

الحساب المكثف : أداة استثنائية لفهم كوكب الأرض¹

بالتعاون مع : أوليفي بيرونو Olivier Pironneau²

ترجمة الطالبتين : إيمان بلقاضي

جهاد بهيج

لا شك أنكم تعرفون قانون مور³ Moore؟ لاحظ السيد مور الرئيس السابق لشركة إنتل أن سرعة الحواسيب تتضاعف كل 18 شهر. وعلى الرغم من محدودية علم الإلكترونيك النانوي، لا يزال قانون مور صالحا وذلك لأنه يتم تحسين الأداء بمضاعفة كثيفة لعدد وحدات الحساب بكذا بفضل بنية هرمية هجينة تعمل بالتوازي. في عام 2007، قدّرت أكاديمية العلوم الفرنسية في تقريرها حول الاندماج النووي⁴ أنه بمراعاة التقدم الحاصل في الطرق العددية وتزايد قدرة وسائل الحساب فإننا نضاعف 5 مرات إمكانياتنا كل سنتين.

في الوقت الراهن، نجد أحد أقوى الحواسيب الفائقة⁵ في مخبر أوك-ريدج القومي⁶ Oak-Ridge National Lab (الولايات المتحدة الأمريكية) : يحتوي هذا الحاسوب على 299008 نواة حوسبة و 18688 مُسرّع بيانات، لكل مُسرّع منها 2688 نواة حوسبة. وتصل قدرته القصوى إلى 20 بيتافلوب في الثانية Petaflop/s (أي 20 بليار 10^5) عملية أساسية عائمة في الثانية الواحدة، ما يعادل 100 ألف حاسوب

¹ العنوان الأصلي للمقالة : LE CALCUL INTENSIF : UN OUTIL EXCEPTIONNEL POUR LA COMPRÉHENSION DE LA PLANÈTE TERRE

موقعها الإلكتروني :

<http://www.breves-de-maths.fr/le-calcul-intensif-un-outil-exceptionnel-pour-la-comprehension-de-la-planete-terre/>

² انظر صفحته المهنية : <https://www.ljll.math.upmc.fr/pironneau/>

مخبر جاك لويس - ليونس J.-L. Lions، انظر الموقع :

<https://www.ljll.math.upmc.fr/>

جامعة بيير وماري كوري (جامعة السوربون) Univ. Pierre et Marie Curie، انظر الموقع :

<https://www.sorbonne-universite.fr/universite>

عضو أكاديمية العلوم الفرنسية، انظر الموقع :

<https://www.academie-sciences.fr/fr/>

³ انظر الموقع : https://en.wikipedia.org/wiki/Gordon_Moore

⁴ انظر الموقع : <https://www.edp-open.org/images/stories/books/fulldl/rapport6.pdf>

⁵ انظر الموقع : <https://www.top500.org/>

⁶ انظر الموقع : <https://www.olcf.ornl.gov/olcf-resources/compute-systems/titan/>

محمول من الأجهزة الحديثة). تكمن إحدى المهام الرئيسية لهذا الحاسوب الفائق في محاكاة المناخ.



تيتان Titan هو أقوى حاسوب في العالم بذاكرة حية تصل إلى 600 تيرا أوكتي (To).

نشير إلى أن الحاسوب الفائق تيرا-100⁷ (100-TERA)، الذي تمتلكه المفوضية الفرنسية للطاقة الذرية والطاقات البديلة (CEA) كان أول من تجاوز حاجز سرعة بيتافلوب/ثا في أوروبا : إذا تمكن كل إنسان على كوكب الأرض من إجراء عملية واحدة في الثانية، سيستغرق كل سكان المعمورة 48 ساعة لإجراء عدد العمليات التي يجريها الحاسوب تيرا-100 خلال ثانية واحدة. كما تم تطوير الحاسوب الفائق كوري⁸ في إطار مشروع شراكة الحوسبة المتقدمة في أوروبا⁹ (PRACE). وقد نُصّب في بلدية بروبير-لو-شاتيل Bruyères-le-Châtel قرب باريس، وهو مفتوح أمام العلماء الأوروبيين، ويتميّز هذا الحاسوب بكونه من أقوى الحواسيب في أوروبا بقدرة تعادل 2 بيتافلوب/ثا.

أفضت هذه القدرة الحوسبية الهائلة إلى ظهور عدة إشكاليات تكنولوجية ورياضياتية على حد سواء. وهكذا، يصبح استهلاك الطاقة، في هذا المستوى من الأداء، رهانا جادا : على سبيل المثال فإن القدرة الكهربائية اللازمة لتشغيل الحاسوب تيرا-100 وتبريده تقدر بـ7 ميغاواط، وهذا يعادل ما يتطلبه محرك القطار الفائق السرعة (TGV). من جهة أخرى، فإن البيانات التي ينبغي معالجتها ضخمة جدا : في يوم واحد، يوفر تيرا-100 ما يعادل الحجم المرقم للمؤلفات التي تحتويها المكتبة الوطنية الفرنسية.

لقد أصبحت هذه الكميات ثقلا كبيرا على المدد اللازمة للاتصالات، ولنقل المعلومات وحفظها؛ وهو ما يؤثر بصفة سلبية على حسن الأداء إذا ما لم تُتخذ التدابير المناسبة عند التصميم. على سبيل المثال :

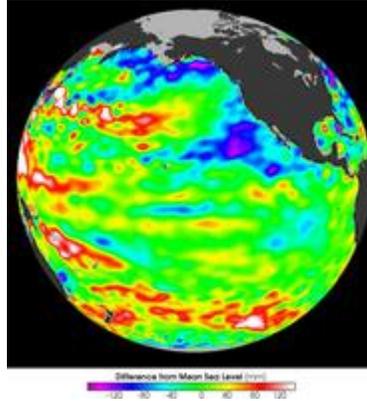
⁷ انظر الموقع : https://en.wikipedia.org/wiki/Tera_100

⁸ انظر الموقع : <http://www-hpc.cea.fr/fr/complexe/tgcc.htm>

⁹ انظر الموقع / <http://www.prace-ri.eu/>

نجري عمليات حسابية باستخدام ربع نواة المفاعل النووي الحراري التجريبي الدولي ¹⁰ (Iter) لمدة تشغيل مئتيانية واحدة فيستدعي ذلك 10^9 مجهولا. تتطلب المعالجة البيانات 31 يوما باستخدام 8192 معالجا، وينتج لدينا 6.7 تيرا أوكتي من البيانات. لاستعراض ومشاهدة مثل هذه البيانات، تم تطوير تقنيات جديدة مزودة بما يسمى بجدران من الصور مخصصة للمحاكاة العددية، مثل الجدار المستعمل في المفوضية الفرنسية للطاقة الذرية والطاقات البديلة ¹¹ (CEA) لبرامجها الخاصة بالبحوث النووية.

يتطلب الاستغلال الفعال لهذه الآلات تصميم الحساب بطريقة جديدة، ويفرض علينا برمجة بشكل مختلف عن المؤلف. يجب الوصول إلى تجزئة المسألة وتوزيع الأجزاء على جميع المعالجات لنتحكم فيها بشكل أفضل. فإما أن يكون التطبيق بالتوازي بحكم طبيعته -كما هو حال خوارزميات مونت كارلو ¹² Monte-Carlo- وإما يجب تقسيم الميدان الحسابي ¹³ إلى ميادين جزئية، مع مراعاة تحسين تبادل المعلومات إلى أقصى الحدود بين مختلف النوى المسؤولة عن كل ميدان من هذه الميادين الجزئية.



إبراز الظاهرة المناخية "النينيو" (Niño) عن طريق محاكاة عددية لدورة المحيط.

تمثل الحواسيب الفائقة أدوات استثنائية لاستكشاف ما هو غير مرئي -العملاق، واللامتناهي الصغر، واللامتناهي التعقيد- شريطة أن تتوفر لدينا معرفة متينة بفيزياء الظواهر المدروسة. والغريب أن ذلك لا يكفي لهذه المهمة، حتى عندما تدخل الحواسيب الإكزافلوپية exaflop computer (تلك التي تقوم بـ 10^{18} عملية أساسية في الثانية) مرحلة التشغيل في حدود عام 2020. يبدو أن انتشار الأخطاء في البيانات التجريبية

¹⁰ انظر الموقع : <https://www.iter.org/fr/accueil>

¹¹ انظر الموقع : <http://www.cea.fr/Pages/domaines-recherche/energies.aspx>

¹² انظر الموقع : https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method

¹³ انظر الموقع : <http://calcul.math.cnrs.fr/Documents/Ecoles/ET2011DD/MGander.pdf>

والرقمية لا يمكن تفاديها إلا من خلال مراعاة جوانب عشوائية في النماذج الرياضية. كما أنه من الصعب مراعاة الظواهر متعددة المستويات في التقريبات العددية، فضلا عن كونها مقيدة بشروط استقرار¹⁴ خوارزميات المسائل المرتبطة بالزمن. نلاحظ أن عوامل عدم الاستقرار غير الخطي تؤدي إلى إفشال الحسابات ما لا يتم التحكم في تلك العوامل. لذا نحن نتكلم على الرياضيات للتخلص من كل هذه العوائق وإعطاء مصداقية للنتائج العددية.

للاستزادة :

- عدد لمجلة Usine Nouvelle حول المحاكاة العددية، انظر الموقع :
http://www.teratec.eu/library/pdf/doc/presse/2013_04_Usine_Nouvelle_Simulation.pdf
- عدد لمجلة La Recherche حول الحواسيب الفائقة، انظر الموقع :
http://www.teratec.eu/library/pdf/doc/presse/2012_11_La_Recherche.pdf
- موقع التجهيزات الكبرى الوطنية (الفرنسي) للحوسبة المكثفة (GENCI):
<http://www.genci.fr>
- موقع شراكة الحوسبة المتقدمة في أوروبا (PRACE) :
<http://www.prace-ri.eu/>

مصدر الصور :

- مخبر أوك-ردج الوطني ORNL – Oak Ridge National Laboratory.
- مشروع تحديد وتحسين النظم في الفيزياء والبيئة – المعهد القومي الفرنسي للبحث في العلوم العددية
.Inria, projet IDOPT

¹⁴ انظر مقالة من نفس السلسلة بعنوان : QUOI MA CFL, QU'EST-CE QU'ELLE A MA CFL ?

موقعها الالكتروني :

<http://www.breves-de-maths.fr/quoi-ma-cfl-quest-ce-quelle-a-ma-cfl/>