في أفلام "حرب النجوم" (Star Wars) أو ستار تريك (Star Trek)، لا تُحدث المركبات الفضائية أي صوت أثناء تحركها، أو عند انفجارها.

A.H.

كلا. صدقوا الجملة التي زينت ملصق فيلم الرعب الشهير "ألين الراكب الثامن" (Alien, the 8th Passenger): "في الفضاء، لن يسمع أحد صراخكم!" في الواقع، يتألف الصوت من موجات صوتية، أي ترددات شبيهة بالموج، وعلى غرار الموج الذي يسافر في البحر، تحتاج تلك الموجات إلى وسط مادي لتتحرك. ينتقل الصوت - من



## الأرقام العشرة...

### ...عن أسماك القرش

٤٣٠ مليون سنة <

إنه تاريخ ظهور أسماك القرش الأولى.

٣٠,٠٠٠ <

إنه عدد الأسنان التي يفقدها القرش (تتموله أسنان جديدة باستمرار).

٥٠٠ <

جنس من القرش أصبح مفهراً اليوم.

٦٩ كلم / ساعة <

إنها أقصى سرعة يمكن أن يبلغها القرش الأزرق، الأسرع في العالم.

٦٠ سنة <

إنه طول عمر القرش-الحوت، وهو رقم قياسي عند كلاب البحر!

٢٥ سنتم <

إنه طول القرش-القط القزم Eridacnis radcliffei وهو الأصغر في العالم.

٦ سنتم <

إنه متوسط طول سن من أسنان القرش الأبيض العظيم.

٥ <

إنه عدد أنواع أسماك القرش (من أصل ٥٠٠) التي تشكل خطراً على الإنسان.

٣ <

إنه عدد أسماك القرش التي تقتل كل ثانية.

١ كلم <

إنها المسافة التي يمكن لسمكة قرش أن تحدد موقع طريدة فيها.

## كم من الوقت يمكننا البقاء على قيد الحياة غائصين في الماء حتى رقابنا؟

بضع دقائق إذا كان الماء جامدًا، لكننا لن نضمد وقتًا أطول حتى إن كانت حرارة الماء جيدة. لأسباب لا نفهمها جيدًا، تكره بشرتنا الفوص في الماء وقتًا طويلاً، فهي تتلف بعد بضعة أيام، وحتى لو كان الماء معقمًا، وجود جراثيم على البشرة كفيل بإحداث الالتهابات. يُضعف ضغط الماء -وهو أقوى من ضغط الهواء- دورة الدم في أطراف الأعضاء فيصعب التنفس. باختصار، لا تناسبنا الإقامة في الماء. S.D.



M. MANINI / LES AQUAMENS / WWW.MACHTERN.ORG

## ما الحيوان الأخطر على الإنسان؟

إن العدو الأول للجنس البشري لا أنياب له ولا مخالب، يبلغ طوله أقل من سنتيمتر واحد، هو أقل إثارة للروع من سمك القرش وهو أنثى؛ إنه أنثى البعوض! قد تنقل أنثى البعوض، عندما تلدغ الإنسان لتأمين القوت لصغارها، كل أنواع الأمراض التي ربّما تكون مميتة له، مثل: الحمى الصفراء، والذئب وفيرس شيكونغونيا chikungunya خاصةً الملاريا. يودي مرض الملاريا بحياة شخص في العالم كل ثلاثين ثانية، أي أكثر من مليون ضحية في السنة. يأتي بعدئذ في التصنيف: الأفاعي، التي تتسبب بمقتل ١٠٠ ألف شخص في السنة. ثم تتبعها العقارب (٥٠ آلاف ضحية في السنة) ثم التماسيح (٢٠٠٠ ضحية في السنة) أمّا أسماك القرش، فتأتي عنها في التصنيف: إذ تتسبب أنيابها بمقتل معدل ١٠ أشخاص في السنة فقط. A.H.







## ما الفرق بين...؟

### رائد الفضاء وبين الملاح الكوني؟

BENJAMIN LECLERC POUR SVJ



رؤاد الفضاء  
والملاحون الكونيون  
وأيضاً جواله الفضاء  
ورحالة الفضاء،  
بمارسون كلهم المهنة  
نفسها: يسافرون في  
الفضاء. الجذر -  
naute يأتي في الواقع  
من اليونانية nautes  
وتعني إبحار. لماذا  
إذا لا يحملون كلهم  
الاسم نفسه؟ رغبت  
كل جنسية في الواقع  
في التميز من غيرها  
بإضافة بادئة مختلفة  
لتحديد مسافريها  
في الفضاء. من ثم،  
يسافر رؤاد الفضاء  
الأمريكيون بين  
النجوم (أسترون  
astron في اليونانية)  
فيما يسافر الملاحون  
الكونيون الروس في  
الكون (كوسموس  
kosmos في اليونانية).  
والأوروبيون  
والصينيون يسافرون  
معاً في الفضاء الذي  
يسمى سباسيوم  
spatium في اللاتينية  
وتايكون taikon  
في اللغة الصينية  
الشمالية.

## من قال؟

### "لا تزعج حلقاتي!"

أرخميدس. نطق العالم  
اليوناني بهذه الجملة في العام  
٢١٢ قبل الميلاد، عندما مشى  
جندي روماني على رسومه  
الهندسية. فدفع أرخميدس  
حياته ثمناً لجرأته.



WHITE IMAGES/LEEMAGE



## هل يسمح طبخ اللحم بالحفاظ عليه مدة أطول؟

(سؤال طرحه أديان، ١٢ عاماً، من برلين).

واحدة. اطمنئثوا! فإن طبخ اللحم  
بحرارة تناهز ٨٠ درجة مئوية يقضي  
على الجراثيم التي تتكاثر فوقها بصورة  
طبيعية، ومنها ما هو ضار بالصحة. بعد  
أن تطبخ قطعة اللحم، تبقى صالحة  
لأكل يومين أو ثلاثة، أي قبل أن  
تتكاثر فيها الجراثيم مجدداً. **M.D.A.**

**أجل!** في أحد الأيام، تدركون وأنتم  
تفتحون باب برادكم أن قطعة اللحم  
الموضوعة فيه وتزن كيلوغراماً شارفت  
على استنفاد صلاحيتها، أي التاريخ  
الذي ينصح بعده بعدم تناولها. لسوء  
الحظ، وعلى الرغم من نهمكم الشديد،  
من المستحيل أن تتناولوها في وجبة

«MODERNIST CUISINE» - THE COOKING LAB. LLC



في العدد القادم





# ع ورش لترميم الأرض



مجلة العلوم والتقنية للفتيان على الموقع الإلكتروني

<http://publications.kacst.edu.sa>

