



# Au cœur d'un superordinateur

A priori, une chapelle vieille de plus de 200 ans et un superordinateur n'ont rien en commun. Pourtant, ils cohabitent splendidement à Barcelone, où l'un sert d'écrin à l'autre. Visite au cœur de la Catalogne.

PAR NOS ENVOYÉS SPÉCIAUX. TEXTE : JULIEN CADOT — PHOTOS : PHILIPPE CARON

ON SE RETIENT PRESQUE DE PARLER À HAUTE VOIX DANS CE LIEU OÙ LES REPRÉSENTATIONS DE LA VIERGE MARIE ET DU CHRIST CÔTOIENT L'UNE DES PROUESSES TECHNOLOGIQUES LES PLUS AVANCÉES DE NOTRE TEMPS.

Barcelone, neuf heures du matin. Le taxi se dirige vers l'Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), un campus scientifique et technologique à deux pas du Camp Nou. Quelques étudiants se baladent avec des roses dans les rues qui bordent l'université: c'est la Sant

Jordi (Saint-Georges) et la tradition veut que l'on s'offre des fleurs et des livres. Mais au-delà des amphithéâtres et des salles de classe, l'UPC abrite un appareil unique en son genre dans la région et en Europe: un superordinateur installé dans une chapelle.

Imaginez une salle dans laquelle tournent 48 896 processeurs, tous reliés les uns aux autres, pour effectuer des calculs qui demandent énormément de puissance pour être réalisés.

Les 6 112 processeurs fournis par Intel comptent chacun 8 cœurs et sont cadencés à 2,6 Ghz, ce qui permet au superordinateur de réaliser 1 100 trillions d'opérations par seconde. Les données générées sont stockées à côté, sur un réseau de disques durs totalisant plus de 5,6 petabytes sur 3 200 disques durs. Voilà, en quelques chiffres, ce qu'est MareNostrum, le superordinateur le plus puissant d'Espagne, dont la prochaine évolution est prévue

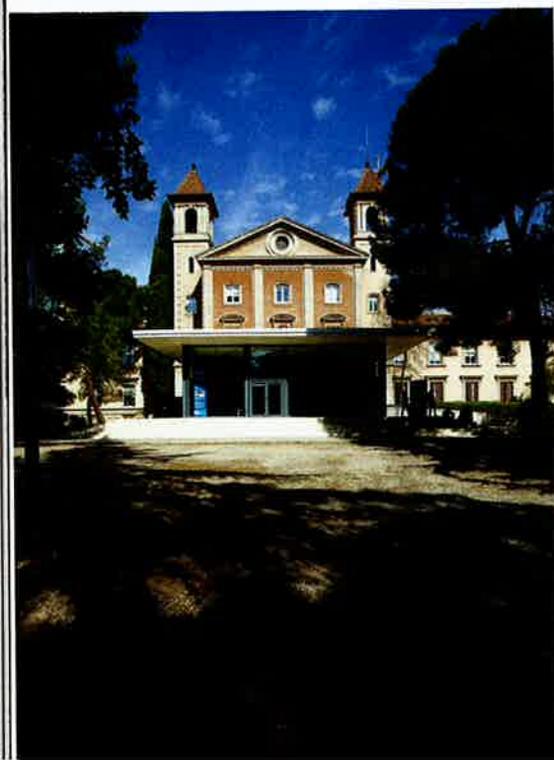
pour fin 2016. Certes, MareNostrum n'est pas le superordinateur le mieux équipé du monde, ni même d'Europe. Pangea, l'engin de Total inauguré en 2014 en France peut, par exemple, réaliser 2,3 millions de milliards d'opérations en une seconde. Sans parler du Tianhe-2 chinois qui compte 3,1 millions de cœurs sur ses 80 000 processeurs. En revanche, il est le seul à avoir eu l'audace de prendre ses quartiers dans une chapelle, ce qui donne à l'ensemble un côté science-fiction mystique qu'on pourrait trouver sans mal au détour d'une page de *Dune* de Frank Herbert.

#### Les processeurs sous les vitraux

Plongées dans l'obscurité, les immenses tours de métal à cœur ouvert qui accueillent les cartes mères sont baignées par la lumière douce des vitraux qui ont été laissés aux fenêtres. Les colonnes qui soutiennent la voûte de la chapelle donnent au lieu un caractère solennel. En entrant la première fois, on se retient presque de parler à haute voix dans ce lieu où les représentations de la Vierge Marie et du Christ côtoient l'une des prouesses technologiques les plus avancées de notre temps. Cette ambiance est renforcée par le faux plafond en toile rouge, hérité des précédentes affectations du lieu, qui bloque les rayons du soleil et qui n'a pas été pensé pour le MareNostrum. Quand les ingénieurs ont mis en place le superordinateur, ils n'ont pas pensé à enlever cet accessoire architectural désormais inutile. Et aujourd'hui, personne ne sait comment s'en débarrasser sans risquer d'abîmer la machine complexe qui se trouve en dessous.

Cette anecdote n'est qu'une partie de l'histoire de MareNostrum. La chapelle Torre Girona n'a pas été construite par l'université: au tournant du XIX<sup>e</sup> siècle, le terrain appartenait à un notable espagnol qui en avait fait sa résidence secondaire. C'est à ce moment-là, nous raconte Gemma Ribas, responsable de la communication du MareNostrum, que les

La chapelle Torre Girona, construite au XIX<sup>e</sup> siècle, abrite le superordinateur MareNostrum depuis 2005.

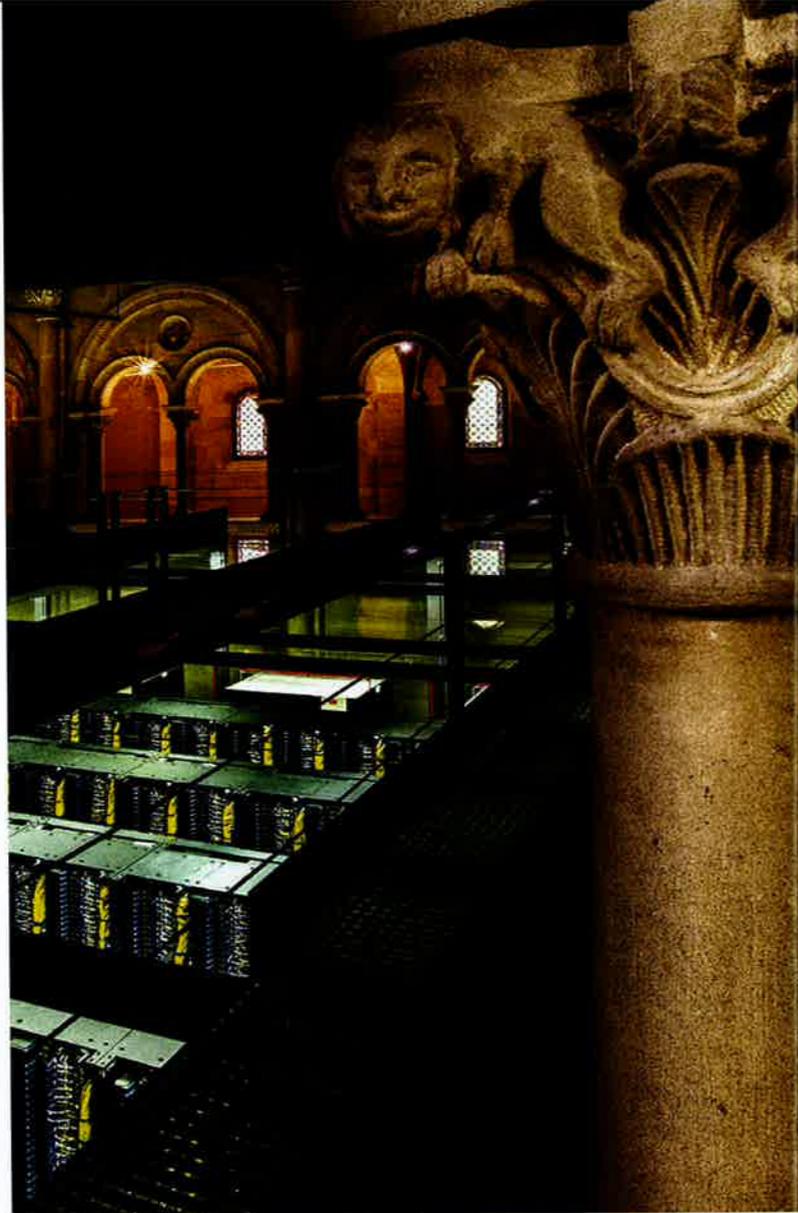


principaux édifices anciens qu'on peut voir sur le site ont été construits. La chapelle a ensuite été reconvertie en école pour nonnes. Cela aurait pu être son dernier usage si la ville de Barcelone n'avait pas décidé, en 1971, que le site deviendrait un pôle visant à rassembler les universités d'architecture et de technologie, dont la fondation remontait au XIX<sup>e</sup> siècle. À partir de là, l'histoire de la chapelle sort de la religion. Les premiers recteurs de l'université ne savent pas trop quoi en faire: son sol devient alors un entrepôt pour l'université et parfois une salle des fêtes pour les étudiants. « C'est là qu'on nous remettait nos médailles pour le championnat de foot de l'université », lance Guillaume Houzeaux, responsable du département d'application de l'informatique à la science et à l'ingénierie.

### Un simulateur de cœur humain

Et puis, pour expliquer le choix d'installer MareNostrum en ce lieu en 2005, il y a l'anecdote qui se raconte dans les laboratoires du Barcelona Supercomputing Center (BSC) et sur les bancs de l'université. « Quand on a cherché un endroit pour installer MareNostrum, la chapelle a été proposée un peu comme une blague. On raconte que l'idée a tout de suite plu au recteur communiste, qui s'est réjoui de faire entrer la science dans un lieu autrefois dédié au culte. » Mais c'était avant tout une question de place: sur le campus, elle manque cruellement. Les bâtiments actuels occupés par les équipes de chercheurs, qui sont aujourd'hui presque 400, sont des lieux prêtés par l'université. L'immeuble réservé au BSC, construit derrière la chapelle, est encore en travaux aujourd'hui: à cause de la crise, les financements ont été stoppés. La construction a repris il y a peu et tous espèrent pouvoir investir les lieux en 2015 ou en 2016.

Ce nouveau bâtiment sera d'une importance capitale pour la recherche car il accueillera la première extension de MareNostrum, qui ne



peut plus grandir: ses systèmes principaux, son dispositif de stockage et son refroidissement occupent déjà toute la place dans la chapelle. Faisant partie du réseau PRACE (Partenariat européen d'informatique avancée), MareNostrum est un superordinateur dont la plupart des opérations sont menées par des laboratoires situés un peu partout en Europe. Seule une petite partie de sa puissance est utilisée par les groupes qui travaillent sur place et, ici, plusieurs branches des sciences sont représentées.

En sciences de la Terre, les équipes du BSC travaillent sur les changements climatiques, la qualité de l'air en milieu urbain ou encore le transport de poussière minérale. La puissance d'un superordinateur est particulièrement utile quand il s'agit de chercher à simuler par exemple la propagation des grains de sable depuis les déserts africains vers les côtes

« QUAND ON A CHERCHÉ UN ENDROIT POUR INSTALLER MARENOSTRUM, LA CHAPELLE A ÉTÉ PROPOSÉE UN PEU COMME UNE BLAGUE. »

européennes, en fonction des vents. En ingénierie, les simulations sont souvent réalisées en partenariat avec des entreprises. « Nous avons fait un simulateur de cœur humain qui a gagné plusieurs prix, commente Guillaume Houzeaux. Il s'agit d'une simulation depuis la propagation de l'électricité dans le cœur, comment elle le stimule mécaniquement et comment cette pompe interagit avec le reste du corps. »

### Plus de 40 000 visiteurs

Un autre projet particulièrement intéressant, en collaboration avec des médecins anglais, concerne les médicaments en spray: personne ne sait aujourd'hui exactement quelle est la meilleure manière de les utiliser. « On fait tourner une simulation sur le superordinateur de tout l'écoulement d'air dans le système respiratoire et on y injecte des particules pour savoir où elles sont déposées. » Les résultats de cette recherche pourront permettre aux laboratoires de donner des signes précises sur les notices. À cela s'ajoutent des projets sur la propagation des cendres volcaniques, des recherches autour du génome ou encore autour de l'optimisation de parcs éoliens.

La facture dépasse le million d'euros en électricité tous les ans, alors les yeux se tournent aujourd'hui vers le département des sciences de l'informatique, qui travaille à l'assemblage d'un nouveau type de superordinateur, bien moins énergivore. Et pour cause: cet appareil nommé Mont-Blanc, encore à l'état de prototype, fonctionne uniquement avec des processeurs à basse consommation, ceux qu'on retrouve dans les smartphones et les tablettes. « On est toujours dans une optique d'optimisation de la



performance par rapport à la consommation. Car ce n'est pas tout d'avoir cette machine, il faut aussi que nos simulations puissent tourner dessus. », commente Guillaume Houzeaux. Cette course à la puissance est toujours nécessaire dans le monde des superordinateurs qui ont reçu un label d'excellence: quand MareNostrum est sorti, c'était la première machine européenne de ce genre et la quatrième mondiale en termes de puissance. Mais qu'importent les classements: s'il est dépassé par des appareils chinois ou américains, MareNostrum est un énorme succès, aussi bien pour la science que pour le tourisme.

Depuis son ouverture, plus de 40 000 visiteurs ont pénétré dans l'enceinte de la chapelle Torre Girona pour aller sentir les vibrations du superordinateur, accompagnés par des chants grégoriens de circonstance. ●

L'ingénieur français Guillaume Houzeaux travaille au quotidien à des applications concrètes grâce à MareNostrum.

Avec une facture d'électricité de plus d'un million d'euros par an, le défi du futur vise à utiliser des processeurs basse consommation.

