

SCIENCE

connection

49

décembre 2015 - janvier 2016



www.scienceconnection.be
paraît cinq fois l'an
bureau de dépôt: Bruxelles X
/ P409661
ISSN 1780-8456



recherche



espace



nature



art



documentation

Politique scientifique fédérale



belspo .be

Le magazine de la POLITIQUE SCIENTIFIQUE FÉDÉRALE



recherche



espace



nature



art



documentation

La Politique scientifique fédérale, outre la Direction générale 'Recherche et Spatial' et les Services d'appui, regroupe des Établissements scientifiques fédéraux et des Services de l'État à gestion séparée.

Etablissements scientifiques fédéraux



Archives générales du Royaume
Archives de l'Etat dans les provinces
www.arch.be



Bibliothèque royale de Belgique
www.kbr.be



Centre d'Etudes et de Documentation
Guerre et Sociétés contemporaines
www.cegesoma.be



Cinémathèque royale de Belgique
www.cinematek.be



Musées royaux des Beaux-Arts de
Belgique
www.fine-arts-museum.be



Musées royaux d'Art et d'Histoire
www.mrah.be



Institut royal du Patrimoine artistique
www.kikirpa.be



Institut royal des Sciences naturelles
de Belgique / Muséum des Sciences
naturelles
www.sciencesnaturelles.be



Musée royal de l'Afrique centrale
www.africamuseum.be



Observatoire royal de Belgique
www.astro.oma.be



Institut royal météorologique de
Belgique
www.meteo.be



Institut d'Aéronomie spatiale de
Belgique
www.aeronomie.be



Planétarium de l'Observatoire royal de
Belgique
www.planetarium.be

Institutions partenaires



Institut Von Karman
www.vki.ac.be



Fondation universitaire
www.fondationuniversitaire.be



Fondation Biermans-Lapôte
www.fbl-paris.org



Academia Belgica
www.academiabelgica.it



Académie royale des
Sciences d'Outre-mer
www.kaowarsom.be



Académie royale des
Sciences, des Lettres et des
Beaux-Arts de Belgique
www.academieroyale.be

Sommaire

2

Editorial

4



Île de Pâques
et la Mission
archéologique belge

8



Happy BEarthday
STEREO!

12

2050 - Une brève
histoire de l'avenir

18



Sur les traces des
caravanes...

22

DEMOCRITOS - La
dynamique des
fluides et l'Institut von
Karman

26

La taxidermie, un
métier en constante
évolution

28



237 séismes en 1 an et
demi

32

De découverte en
découverte à travers
plus de 600 ans de
cartographie

36



Cartesius - Quatre
établissements
fédéraux présentent
leurs cartes

40

Au plus près du Soleil

45

Sarcophagi - Sous les
étoiles de Nout

Editorial

ICONOCLASME

En mai 2015, le groupe terroriste EI s'emparait de Palmyre, cité antique du désert syrien. Les ruines de la 'ville aux mille colonnes' ont tenu bon durant les premières semaines qui ont suivi cette conquête. L'espoir de voir l'EI épargner ce site archéologique romain, classé à juste titre au Patrimoine mondial de l'UNESCO, était alors encore permis. En août, les temples de Baalshamin et de Bél ont malheureusement été anéantis l'un après l'autre.

Bien plus que l'élimination physique des opposants, la destruction d'artefacts et de l'art en général constitue une tentative d'exterminer radicalement une civilisation. La civilisation, c'est une rencontre avec l'autre, une rencontre avec ce qui est différent. La civilisation, c'est aussi un mouvement d'empathie et de tolérance envers l'autre, envers ce qui est différent. La civilisation, ce n'est pas considérer l'autre ou ce qui est différent comme une menace. L'art et la culture constituent par excellence les modes d'expression et de reconnaissance de la civilisation.

Même si elle est, hélas, vieille comme le monde, la destruction de l'art et de la culture doit pour cette raison être considérée comme une forme d'intolérance d'une exceptionnelle violence. Une société hostile à l'art est une société qui veut fermer les yeux sur elle-même, qui n'est plus en état de regarder plus loin que son propre horizon et qui n'aspire plus qu'à une chose : l'uniformité.

Une société ne peut dès lors jamais se laisser aller à faire preuve d'iconoclasme. Une société qui se respecte accorde au contraire énormément de valeur à la conservation et à la transmission du patrimoine culturel d'une génération à l'autre. Cela contribue en effet incontestablement à la qualité de vie de la société, qui reflète les différentes conceptions idéologiques et philosophiques.

En Belgique, les Établissements scientifiques fédéraux jouent un rôle capital dans la transmission du patrimoine de la génération actuelle aux futures, notamment par l'intermédiaire d'expositions permanentes ou temporaires de haute valeur. Ainsi, j'ai pu ouvrir cette année à l'IRSNB l'exposition permanente de la Galerie de l'Homme, qui illustre l'évolution de l'Homme, ainsi que l'exposition temporaire *Sarcophagi* aux MRAH.

La présentation qualitative de ces expositions et, par extension, du patrimoine diversifié de nos musées va de pair avec la qualité de la recherche scientifique effectuée dans nos ESF. Je milite donc en faveur d'un soutien constant de la compétence culturelle dans le domaine scientifique, une partie tout aussi essentielle qu'inéluctable du fonctionnement des ESF.



Elke Sleurs
Secrétaire d'État à la Politique scientifique

© Bart De Waele

LES GARDIENS DE MÉMOIRE

Les Établissements scientifiques fédéraux remplissent tous un rôle capital : celui de gardien de la mémoire pour les générations futures, tant envers le grand public - par l'intermédiaire d'expositions temporaires et de publications - qu'à l'égard du monde très spécialisé de la Science. Non seulement ils gèrent des collections de taille et de très grandes valeurs, telles que les archives, publications, livres, peintures, sculptures, objets d'art, objets archéologiques et ethnographiques, spécimens naturels et zoologiques notamment, mais ils assurent également la gestion et le traitement des données qui proviennent des missions spatiales ou scientifiques, d'expéditions et de fouilles. Les Établissements scientifiques fédéraux comptent parmi les institutions les plus anciennes de Belgique et ont acquis un patrimoine artistique, culturel et scientifique d'une richesse exceptionnelle. Celui-ci a été inventorié et dévoilé au public, et un transfert d'intérêt et de connaissance vers le grand public a également été organisé.

Le *Science Connection* vous donne néanmoins accès à une infime partie de l'iceberg que représente ce patrimoine, principalement sur le plan des résultats des recherches en cours et des biens culturels uniques. Nous devons toujours garder à l'esprit que la gestion de ce patrimoine constitue une tâche ardue dans laquelle la conservation, la restauration, la sécurisation et l'ouverture au public représentent des parties essentielles de l'ensemble. Force est de reconnaître avec fierté que leurs collections, leurs recherches scientifiques ainsi que leur gestion des données sont très appréciées, tant au niveau national qu'international. Pour s'en faire une idée précise, il suffit de dénombrer les multiples liens de coopération nationaux et internationaux qu'ils établissent dans de très nombreux domaines.

A l'heure de l'ère informatique et de la transmission électronique des données, les exigences du grand public ne font que croître. C'est la raison pour laquelle les Établissements scientifiques fédéraux et Belspo poursuivent leur route dans le sillage des évolutions technologiques et des innovations : projets de digitalisation, *Open Access*, mise à disposition en ligne des données et des biens culturels, et cela en dépit des restrictions budgétaires et de la diminution des ressources. Ce magazine *Science Connection* sera également amené dans les prochains mois à suivre les traces de ces évolutions technologiques tout en maintenant la même qualité rédactionnelle.

C'est dans ce contexte particulièrement difficile que je voudrais vraiment remercier tous les directeurs généraux, tous les scientifiques, conservateurs et collaborateurs des Établissements scientifiques fédéraux ainsi que le personnel de Belspo pour le remarquable travail accompli et qui continuent malgré la période de transition administrative que nous vivons actuellement à assurer de manière professionnelle ce rôle indispensable de conservateur de mémoire.

René Delcourt

Président a.i. du Comité de direction de la Politique scientifique fédérale



Sur les pentes du Rano Raraku, le volcan qui servit de carrière, des statues sont plantées aux deux-tiers dans le sol, ne laissant apercevoir que leurs bustes. D'aucuns pensent qu'elles étaient en attente d'un transport que des circonstances graves ont empêché.

ÎLE DE PÂQUES

UN MONUMENT EXCEPTIONNEL MIS EN ÉVIDENCE PAR LA MISSION ARCHÉOLOGIQUE BELGE

Nicolas Cauwe

L'archéologie des catastrophes

Les catastrophes forment depuis longtemps une solution de facilité pour expliquer ce qui, dans le passé, échappe à la compréhension immédiate. Ainsi, les dinosaures auraient-ils été anéantis par une météorite et l'Homme de Neanderthal n'aurait-il pas su s'adapter aux conditions rigoureuses de la dernière glaciation. L'extinction régulière de civilisations reçoit souvent les mêmes explications, surtout dans le contexte contemporain de modifications climatiques. Vikings, Mayas, Sumériens... sont désormais supposés avoir péri sous le coup de terribles tremblements de terre, de raz-de-marée radicaux ou de sécheresses sévères... L'île de Pâques (Rapa Nui) n'a pas échappé à la tendance,



L'île de Pâques est aujourd'hui couverte d'une grande steppe. Il n'en a pas toujours été ainsi et on peut réellement poser la question du rôle des insulaires dans le déboisement de leur île.

elle dont les occupants auraient abattu tous les arbres jusqu'à provoquer une dégradation dramatique du paysage, entraînant famines, puis guerres et destructions.

Le propos n'est pas ici de discuter de la pertinence de ces postulats 'bons à penser' la fin des sociétés d'antan, mais plutôt de mesurer les conséquences de ce type de raisonnements — plausibles, mais rarement prouvés — sur l'interprétation des vestiges de ces mêmes sociétés. Les hypothèses tournent souvent court, enserrées qu'elles sont dans le carcan de brusques fléaux, naturels ou humains. Ainsi, la cinquantaine de statues (*moai*) couchées le long de chemins anciens de Rapa



Un peu partout dans le paysage, on rencontre des statues isolées. On sait aujourd'hui qu'elles sont couchées le long d'anciens chemins, désormais cachés par la végétation. Aussi, ces statues sont-elles considérées par la plupart comme abandonnées en cours de transport.



Le Rano Raraku, le volcan qui sert de carrière pour l'extraction du tuf, est partout encombré d'œuvres inachevées. Beaucoup pensent que les sculpteurs ont un jour délaissé leur travail, laissant tout en plan.



Les statues le long des chemins sont majoritairement couchées sur le ventre, position très peu propice à un transport, à moins d'abîmer nez, ventres, mains, etc.

Nui ne sont-elles envisagées que sous l'angle d'un abandon de leur transport, suite à une débandade des convoyeurs. Plus loin, dans le volcan Raraku, d'où fut extrait le tuf nécessaire à la fabrication des *moai*, les géants encore présents sont-ils uniquement considérés comme coincés dans les ateliers, suite d'un sauve-qui-peut.

Des allées processionnelles

C'est à ces statues des chemins et des ateliers, prétendument délaissées pour cause d'effondrement culturel, que la mission belge à l'île de Pâques — Musées royaux d'Art et d'Histoire et Université de Gand — s'est intéressée ces dernières années, essayant d'en entreprendre l'étude sans a priori. Les statues le long des chemins d'abord. S'il était vraiment question de géants abandonnés en cours de transport, on peut s'étonner que les deux-tiers d'entre eux reposent face contre terre. Les traînait-on sur le ventre, au risque d'abîmer leur bedaine rebondie, de faire disparaître les fragiles dessins de leurs mains et d'endommager leur nez proéminent ? Quoi qu'il en soit, certains *moai* sont en sens inverse, comme si on les avait transportés sur le dos. Les Rapanui n'avaient-ils aucune méthode qu'ils transbahutaient ainsi leurs *moai* tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ? Cet imbroglio est souvent contourné en proposant que les statues étaient déplacées debout, tandis que des accidents provoquèrent la chute de certaines d'entre elles, vers l'avant ou vers arrière. Pourquoi pas, mais on s'étonne alors de constater que la grande majorité de ces *moai* sont intacts ! Taillés dans un tuf fragile, pouvaient-ils choir de la sorte sans le moindre dégât ? On en doute... Enfin de compte, les hypothèses sur le transport des statues sont pour la plupart opérationnelles. Ce qui coince, c'est qu'aucune ne peut justifier l'état et la situation des gisants le long des chemins. Il faut se rendre à l'évidence que ces derniers n'ont aucun rapport avec un déplacement accidentellement interrompu.

Le tuf, conglomérat de cendres volcaniques, se laisse facilement attaquer par l'eau de pluie. Aussi, avec le temps, des rigoles se creusent-elles sur le corps des *moai*. L'orientation de ces cannelures est tributaire de deux éléments : le clivage naturel du tuf et la position de la statue. Il est donc aisé, par l'étude de ces sillons, de reconstituer l'histoire des changements de position des statues. On constate alors que la totalité des *moai* le long des chemins furent longtemps en position verticale, avant d'être couchés, ce qui entraîna une modification de l'orientation des petites vallées par lesquelles l'eau de pluie s'évacue. Ce constat va, apparemment, dans le sens de statues transportées en position verticale. Rien n'est moins sûr, cependant, car il est deux détails qui vont à l'encontre de cette hypothèse. Le premier est que la majorité des *moai* couchés le long des chemins sont intacts : ils n'ont donc pas chuté ; ils ont plus certainement été déposés soigneusement au sol. Le second point de divergence est l'interruption des stries creusées par l'eau quelques centimètres avant la base de plusieurs *moai*. Ce phénomène n'est possible que si ces bases furent protégées des intempéries. Les autres, entièrement marqués par des cannelures, ont une base élargie. On en conclut que les *moai* à base étroite ont été légèrement enfouis dans des fosses, afin de les maintenir à la verticale, et que les autres avaient un fondement suffisamment large que pour tenir debout sur le sol sans l'aide de quoi que ce soit.

Toutes ces statues étaient donc érigées le long des chemins. La via Appia près de Rome, avec ces monuments funéraires qui s'égrainent tout du long, ou l'allée ornée de sphinx du complexe de Karnak en Haute-Égypte semblent de bonnes comparaisons. Mais, ces voies processionnelles de l'île de Pâques entraînent deux questions : vers quoi menaient-elles et pourquoi les avoir un jour fermées en posant soigneusement au sol les *moai* qui les rehaussaient ?



Les statues retrouvées le long des anciens chemins sont pour la plupart intactes, bien que taillées dans du tuf fragile. Il est donc évident qu'elles ne sont jamais tombées par accident ou par vandalisme ; elles ont été déposées dans la position où elles se trouvent encore aujourd'hui.

L'eau de pluie creuse systématiquement des rigoles dans le tuf tendre des statues. L'étude de l'orientation de ces cannelures permet de reconstituer l'histoire des différentes positions des statues.

Un volcan comme autel

Si tous les chemins mènent à Rome, à Rapa Nui ils conduisent systématiquement au Rano Raraku, ce volcan-carrière qui fut exploité pendant plusieurs siècles pour l'extraction du tuf. Du coup, on se doit d'examiner ce lieu d'un autre œil. Les *moai* entiers qui y sont conservés, ceux qui semblent à peine entamés ou ceux sur le point d'être détachés de la roche-mère illustrent-ils vraiment le labeur inachevé des carriers et avait-on besoin de voies processionnelles pour venir observer une simple fabrique ? Dans l'absolu, tout est possible : l'acte de peindre des icônes était déjà un geste sacré pour Andreï Roublev ; les sculpteurs rapanui profitaient peut-être d'une aura comparable. Pourtant, il est une série de faits qui ne 'collent' pas. Les statues déjà achevées et dont on dit qu'elles sont en attente d'un départ, sont enfermées à moitié ou aux deux-tiers dans le sol. Certains ont prétendu que c'était l'érosion du volcan qui, avec le temps, les avait ainsi enrobées. C'est là solliciter la nature au-delà de ce qu'elle peut : des millénaires auraient alors été nécessaires, tandis que l'accumulation de sédiments dans le dos des géants aurait dû provoquer une poussée apte à les faire basculer. Or, il n'en est rien et lors de fouilles menées depuis le début du XX^e siècle, il est apparu que les *moai* en question étaient posés sur des fondations ou fixés dans des creux taillés dans le tuf. Certains ont même des pierres de calage dans le dos ou le long des bras. Enfin, toutes ces statues sont érigées sur les pentes du volcan, non à sa base. La démonstration est de l'ordre de l'absurde : s'il avait été dans les intentions de les emporter, pourquoi aurait-on érigé ces statues sur les flancs du volcan et non à ses pieds et pourquoi les aurait-on si solidement fixées au sol (fondations et enfermement

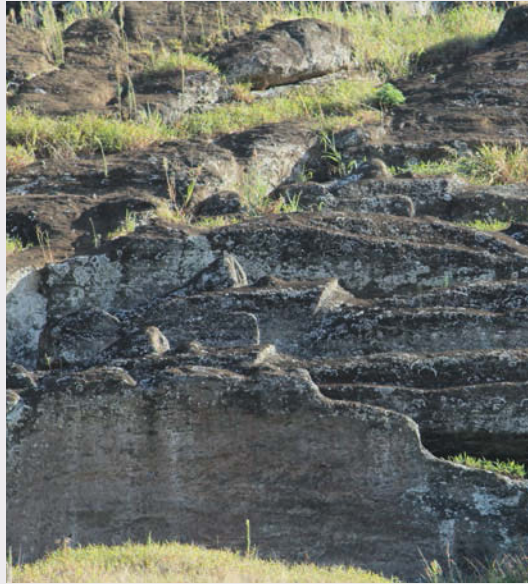
dans des sédiments)? En toute objectivité, leur ancrage se justifie par une volonté de les maintenir debout sur des pentes abruptes. Elles ont été dressées pour rester à demeure au Rano Raraku !

La vision des choses se modifie : des routes ornées de *moai* convergent vers un volcan dont les flancs sont comme une scène hérissée d'autres géants. Passé le canyon qui donne accès à l'intérieur du cratère, le spectacle se reproduit avec une nouvelle série de statues dont seuls les bustes imposants émergent également sur les escarpements. Ce qui semble faire désordre alors, ce sont toutes ces esquisses qui encombrant les ateliers. On affirme souvent qu'il s'agit d'ébauches qui n'ont pas eu le temps d'être terminées. Une fois de plus l'hypothèse est un peu rapide, car quantité de ces figures ne sont tout simplement pas achevables : ici une tête sculptée dans tous ces détails, mais qui n'aura jamais de corps faute de continuité de la matière première ; là un corps dessiné de profil qui ne connaîtra jamais de destin en trois dimensions ; plus loin des statues quasiment achevées, mais qui sont à ce point agglutinées les unes aux autres qu'on ne pourra toutes les détacher de la roche sans abîmer leurs voisines... Peut-on croire au hasard ou à de la maladresse ? Ne se trouve-t-on pas plutôt face à un art rupestre prodigieux, ayant pour résultat de remplir les carrières de figures inamovibles.

Une nouvelle cohésion s'installe : les allées processionnelles conduisent à une sorte de temple où mille visages, appartenant à des colosses achevés et plantés dans le sol ou esquissés sur les parois des anciens ateliers, contemplant le visiteur qui s'approche. Les



Sur les pentes internes du cratère du Rano Raraku, on rencontre à nouveau des statues enfouies aux deux-tiers dans le sol.



Dans les ateliers du volcan Raraku, beaucoup de statues dites inachevées sont, en réalité, inachevables. Dans ce cas-ci, par exemple, des statues ont été sculptées 'en escalier' ; en extraire une reviendrait à abîmer la suivante, faute de place pour aller saper sa base et la détacher de la roche.



Partout sur l'île de Pâques, les statues couchées donnent une impression de destruction. En réalité, elles ont été déposées au sol avec douceur, comme celles-ci, face contre terre : elles sont toutes les deux intactes, parallèles entre elles et perpendiculaires à leur ancien autel, autant de circonstances que ni accidents, ni violences ne peuvent produire.

carrières d'antan sont devenues un monument grandiose, au cœur d'un réseau de voies ornées. On est à l'opposé d'ateliers abandonnés dans une déroute qui aurait également fait dévaler les convoyeurs de *moai*. Dans cette vision catastrophiste, les chemins quittaient le Rano Raraku pour permettre l'acheminement de statues partout sur l'île. Peut-être en a-t-il été de la sorte à une certaine époque, mais cela n'est pas démontré pour l'instant. Par contre, lorsqu'il ne fut plus question d'enlever des monuments pour des *moai* (dès la fin du XVII^e siècle au regard des dernières fouilles archéologiques), ces voies fonctionnèrent dans l'autre sens pour permettre de rejoindre de partout le fameux volcan, devenu l'épicentre d'un nouveau culte.

Le renversement des statues


En 1774, William Wales, un lieutenant de James Cook, fit une observation des plus intéressantes : il vit un peu partout sur l'île des autels avec des statues dont certaines étaient debout, d'autres couchées. Plus loin vers l'est de l'île, aux abords du Rano Raraku qu'il ne visita pas et dont il ne soupçonna pas la richesse, il remarqua de très grands *moai*, dont il affirma que certains reposaient directement sur le sol, sans l'aide de la moindre architecture, et que d'autres géants étaient éga-

lement couchés. Il semble donc qu'au cours du XVIII^e siècle, les Rapanui commencèrent à basculer leurs statues, travail nullement iconoclaste puisque les recherches récentes ont montré que cela avait été fait avec soin et en évitant d'occasionner des dégâts aux *moai*. Le processus fut long, car les dernières statues encore debout, outre celles plantées au Rano Raraku, furent observées en 1838 par l'amiral français Abel-Aubert Dupetit-Thouars. Près d'un siècle de basculement soigné, ce n'est pas une guerre, c'est une transformation du paysage monumental. Pourquoi être passé d'autels à statues (*ahu-moai*) à un gigantesque monument (Rano Raraku) auquel conduisaient des allées ornées de statues, puis au basculement organisé de la plupart des géants de pierre ? Il en va de la transformation d'une société, sans qu'on en connaisse déjà les motivations : évolution économique, croissance démographique, adaptation à la transformation du paysage, bouleversements religieux..., plusieurs de ces hypothèses cumulées... Bien des travaux seront encore nécessaires pour approcher les raisons de tout cela. Quoi qu'il en soit, on sait désormais que l'île de Pâques recèle en son sein un des plus grands monuments jamais conçu en Polynésie : un volcan-carrière subtilement transformé en un temple à l'architec-

ture naturelle, auquel on accédait par des routes processionnelles dispersées sur près de 100 km² !

L'auteur

Nicolas Cauwe est Docteur en Histoire de l'Art et Archéologie de l'Université de Liège. Il est actuellement Conservateur des collections de Préhistoire et d'Océanie au Musée du Cinquantenaire (Musées royaux d'Art et d'Histoire) et Chargé de cours invité à l'Université catholique de Louvain. Il est également membre titulaire de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer. Depuis 1999, Nicolas Cauwe a mené une quinzaine de missions archéologiques sur l'île de Pâques.



Les images satellitaires de deltas sont souvent magnifiques, comme cette image du delta du fleuve Lena acquise en juillet 2014 par le satellite Proba-V. La Lena prend sa source dans les monts Baïkal et, après un parcours de 4 400 km en Sibérie, se jette dans la mer de Laptev, qui borde l'océan arctique. Bien que situé au nord du cercle polaire, le delta comporte une faune et une flore particulièrement riches. Une partie du delta est d'ailleurs protégée par la Réserve naturelle de la Léna.
Source <http://proba-v.vgt.vito.be/content/proba-v-gallery>

Happy BEarthday STEREO!

Le programme belge de recherche en Observation de la Terre célèbre ses 30 ans

Martine Stélandre et
Pieter Rottiers

La Télédétection, une spécialité belge

La Terre vue du ciel est un spectacle fascinant ! Aujourd'hui, en quelques clics de souris, nous pouvons admirer de merveilleuses images satellitaires qui nous font découvrir sous un angle inédit les trésors que notre planète recèle.

Les images satellitaires sont souvent très belles, mais elles sont surtout une source intarissable d'informations. Les capteurs embarqués à bord des satellites enregistrent le rayonnement réfléchi par les objets à la surface terrestre. Ces données sont retransmises vers des stations au sol, puis sont traitées et distribuées. Des scientifiques les décortiquent pour en extraire des données qui permettent de suivre et mieux comprendre toute une série de phénomènes atmosphériques, terrestres, et marins. Ce processus d'extraction d'information s'appelle la Télédétection et c'est une spécialité belge depuis maintenant 30 ans.

Dès la fin des années 70 déjà, la Belgique comprend tout l'intérêt de la Télédétection par satellite. Elle est l'un des membres fondateurs de l'Agence spatiale européenne (ESA), créée en 1975, et s'engage avec la France et la Suède dans l'aventure SPOT. En 1985, le premier programme belge de recherche en Observation de la Terre est lancé.

Il est dénommé Telsat (Programme de recherche scientifique dans le domaine de la Télédétection par satellite).

Une poignée de scientifiques belges se penchent sur les images satellites disponibles, et particulièrement sur celles du premier satellite de la famille SPOT. Ces pionniers comparent les images avec ce qu'ils observent sur le terrain et arrivent à produire des cartes grossières de surfaces agricoles, de forêts ou de régions urbaines.

Au travers des nuages

Mais beaucoup de zones étudiées, comme la Belgique ou les zones tropicales, présentent un inconvénient majeur: la couverture nuageuse y est souvent tellement importante que les images ne peuvent fournir aucune information utilisable.

En 1991, le lancement du satellite ERS-1 par l'ESA offre une solution au problème. ERS-1 emmène en effet à son bord des capteurs d'un nouveau type, les capteurs radars. Contrairement aux capteurs optiques, dit passifs, qui ne font que capter le rayonnement solaire réfléchi, les capteurs radars, dits actifs, émettent des signaux radars capables de traverser les nuages, et mesurent les échos ren-

voyés par les surfaces de l'océan, des terres émergées et de l'atmosphère.

L'interprétation de ce nouveau type d'images n'est cependant pas facile et requiert de nouvelles aptitudes. Des équipes dotées d'autres compétences rejoignent le programme et se spécialisent petit à petit dans l'interprétation des images radar. Le champ d'investigation s'élargit: on peut désormais cartographier les zones inondées, déterminer la température à la surface des océans, étudier les structures géologiques, détecter la moindre déformation du sol, suivre le mouvement des glaciers.

Plus d'images, plus d'applications

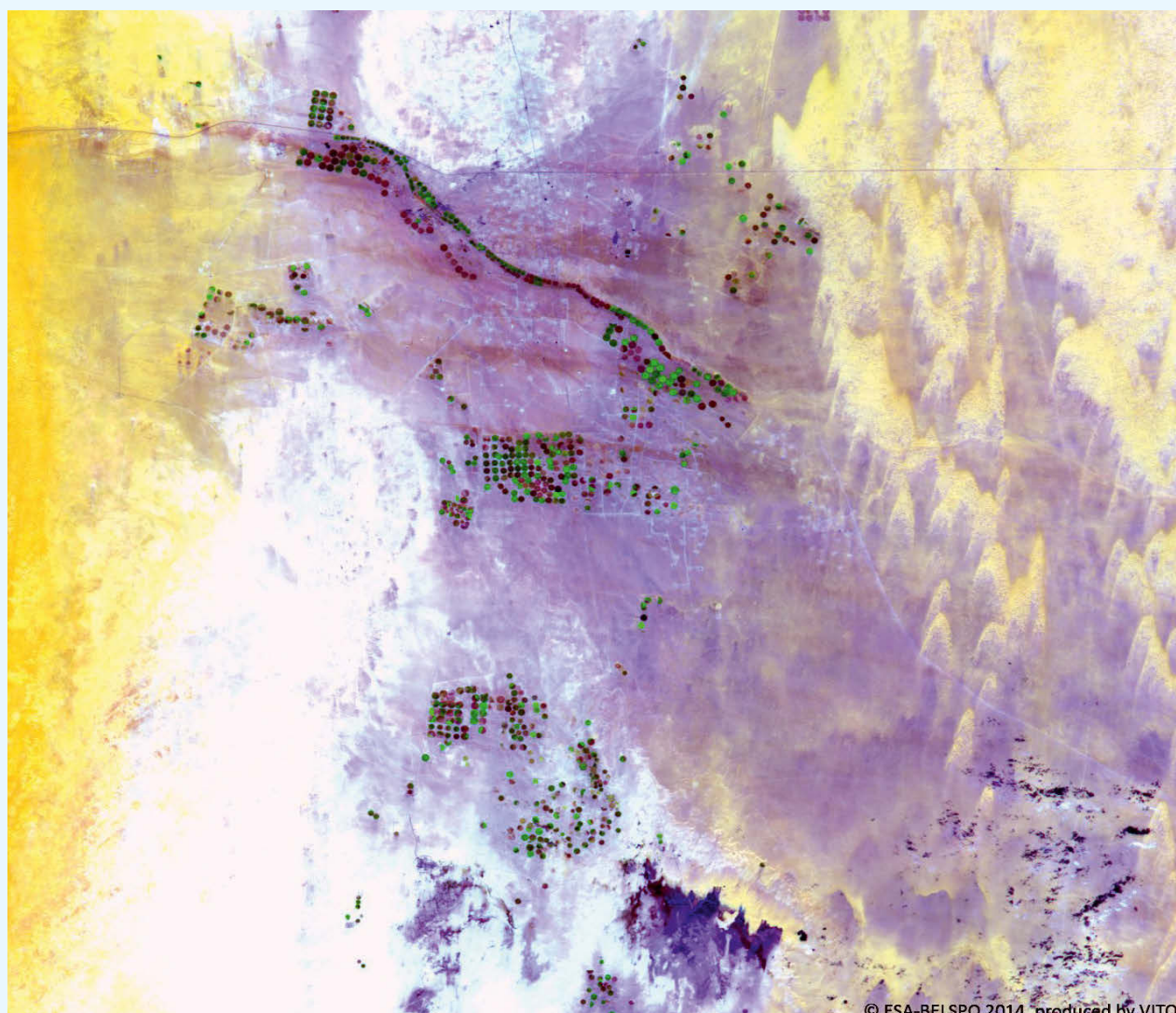
Les années 90 voient également la multiplication des satellites d'observation de la Terre. Les images disponibles sont de plus en plus variées, de plus en plus fréquentes, de plus en plus précises. Grâce à cette foison de données, la Télédétection s'introduit progressivement dans tous les secteurs de la société.

Les chercheurs collaborent maintenant avec des adminis-

trations, des ONGs, des représentants du monde industriel ou des organisations internationales comme le JRC, l'UNESCO, la FAO... Pour répondre aux besoins spécifiques de ces nouveaux partenaires, ils approchent des domaines comme l'agro-industrie, la cartographie routière, le transport de sédiments marins, l'intervention humanitaire, la gestion de parcs naturels...

Si la Télédétection est utilisée dans un nombre croissant de domaines, elle reste une discipline méconnue. Le programme lance donc des initiatives pour mieux informer non seulement la communauté scientifique mais aussi les étudiants et le grand public sur les possibilités offertes par l'imagerie satellitaire. Les images satellites sont également utilisées comme vecteur de sensibilisation du grand public aux enjeux environnementaux (<http://eo.belspo.be> et <http://eoeu.belspo.be>).

L'année 1998 marque un tournant important pour la Belgique. Le satellite SPOT-4 emmène en orbite le capteur VEGETATION. Avec une prise de vue d'une largeur de 2 200 kilomètres et une résolution de 1 km, il peut couvrir



Les déserts aussi nous offrent de splendides tableaux. Cette image Proba-V fausses couleurs, acquise en novembre 2014, révèle des zones cultivées au cœur du désert en Arabie saoudite. L'eau fossile est pompée à une profondeur d'environ 1 km et distribuée via un système d'irrigation à pivot central. Source <http://proba-v.vgt.vito.be/content/proba-v-gallery>

quasi la totalité du globe en une journée. Par ailleurs, VEGETATION enregistre dans 4 bandes spectrales dont le rouge et le proche infrarouge, spécialement adaptés pour observer l'activité de photosynthèse de la végétation, et le moyen infrarouge pour de détecter l'humidité du sol.

Il s'agit du premier instrument européen qui permet de suivre quotidiennement les changements globaux qui af-

fectent notre planète. Avec l'installation sur notre territoire du Centre de traitement des images VEGETATION (CTIV) au VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek), la Belgique devient également pour la première fois un producteur et distributeur de données satellitaires à part entière. Les données VEGETATION sont mises à la disposition de milliers d'utilisateurs à travers le monde et sont à la base du développement de nombreux services opérationnels (sécurité alimentaire, contrôle des criquets pèlerins, suivi des forêts, etc.).

Un nouveau nom pour le programme: STEREO

Les années 2000 apportent une moisson d'innovations. Telsat devient STEREO (Support to the Exploitation and Research in Earth Observation). Le Luxembourg est accueilli comme partenaire privilégié du programme et des équipes internationales sont invitées à participer aux projets. Les chercheurs s'organisent en réseaux et mettent à profit la combinaison de multiples compétences dans des domaines comme la cartographie urbaine, la qualité des eaux, l'épidémiologie et la gestion des catastrophes.

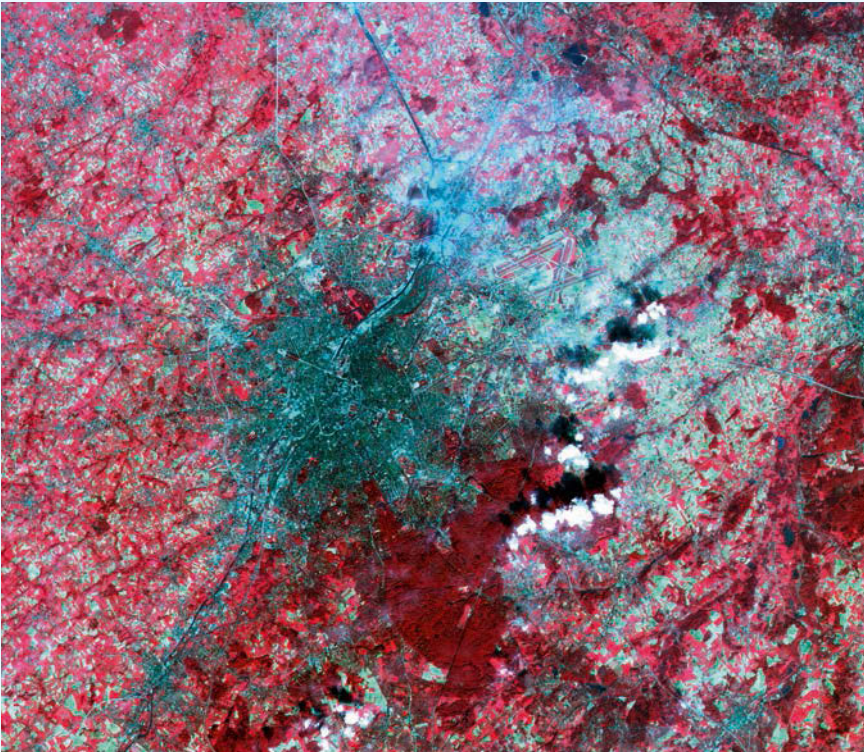
Une nouvelle technologie fait également son apparition : la technologie hyperspectrale. Les capteurs hyperspectraux sont des instruments optiques, au départ embarqués à bord d'avions, qui sont capables d'enregistrer le rayonnement réfléchi par les objets étudiés dans une multitude de bandes spectrales (souvent plus de 200), beaucoup plus étroites (quelques nm) que celles des capteurs traditionnels (qui n'ont souvent que 3 à 8 bandes couvrant une centaine de nm). Les informations fournies sont donc beaucoup plus riches et autorisent une analyse bien plus précise des caractéristiques de la surface terrestre. Il est par exemple désormais possible de différencier des espèces de plantes, de coraux et de minéraux, à partir du ciel.

Les scientifiques belges développent dans le domaine de la télédétection hyperspectrale un savoir-faire reconnu au niveau international. Ils exploitent ces données dans des domaines comme l'agriculture de précision, la surveillance des espaces côtiers, des habitats naturels, des pollutions et des sols.

Précises ou globales, des images pour les scientifiques belges

En 2011, les recherches belges peuvent s'appuyer sur les données à très haute résolution du satellite Pléiades 1A. Comme son jumeau Pléiades 1B lancé un an plus tard, ce satellite est doté d'un instrument optique qui délivre des données à 50 cm de résolution ! La Belgique, qui participe au programme Pléiades, facilite l'accès à ces données pour toutes les institutions belges (<http://pleiades.belspo.be>).

En 2013, la Belgique consolide son expertise en matière d'Observation globale par le lancement du satellite Proba-V (V pour VEGETATION). Ce satellite, de la taille d'une machine à laver, succède à SPOT4 et SPOT5-VEGETATION et assure désormais la continuité de la surveillance de la végétation à l'échelle mondiale. Le Centre de traitement



Extrait (2000 pixels de côté) d'une image fausses couleurs de Bruxelles acquise par le satellite SPOT 1 en septembre 1986 (20 m de résolution). © CNES 1986, Distribution Airbus DS



Extrait (2000 pixels de côté) d'une image de Bruxelles acquise par le satellite Pléiades 1A en septembre 2012 (50 cm de résolution). © CNES 2012, Distribution Airbus DS



L'équipe STEREO a organisé en septembre dernier l'événement *Happy BEarthday*. Plus de 160 personnes se sont réunies au cœur du Bois de la Cambre à Bruxelles pour célébrer les 30 ans du programme de recherche en Observation de la Terre : anciens et jeunes chercheurs, représentants du secteur privé, des administrations, d'organisations internationales. Vous pouvez découvrir les présentations qui ont été données à cette occasion sur le site <http://www.happyearthday-belspo.be>

d'images du VITO (CVB - <http://proba-v.vgt.vito.be>) devient distributeur exclusif des données, désormais disponibles en trois résolutions : 1 km, 300 m et 100 m. Les données à 1 km sont diffusées gratuitement à tous les utilisateurs sans distinction. Il en est de même des données à 300 et 100 m de plus d'un mois. Quant aux données 'near real time', elles sont disponibles gratuitement pour tous les chercheurs européens au travers du portail Copernicus Space Component Data Access (CSCDA - <https://copernicusdata.esa.int>).

STEREO III en route vers le futur

En 30 ans, les compétences acquises dans tous les domaines de la Télédétection ont fait de la petite Belgique une grande nation de l'Observation de la Terre. L'expertise accumulée au long des années offre de nombreuses opportunités aux jeunes chercheurs et chercheuses du programme STEREO.

Celui-ci est aujourd'hui dans sa 3^e phase. STEREO III, qui a débuté fin 2013 pour une période de 8 ans, assure la continuité du financement de la recherche et permet de consolider et de développer l'expertise acquise. Les gestionnaires du programme mettent tout en œuvre pour continuer à améliorer le programme à la lumière des constantes évolutions des technologies dans le domaine de l'observation de la Terre et du besoin croissant d'informations géographiques. Dans STEREO III, l'accent est plus que jamais placé sur le transfert de connaissances et le développement de nouvelles applications.

Dans le futur, nous verrons probablement une multiplication des plateformes, un raccourcissement des cycles d'innovations, une demande croissante de produits opérationnels et une augmentation exponentielle des données

disponibles, notamment grâce aux missions Sentinel du programme européen Copernicus. Autant de défis que les chercheurs et les gestionnaires du programme seront fiers de continuer à relever ensemble.



La longue histoire du programme belge de recherche en observation de la Terre est résumée en moins de 5 minutes dans un petit film d'animation réalisé par l'équipe STEREO. Pour le découvrir, rendez-vous à l'adresse <https://vimeo.com/belspo/stereo30fr>

Plus

Belgian Earth Observation Platform : <http://eo.belspo.be>
 EOedu - Observons notre planète : <http://eoedu.belspo.be>
 Portail belge Pléiades : <http://pleiades.belspo.be>
 Proba VEGETATION : <http://proba-v.vgt.vito.be>
 Copernicus Space Component Data Access :
<https://copernicusdata.esa.int>

HeHe, *Fleur de Lys*, 2009. Installation, aluminium plinth, aquarium, pumps, tubes, tank, electronics, model of a nuclear power station, water and fluorescent dye, 285 x 95 x 85 cm. Courtesy AEROPLASTICS contemporary, Brussels © HeHe, courtesy AEROPLASTICS contemporary, Brussels

2050

Une brève histoire de l'avenir





Hiroshi Sugimoto, *World Trade Center*, 1997. Gelatin silver print, 149,2 x 111,9 cm
Courtesy of Koyanagi Gallery © Hiroshi Sugimoto. Courtesy of Gallery Koyanagi

Le 11 septembre 2015 s'ouvrait, aux Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique (MRBAB), l'exposition *2050. Une brève histoire de l'avenir*. Réalisé en partenariat avec le musée du Louvre, ce concept exceptionnel interroge notre avenir à l'horizon 2050. Peintures, sculptures, photographies, vidéos, installations et arts numériques : plus de 70 œuvres d'art contemporain viennent éclairer notre regard sur des thématiques sociétales actuelles et futures.

L'exposition des MRBAB aborde – à travers des créations d'art contemporain – de grandes thématiques sociétales comme la surconsommation, les conflits mondiaux, la raréfaction des ressources naturelles, les inégalités sociales et économiques, la mutation de l'être humain. À ces thèmes complexes viennent se greffer des visions positives et constructives, parfois même teintées d'humour. Des artistes belges et internationaux comme Hiroshi Sugimoto,

Alighiero Boetti, Bodys Isek Kingelez, Andy Warhol, David LaChapelle, Andreas Gursky, Hans Op de Beeck, Edward Burtynsky, Yang Yongliang, Gavin Turk, Francis Alÿs, Mona Hatoum, ... nous invitent ainsi à (re)penser l'avenir.

L'exposition complémentaire du musée du Louvre (jusqu'au 4 janvier 2016) se projette dans le futur en se fondant sur une lecture subjective du passé, imaginée et portée par la création artistique des millénaires précédents, mais aussi par quinze œuvres d'artistes contemporains du monde entier. La date d'ouverture de l'exposition à Bruxelles, le 11 septembre, renvoie aux événements du World Trade Center qui ont ouvert le nouveau millénaire et bousculé l'ordre du monde. Cette symbolique est importante dans le storytelling de l'exposition, notamment avec les œuvres de Wolfgang Staehle et Hiroshi Sugimoto, qui évoquent le déclin de l'empire américain.

De l'exposition sur le futur au futur des expositions

Jennifer Beauloye

De tout temps, l'homme s'est projeté dans l'avenir. Qu'il ait rêvé d'un monde meilleur ou qu'il ait perçu le changement comme une menace. Rien n'a changé. A ceci près que, sur de nombreux aspects, le changement est devenu une nécessité.

A travers ce dialogue entre des œuvres et un essai, il s'agit de prendre conscience d'une urgence. Celle de notre responsabilité. Mais, si le futur peut paraître effrayant, cette exposition entend aussi montrer une alternative. Un autre futur possible.

Comment envisager cet autre futur dans un monde de plus en plus angoissant ? Où, tandis que catastrophes, drames et misère se succèdent, l'histoire a tendance à se répéter ? Selon Jacques Attali, l'art a son rôle à jouer. 'Plus qu'aucune autre activité, [l'art] aidera à nous convaincre de l'urgence. C'est sa grandeur et ce sera sa responsabilité, parce qu'il est à l'avant-garde de toutes les audaces.'¹

Les thématiques sociétales, qui occupent désormais une place centrale dans les débats actuels, transpirent dans les préoccupations des artistes contemporains. Dépassant le constat critique, leurs œuvres peuvent aussi être porteuses d'un nouveau projet sociétal. C'est sur ces nouvelles utopies, disséminées dans les salles, que l'accent doit être mis.

Cette exposition est donc un prétexte pour (re)penser notre avenir. Confronter des visions parfois antagonistes,

souvent alarmistes, plus uniquement centrées sur l'Occident, et, heureusement, aussi porteuses d'espoir. Mais c'est également l'occasion de repenser le musée en tant qu'institution. Puisque, plus qu'aucun autre lieu, le musée est un espace de transmission du savoir et de la connaissance, mais aussi de conservation d'un patrimoine pour les générations futures. C'est la mission fondamentale du musée. Comment cette institution, telle qu'elle fut fondée au XVIII^e siècle, c'est-à-dire conçue comme un Conservatoire, évolue-t-elle aujourd'hui ? Quel sera son rôle et sa fonction dans le futur ?

La figurine de Stratzing (*Vénus de Galgenberg*). De la préhistoire à l'impression 3D

La *Vénus de Galgenberg*, conservée au Naturhistorisches Museum de Vienne, et *Fragile Goddess* (2002) de Louise Bourgeois (Paris, 1911 – New York, 2010) inaugurent l'exposition en opérant une ellipse temporelle, à la fois dans le récit de Jacques Attali et dans celui de l'histoire de l'art. Surnommé Fanny (en référence à Fanny Elssler, célèbre danseuse autrichienne du 19^e siècle), la figurine en serpentine, découverte en 1988, est datée de plus de 30.000 ans. Elle fut longtemps considérée comme la plus ancienne représentation connue d'une divinité féminine – jusqu'à la découverte, en 2008, de la Vénus de Hohle Fels (-35.000/-40.000 avant JC). Bien plus tard, ce sont à ces mêmes divinités païennes que Louise Bourgeois fait référence dans *Fragile Goddess*, qui combine à la fois les attributs féminins et masculins.

Par un saisissant raccourci, la figurine de Stratzing (*Vénus de Galgenberg*) et *Fragile Goddess* de Louise Bourgeois illustrent la représentation du corps humain dans l'art, des origines à aujourd'hui. Mais elles incarnent également une certaine quête de l'immortalité. Ce que prolongent les œuvres, exposées dans la partie de l'exposition intitulée *Le temps, une denrée rare*. S'appuyant sur les progrès de la médecine, le corps humain pousse toujours plus loin ses limites. Avec les récents développements technologiques, l'impression 3D offre elle aussi de nouvelles possibilités, qui s'étendent jusqu'au champ artistique et muséal. *Anke*, la sculpture de l'artiste belge Hans Op de Beeck, en est un bel exemple puisqu'elle a été réalisée grâce à cette technique.

Mais, ces techniques de reproduction rendent également possible des copies d'œuvres d'art de plus en plus confondantes. A tel point qu'elles pourraient, à l'œil nu, induire en erreur un visiteur non averti. Elles posent alors, dans de



AES+F, *The Feast of Trimalchio*, Still #2-1-01, 2009–2010. HD video installation: single channel version. Presented by Multimedia Art Museum, Moscow, with the support of the Triumph Gallery (Moscow). © AES+F. Courtesy Multimedia Art Museum, Moscow & Triumph Gallery, Moscow



Impression 3D et original de la figurine de Stratzing (la *Vénus de Galgenberg*), Naturhistorisches Museum de Vienne © L. Van de Cappelle



Pieter Bruegel l'Ancien, *La Chute des anges rebelles*, 1562, huile sur panneau. MRBAB, Bruxelles, inv. 584, © MRBAB, photo : Grafisch Buro Lefevre, Heule

nouveaux termes, la question du statut de la copie. Quelle place et fonction de tels objets pourraient assumer dans le musée du futur – ou 'l'hypermusée' pour reprendre la terminologie de Jacques Attali ? Comment seraient-ils accueillis par le public ? Par la juxtaposition de l'une des plus anciennes représentations féminines connue au monde à sa réplique 3D (Sandstone), nous espérons entamer une réflexion et ouvrir ainsi un débat sur l'évolution du musée à l'ère du digital.²

En marge de l'exposition 2050, la *Bruegel box*. Vers un nouveau rapport à l'œuvre et au musée

Au-delà de la reproduction physique et matérielle d'œuvres d'art, il y a aussi la reproduction numérique. En effet, dans 'l'hypermusée', la place qu'occupe le digital est de plus en plus conséquente. Et ce depuis la numérisation des collections accessibles en ligne. Que ce soit avec des expositions numériques, le développement en puissance des applications mobiles, la réalité augmentée, etc. Or, aujourd'hui, les musées doivent faire face à une problématique de taille, celle des expositions temporaires : si ce sont elles qui permettent, en grande partie, la survie des institutions muséales, leur rythme de plus en plus effréné est proportionnellement dommageable pour les œuvres-mêmes.

Quelles alternatives permettraient aux musées de continuer à diffuser leurs patrimoines sans pour autant mettre en péril les œuvres d'art inestimables dont ils sont les gardiens ? Est-ce que la technologie peut apporter une réponse satisfaisante, pertinente et adaptée ? Ce sont là les questions qui ont mené notre réflexion autour d'un projet qui sera inauguré cet hiver 2015. La *Bruegel box* invite le visiteur à plonger littéralement dans *La Chute des anges rebelles* (1562) de Pieter Bruegel l'Ancien.

Les MRBAB sont en effet l'écrin de la deuxième plus grande collection de Bruegel l'Ancien au monde (avec Vienne). Il nous est pourtant impossible d'organiser une rétrospective de l'artiste. En cause, essentiellement, les coûts d'as-

surance trop élevés et la fragilité des œuvres qui subissent les moindres modifications de température et d'humidité. Ceci n'est malheureusement pas uniquement valable pour Bruegel, mais a tendance à se généraliser pour l'art ancien et certaines œuvres d'art moderne qui vieillissent mal.

Partant de ce constat, est-ce que la technologie, avec ses récents développements, peut offrir une alternative *acceptable* à la diffusion de ce patrimoine ? Comment la mettre au mieux au service de l'art (et pas l'inverse) ? Aux MRBAB, nous avons opté pour l'expérimentation et l'immersion. C'est en misant sur ces deux aspects que nous avons conçu et mis au point la *Bruegel box*. Du sol au plafond, des images en très haute définition seront projetées dans l'une des salles du musée, en suivant un scénario basé sur des recherches scientifiques récentes. Grâce à cette installation inédite et innovante, le visiteur entrera véritablement dans l'œuvre fantasmagorique de Bruegel, teintée d'accents boschéens, tout en ayant accès aux derniers résultats de la recherche. Cette expérience – à venir découvrir cet hiver – permet de réinventer le rapport à l'œuvre et au musée. Elle soulève aussi de nombreuses questions et ouvre de nombreuses voies pour la recherche.

L'auteur

Jennifer Beauloye est docteur en histoire de l'art et chercheur post-doctoral en muséologie et nouvelles technologies.

Notes

¹ J. Attali, *Une brève histoire de l'avenir*, Paris, Fayard, 2013, p. 188.

² Ce projet a été rendu possible grâce au prêt et à l'autorisation du Musée d'Histoire Naturelle de Vienne et grâce au partenariat avec les entreprises Trideus et Alph Studios.



David LaChapelle, *Gas Shell*, 2012. C-print on dibond, 137 x 222 x 6,5 cm. Courtesy Jablonka Maruani Mercier Gallery.
© David LaChapelle Studio, courtesy Jablonka Maruani Mercier Gallery



Yang Yongliang, *Heavenly City n°8*, 2008. Impression, 164 x 150 cm. Yang Yongliang / courtesy of Galerie Paris-Beijing
© Yang Yongliang / courtesy Galerie Paris-Beijing

La culture numérique, un défi et une opportunité pour les musées d'art

Pierre-Yves Desaiwe

L'exposition *2050. Une brève histoire de l'avenir* s'ouvre par une évocation du '9ème cœur' tel que théorisé par Jacques Attali, Los Angeles et l'invention du microprocesseur, dernière révolution technologique dans l'histoire de l'humanité dont l'avènement va façonner le XXI^{ème} siècle. Cette omniprésence du numérique dans la société contemporaine touche aujourd'hui tous les domaines, y compris ceux de la création artistique : l'exposition intègre des œuvres réalisées avec des outils numériques, dont certaines doivent être montrées en ligne¹. Ce choix curatorial s'inscrit dans la lignée de mes recherches sur la muséologie de l'art contemporain, et sur la manière dont la culture numérique sera amenée à bouleverser ce secteur – paradoxalement marqué par des tendances conservatrices –, dans un futur plus ou moins proche.

La réticence des institutions muséales à intégrer l'art numérique dans leurs collections s'explique par une méconnaissance d'un secteur qui, à l'instar des médias sur lesquels il repose, est pourtant de moins en moins 'nouveau'. L'un des fondateurs du mouvement net art – soit des œuvres réalisées pour et avec l'internet –, l'Anglais Heath Bunting, a créé ses premiers projets sur le réseau au milieu des années '90. Son travail s'inscrit dans une mouvance que l'on pourrait qualifier d'*hacktiviste* (entre hacking et activisme), qui prend aujourd'hui une résonance toute particulière à la lumière des révélations d'Edward Snowden sur l'espionnage généralisé de l'internet par les Etats-Unis et certains de leurs alliés. La Tate Gallery ne s'y est pas trompé, qui a acquis en 2002 une œuvre en ligne de Bunting pour sa collection 'Intermedia Art', *BorderXing Guide*, elle aussi d'une tragique actualité puisqu'elle traite du passage clandestin des frontières de l'Europe.

Sans doute les historiens de l'art du futur se demanderont-ils pourquoi les musées ne se sont pas davantage intéressés à ces œuvres qui rendent compte des profondes mutations en cours dans nos sociétés sous l'influence des réseaux numériques. L'argument de la conservation est souvent avancé : il serait difficile, voire impossible, de collectionner à long terme des œuvres conçues pour les médias numériques. Mais outre le fait que de nombreux contre-exemples existent², la question devrait alors également se poser vis-à-vis des fichiers que produisent les institutions muséales lors du processus de numérisation de leurs collections. Les problèmes de conservation de l'art numérique étudiés par des chercheurs tels que Howard Besser au début des années 2000³, sont en réalité fort proches de ceux que rencontrent les gestionnaires des photothèques en ligne. J'ai déjà eu l'occasion de souligner la nécessité pour les musées de considérer les fichiers de leurs œuvres numérisées comme des collections à part entière⁴. Mais dans le cadre du projet *Digitizing Contemporary Art* (2011-2013) pour lequel mon équipe a assuré le rôle de *Work Package Leader* du volet *Digitization*⁵, nous avons pu constater que nombreuses sont les petites ou moyennes institutions muséales qui ne disposent pas de l'infrastructure ou des ressources humaines nécessaires pour envisager une politique de conservation à long terme de ces collections numériques.

Créé en 2008, le département Musée numérique des MRBAB propose d'apporter une solution globale à ces différentes problématiques. L'équipe, composée d'historiens de l'art bénéficiant d'une bonne expertise dans le domaine informatique, agit comme une interface entre le monde de la conservation et le monde numérique. Outre la gestion



Bodys Isek Kingelez, *Kimbembele Ihunga*(detail), 1994. Paper, cardboard and other found materials, 130 x 330 x 210 cm. CAAC - The Pigozzi Collection, Geneva / photos: Marc Halevi
© CAAC - The Pigozzi Collection, Geneva



Hans Op de Beeck, *Anke*, 2007. Sculpture, mixed media (polyamide), height 159 (sculpture and pedestal) x 23 (diameter) cm. Studio Hans Op de Beeck
© Studio Hans Op de Beeck

des collections en ligne, le Musée numérique supervise aujourd'hui une quantité sans cesse grandissante de projets, qu'ils soient tournés vers le grand public (site web, sites des expositions temporaires, Google Art Project, ...), ou orientés vers la recherche (numérisation multispectrale, numérisation 3D, partenariat sur des projets pluridisciplinaires, ...). Dans le cadre de l'exposition *2050. Une brève histoire de l'avenir*, le Musée numérique a pris en charge la création d'une application servant de guide du visiteur, la réalisation d'un site web, ainsi que le processus de numérisation de l'inestimable *Vénus de Galgenberg* prêtée par le Naturhistorisches Museum de Vienne.

La numérisation des collections permet une connaissance approfondie des œuvres anciennes mais, en cette époque post-internet, le Musée numérique est également lié de très près à la création contemporaine, d'une manière parfois détournée. A titre d'exemple, citons la sculpture *Anke* (2007), réalisée à l'aide d'une imprimante 3D par Hans Op de Beeck pour l'exposition *2050. Une brève histoire de l'avenir*. Le fichier sur lequel repose l'œuvre a ici plus d'importance que l'objet lui-même : en cas d'achat par un musée, ce fichier ne devrait-il pas être joint à la transaction, et sa conservation confiée à un département adéquat, ancré dans le numérique ?

Les musées d'art doivent aujourd'hui envisager la culture numérique de manière globale : en considérant les œuvres numérisées non pas comme de simples copies d'artefacts mais bien comme des éléments essentiels de collections en ligne, qui nécessitent des procédures particulières de préservation et de valorisation ; en s'ouvrant à la création numérique afin de prolonger leur rôle de laboratoires pour la conservation du patrimoine ; enfin, en développant des stratégies vers un public de plus en plus connecté et exigeant, tel que l'accès dans les salles d'exposition à un contenu multimédia varié via l'internet mobile, afin d'enrichir l'expérience de la visite au musée.

L'auteur

Pierre-Yves Desaiève est historien de l'art et titulaire d'un master en informatique appliquée aux Sciences humaines. Professeur à l'ENSAV-La Cambre (actualité de l'art contemporain), il est également membre de la Commission des arts numériques de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Plus

L'exposition *2050. Une brève histoire de l'avenir* aux Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique jusqu'au 24 janvier 2016.

www.expo-2050.be

Notes

¹ Oeuvres de Mark Napier (collection du Musée Guggenheim, New York), de Heath Bunting, et du collectif Futurefarmers.

² Christiane Paul, fondatrice du projet Artport au Whitney Museum of American Art est revenue récemment sur la question de la collection du net art dans un article au titre explicite : *Collectible After All*. Entretien avec Marisa Olson, Rhizome, 10/08/2015 (<http://rhizome.org/editorial/2015/aug/10/artport-interview-christiane-paul/>)

³ Besser, Howard (UCLA School of Education & Information Studies) : *Longevity of Electronic Art*, submitted to International Cultural Heritage Informatics Meeting, 2001, written Feb 2001.

⁴ Rotterdam, Museum Boijmans van Beuningen, 06/01/10: 'Virtual Museums Need Real Conservators', dans le cadre du symposium Co-dart : 'Digitization: blessing or burden?'

Paris, Centre Pompidou, 04/01/08 : 'Musées (virtuels) cherchent conservateurs (réels)', dans le cadre du symposium 'Le Musée 2.0.'

⁵ <http://www.digitisingcontemporaryart.eu/>

SUR LES TRACES DES CARAVANES...

LES MUSÉES ROYAUX D'ART ET D'HISTOIRE EN ARABIE

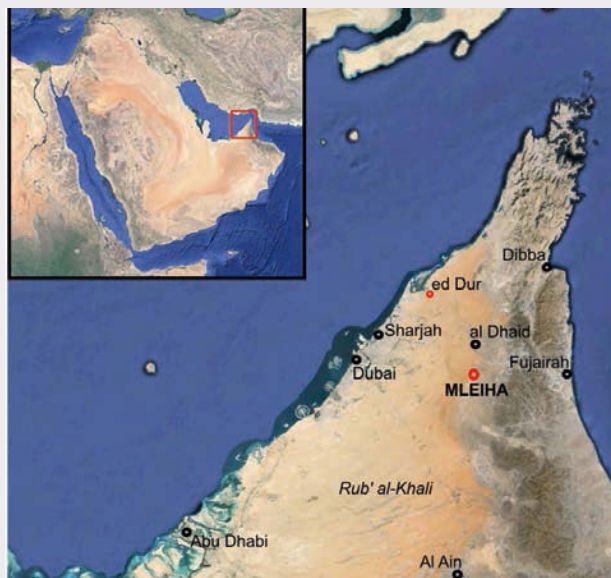
Dr. Bruno Overlaet

Les Émirats arabes unis, associés par le grand public aux puits de pétrole et aux villes comme Dubaï et Abu Dhabi, sont moins connus pour leur place dans l'histoire mondiale. Pourtant, ces régions situées le long du Golfe persique, au bord du désert arabe *Rub' al Khali*, littéralement le 'Quart vide', jouèrent un rôle important dans le développement des anciennes cultures qui forment les bases de notre civilisation. Des textes cunéiformes du 3^e millénaire av. J.-C. trouvés en Mésopotamie, l'actuelle Irak, signalaient la richesse en cuivre et en pierres de Magan, la partie sud-est de la péninsule arabique. Des bateaux venant de Magan amarraient à Akkad sur l'Euphrate, la capitale du royaume akkadien (env. 2350-2170 av. J.-C.). Le roi Manishtusu d'Akkad aurait mené une expédition vers Magan, où il aurait assujéti une trentaine de rois et extrait la diorite dont on se servait pour

fabriquer des statues précieuses.

Depuis les années 50 du siècle passé, le patrimoine archéologique et culturel de cette région est mis en danger suite aux exploitations pétrolières, l'immigration qui en découle et l'urbanisation grandissante. Les Émirats ont entamé une campagne dynamique de recherches et de protection de leur patrimoine culturel et matériel, parfaitement conscients de la menace qui pèse sur lui. Depuis 2009, une équipe archéologique belge y est impliquée dans l'Émirat Sharjah et travaille étroitement avec le *Directorate of Antiquities*. La recherche se concentre sur la cité caravanière de Mleiha (al Maleha), un des sites archéologiques les plus importants d'Arabie du Sud-Est. L'ancienne ville caravanière se situe à mi-chemin environ sur la route reliant les villes côtières du Golfe persique et celles du Golfe d'Oman et sur la route qui relie les oasis de Dhaid et al-Ain.

Mleiha se trouve dans une plaine alluviale au pied des montagnes d'Oman et est séparée du désert de sable par le Jebel



L'Arabie du Sud-Est et Mleiha.



Vue sur le wadi et les fouilles des MRAH. En arrière-plan, le Jebel Fayah qui protège Mleiha du désert de sable.



La tour funéraire restaurée *Umm an-Nar* à Mleiha (env. 2600-2000 av. J.-C.)



Fouille d'un monument funéraire : autour de la base de la tour en briques d'argile crues se trouvent des briques gypseuses plus dures tombées du monument.



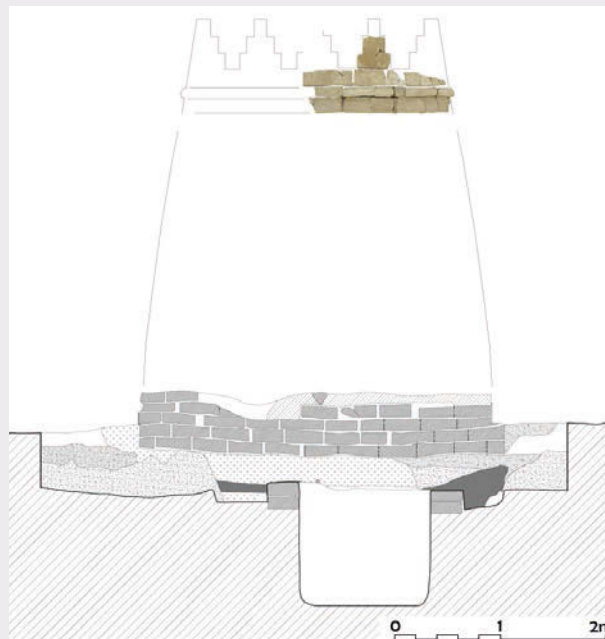
Fouille de deux tours funéraires en briques crues.

Fayah. Cette situation géologique explique la nappe aquifère haute qui rend la région propice à la vie humaine. La présence humaine a fortement fluctué et a suivi les variations climatiques auxquelles cette région à la frontière du désert se révèle particulièrement sensible. Au 7^e/6^e millénaire av. J.-C. on y trouvait déjà une population nomade néolithique mais la véritable première période d'essor se situe au 3^e millénaire av. J.-C. Le mobilier funéraire dans les tombes monumentales en forme de tour de la culture sédentaire *Umm an-Nar* montre que la région était en contact avec la Mésopotamie, l'Iran du Sud et les cultures de la vallée de l'Indus. L'habitat le plus répandu à Mleiha date toutefois de la période pré-Islamique tardive. Du III^e siècle avant J.-C. au III^e-IV^e siècle après J.-C., Mleiha fut le centre économique et politique de l'Arabie du Sud-Est, frappant sa propre monnaie, sur laquelle les membres de la dynastie de souverains locaux, les *Abi'el*, étaient représentés dans un style hellénistique.

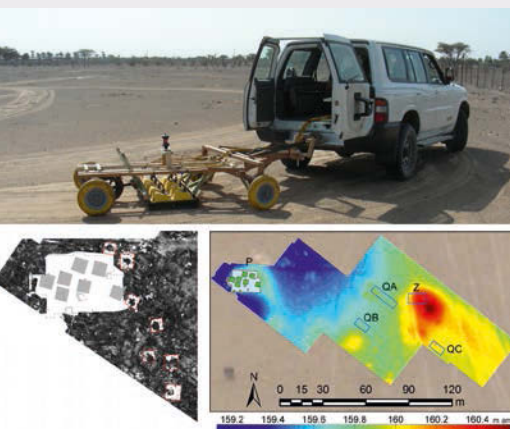
La soudaine floraison économique de l'oasis de Mleiha au III^e siècle av. J.-C. est en rapport direct avec l'essor du commerce international entre l'Est et l'Ouest. Mleiha jouait un rôle d'intermédiaire et de ravitaillement des caravanes de chameaux sur la route entre l'Arabie du Nord-Est et la côte d'Oman. Des denrées luxueuses telles que de la vaisselle grecque, des flacons en albâtre d'Arabie du Sud et des ivoires indiens atteignaient ainsi la région. Le plus ancien fragment d'amphore à vin provient d'un exemplaire de Rhodes et date de 270-250 av. J.-C. Il fut découvert par les archéologues belges en 2009. Mleiha était constituée de plusieurs grands forts entourés de complexes d'habitations plus modestes, des ateliers d'artisans et de simples *barasti*, des huttes construites avec du bois et des feuilles de palmiers. Ces constructions étaient environnées de plantations de dattiers, approvisionnées en eau par un réseau étendu de petits canaux. Au III^e ou au début IV^e siècle, la puissance de Mleiha prit soudainement fin. Les forts furent assiégés et détruits par le feu et l'oasis fut abandonnée. Les routes commerciales se déplacèrent et la ville antique resta abandonnée jusqu'aux années 80 du siècle passé quand la région fut à nouveau utilisée pour la culture des dattiers. Aujourd'hui, l'émirat mène une véritable campagne de protection : des plantations ont été achetées en masse et sécurisées comme zone archéologique, la population locale est sensibilisée et une infrastructure touristique se développe. La recherche archéologique est indispensable dans ce processus.

La croissance soudaine de Mleiha au début du III^e siècle pose de nombreuses questions sur le contexte économique et socio-politique et sur l'identité des habitants. S'agissait-il d'un développement local ou était-ce plutôt dû à l'afflux de nouveaux venus dans la région ? Cette dernière théorie se base, entre autres, sur la nécropole de Mleiha, un vaste champ funéraire avec des chambres funéraires souterraines au-dessus desquelles étaient construits des monuments massifs en briques crues avec des merlons à degrés. Des monuments identiques dans la ville nabatéenne de Petra en Jordanie et en Arabie saoudite laissent supposer une forte influence de l'Arabie du Nord. À la recherche de plus d'informations à ce sujet, l'équipe des MRAH a entrepris une recherche sur la plus ancienne partie de la nécropole de Mleiha.

Des monticules bas disséminés sur le wadi cachaient les vestiges des 'tours' en briques crues qui se trouvaient au-dessus des tombes. Des sépultures plus modestes ont été retrouvées entre et autour de celles-ci. Bien que toutes les tombes découvertes jusqu'à présent aient été pillées, les objets restants tels que des perles en or, des vases en albâtre et en bronze, et de la poterie du monde méditerranéen, d'Inde et d'Iran, démontrent que Mleiha jouait déjà au III^e-II^e siècle av. J.-C. un rôle important dans le commerce international à longue distance.



Coupe d'une tombe avec reconstitution de la tour funéraire.



Illustrations de gauche à droite :

Aperçu de la nécropole avec le *Ground Penetrating Radar*. En bas à droite : plan en relief de la zone étudiée. En bas à gauche : détail avec indication des tours funéraires (en rouge) à côté de la zone fouillée.

Petit vase en albâtre d'une tombe monumentale de Mleiha.

Perles en or (en haut : diam. avec reconstitution env. 1 cm; en-dessous L. 1,2 cm).

Fragments d'une amphore à vin de Rhodes avec un cachet portant le nom du magistrat *Agemachos* (181-179 av. J.-C.) et la mention du mois *Dalios* du calendrier rhodien.

Les tombes sont de simples fosses dans lesquelles les défunts étaient enterrés avec le mobilier funéraire. Elles étaient recouvertes de poutres en bois, de nattes de feuilles de palmiers et d'une couche de plâtre, une technique de construction qui, jusqu'il y a peu, était encore utilisée dans l'habitat traditionnel de la région. Un monument massif en forme de bloc fait de briques de terre crue, parfois combinées avec des briques gypseuses plus dures, était érigé au-dessus de la tombe. Dans la tradition arabe, ces blocs abritent le *djinn*, l'esprit du défunt. Seule la base de ces tours est conservée et les détails de la construction supérieure sont restés incertains jusqu'à la découverte exceptionnelle en 2009 de deux tours ornées de moulures décoratives et de merlons à degrés en briques gypseuses. L'effondrement de ces blocs gypseux autour des monuments et les détails des merlons ont permis une reconstruction fidèle. Les murs étaient légèrement inclinés vers l'intérieur et sur le bord des tours il y avait des moulures horizontales et des créneaux. Nous supposons que toutes ces tours funéraires avaient des décorations semblables mais faites, pour la plupart, en simples briques crues, qui contrairement à ces briques gypseuses plus solides, ne laissent pas de traces. L'utilisation de murs inclinés correspond bien aux traditions de construction locales. En effet, nous retrouvons déjà cette caractéristique dans les tours funéraires d'Umm an-Nar au troisième millénaire av. J.-C. Les tours d'habitation et les tours de garde des forts des XIX^e et XX^e siècles dans les Emirats possèdent encore ces mêmes merlons et des murs inclinés. Ce trait les distingue des tours funéraires d'Arabie du Nord et de la Nabatène et démontre l'ancrage des pratiques funéraires dans les traditions locales.

Les groupes de 'tours funéraires' reflètent des liens familiaux ou claniques, alors que les variations en taille et en décoration indiquent sans doute des différences de statuts. Pour visualiser avec plus de clarté le contexte des tombes et l'évolution de la nécropole à travers le temps, une recherche par *Ground Penetrating Radar* fut menée sur une grande surface. La position des tours funéraires est clairement identifiable sur les images GPR ; on voit même, représentés par des taches dans la superficie carrée des tours, les tunnels par lesquels les pilliers sont entrés dans les tombes. Grâce à ces images, des fouilles ciblées peuvent être menées dans les différentes zones du champ funéraire.

Les pilliers de tombe ne s'intéressaient qu'aux objets pré-

cieux ; la vaisselle cassée et les simples objets en fer comme les épées et les pointes de flèche étaient abandonnés dans ou à proximité de la tombe. Les restes humains ont également disparu, sans doute, comme le suggère la découverte de perles autour des sépultures, pour pouvoir mieux dépouiller les corps de leurs bijoux.

Les amphores à vin de Rhodes emmenées par caravane de chameaux depuis l'Arabie du Nord sont importantes pour la datation des tombes. En effet, parmi les nombreux fragments découverts dans et aux environs des tombes, une trentaine d'anses portent des cachets portant le nom d'un magistrat rhodien, ce qui permet de les dater de manière précise. Bien que les tombes sont nécessairement plus récentes que la date de production de ces amphores, il est peu probable que ces dernières aient été placées dans les tombes des décennies plus tard. Le reste de la céramique est soit de production locale, soit originaire de la Mésopotamie du Sud, de l'Iran du Sud ou d'Inde ; ce qui nous donne ainsi une idée de la nature et de l'évolution des contacts commerciaux.

Suite à la découverte de l'importance des traditions locales dans l'architecture funéraire à Mleiha, la recherche continue sur l'origine et l'évolution du site comme centre commercial. Depuis 2009, les Musées royaux d'Art et d'Histoire effectuent chaque année des fouilles archéologiques à Mleiha.

L'auteur

Dr. Bruno Overlaet, directeur de l'expédition, est conservateur des collections Proche-Orient, Iran et Islam aux MRAH et éditeur en chef de la revue *Ara-bian Archaeology and Epigraphy*.

Les MRAH travaillent en collaboration étroite avec Dr. S. Jasim, directeur du Directorate of Antiquities de l'Émirat Sharjah. L'expédition a reçu le soutien de FWO-Vlaanderen et de l'Université de Gand (2009-2013) et s'inscrit actuellement dans le programme cadre de Belspo IAP VII, *Greater Mesopotamia: Reconstruction of its Environment and History*. L'équipe d'archéologues de 2015 est composée de Bruno Overlaet, Ernie Haerinck, Bart De Prez, Possum Pincé, Laurence Van Goethem et Martine Coppejans.

1001 IDÉES SAUVONS LA BIODIVERSITÉ !

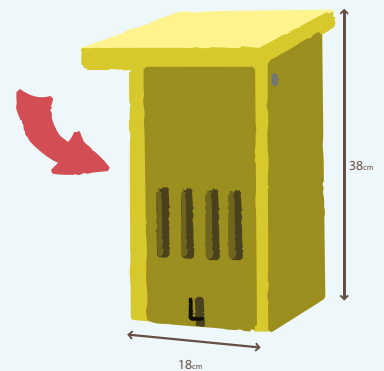
Vous avez
des idées originales
pour vivre différemment,
en respectant la planète ?
Envoyez-les nous jusqu'au 10 avril 2016 !

SAUVONS LA BIODIVERSITÉ

1001 IDÉES
CONCOURS

www.jedonnevieamaplanete.be

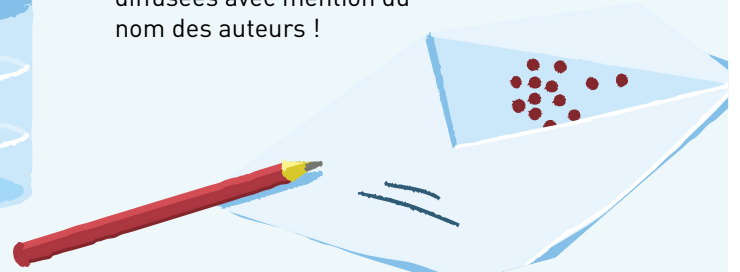
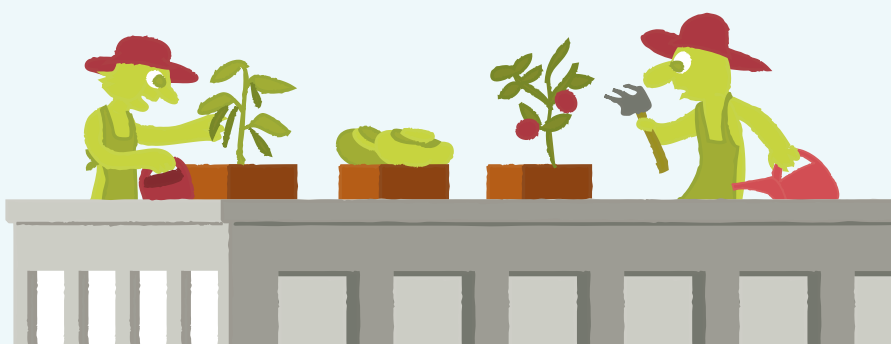
Joignez-y **une explication claire** de leur utilité **pour la biodiversité**, et **pourquoi pas** aussi une présentation sympa (dessin, bande dessinée, film, photo, bricolage, œuvre d'art...).



Supers prix* à gagner.

Les meilleures idées seront publiées et diffusées avec mention du nom des auteurs !

Réponse individuelle ou en groupe, sans limite d'âge. **Le jury veillera à ce que tout le monde ait une chance égale de gagner !**



www.jedonnevieamaplanete.be

Ce concours est organisé par le service biodiversité du Muséum des Sciences naturelles, avec le soutien des administrations de l'environnement des régions et du fédéral.

Contact: biodiversite@sciencesnaturelles.be



* La liste des prix à gagner est présentée sur le site internet du concours.

museum



DEMOCRITOS

L'expertise en dynamique des fluides de l'Institut von Karman au service du projet MYRRHA

Philippe Planquart

Trois installations ainsi qu'une expertise unique en simulation numérique et en méthode d'optimisation apportent une aide cruciale au projet MYRRHA.

MYRRHA est le réacteur nucléaire de recherche en cours de développement au Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire de Mol (SCK·CEN). L'acronyme MYRRHA signifie *Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications*, ce qui se traduit par réacteur de recherche hybride et multifonctionnel pour applications innovantes. Il sera le premier prototype d'un réacteur nucléaire piloté par un accélérateur de particules. En raison de différences significatives avec les réacteurs existants, MYRRHA présente plusieurs particularités innovantes : il fonctionne avec des neutrons rapides pilotés par un accélérateur, il est sous-critique donc facilement contrôlable et le refroidissement du cœur du réacteur s'effectue au moyen d'un métal liquide (un eutectique plomb-bismuth; LBE - Lead Bismuth Eutectic). L'utilisation de ce nouveau fluide dans le circuit primaire nécessite des études spécifiques, pour lesquelles le SCK·CEN a trouvé,

auprès de l'Institut von Karman (IVK), les compétences en dynamique de fluides indispensables au développement du nouveau réacteur.

Les recherches effectuées à l'IVK fournissent une aide au design du réacteur et permettent également d'en augmenter la sécurité. Les deux institutions scientifiques fédérales ont conclu en janvier 2011, en présence du Premier Ministre et des Ministres de tutelle, un accord de collaboration, pour une période de 4 ans, baptisé DEMOCRITOS, acronyme de *DEmonstration of Myrrha Operation and CRITICAL Objects for Safety*.

Financé par la Politique scientifique fédérale (Belspo), le programme de recherche DEMOCRITOS comprend cinq axes de recherche en dynamique des fluides. Le premier axe porte sur l'étude du comportement thermohydraulique du circuit primaire du réacteur et implique des essais physiques sur modèle réduit ainsi que des simulations numériques tridimensionnelles et temporelles. Le deuxième axe

concerne la conception et le dimensionnement des deux pompes principales du circuit primaire qui doivent fonctionner avec du plomb-bismuth. La localisation rapide et l'identification des écoulements combustibles dans le métal liquide font l'objet du troisième axe de recherche. Le développement d'outils numériques spécifiques pour l'étude par simulations numériques du réacteur en condition nominale et dans des configurations accidentelles fait également partie des axes de recherche. Finalement, le phénomène de ballotement du métal liquide lors d'une activité sismique et son impact sur les structures du réacteur ont été étudiés.

Trois installations uniques ont ainsi été conçues et fabriquées à l'IVK dans le cadre de DEMOCRITOS. Ces installations sont pleinement opérationnelles et ont fourni des résultats importants aux ingénieurs du SCK•CEN. Les trois installations ainsi qu'une synthèse des essais réalisés sont décrits ci-dessous.

Le mélange plomb-bismuth utilisé dans le circuit primaire du réacteur MYRRHA est opaque. Il est impossible de visualiser les écoulements de ce métal liquide. Pour remédier à cela, un modèle à eau à échelle réduite du circuit primaire du futur réacteur a été construit. Ce modèle a été baptisé MYRRHABELLE, acronyme qui signifie *MYRRHA Basic sEt-up for Liquid fLow Experiments*. Une échelle géométrique

de 1/5 a été choisie et les paramètres de similitude tels que les nombres adimensionnels de Richardson et Euler sont respectés dans les modes opératoires de MYRRHABELLE.

L'installation est construite en Plexiglas. La cuve possède un diamètre de 1,5m et contient 4000 litres d'eau. La figure 1 illustre la partie supérieure de MYRRHABELLE illuminée par une tranche laser. On aperçoit à l'avant plan un des quatre échangeurs de chaleur qui évacue vers l'extérieur la chaleur dégagée au niveau du cœur du réacteur, simulé dans le modèle à eau par un faisceau de résistances chauffantes cylindriques.

La transparence du modèle permet la visualisation des écoulements et l'utilisation de techniques de mesure optiques non-intrusives de pointe pour la caractérisation thermohydraulique du circuit primaire. A titre d'exemple, on citera la technique PIV (Vélocimétrie par Images de Particules) pour la détermination des champs de vitesse moyenne et de turbulence. Un exemple de résultats PIV est proposé à la figure n°2. Les jets en sortie de la structure située au-dessous du cœur du réacteur sont clairement identifiés et mesurés. Le champ thermique est obtenu par des mesures effectuées au moyen de la technique de la fluorescence induite par laser (LIF) et d'une batterie de capteurs thermiques.

La caractérisation thermohydraulique du circuit s'est effec-

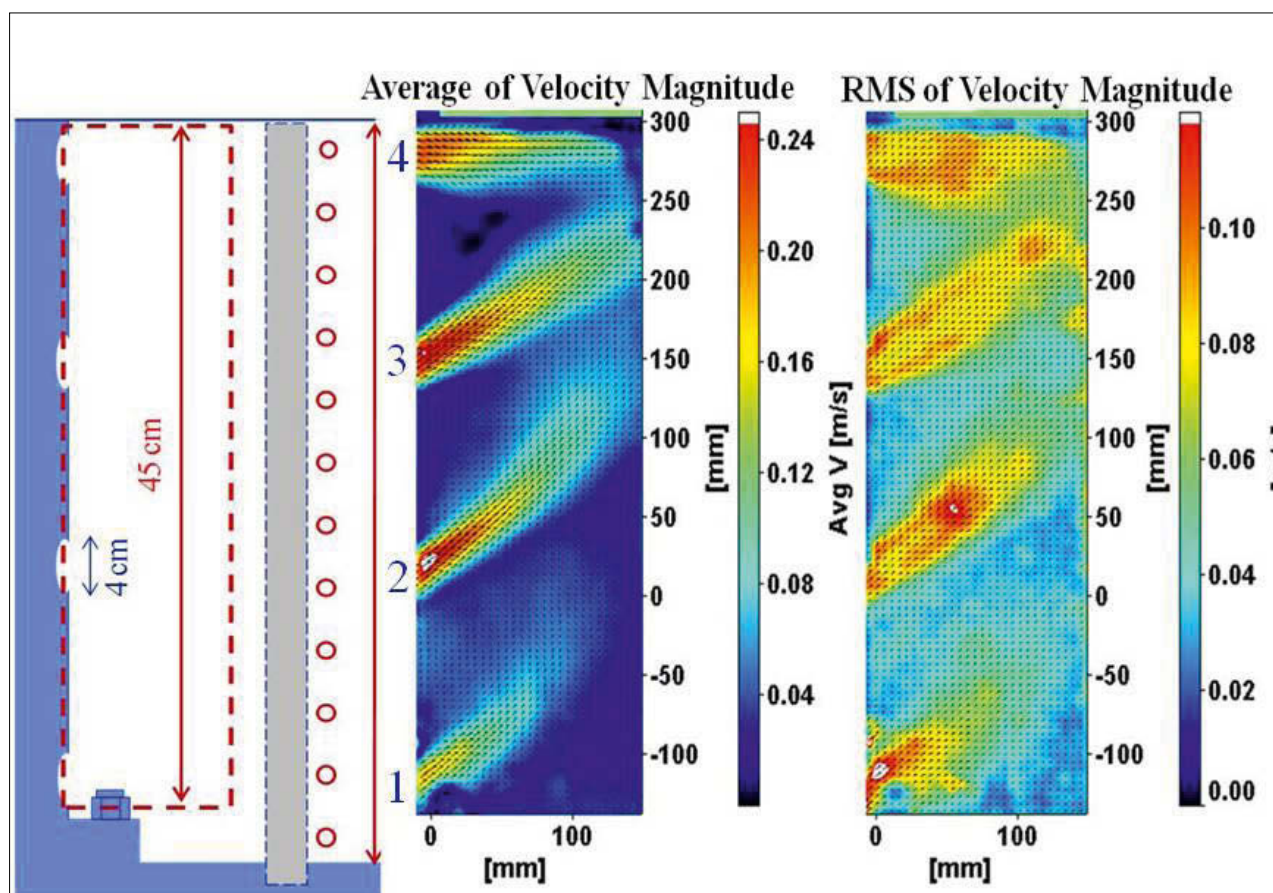


Figure 2 - champ de vitesse moyen et fluctuation



Figure 3 - table vibrante SHAKESPEARE

tuée pour les conditions opératoires nominales et des situations accidentelles. Le comportement efficace du circuit primaire lors de l'arrêt complet des deux pompes principales a pu être validé; l'évacuation adéquate de la chaleur dégagée par le cœur du réacteur étant assurée vers les échangeurs de chaleur par la seule convection naturelle.

La seconde installation baptisée SHAKESPEARE (*SHaking Apparatus for Kinetic Experiments of Sloshing Project with EArthquake REproduction*) permet la reproduction physique d'un tremblement de terre. Les essais réalisés à l'aide de cette table vibrante ont pour objectifs de quantifier les effets du ballotement ('sloshing') du liquide dans le circuit primaire de MYRRHA lors d'une activité sismique. L'installation SHAKESPEARE est présentée à la figure n°3. Celle-ci comporte trois plateaux indépendants. Leurs déplacements s'effectuent au moyen de vérins hydrauliques pilotés par ordinateur. Une base de données permet de simuler une série représentative d'activités sismiques (tremblements de terre s'étant déjà produits ou susceptibles de se produire en Belgique).

Le modèle est placé sur le plateau supérieur qui peut supporter une charge maximale de 500 kg. La fréquence maximale du signal d'entrée est 10Hz et l'amplitude de déplacement de chaque piston peut atteindre 50 mm. Lors des premières



Figure 4 - modèle à l'échelle 1/25 de MYRRHA

campagnes d'essais, les lois de similitudes à respecter ont été établies en menant des expériences comparatives entre l'eau et un métal liquide. L'utilisation de l'eau pour l'étude du phénomène de ballotement a ainsi été validée pour la suite des campagnes expérimentales.

Un modèle simplifié du réacteur à l'échelle 1/25, illustré à la figure 4, a été construit en Plexiglas. Les signaux sismiques ont été adaptés afin de prendre en compte le facteur d'échelle. Finalement, les expériences ont révélé que l'ensemble des structures présentes (obstacles immergés) dans la partie supérieure du réacteur conduisaient à un changement de la fréquence du premier mode de ballotement. Ce résultat est d'une grande importance pour le design du réacteur parce qu'il permet de démontrer que l'impact d'un tremblement de terre sur le mouvement du liquide sera réduit. La base de données obtenue lors des essais a servi également à valider une série de simulations numériques. L'outil CFD (Computational Fluid Dynamics) permet maintenant d'étudier plus finement des géométries complexes qui se rapprochent du design final de MYRRHA.

L'utilisation d'ultrasons pour de l'imagerie est actuellement largement employée dans divers domaines (sonar, imagerie médicale, diagnostics non destructifs, ...). L'imagerie ultrasonore sera utilisée dans le réacteur MYRRHA pour aider au



Figure 5 - installation TAUPE

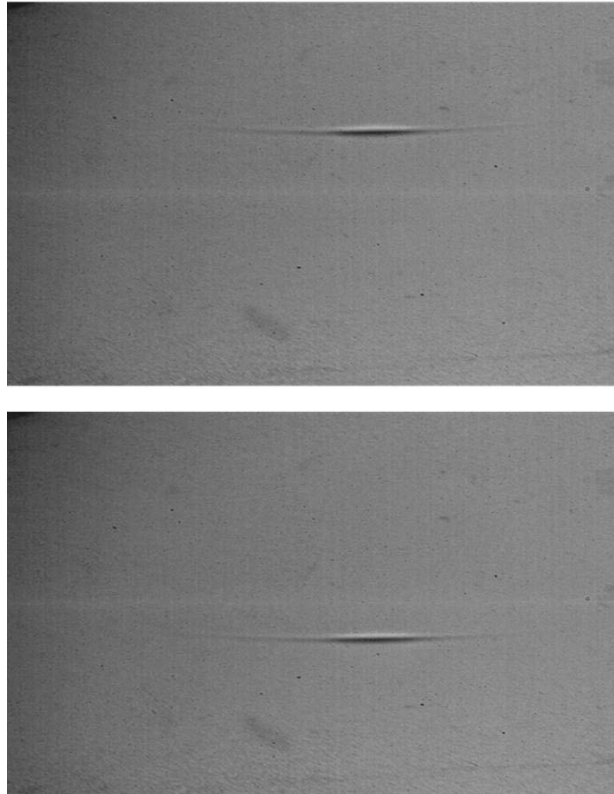


Figure 6 - visualisation optique du déplacement d'une impulsion ultrasonore dans l'eau

chargement des éléments combustibles et pour l'inspection des éléments internes afin d'assurer une bonne opération du réacteur. En particulier, la localisation et l'identification rapide des éléments combustibles. Le comportement des impulsions ultrasonores dans le plomb-bismuth nécessite le développement d'émetteurs/récepteurs spécifiques ainsi que l'étude du déplacement des impulsions produites par ces nouveaux émetteurs/capteurs.

L'installation TAUPE - présentée à la figure n°5 - est le troisième banc d'essais développé à l'IVK dans le cadre du programme DEMOCRITOS. TAUPE est dédié à la visualisation et la modélisation de la propagation d'impulsions acoustiques ultrasonores dans l'eau, provenant d'émetteurs/récepteurs tels que ceux prévus pour MYRRHA. Cette installation présente la particularité de pouvoir étudier le comportement d'ondes ultrasonores en présence de gradients de vitesse et/ou de température similaires à ceux rencontrés dans la cuve inférieure du réacteur MYRRHA. L'installation a une hauteur de 2 mètres et permet de caractériser la propagation des impulsions ultrasonores sur une longueur de 4 mètres. L'installation est équipée d'un banc optique permettant de suivre par strioscopie (méthode optique de visualisation) le déplacement et le comportement d'une onde ultrasonore lors de sa réflexion sur des objets. La figure n°6 illustre le déplacement du haut vers le bas d'une impulsion ultrasonore. Les essais réalisés sont reproduits au moyen d'un code de calcul basé sur le déplacement de rayons (ray tracing) développé à l'IVK. Les simulations numériques ont bien reproduit les expériences menées avec de l'eau. Le code de

simulation a ensuite été appliqué au cas du plomb-bismuth afin d'estimer l'effet des champs de vitesse et de température sur la propagation d'impulsions ultrasonores.

Les trois infrastructures MYRRHABELLE, SHAKESPEARE et TAUPE développées dans le cadre de DEMOCRITOS ont permis d'obtenir des résultats majeurs dans le cadre du FEED (Front End Engineering Design) de MYRRHA. Les données expérimentales qui en résultent constituent en effet une base de données fondamentale pour la validation d'outils numériques, qui peuvent ensuite être appliqués au cas du réacteur MYRRHA. Le programme DEMOCRITOS a également permis de définir et d'optimiser le design des pompes du circuit primaire en utilisant les techniques d'optimisation développées par l'IVK. Le design proposé fait actuellement l'objet d'une demande de brevet. Une expertise importante en simulations numériques des écoulements de plomb-bismuth a été développée en parallèle aux activités expérimentales. Cette activité numérique donne accès à une grande gamme de simulations sur ordinateur de différents modes opératoires.

L'IVK apporte ainsi une contribution unique et primordiale au projet MYRRHA. Les études vont continuer en suivant l'évolution du design de MYRRHA. Les installations sont bien entendu disponibles pour d'autres études. La table vibrante SHAKESPEARE est d'ailleurs déjà utilisée pour des études de ballottement de liquide cryogénique, problématique rencontrée dans la propulsion des satellites.

LA TAXIDERMIE, UN MÉTIER EN CONSTANTE ÉVOLUTION

Yannick Siebens

Un bon taxidermiste doit à la fois posséder des compétences d'anatomiste, de naturaliste et d'artiste. C'est une profession rare et remarquable mais aussi jeune et tendance ces dernières années. La taxidermie a longtemps eu une connotation négative. En effet, un taxidermiste 'empaillé' des animaux morts, des cadavres. Aujourd'hui, en Belgique, on ne trouve plus qu'une vingtaine de personnes exerçant cette profession. La législation belge en vigueur est assez sévère et les réglementations diffèrent en Flandre, à Bruxelles et en Wallonie. En plus, toutes les régions doivent tenir compte de la CITES (ou Convention de Washington), un accord international sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

Les taxidermistes sont des personnes clés pour tout musée de sciences naturelles. Ils préparent les nouvelles pièces des collections ou des expositions (partiellement ou entièrement) ou restaurent d'anciens spécimens. Notre taxidermiste Chris-

tophe De Mey travaille principalement pour les collections scientifiques. Il naturalise le plus grand nombre d'animaux possible, appartenant à toutes sortes d'espèces différentes. Une fois finalisés, les spécimens sont placés dans les conservatoires où, après plusieurs décennies, les chercheurs peuvent encore les étudier et effectuer des analyses morphologiques ou des recherches ADN.

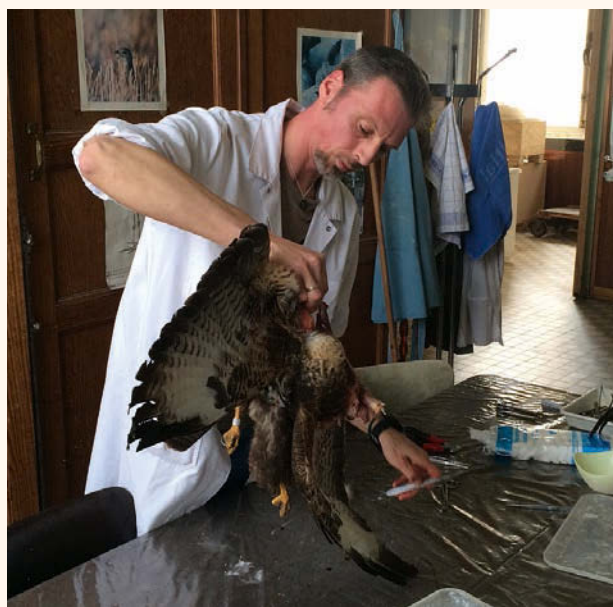
Pour les expositions, les animaux doivent sembler plus 'vivants', être moins 'statiques' que certains spécimens de collection ; ils doivent être minutieusement naturalisés, avec une attention toute particulière pour la posture et les finitions. Il faut dès lors souvent préparer expressément de nouveaux spécimens, comme certains oiseaux de l'exposition *Bébés animaux* en 2014. Outre la préparation de nouveaux spécimens pour les collections ou les expositions, notre taxidermiste restaure des animaux naturalisés par ses prédécesseurs. Le travail peut s'avérer délicat : les plus anciens datent du 19^e siècle !

Un grand défi attend Christophe : pour la réouverture du Musée royal de l'Afrique centrale à Tervuren, il va devoir restaurer 131 pièces de collection, dont des pièces emblématiques telles que des girafes, des éléphants et des zèbres. 'C'est une tâche très importante, qui ne doit pas être sous-estimée, mais également un honneur pour nous.'

Nouvelle vie

Chaque semaine, de nouvelles dépouilles arrivent à l'Institut. Il s'agit d'animaux morts dans les parcs zoologiques ou les centres de réhabilitation, ou lors d'accidents de la circulation. Tous les animaux entrants sont congelés. Ceux qui ne peuvent être naturalisés (car déjà en décomposition) sont ensuite envoyés chez l'ostéologue de l'Institut, qui prépare les squelettes pour la conservation. Les autres sont confiés à Christophe.

Pour 'insuffler une nouvelle vie' à l'animal, le taxidermiste doit d'abord enlever la peau à l'aide d'un scalpel et de ciseaux.



Christophe De Mey prépare une buse



Michèle Monsieurs lors d'une animation sur la taxidermie.



Le taxidermiste espagnol Antonio Perez pendant le montage de 'son' expo.

Puis, il la retourne et en retire le maximum de chair afin d'éviter le pourrissement (il ôte même les petits muscles fins et allongés des ailes chez les oiseaux). Les spécimens sont ensuite plongés dans un bain de tannage et lavés. Puis ils sont trempés dans de l'alcool dilué, avant de passer au séchoir, avec des copeaux de bois qui accélèrent le processus. Chez les oiseaux, on laisse le crâne en place, parce que le bec y est rattaché ; tandis que chez les mammifères, le crâne est retiré, nettoyé et remplacé, ou bien il est remplacé par un moulage.

C'est alors que se révèlent les talents de biologiste et d'artiste du taxidermiste : sur base des dimensions de l'animal, de la proportion des muscles, et selon l'attitude requise, il réalise une structure, le 'body' – souvent en polystyrène – sur lequel la peau sera remplacée. À l'heure actuelle, cette structure est toujours réalisée à la main, mais des essais sont en cours avec des imprimantes 3D. Ce métier ancestral est en constante évolution. Christophe préfère les postures et expressions naturelles. 'La mise en place d'yeux d'hiboux ou d'autres oiseaux de proie est très différente de celle d'autres oiseaux. S'il est possible de conserver l'orbite des hiboux, le rendu est souvent plus beau et semble plus naturel que si on y plaçait un œil artificiel. J'aimerais également à l'avenir rendre aux animaux les postures qu'ils ont dans le milieu naturel, comme par exemple celle du prédateur saisissant sa proie ou celle de deux oiseaux ou mammifères s'accouplant.'

La taxidermie, c'est tendance

Beaucoup de jeunes veulent devenir taxidermistes. En Belgique, cette profession est officiellement reconnue depuis 2014, mais il faut aller aux Pays-Bas ou en Grande-Bretagne pour suivre une formation certifiée en taxidermie : il n'en existe pas encore chez nous. Christophe a depuis peu des stagiaires – des étudiants en médecine ou en biologie pour la plupart –, à qui il montre toutes les astuces du métier. Il a été formé de la même façon il y a des années de cela par le précédent taxidermiste de l'Institut. 'J'y ai pris goût et j'ai décidé de suivre cette voie. La taxidermie est un processus délicat, qui requiert précision et recherche d'alternatives lorsque les produits utilisés autrefois ne sont plus autorisés.' L'un des problèmes de la naturalisation étant qu'elle décolore les pigments foncés et assombrit les plus clairs, Christophe teste notamment différents produits afin d'obtenir des résultats durables et qualitatifs.

Après plusieurs mois de stage à l'Institut, Michèle Monsieurs seconde Christophe dans ses projets. Elle travaille en ce moment sur un Fou de Bassan. 'J'ai toujours été intéressée par la nature et j'aime le travail manuel. Je trouve que la taxidermie,

c'est de l'art, un véritable travail de précision : ça demande un certain sens artistique, notamment pour les finitions, quand il faut peindre le bec et les pattes. Oui, j'ai trouvé ma voie. J'ai fait mes études en secrétariat et langues mais je regrettais de ne pas avoir pu suivre l'enseignement artistique. Mais maintenant, j'ai enfin trouvé, après quelques années de travail derrière un bureau, ce que je cherchais. Et je vais essayer de faire de mon passe-temps mon métier.' Grâce au succès grandissant que connaît la taxidermie, la relève est désormais assurée !

L'expo *WoW* ou 'la taxidermie en mouvement' d'Antonio Perez

Durant quelques jours, fin septembre, le Muséum a accueilli l'artiste espagnol et son fils pour la mise en place de 50 animaux naturalisés répartis en 10 scènes à vous couper le souffle, exposées jusqu'il y a peu au Parque de las Ciencias à Grenade. Antonio Perez qualifie ses compositions de 'taxidermie en mouvement'. Certains groupes – comme celui des bouquetins bondissant – ne reposent que sur un seul point ! Mêlant acrobatie et poésie, la plupart des scènes de l'exposition semblent défier les lois de la physique.

'Je calcule d'abord le poids de l'animal. Puis, selon les lois physiques de la gravité, je calcule le contre-poids qu'il faut pour faire tenir l'animal en équilibre. Ensuite, je prépare le 'body', une structure moulée en fibres de carbone sur laquelle sera tendue la peau de l'animal. Cette étape est la plus importante car il faut veiller à ce que la peau ne soit ni trop ni trop peu étirée. Quand le body est prêt, il est rempli du poids nécessaire et fixé à la structure métallique à peine décelable une fois l'ensemble fini.'

Plus

L'expo *WoW* – *Wonders of Wildlife*, est à visiter jusqu'au 28 août 2016 au Muséum des Sciences naturelles à Bruxelles.

www.sciencesnaturelles.be

Dans un film de 8 minutes, Christophe De Mey, notre taxidermiste, prépare une buse (www.youtube.com/naturalsciences - dans l'écran de visionnage, cliquez sur cc afin de choisir les sous-titres en français).

Avec tous nos remerciements à la Politique scientifique fédérale pour ces images et leur montage.

L'essaim sismique de Court-Saint-Etienne entre 2008 et 2010

237 SÉISMES EN 1 AN ET DEMI

Les séismes se sont produits à proximité de Faux, au sud de Court-Saint-Etienne, en profondeur sous la vallée de la Thyle. Les mesures géophysiques réalisées sur le terrain n'ont pas permis de confirmer la présence d'une faille proche de la surface du sol.

Koen Van Noten,
Thomas Lecocq
et Thierry Camelbeeck

Si vous avez lu les gros titres des journaux entre le 12 juillet 2008 et le 18 janvier 2010, vous n'avez pas pu rater l'information : la Terre a tremblé à Court-Saint-Etienne dans le Brabant Wallon. Pas une ou deux fois, non, 237 fois ! Les sismologues de l'Observatoire royal de Belgique nomment cette recrudescence d'activité 'l'essaim sismique de Court-Saint-Etienne'. Dans une étude multidisciplinaire, ils sont allés à la recherche de la source et des mécanismes de ces tremblements de terre.

Un essaim sismique ?

La grandeur d'un séisme est toujours mentionnée sur une échelle de magnitude dont la progression est logarithmique. La 'magnitude locale' (notée M_L) est calculée à partir du déplacement maximal du sol mesuré par les sismomètres d'un réseau sismique, comme celui de l'Observatoire qui surveille l'activité sismique en Belgique et dans les régions voisines.

Quelques manchettes

'Aarde blijft maar beven in Wallonië'
Gazet van Antwerpen 14 juillet 2008
'Al 100 aardbevingen in Waals-Brabant sinds zomer 2008'
Het Laatste Nieuws 25 février 2009
'Opnieuw lichte aardbeving in Waals-Brabant'
De Redactie 3 mars 2009
'Tremblement de Terre à Court-Saint-Etienne'
RTBF Belgique 28 décembre 2009
'La terre a encore tremblé à Court-Saint-Etienne'
Le Soir 31 décembre 2009

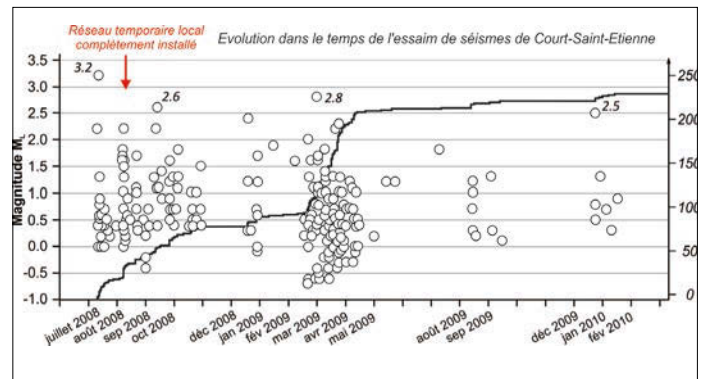


Figure 1 : L'évolution de l'essaim sismique de Court-Saint-Etienne. Comme souvent lors de séquences sismiques, il n'y a pas de dépendance claire entre la magnitude et le temps écoulé depuis le début de la séquence.

Les essaims de séismes sont des suites de petits séismes se produisant sur une courte période de temps. A l'opposé des grands tremblements de terre qui sont éventuellement précédés de quelques séismes précurseurs et suivis de nombreuses répliques plus petites, les essaims sont dépourvus de cette distribution autour d'un événement principal. L'essaim de Court-Saint-Etienne ne montre en effet aucune dépendance de la magnitude avec le temps (Figure 1). Le premier séisme de l'essaim a eu lieu le 12 juillet 2008 et avait une magnitude locale de M_L 2,2. Le jour suivant, le 13 juillet 2008, le séisme le plus fort de la séquence s'est produit avec une magnitude M_L 3,2.

Suite à ces deux premiers séismes, les scientifiques du service Séismologie-Gravimétrie de l'Observatoire royal de Belgique ont installé sept stations locales durant l'été 2008. Ces stations ont enregistré en continu les mouvements du sol pendant un an et demi dans la région de Court-Saint-Etienne et Ottignies. Ce réseau local a permis de mesurer des séismes de très faible amplitude qui n'auraient pas pu l'être avec le réseau sismique belge permanent dont les

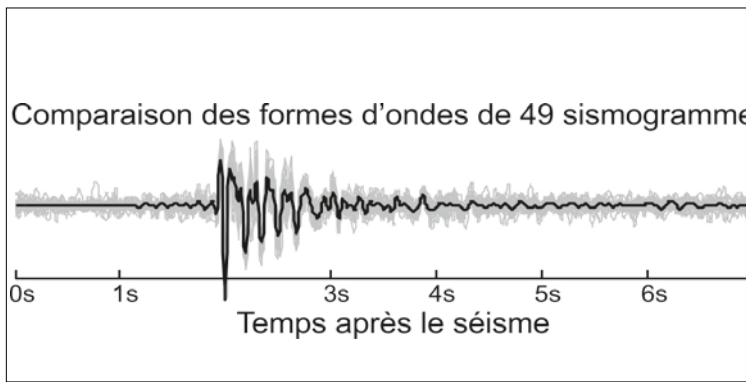


Figure 2 : Comparaison des formes d'onde de 49 séismes enregistrés au printemps 2009 par la station OTT à Ottignies. Les séismes qui se produisent à des endroits très rapprochés (quelques dizaines à centaines de mètres) donnent des sismogrammes de formes similaires.

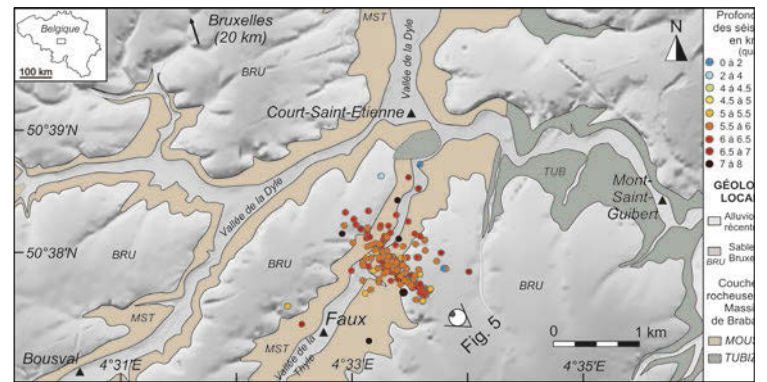


Figure 3 : Les séismes de l'essai de Court-Saint-Etienne s'alignent sur une direction sud-est-nord-ouest à des profondeurs de 5 à 7 km dans le sous-sol. Les couleurs illustrent les différentes couches géologiques à la surface telles que présentées sur les cartes géologiques locales. Le point de vue (l'œil) de la Figure 4 est également présenté.

stations se situent à plus grande distance. Au total, 237 séismes ont pu être mesurés entre le 12 juillet 2008 et le 18 janvier 2010 et leur magnitude était comprise entre M_L 0.7 (l'échelle de magnitude est logarithmique, des très petits séismes peuvent avoir des magnitudes négatives, ce qui signifie simplement qu'ils sont inférieurs à un séisme de référence) et M_L 3.2. Les deux périodes les plus actives sont l'été 2008 et le printemps 2009, pendant lequel jusque 10 séismes ont été mesurés quotidiennement.

Profondeur et la localisation de l'essai

Comme tous les séismes se sont produits à proximité les uns des autres, les sismogrammes enregistrés dans une station sismique particulière sont très ressemblants (Figure 2). Les variations subtiles dans les enregistrements sont dues à la différence de localisation des événements individuels. La comparaison de la forme du signal sismique des séismes de la séquence dans les différentes stations permet ainsi de déterminer de manière précise leurs épicentres et profondeurs. Suite à cette analyse, il est apparu évident que les différents séismes de la séquence sont alignés et orientés dans une direction nord-ouest – sud-est et qu'ils se sont produits sous le hameau de Faux dans la vallée de la Thyle, au sud de Court-Saint-Etienne. Les données sismiques montrent en outre que l'essai s'est produit sur une faille longue de 1,5 km et située entre 5 et 7 km de profondeur (Figure 3), plongeant vers le nord-ouest avec un angle de 87° avec la surface (presque verticale, Figure 4).

L'avez-vous senti ?

La relativement faible profondeur de l'essai et le fait que les bâtiments en Brabant Wallon sont construits presque directement sur le rocher du Massif géologique du Brabant expliquent que les séismes ont été particulièrement bien ressentis par la population. Le séisme M_L 3,2 du 13 juillet 2008 a été senti jusqu'à Liège, soit à 75 km à l'ouest de

l'épicentre. Vers le nord, la limite de perception correspond à la bordure nord de Bruxelles, à environ 45 km (Figure 5).

Au total, 60 des 237 séismes ont été ressentis ou parfois uniquement 'entendus'. En effet, suite à chaque tremblement de terre ressenti, la population locale a mentionné sur le site web 'L'avez-vous senti ?' de l'Observatoire des 'bang' pour les petits séismes ou des roulements plus sourds comme 'un camion qui passe dans la rue' ou 'le bruit de l'orage dans le lointain' pour les séismes de plus grande magnitude.

Comment a bougé la faille ?

Les séismes résultent du glissement entre deux blocs de roche de la croûte terrestre. L'énergie ainsi libérée est transmise dans la roche environnante sous forme de vibrations et peut être ressentie à la surface et provoquer des dégâts lors de séismes importants. La magnitude des séismes est directement liée à la surface de la faille qui a subi le glissement. L'essai a induit un mouvement cumulé résultant du glissement individuel de chacun des 237 petits séismes le long de la faille identifiée par la localisation des événements.



© Kroll, Le Soir, 4 mars 2009

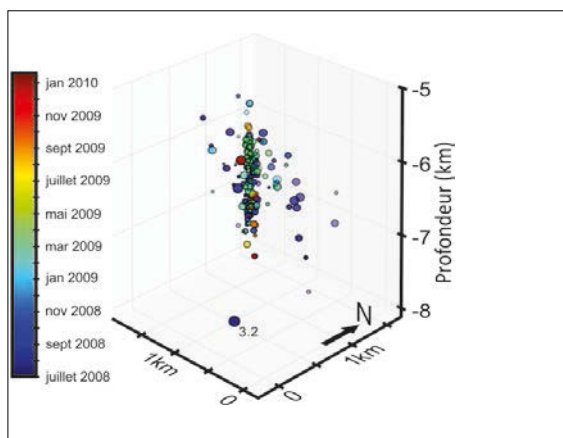


Figure 4 : La vue de côté de l'essaim sismique permet d'apprécier la presque-verticalité de la faille entre 5 et 7 km de profondeur. La localisation du séisme de magnitude M_L 3,2 est indiquée, il s'est produit à une profondeur de 7,7 km.

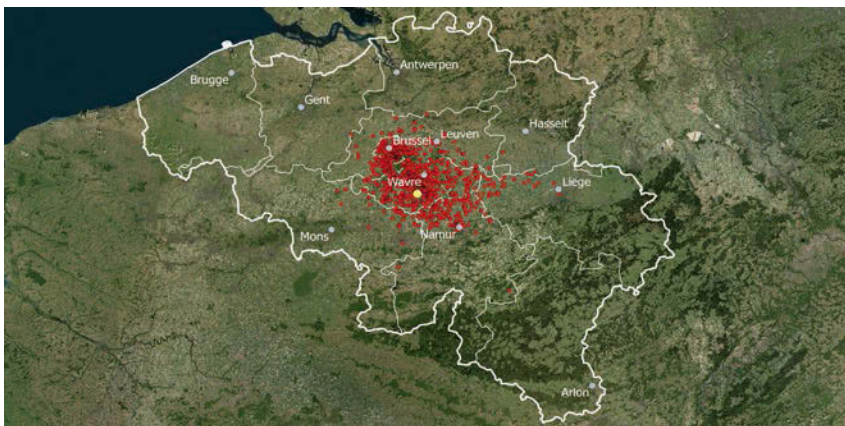


Figure 5 : Résultats de l'enquête macrosismique 'L'avez-vous ressenti ?' après le séisme de magnitude 3,2 du 13 juillet 2008. Le point jaune indique la localisation de l'épicentre et les 1500 points rouges les endroits où le séisme a été ressenti.

Le déplacement total causé par les 237 séismes de la séquence n'est que de quelques centimètres. Le séisme de M_L 3,2 a produit à lui seul la majorité de ce déplacement, sur une faille de la taille d'environ un terrain de football et demi (~1 ha), alors que les séismes plus petit que M_L 2 n'ont causé que des mouvements de quelques millimètres sur des surfaces de faille de quelques m^2 à quelques dizaines de m^2 . Si on compare ces déplacements aux 6 mètres observés pour une surface de faille d'environ 600 km^2 pour le séisme de magnitude 7,8 du 25 avril 2015 au Népal, il apparait rapidement pourquoi ces petits séismes dans le Brabant wallon ont été uniquement ressentis par la population locale et n'ont pas provoqué de dégâts dans la région.

Peut-on 'voir' la faille ?

Bien qu'une visualisation 3D de la faille (Figure 4) soit apportée par la localisation des événements sismiques, cette image ne permet pas de mettre celle-ci directement en relation avec l'environnement géologique local. Par des recherches complémentaires, il a été possible de mettre en évidence les propriétés magnétiques des différentes roches autour de la zone de faille mise en évidence par l'essaim. La Formation de Tubize (Figure 6) est visible partout dans le Massif du Brabant. Cette formation rocheuse contient une grande quantité de minéraux magnétiques qui permet de la suivre dans le Massif, même là où il n'affleure pas. Pour avancer dans nos recherches, nous avons donc utilisé une étude magnétique aéroportée (Figure 7) couvrant l'ensemble du territoire national qui a été réalisée en 1994 par le Service Géologique de Belgique (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique).

En collaboration avec la géophysicienne Anjana K. Shah de l'Institut de Géophysique Américain (USGS), les données

magnétiques du Brabant Wallon ont été filtrées afin de mettre en évidence le signal correspondant à des roches situées entre 5 et 7 km de profondeur. Le résultat de cette méthode montre que l'essaim de 2008-2010 se produit le long d'une faille située dans une formation faiblement magnétique bordée des deux côtés par des formations fortement magnétiques (pour les détails voir Figure 7). Cette découverte démontre que la faille associée avec la séquence est limitée en dimensions. La magnitude d'un séisme étant directement reliée à la longueur de la faille, ceci explique pourquoi il n'y a pas eu de plus grands tremblements de terre le long de cette structure dans le Brabant Wallon.

Une séquence similaire s'est également produite entre 1953 et 1957 au même endroit. Le séisme le plus important de la séquence a eu lieu le 6 janvier 1953 avec une magnitude M_L 4,0. Une telle magnitude correspond à une surface de faille de l'ordre du $1,4 \text{ km}^2$, ce qui donne tout son sens à l'hypothèse d'une dimension limitée de la faille active.

Ceci n'exclut cependant pas que de grands séismes puissent un jour se produire ailleurs dans le Massif du Brabant, comme celui du 11 juin 1938 de magnitude M_L 5,6 à Zulzeke-Nukerke (proximité d'Oudenaarde) dont le mécanisme n'est toujours pas déterminé. Le lien entre l'activité sismique et la géologie locale établi grâce à notre analyse des données magnétiques montre que la méthodologie développée dans cette étude donne aux géologues et sismologues de nouvelles pistes prometteuses pour la compréhension de l'activité sismique dans nos régions, mais également à l'intérieur des plaques tectoniques ailleurs dans le monde.



Figure 6 : Couches géologiques verticales de la Formation de Tubize situées sous l'église de Mont-Saint-Guibert. Le marteau (à droite) donne l'échelle. Photo © Alain Herbosch

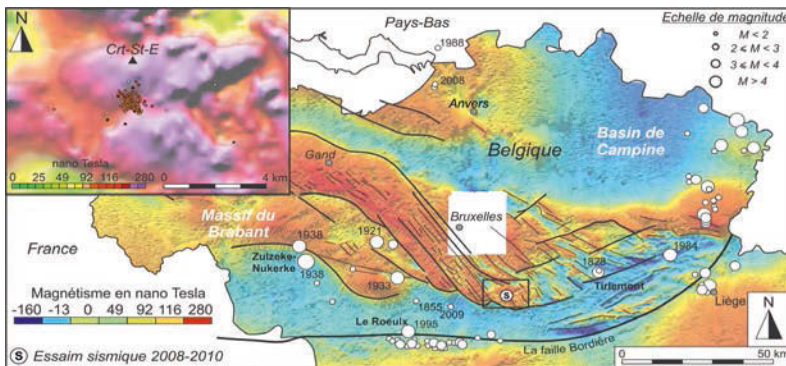


Figure 7 : Les couleurs chaudes de la carte aéromagnétique représentent les endroits où un signal magnétique plus important a été mesuré. Dans le Massif du Brabant, ce signal provient principalement de la Formation de Tubize riche en minéraux magnétiques. Les lignes sombres ont été interprétées comme étant des failles recoupant le Massif du Brabant. L'essai sismique (S) s'est produit le long d'une plus petite faille. L'encart montre que l'essai de tremblements de terre se situe entre deux massifs rocheux fortement magnétiques (les zones mauves), et que cette structure est de longueur limitée.

Plus

Cet article a été écrit suite à la publication des résultats de l'étude sur l'essai de séismes de Court-Saint-Etienne dans le journal scientifique *Tectonophysics*, recherche financée par la Politique scientifique fédérale (Belspo).

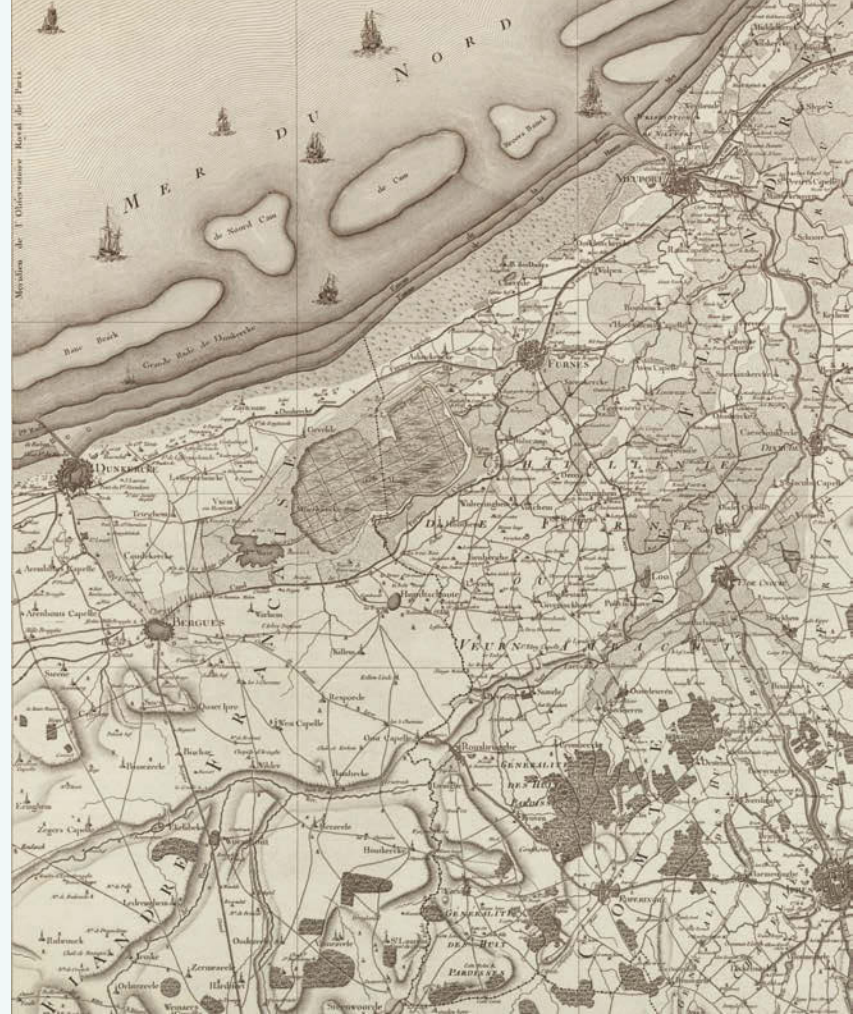
Koen Van Noten, Thomas Lecocq, Anjana K. Shah & Thierry Camelbeeck. 2015. *The seismotectonic significance of the 2008-2010 seismic swarm in the Brabant Massif (Belgium)*, in: *Tectonophysics* 656, 20-38. (article sur le site <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2015.05.026>)

Les auteurs

Koen Van Noten est géologue structuraliste et chercheur post-doctoral FNRS à l'Observatoire royal de Belgique (ORB). Ses recherches sont principalement orientées dans la compréhension du lien entre les séismes et la géologie et sur les raisons pour lesquelles les belges ressentent différemment les séismes en fonction de la géologie locale.

Thomas Lecocq est géologue/sismologue à l'ORB. Il est spécialisé en (volcano-)sismologie et son travail a également pour but de mieux comprendre l'activité volcanique à l'aide de la surveillance sismique.

Thierry Camelbeeck est sismologue et a été chef faisant fonction de la section Séismologie-Gravimétrie de l'ORB entre 2004 et 2015. Ses recherches sont principalement orientées dans l'analyse de l'activité sismique et de ses causes dans les régions continentales dites 'stables'.



La *Carte Marchande* demeura pendant plus de cinquante ans la carte la plus fiable de nos contrées. Joseph de Ferraris, *Carte Marchande*, ca. 1777.
© Bibliothèque royale de Belgique

Les premières cartes imprimées apparaissent après 1450. Selon le cartouche, cette gravure sur bois fut éditée à Utrecht en 1557. Hendrick van Borculo, fils de l'imprimeur et éditeur Herman, utilisa en 1586 cette carte unique pour imprimer au verso, la dernière page de *Dese Corte Cronikel*. Cornelis van Hoorn, *Dese Corte Cronikel*, 1557.
© Bibliothèque royale de Belgique

De découverte en découverte à travers plus de 600 ans de cartographie

La Bibliothèque royale explore sa collection pour le livre *Vlaanderen in 100 kaarten*

Les cartes offrent de véritables récits. Elles racontent pourquoi elles ont été réalisées, mais aussi quand, pour qui et comment. Chaque carte dévoile quelque chose sur la période où elle a vu le jour et sur la perception du monde à son époque. À l'aide de 100 cartes minutieusement sélectionnées, vous apprendrez plus de détails sur notre histoire locale.

Pour la plupart d'entre nous, les cartes servent d'abord à trouver l'itinéraire d'un point A à un point B. Actuellement, la plupart d'entre nous leur préfèrent même le GPS. Mais

jadis, on leur apportait beaucoup de soins. En effet, les cartes anciennes sont de véritables objets d'art dont la confection requérait énormément de travail et de temps. Les cartes anciennes et même les cartes récentes racontent souvent des histoires fascinantes. Il n'est donc pas étonnant que Wouter Bracke, coordinateur des programmes de recherche auprès de la Bibliothèque royale de Belgique, ait voulu faire partager cette richesse et diriger une publication qui mette la Flandre, à travers l'histoire, 'sur la carte', au sens propre comme au figuré.

Ce qui semblait banal devient exceptionnel

Le livre inscrit le début de l'histoire de la cartographie à la fin du XV^e siècle en Flandre durant le bas Moyen-Âge et le début de la Renaissance. Peu de cartes nous sont d'ailleurs connues de cette époque. La carte la plus ancienne de la sélection est une esquisse un peu abstraite des polders de la Flandre Zélandaise du XIII^e siècle. Outre des cartes connues comme celle de Ferraris (ca. 1778) dont la Bibliothèque royale possède l'un des trois exemplaires existants et dessinés à la main, le présent ouvrage reproduit également de nombreuses cartes moins connues. Chaque carte, si banale qu'elle puisse paraître, recèle en effet soit une histoire, soit une anecdote ou un détail intéressant. Une des cartes montre par exemple la frontière linguistique, une autre représente la Première Guerre mondiale cartographiée à un moment particulier, une autre encore mentionne le pourcentage de croyants pratiquants. Et saviez-vous que le 'Leo Belgicus' apparaît sur une carte de 1617 ? Ou qu'il existe des cartes toponymiques qui mentionnent toutes les communes se terminant par -ham, -muyde, et -schot ?

La plus grande collection du pays

La Bibliothèque royale de Belgique peut se targuer d'être la détentrice de la plus riche et plus grande collection de cartes, de recueils de cartes et d'atlas de tout le pays. Comme cette collection est immense et très diversifiée, il a été décidé de limiter l'ouvrage à 100 cartes significatives, présentées dans un ordre chronologique. Les cartes décrites proviennent toutes, à quelques exceptions près, des collections de la Bibliothèque royale. Nonobstant la richesse de sa collection, la Bibliothèque ne possède bien évidemment pas toutes les cartes représentant le territoire flamand. Quelques exemplaires provenant d'autres collections ont donc été repris dans cet ouvrage, telle la carte de Flandre de Gérard Mercator.

Les cartes de la Bibliothèque royale de Belgique sont réparties entre plusieurs collections : la plupart des cartes dessinées à la main sont conservées au Cabinet des Manuscrits ; les atlas précieux sont répertoriés dans la collection des Imprimés précieux ; quant aux cartes plus récentes, elles sont généralement disponibles dans la salle de lecture des Imprimés contemporains. Toujours est-il que la plus grande collection de cartes se trouve actuellement à la section Cartes et Plans, attenante au Cabinet des Estampes.

Estampe géographique

La proximité des deux sections n'est pas le fruit du hasard. Pour l'étude de la cartographie jusqu'au XIX^e siècle, cette proximité est, certes, un atout, car elle favorise une approche globale de la carte en tant qu'estampe géographique. L'estampe géographique individuelle connaît d'ailleurs pendant longtemps la même histoire que n'importe quelle autre estampe : les mêmes auteurs, les mêmes techniques de production, les mêmes canaux de distribution, le même marché.

La dimension esthétique de la production de cartes fut longtemps un facteur essentiel. Les cartes superbement décorées de nos collections en sont les témoins. D'autre part, une carte n'en demeure pas moins un objet fonctionnel utilisé, surtout à partir du XIX^e siècle, à diverses finalités pratiques qui n'ont pas immédiatement ou principalement trait à la géographie. Le caractère utilitaire de la carte l'emporte petit à petit sur les aspects esthétiques ou historiques. Celle-ci perd progressivement le lien qui l'attachait à l'univers de l'estampe.

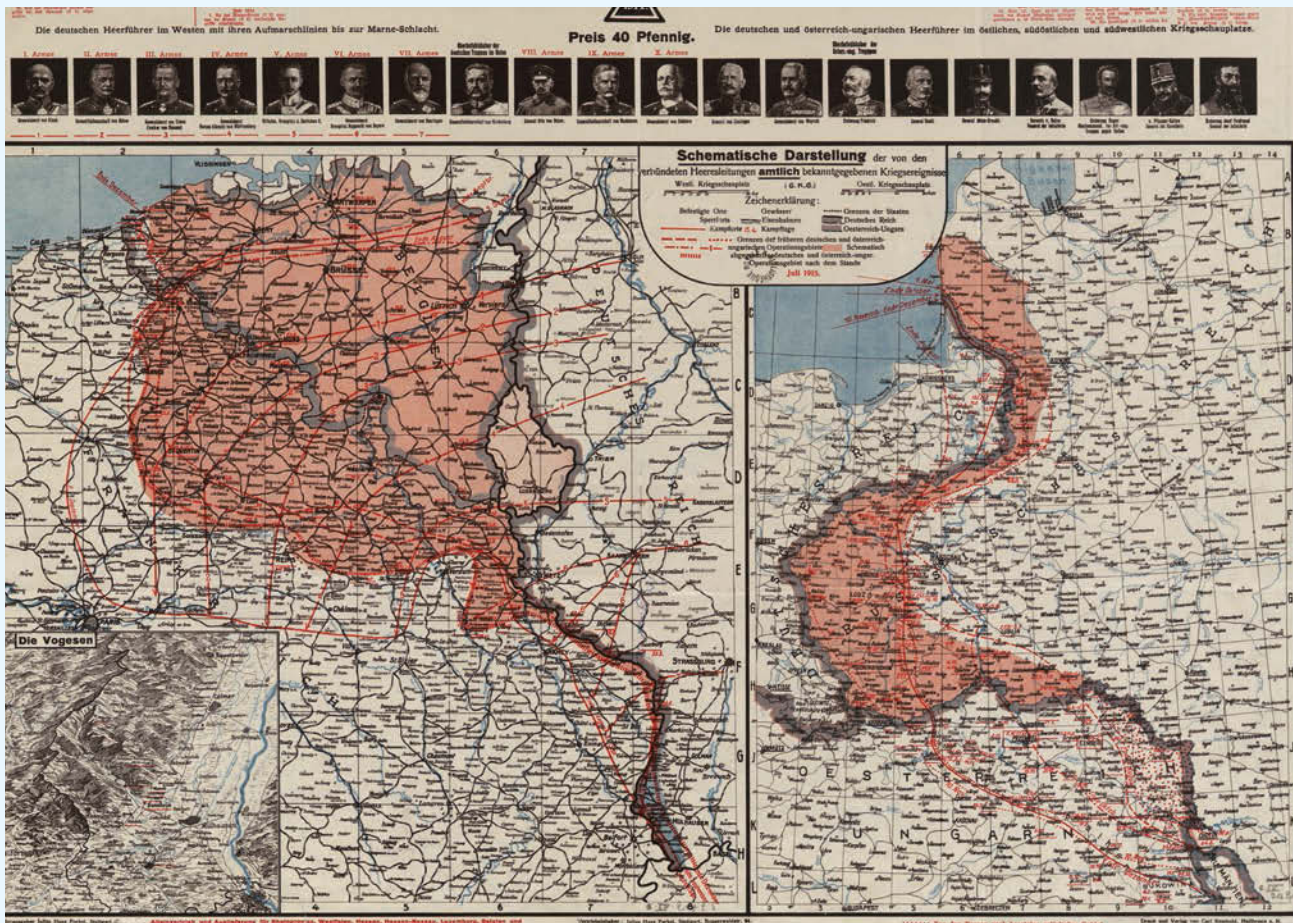
Des Flamands hollandais

Les cartes répertoriées dans *Vlaanderen in 100 kaarten* ont un point en commun : toutes se réfèrent à la Flandre. Le territoire 'Flandre' est une création récente, que nous ne retrouvons pas sous cette appellation sur les cartes anciennes. Pour cette raison, nos recherches se sont étendues à des cartes de Belgique, des Pays-Bas, du royaume des Pays-Bas, de France, d'Allemagne et donc de pays dont le territoire de la Flandre faisait partie dans le passé.

Au bas Moyen Âge, le terme 'Flandre' désigne d'ailleurs l'ancien comté qui s'étend de Gravelines (Grevelingen), au sud-ouest, à Anvers, au nord-est, ainsi que jusqu'à Douai (Dowaai). Le terme 'flamand', ou 'Flamand', y a donc une signification complètement différente de celle que nous lui attribuons aujourd'hui : un Flamand peut venir tout aussi



Cette carte est emblématique pour la cartographie néerlandaise. La *Kaart van de Nederlanden* (1604) joliment coloriée est l'une des premières réalisations de Blaeu. Le cartouche en bas à gauche affiche une première forme de nos légendes modernes : nous y trouvons des explications concernant les villes, villages, châteaux et cloîtres représentés. Willem Jansz. Blaeu, *Kaart van de Nederlanden*, 1604. © Bibliothèque royale de Belgique



Cette carte représente l'état du front en juillet 1915. Elle a la forme d'une carte postale que les soldats allemands pouvaient envoyer à leurs familles depuis le front. Julius Hans Forkel, *So steht der Krieg!*, 1915 © Bibliothèque royale de Belgique

bien d' Arras (Atrecht), du Brabant, de Namur, de Hollande ou du Luxembourg ; il parle le flamand, le bas-allemand, le français ou le wallon. Le territoire actuel est donc resitué dans le passé.

Mais qu'est-ce qui rend la Flandre si intéressante sur le plan cartographique ? À partir de la Renaissance, la production du matériel cartographique augmente de manière exponentielle, mais le territoire flamand est resté au fil des siècles un sujet privilégié des cartographes. De par sa situation géographique et sa richesse, ce territoire a été pendant des siècles le théâtre de nombreuses guerres menées par différentes grandes puissances. Les guerres ont toujours stimulé la production de cartes.

Essor sans précédent

Fin XVIII^e, début XIX^e siècle, les Pays-Bas devenus autrichiens reprennent une place importante dans l'histoire de la cartographie, d'abord avec le comte Joseph de Ferraris, ensuite avec Philippe Vandermaelen. À cette époque, la cartographie thématique connaît un développement sans précédent. Les cartes sont non seulement utilisées pour visualiser des informations de tous genres, mais elles servent

aussi et surtout à structurer toutes ces informations. Elles sont le GIS (Geographical Information System) de l'époque.

Destination numérique

Dans la collection de la Bibliothèque royale, les cartes administratives occupent une place prépondérante ces dernières décennies. On peut aussi y trouver de nombreuses cartes routières et des cartes touristiques. Mais les cartes imprimées semblent aujourd'hui avoir perdu leur attrait pour présenter visuellement d'autres types d'informations. L'ordinateur et le GPS se sont approprié cette fonction.

La Bibliothèque royale surfe aussi sur la vague des cartes numériques. Depuis août 2015, vous pouvez consulter des milliers de cartes et plans de la collection de la Bibliothèque royale de Belgique en ligne, sur le site web www.cartesius.be, et y effectuer des recherches. Parmi tous ces documents, vous trouverez aussi de nombreuses cartes reprises dans cet ouvrage. Vous pouvez les y consulter dans les plus petits détails et ainsi comparer les cartes anciennes avec des cartes récentes.



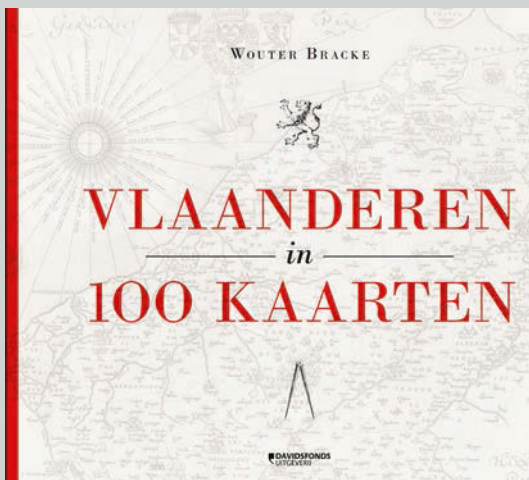
Petrus Kaerius, *Germania inferior*, 1617
© Bibliothèque royale de Belgique

Vlaanderen in 100 kaarten : une mise en bouche...

Le lion de ... Belgique ?

Ce *Leo Belgicus* est le plus connu de tous. En 1617, un armistice étant en cours pendant la Guerre de Quatre-vingts ans, la paix règne sur cette carte. Dans la partie inférieure sont représentés trois couples en vêtement traditionnel frison, 'belge' et nord-hollandais. L'absence d'attribution dans la représentation du lion est le signe du peu d'intérêt des cartographes pour les droits d'auteurs. Ce lion est le frère jumeau du lion du diplomate autrichien Michael von Aitzing de 1588, modèle de cette tradition de représentation du lion. En outre, Pieter van den Keer (Petrus Kaerius, 1571–ca 1646), le Gantois qui a édité cette carte à Amsterdam en 1617 – où il s'était établi comme éditeur en 1593 –, a simplement 'adapté' la planche de cuivre de son prédécesseur Hendrick van Langren. Il a effacé le nom de son collègue et l'a remplacé par le sien. Au verso de la carte, il a tout de même indiqué que von Aitzing avait été le premier à utiliser la figure du lion.

Le mot *Belgicus* apparaît souvent sur les cartes des Pays-Bas - qui sont aussi appelés *Germania inferior* - des XVI^e et XVII^e siècles. Les appellations latines des Dix-sept Provinces (les Pays-Bas habsbourgeois, 1543-1585) sont empruntées aux Romains, qui utilisaient le terme *Gallia Belgica* pour désigner un territoire qui recouvre une grande partie de l'actuel Benelux. Plus tard, les provinces *Germania inferior* et *superior* (territoires du nord et de l'est) s'en sépareront. À la Renaissance, les humanistes reprirent bien volontiers ces anciennes dénominations. Lorsque ceux-ci utilisent l'appellation *Belgium*, ils y ajoutent souvent, après la scission de fait, puis officielle, des Pays-Bas, les qualificatifs de *regium* ou *foederatum*. Par le premier, ils voulaient désigner le 'Royaume Belgique', les Pays-Bas méridionaux restés dans le giron du royaume d'Espagne ; par *foederatum* (fédéré), ils désignaient les Pays-Bas septentrionaux qui, après s'être séparés de l'Espagne, se sont constitués en République des Sept Provinces Unies des Pays-Bas. Il n'est donc pas étonnant, par exemple, que les premières cartes de la ville de New York, fondée par des colons issus des Pays-Bas, portent encore le titre de *Belgium Novum*, la Nouvelle Belgique.



Wouter Bracke, *Vlaanderen in 100 kaarten*, livre relié, 320 pages, Davidsfonds Uitgeverij, prix : 49,99 euros. Vendu au shop de la Bibliothèque royale et dans différentes librairies.

CARTESIUS

QUATRE ÉTABLISSEMENTS FÉDÉRAUX PRÉSENTENT LEURS CARTES

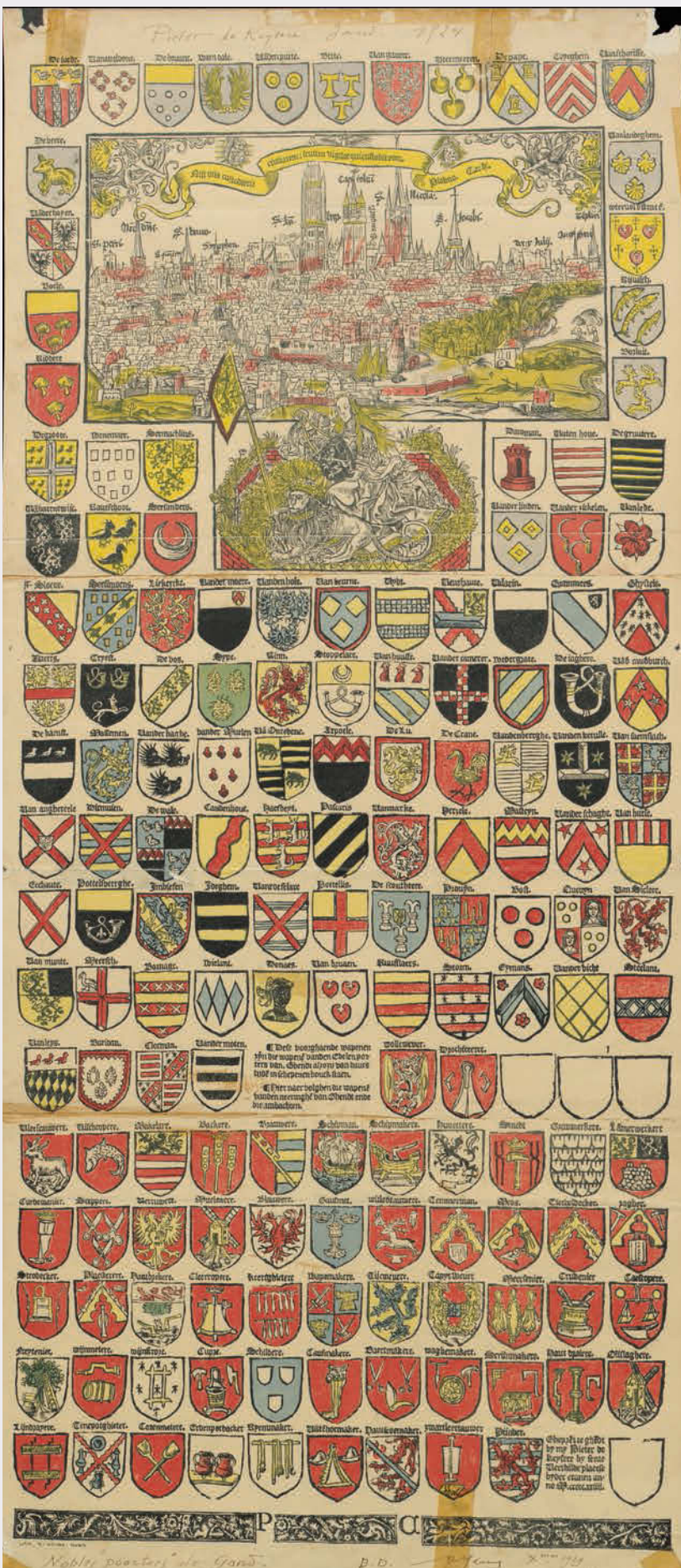
Marc Carnier et
Rink Kruk

Le 27 août 2015, le projet 'Cartesius' a été présenté aux Archives de l'État, en présence du ministre de la Défense, Steven Vandeput, et de la Secrétaire d'État à la Politique scientifique, Elke Sleurs. Cartesius est un portail internet permettant d'effectuer des recherches en ligne dans des milliers de documents cartographiques des Archives de l'État, de la Bibliothèque royale, du Musée royal de l'Afrique centrale et de l'Institut géographique national.

Tant le grand public que les utilisateurs professionnels sont très friands de cartes anciennes et modernes, de vues de villes et de photos aériennes. Jusqu'il y a peu, il fallait se rendre dans une salle de lecture, selon des horaires fixes, pour pouvoir consulter ces documents uniques et souvent de grande beauté. Il était également compliqué d'obtenir des reproductions, les tirages photos étant coûteux et les reproductions réalisées à partir de microfilms étant souvent de moins bonne qualité. Conservé dans les meilleures conditions, ce patrimoine cartographique restait donc méconnu et était peu consulté.

En 2008, quatre établissements fédéraux ont décidé de partager leur expertise et leurs équipements pour ouvrir leurs collections cartographiques à la recherche, par le biais d'internet. Les Archives de l'État, la Bibliothèque royale, le Musée royal de l'Afrique centrale (trois établissements scientifiques fédéraux) et l'Institut géographique national (organisme parastatal sous tutelle du ministère de la Défense) détiennent, en effet, chacun de magnifiques collections de cartes et plans de la Belgique et l'Afrique centrale.

Les Archives de l'État conservent principalement des cartes en provenance des administrations centrales, provinciales et locales, des archives de tribunaux et des archives privées issues de familles nobles (Arenberg, Ursel, de Merode-Westerloo, etc.), d'abbayes et de couvents. Beaucoup de cartes sont manuscrites et ont été réalisées dans un contexte particulier : un procès, des travaux publics, lors de l'administration de biens et de terrains, etc. La carte la plus ancienne, présente sur le site internet Cartesius, date de 1358 et est conservée aux Archives de l'État à Gand. La Bibliothèque royale, quant à elle, possède notamment des cartes et des atlas de Mercator et Blaeu, un exemplaire de la célèbre carte de cabinet de Ferraris (1771-1778), des cartes de Fricx et Vandermaelen ainsi que des plans cadastraux de Popp, consultés fréquemment par



Vue panoramique de Gand, armoiries de familles et de corporations, imprimées et éditées par Pierre De Keyser en 1524. Copie publiée par la Commission des monuments de la ville de Gand en 1910 (Collection de cartes des Archives de l'État à Gand, n°2067). © AGR

des chercheurs en histoire locale. L'Institut géographique national, de son côté, détient les séries de cartes topographiques de la Belgique, produites par l'établissement et ses prédécesseurs en droit, ainsi que des cartes aériennes et des cartes réduites du cadastre datant de 1850, utilisées pour établir les premières cartes topographiques de la Belgique. Enfin, le Musée royal de l'Afrique centrale possède des cartes historiques, topographiques et géologiques inédites du Congo, du Rwanda et du Burundi, dont certaines sont encore utilisées régulièrement.

Le nombre de cartes détenues par les quatre établissements fédéraux est difficile à estimer. Aux Archives de l'État par exemple, de nombreuses cartes se trouvent encore dans des fonds d'archives non inventoriés. Les collections décrites des quatre établissements rassemblent plus de 250.000 cartes et 300.000 photos aériennes.

Numérisation

Depuis une dizaine d'années, les quatre établissements fédéraux numérisent leur patrimoine cartographique, chacun à son propre rythme et avec ses propres moyens. Les Archives de l'État ont investi dans un laboratoire de numérisation moderne permettant notamment de scanner des documents de grand format. Quelque 60.000 cartes et plans ont ainsi été numérisés au sein des Archives de l'État ou par un partenaire externe. Numériser est une solution logique pour préserver de façon optimale des cartes et plans souvent fragiles ou difficilement maniables en raison de leurs dimensions. En effet, sortir, déplier et dérouler une carte ancienne comporte à chaque fois des risques. La numérisation permet, en outre, une consultation plus aisée, qu'elle soit effectuée à domicile ou au sein des établissements mêmes.

Cette mise à disposition des cartes et plans au grand public et aux utilisateurs spécialisés a été rendue possible grâce aux nouvelles technologies, notamment à la généralisation des connexions internet rapides, et aux systèmes d'information géographique modernes. Le projet a été soutenu par La Loterie Nationale par l'intermédiaire de la Politique scientifique fédérale (Belspo).

Un site internet novateur

Le site www.cartesius.be se compose de deux volets : le premier permet de rechercher des cartes anciennes dans les collections tandis que le second, appelé 'MyCartesius', permet à l'utilisateur de regrouper, traiter ou annoter les cartes avec du texte, des images et des interprétations personnelles. Le portail est hébergé par l'Institut géographique national.

Le site internet Cartesius est novateur car il permet d'effectuer des recherches géographiques. Concrètement, l'utilisateur sélectionne, sur une carte actuelle, une zone géographique. Il découvre les cartes anciennes disponibles dans cette zone via le moteur de recherche. Cette méthode de recherche permet notamment de surmonter les problèmes liés à la langue, à l'orthographe et aux changements ou à l'absence de toponymes. La recherche s'effectue en



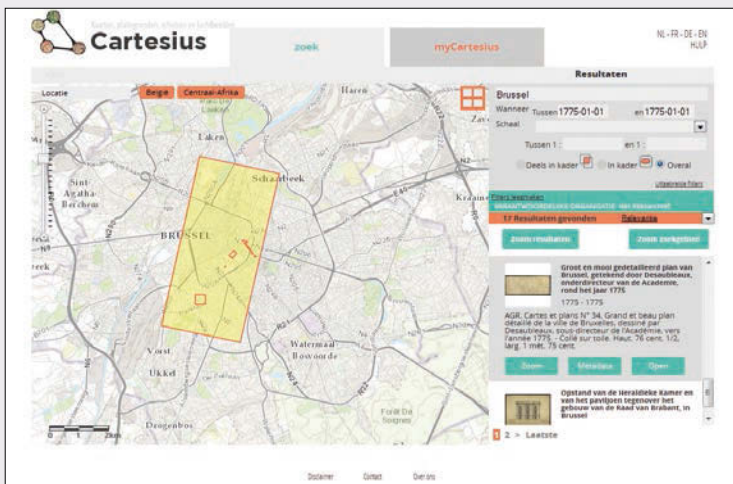
Jusqu'il y a peu, les cartes et plans devaient être extraits des armoires à cartes pour être consultés. © AGR



La consultation des cartes et plans en salle de lecture comporte certains risques dus à leur manipulation, à l'exposition à la lumière ou encore aux variations de température. © AGR



Le scanner grand format des Archives générales du Royaume avec, à l'écran à droite, la carte numérisée. © AGR



Résultat d'une recherche sur le site internet Cartesius. © AGR

La fenêtre de visionnage du site internet des Archives de l'État permet d'étudier une carte en détail. © AGR

effet sans description textuelle détaillée et indépendamment de la langue. L'exemple de Liège illustre parfaitement les difficultés rencontrées par un moteur de recherche classique. Une carte de Liège peut ainsi tout aussi bien porter le nom de Luik, Lüttich ou Liegi. La recherche peut, par ailleurs, avoir trait à la ville, l'agglomération, la province, l'évêché ou la principauté épiscopale de Liège...

Dans Cartesius, la recherche est basée sur les coordonnées géographiques, l'empreinte des documents cartographiques. Pour chaque document, les collaborateurs de Cartesius ont déterminé une empreinte, c'est-à-dire une zone géographique située sur une carte moderne qui correspond à celle d'une carte ancienne. L'empreinte subsiste lorsque les premiers résultats d'une recherche apparaissent à l'écran. L'utilisateur peut ensuite affiner les

résultats en modifiant par exemple l'échelle ou les dates. L'échelle permet de limiter une recherche aux plans cadastraux ou à des cartes de plus petite échelle. Les recherches classiques par auteur, éditeur, mot-clé, etc., sont également possibles. En effectuant une recherche à l'aide du mot 'Mercator', l'utilisateur pourra, par exemple, découvrir toutes les cartes du célèbre cartographe présentes sur le site internet. Lors de ses recherches, l'internaute a accès aux cartes et plans numérisés ainsi qu'à la description des documents, c'est-à-dire aux métadonnées.

Une deuxième fonctionnalité, ludique, du portail se trouve sous l'onglet 'MyCartesius', une sorte de 'geofacebook'. Il s'agit d'un laboratoire virtuel public, permettant de manipuler des cartes anciennes et de les partager. Les possibilités sont innombrables. 'MyCartesius' permet d'interpréter et personnaliser des cartes, de superposer des cartes anciennes, de les annoter. L'internaute peut créer sa propre collection de cartes au départ, par exemple, d'une région, d'un thème ou d'une utilisation spécifique. Le fruit de ce travail peut ensuite être partagé sur internet, notamment via les médias sociaux.

Défis techniques

Les images numériques occupent une place importante sur les serveurs. Vu leur volume, elles sont conservées sur les serveurs respectifs des différents établissements. Lors de la consultation d'une carte, l'internaute est renvoyé automatiquement sur le site internet de l'établissement qui détient le document original. L'image numérisée est soit présentée dans la visionneuse de cet établissement, soit dans celle de 'MyCartesius', en fonction de la nature du document.



Extrait de la Gallia Belgica. Carte de Gilles Boileau de Bouillon, 1557. © KBR

Les dizaines de milliers de descriptions d'images - les métadonnées - sont, quant à elles, stockées en un lieu central

afin de permettre des recherches rapides. Les métadonnées se composent de texte alphanumérique contenant des informations sur l'auteur, l'éditeur, l'origine, les dates, les mots-clés et l'échelle ainsi que les coordonnées de l'empreinte géographique de chaque document.

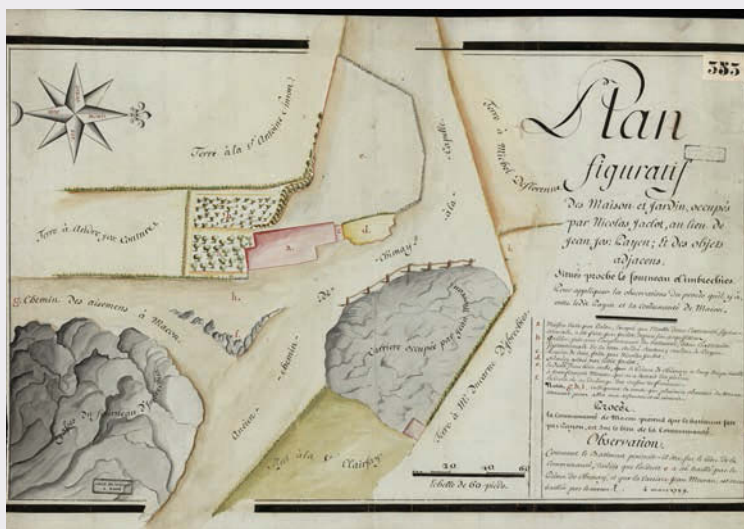
Une standardisation des métadonnées s'avérait cependant nécessaire afin de permettre leur échange et leur consultation via un seul moteur de recherche. La définition de cette norme a demandé beaucoup de temps car chaque établissement utilise un ou plusieurs standards (internationaux) spécifiques en fonction de ses collections et de ses missions légales. En outre, ces standards ne sont pas adaptés pour traiter des informations géographiques. Un standard spécifique a donc été développé. Il est basé sur les normes internationales ISO 19115 et INSPIRE et contient le dénominateur commun des méthodes de description des différents établissements. Cette solution a permis, à la grande satisfaction des établissements participant au projet, de soutenir le fonctionnement optimal et intégral du portail et d'ouvrir des possibilités de collaboration future avec d'autres institutions.

Perspectives

Actuellement, le portail Cartesius permet de consulter plus de 40.000 images et ce chiffre ne cesse de croître. La fréquence des mises à jour dépend cependant des financements ultérieurs. Les cartes anciennes présentées sur le site internet Cartesius doivent également être couplées aux données géographiques. Cette 'géolocalisation' ou ce 'géoréférencement' ne sont pas automatisés mais s'effectuent carte par carte. De grandes différences subsistent donc entre le nombre de cartes numérisées par établissement et le volume des cartes consultables via Cartesius. Les partenaires de Cartesius nourrissent cependant l'ambition d'intégrer annuellement dans le système des milliers de cartes et photos aériennes. Parmi les projets futurs figurent également la recherche de nouveaux partenaires et l'augmentation du nombre de fonctionnalités du portail. Nous vous invitons sans plus tarder, à surfer sur www.cartesius.be et à découvrir ses nombreux trésors.



Plan dressé en 1564 pour la reconstruction de la fontaine adossée jadis au perron de la Maison du Roi sur la Grand'Place de Bruxelles (Archives générales du Royaume, collection des cartes et plans manuscrits. Série I, n°499). © AGR



Plan de la maison occupée par Nicolas Jaclot et de ses dépendances, près du fourneau d'Imbrechies ; levé, le 4 mars 1789 pour servir au procès entre la commune de Macon et Jean-Joseph Payen. Provenant des anciennes archives judiciaires de Hainaut (Archives de l'Etat à Mons, Cartes et plans n°353). © AGR



Carte topographique des limites des duchés de Luxembourg et de Bouillon, au ban d'Oisy, avec les enclaves respectives de l'une et de l'autre domination dans cette partie; levée par ordre dit gouvernement des Pays-Bas autrichiens, en mars 1778 (Archives générales du Royaume, collection des cartes et plans manuscrits. Série I, n°2211). © AGR

Les auteurs

Marc Carnier est archiviste aux Archives de l'État à Louvain. Rink Kruk est chef du projet Cartesius à l'Institut géographique national. Traduction : Stéphanie Deschamps et Pascal Neckebrouck.

Plus

www.cartesius.be
www.arch.be



Solar Orbiter



AU PLUS PRÈS DU SOLEIL Solar Orbiter, première mission vers le Soleil

Figure 1 : La sonde spatiale Solar Orbiter se rapprochant du Soleil, à une distance 4 fois plus proche du Soleil que la Terre. © ESA

Cis Verbeeck,
Samuel Gissot,
David Berghmans,
Koen Stegen,
Emil Kraaikamp,
Boris Giordanengo
et Ali BenMoussa

En 2018 sera lancé *Solar Orbiter*, un satellite qui volera plus près du Soleil qu'aucun autre auparavant. La Belgique est aux premières loges de cette aventure grâce à l'instrument *Extreme Ultraviolet Imagers* (EUI).

Solar Orbiter

Dans les films de science-fiction, les vaisseaux spatiaux voyagent vers les étoiles. Avec Solar Orbiter l'humanité devrait faire un pas vers les étoiles, un voyage en direction de son étoile, le Soleil. Non seulement Solar Orbiter observera le Soleil plus près que jamais, mais son orbite permettra également de voir l'arrière et les pôles du Soleil ce qui ne nous est pas possible depuis la Terre. Pour cela, Solar Orbiter aura besoin d'une protection spéciale, un bouclier thermique, pour résister à la chaleur énorme que l'on rencontre en particulier passé la planète la plus proche du Soleil, Mercure.

Solar Orbiter est une mission menée par l'ESA avec une forte participation de la NASA. Le lancement est prévu en octobre 2018, et sera complété par quelques tours de 'bil-

lard planétaire'. Songez plutôt : deux passages à proximité de Vénus modifieront l'orbite de sorte à envoyer la sonde spatiale vers la Terre, qui la renverra à nouveau vers Venus. Après une dernière assistance gravitationnelle, l'orbite dé-

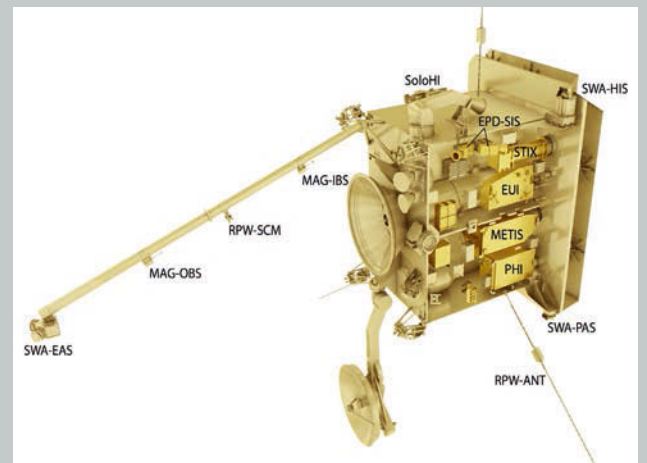


Figure 2 : Instruments à bord de Solar Orbiter. Dans cette représentation, une paroi latérale a été enlevée pour montrer les instruments de télédétection montés sur le panneau de charge utile. © Airbus DS

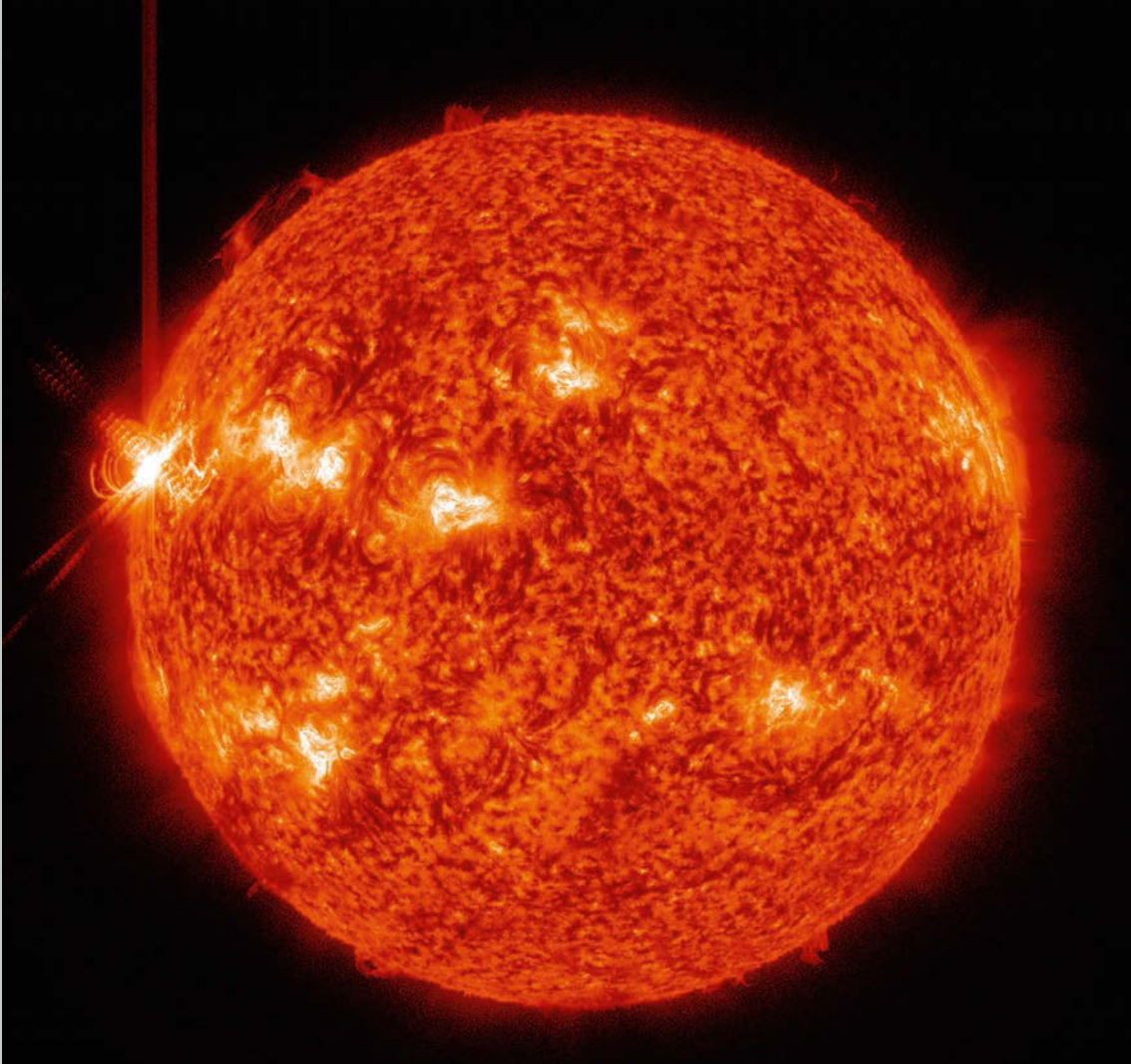


Figure 3 : Une éruption solaire lumineuse observée dans le coin supérieur gauche de cette image du Soleil datant du 14 mai 2013. © SDO/AIA

sirée sera atteinte. A partir de 2021 et ce jusqu'en 2024, se dérouleront les opérations scientifiques proprement dites, mais la mission pourra être étendue par la suite jusqu'à 2029.

A bord de Solar Orbiter, dix instruments scientifiques étudieront le Soleil et l'environnement local de la sonde spatiale. Quatre instruments in-situ mesureront les caractéristiques du vent solaire, du champ magnétique et des particules énergétiques le long de l'orbite, tandis que les six autres instruments de télédétection acquerront des successions d'images du Soleil à plusieurs longueurs d'onde. Cette combinaison innovante d'instruments et son orbite unique distinguent Solar Orbiter de toutes les missions passées et actuelles, permettant une science qui ne saurait être réalisée d'une autre manière. Solar Orbiter peut donc être considéré comme une étape majeure dans notre exploration du Soleil et du système solaire.

Pourquoi Solar Orbiter ?

Le Soleil est le centre de notre système solaire. La couche externe de l'atmosphère solaire (la couronne) est beau-

coup plus chaude (1 million de Kelvin) que les couches inférieures. Elle se développe continuellement dans un vent supersonique qui se prolonge bien au-delà de Pluton et a des effets profonds sur les environnements planétaires et sur les planètes elles-mêmes. Solar Orbiter devrait fournir de nouvelles perspectives importantes concernant les processus qui chauffent la couronne et influencent le vent solaire.

Notre étoile évolue suivant un cycle, le cycle solaire, dans lequel le nombre de taches solaires varie de manière significative du minimum solaire jusqu'à son maximum, avant de retourner à un minimum 11 années plus tard. Les éruptions dans l'atmosphère solaire ont lieu régulièrement tout au long du cycle solaire sur une échelle de temps allant de la minute à quelques heures, et sont plus fréquentes et en moyenne plus énergétiques au maximum du cycle solaire. Il existe trois types d'éruptions : les embrillancements ou flashes intenses de lumière (Figure 3), les éjections de masse coronales (EMC) qui sont de grands nuages de plasma (Figure 4), et enfin les tempêtes de particules énergétiques soudainement accélérées à des vitesses proches de celle

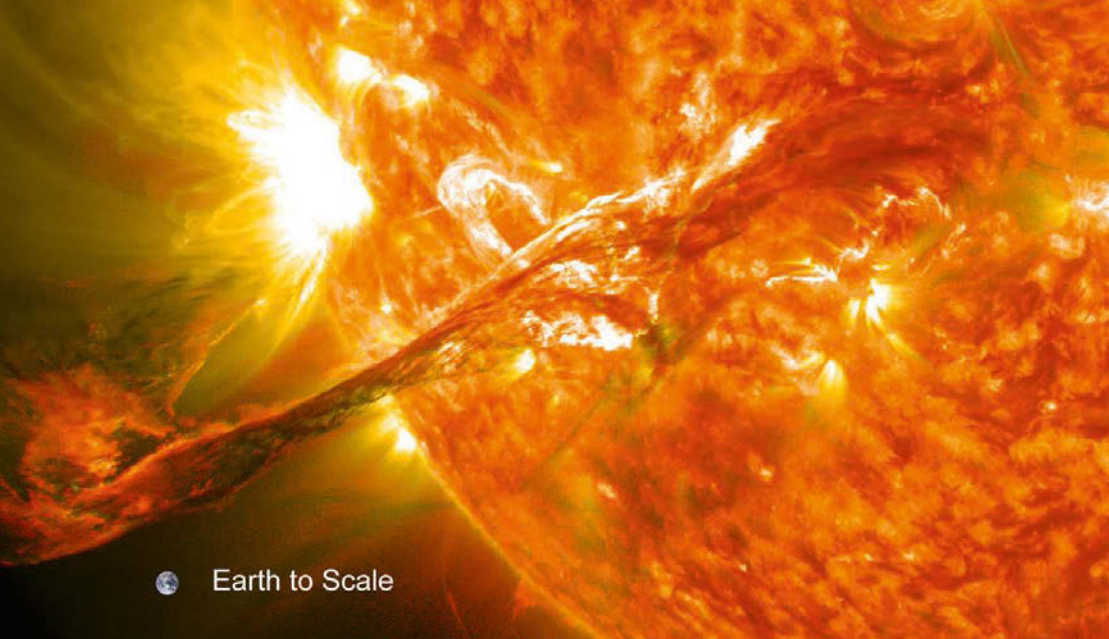


Figure 4 : Le début d'une EMC le 31 août 2012 durant laquelle le Soleil libère un nuage massif de particules chargées. La taille de la Terre est représentée à titre de comparaison. © SDO/AIA

de la lumière. Les éruptions solaires se traduisent souvent par des effets dits de météorologie spatiale près de la Terre, perturbant les communications radio et de navigations par satellite, causant des risques pour la santé des astronautes, des dommages aux satellites, et des tempêtes géomagnétiques qui peuvent générer des aurores mais aussi de graves problèmes sur les réseaux électriques (Figure 5).

Lorsque les EMCs, les particules énergétiques ou le vent solaire atteignent la Terre, ces éruptions ont déjà évolué et se mélangent, ce qui brouille les signatures de leur origine. Solar Orbiter nous permettra pour la première fois d'observer ces structures avant qu'elles aient évolué de manière significative. Comme Solar Orbiter s'élèvera au-dessus et en-dessous du plan de l'écliptique dans lequel se trouve la Terre et le Soleil, il fournira des informations auparavant inaccessibles sur le champ magnétique près des pôles du Soleil, ce qui est essentiel pour une bonne compréhension du cycle solaire.

L'instrument EUI

L'Extreme Ultraviolet Imagers (EUI) est un ensemble de trois télescopes observant la haute atmosphère solaire à une cadence et résolution inégales. EUI nous permettra d'identifier des objets solaires distants de seulement 200 km, soit 5 fois plus nettement que les grandes missions contemporaines telles que la mission SDO de la NASA. Le point de vue grand-angle est nécessaire pour relier les structures et phénomènes dynamiques observés à haute résolution sur le disque solaire avec les observations in situ dans le vent solaire entourant la sonde spatiale. Les contraintes de conception strictes imposées par l'orbite de Solar Orbiter et son environnement ont abouti à une refonte complète de la conception des télescopes par rapport aux instruments précédents tels que EIT à bord de SOHO et SWAP sur PROBA2.

Pour observer le Soleil, des petites ouvertures ont dû être percées dans le bouclier thermique de la sonde. Comme ces ouvertures sont des 'fuites de chaleur', elles doivent être aussi petites que possible ce qui implique que les télescopes fabriqués doivent être super-sensibles afin de pré-

server tous les photons collectés.

Comme le Soleil est une source géante de bruit dans la gamme de fréquence radio, il est difficile de communiquer avec Solar Orbiter lors de son passage à proximité du Soleil. Par conséquent, la bande passante de télémétrie réservée à EUI est limitée à 20 kilobits par seconde, soit moins que ce que l'on obtenait avec un modem téléphonique d'il y a deux décennies. Par conséquent, des efforts importants ont été consentis dans la sélection des images à bord et de leur compression à des taux avoisinant les 750.

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, l'électricité est une ressource rare à bord de la sonde, en raison des contraintes sur les panneaux solaires spécifiquement repensés pour supporter les températures élevées et le rayonnement de particules dans l'environnement proche du Soleil. Par conséquent, les trois télescopes, y compris leurs caméras et l'ordinateur de bord doivent fonctionner avec 30 W, soit à peu près l'équivalent de la consommation d'une ampoule à économie d'énergie.

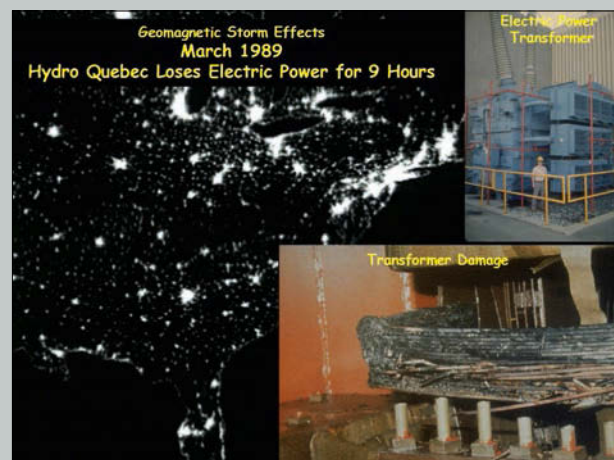


Figure 5: La tempête géomagnétique du 13 mars 1989 a endommagé durablement ce transformateur de la centrale nucléaire de Salem (New Jersey, États-Unis) et laissé 6 millions de personnes au Québec (Canada) sans électricité pendant 9 heures. © PSE&G

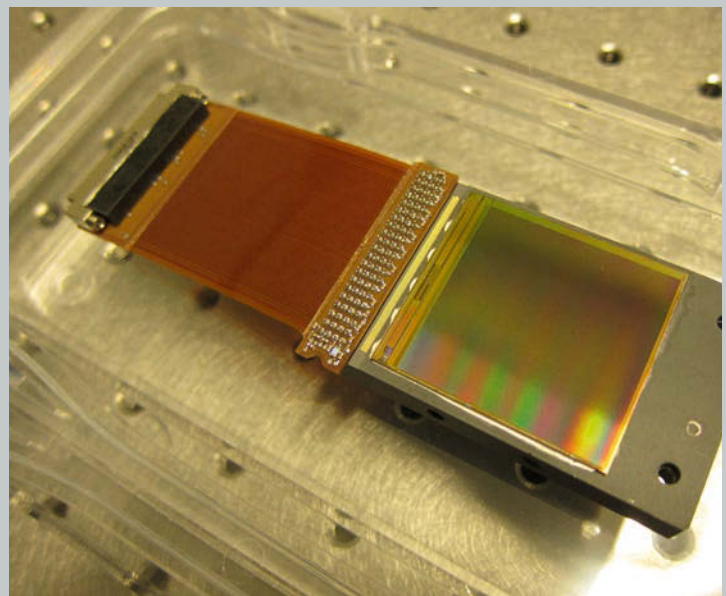


Figure 6 : Prototypage de capteur 1024x1024 pixels avec sa carte électronique de test (à gauche). A droite : capteur de modèle de vol avec 3072x3072 pixels et son emballage dédié pour le refroidissement et le raccordement électrique de la camera.

EUI est construit par un consortium international sous la direction du Centre Spatial de Liège (CSL), jusqu'à son lancement à partir duquel l'instrument sera exploité par l'Observatoire royal de Belgique (ORB). Tout cela est possible grâce au soutien de la Politique scientifique fédérale (Belspo) via le programme ESA/PRODEX.

Les défis technologiques

Pour les capteurs d'image des télescopes EUI, la technologie CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*) à pixels actifs (APS) a été choisie car elle correspond le mieux aux exigences scientifiques. En effet, il a plusieurs avantages par rapport au dispositif à transfert de charges (CCD) couramment utilisé : une lecture plus rapide, une faible consommation d'énergie, et une tolérance supérieure aux rayonnements, qui sont des atouts cruciaux pour une telle application spatiale.

Une caractéristique importante de ce capteur est son système à double transfert utilisé pour obtenir une plage de dynamique élevée et minimiser la contribution du bruit de la chaîne d'électronique. Le signal de chaque pixel est lu suivant deux chemins d'amplifications: un gain élevé (HG) et un gain plus faible (LG), avant d'être reconstruit, comme illustré dans la figure 7. La grande plage dynamique des capteurs d'EUI les rend très sensibles au faible nombre de photons solaires UV mais permet aussi d'observer des éruptions solaires sans trop saturer le capteur.

Dès 2011, des prototypes de capteur CMOS avec différentes architectures de pixel ont été développés par l'entreprise CMOSIS et caractérisés par le laboratoire de caractérisa-

tion de détecteurs (DeMeLab) de l'ORB, en collaboration avec CSL. Ces capteurs furent exposés à des rayons gamma, protons et ions lourds au Centre de Recherche du Cyclotron (CRC) à Louvain-La-Neuve pour étudier leur dégradation dans l'environnement de Solar Orbiter. Un ensemble de campagnes d'étalonnage fut effectué pour caractériser les différents modèles de pixels au synchrotron BESSY II à Berlin.

En 2015, les détecteurs de vol ont été produits à partir de l'héritage des prototypes précédemment développés. Ces détecteurs de vol seront à nouveau qualifiés avant d'être intégrés dans l'instrument EUI. Basées sur ces campagnes de mesure, des procédures d'étalonnage en vol serviront à augmenter la qualité d'image malgré le taux de compression élevé requis pour faire face à la faible télémétrie.

Le Centre des données EUI

Voler au plus près du Soleil n'est certainement pas un mince exploit. La difficulté est de prendre des images du Soleil, et de les acheminer sur Terre. C'est le rôle du Centre de données EUI (EDC) de l'ORB. Avec les neuf équipes des autres instruments, l'EDC a pour objectif d'établir quels objets solaires EUI prévoient de photographier et quand exactement prendre ces images. La coordination entre les équipes est très importante parce que certains instruments sont si sensibles qu'ils exigent un 'silence' électromagnétique de la part des autres instruments afin d'acquiescer des données. Grâce à un logiciel réalisé sur mesure par l'ORB, les opérateurs de l'instrument seront en mesure de traduire les plans d'observation en séquences de commande, vérifier scrupuleusement et les télécharger vers le

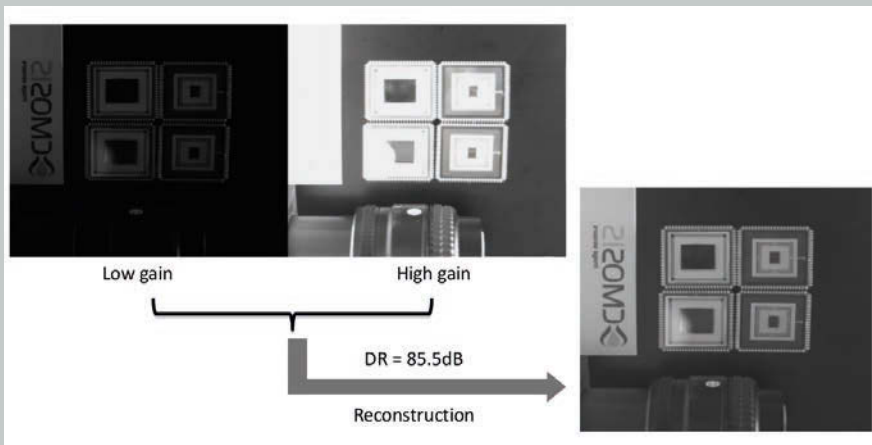


Figure 7: Images du prototype de capteur (1024x1024 pixels) montrant le fonctionnement à double chemins d'amplifications (LG à gauche et HG au milieu) et l'image finale après la reconstruction (image de droite). © CMOSIS/ORB

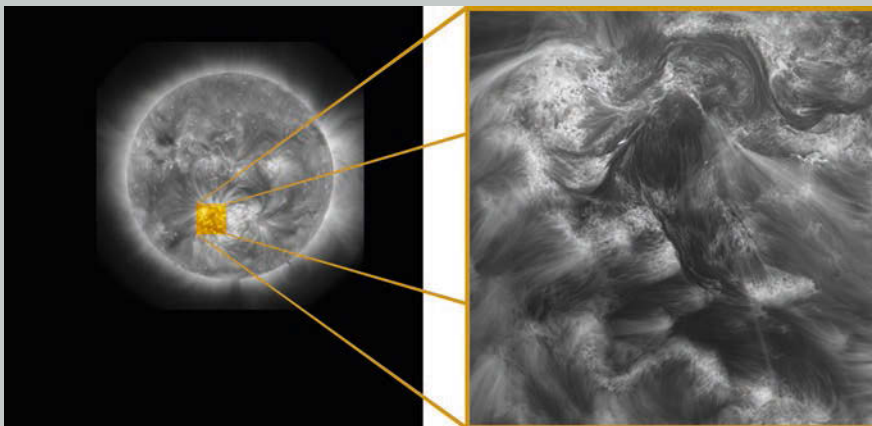


Figure 8 : Une image simulée du Soleil telle que vue par le télescope Full Sun imager d'EUI et le pointage sur une région active telle qu'elle sera observée par le télescope High-Resolution Imager d'EUI.

satellite à l'aide d'ESTRACK, le réseau de l'espace profond de l'ESA.

Le Soleil, cependant, est une étoile dynamique et l'activité solaire ne peut être prédite. La planification serait-elle donc inutile? Tout au long de la mission, les physiciens solaires à l'EDC scruteront le Soleil en permanence et cette surveillance, effectuée avec des télescopes basés au sol et dans l'espace, ainsi qu'au moyen de Solar Orbiter tâcheront, jusqu'à la dernière minute, d'identifier les zones les plus intéressantes avant l'observation scientifique par les télescopes d'EUI.

L'EDC développe un outil de traitement de données implémenté au Centre Spatial Européen d'Astronomie à Madrid, afin de traiter les données téléchargées aussi rapidement que possible, et de permettre à la dernière minute d'envoyer les télécommandes à EUI.

L'information de dernière minute n'est malheureusement pas suffisante pour prendre la bonne décision. Le Soleil se situe à 150 millions de kilomètres de la Terre, de sorte que les télé-commandes mettront 8 minutes pour parcourir le chemin qui sépare Solar Orbiter de la Terre. Donc, pour capturer l'activité solaire suspecte, EUI a besoin d'une intelli-

gence intégrée, qui doit permettre à l'instrument de décider de manière autonome si par exemple il se produit une éruption solaire. Les images prises dans le laps de temps précédant l'éruption, et celles acquises quelque temps après l'éruption se verront alors accordées à bord une priorité élevée. Certaines éruptions auront une plus grande valeur scientifique que d'autres, c'est pourquoi les scientifiques se pencheront sur les premières images téléchargées en priorité, et décideront ensuite si les images de cette éruption valent la peine d'attendre, ou bien au contraire de réduire la priorité de ces images et d'essayer d'acquérir une séquence d'images d'une éruption plus intéressante. Etant donné le faible nombre d'éruptions intéressantes pour les scientifiques à prévoir au cours de l'ensemble de la mission, cet objectif semble très délicat, et c'est bien à ce défi que l'EDC tentera d'apporter les réponses adéquates.

Les auteurs

Cis Verbeeck, Samuel Gissot, David Berghmans, Koen Stegen, Emil Kraaikamp, Boris Giordanengo et Ali BenMoussa sont chercheurs à l'Observatoire royal de Belgique.



Pleureuses, Moyen Empire
Origine inconnue, précédemment collection Scheurleer
Terre cuite peinte - 27, 25, 24,5 et 23,5 cm H - E.7119

SARCOPHAGI

SOUS LES ÉTOILES DE NOUT

Le Musée du Cinquantenaire abrite une fantastique collection d'environ 15.000 antiquités égyptiennes (en salles et dans les réserves), parmi lesquelles on peut citer le mastaba de Neferirtenef, le relief de la reine Tiy ou encore l'intrigante momie dite de la brodeuse. Ce sont principalement les objets en lien avec les usages funéraires au temps des pharaons qui parlent à l'imagination des visiteurs. Récemment, des projets de collaboration particulièrement intéressants ont vu le jour, notamment avec l'Istituto europeo del Restauro à Ischia (restauration de cercueils provenant de la Deuxième Cachette de Deir el-Bahari) et avec le département d'imagerie médicale des Cliniques universitaires Saint-Luc (scan de momies). Assez de matière que pour l'exposition fascinante *Sarcophagi*.

L'éternité. Renaître, tel Osiris, tel le Soleil qui, depuis l'origine des temps, revient chaque matin à la vie grâce à la déesse Nout, la voûte céleste : telles étaient les espérances des anciens Égyptiens concernant leur vie après la mort. C'est donc sous le signe de Nout qu'est placée la grande exposition du Musée du Cinquantenaire. Pour atteindre l'immortalité, il fallait non seulement disposer d'un corps

parfaitement conservé, mais aussi connaître les formules adéquates et jouir de la protection des dieux et des esprits. Le processus de momification, mais aussi les sarcophages recouverts de scènes mythologiques et de textes en hiéroglyphes, se révélaient donc d'une importance primordiale pour la vie dans l'au-delà.

Les douze heures de la nuit

L'exposition est divisée en douze salles, chacune d'entre elles symbolisant une des douze heures de la nuit, pendant laquelle le Soleil effectue son trajet vers sa résurrection quotidienne. Chaque salle est aménagée autour d'une pièce phare sélectionnée pour la richesse de ses significations religieuses, funéraires et historiques, ou pour ses qualités formelles. Dans une première salle plongée dans la pénombre, les visiteurs sont ainsi accueillis par un groupe de quatre extraordinaires pleureuses en terre cuite, qui les immergent d'emblée dans l'atmosphère des funérailles égyptiennes. La deuxième salle familiarise le visiteur avec tout ce dont le défunt doit disposer dans sa tombe pour avoir accès à la vie éternelle. Plusieurs salles présentent ensuite l'évolution des sarcophages au cours du temps, depuis les simples caisses non décorées de la préhistoire et de l'Ancien empire, jus-

Masque de momie
Fin 18e dynastie
Origine inconnue, de l'ancienne collection de Léopold II
Bois, lin et stuc - 49 x 30 cm - E.6884



Coffret à ouchebtis
Troisième période intermédiaire
Origine inconnue, ancienne collection Hagemans 1936
Bois peint - 44.5 X 42.4 X 26 cm - E.7114



qu'aux cercueils richement ornés des périodes postérieures. Une salle est également consacrée aux momies ainsi qu'aux intrigants sarcophages d'animaux.

Restauration en direct

Rappelant la Ouâbet ('La Place pure') dans laquelle les prêtres égyptiens momifiaient les défunts, un laboratoire de restauration vitré est installé au cœur de l'exposition. Une équipe de spécialistes de l'Istituto Europeo del Restauro d'Ischia (Italie) y travaille en permanence sous les yeux des visiteurs pour y restaurer la série des dix sarcophages et planches de momies appartenant au Musée du Cinquantenaire et provenant de la Deuxième Cachette de Deir el-Bahari.

Les secrets des sarcophages

Environ deux-tiers des objets exposés proviennent des réserves du Musée du Cinquantenaire. Les visiteurs peuvent les admirer pour la première fois. Ils découvrent également les secrets des passionnantes aventures archéologiques et les anecdotes qui se cachent derrière ces sarcophages. Ils apprennent en outre à décoder les secrets du fonctionnement mythologique d'un sarcophage, dont chaque détail de la décoration possède une signification. La restauration en direct des sarcophages de Deir el-Bahari dans un laboratoire

installé au sein de l'exposition, révèle les secrets de fabrication de ces œuvres. Enfin, les résultats des examens réalisés aux Cliniques universitaires Saint-Luc sont présentés dans l'exposition, dévoilant aux visiteurs les secrets des momies ainsi étudiées.

Kids approved

L'Égypte pharaonique fascine petits et grands. L'exposition ambitionne de plonger le public familial dans le monde envoûtant des sarcophages égyptiens à l'aide de jeux de société, de feuilles d'activités, de jeux sur tablettes et de vidéos à télécharger sur son smartphone. Deux journées 'familles' et plusieurs ateliers pendant les vacances scolaires sont également au programme. L'Égypte, c'est fun !

Plus

L'exposition *Sarcophagi - Sous les étoiles de Nout* jusqu'au 20 avril 2016 au Musée du Cinquantenaire.
www.mrah.be – info@mrah.be

Djehoutihotep. 100 ans de fouilles archéologiques en Égypte

Parallèlement à la grande exposition *Sarcophagi*, une intéressante exposition thématique mise sur pied par la KU Leuven met en lumière le passé, le présent et l'avenir de la recherche archéologique sur le site égyptien de Dayr al-Barcha, où une équipe de la KU Leuven mène des fouilles depuis 2002.

Howard Carter, le découvreur de la tombe de Toutankhamon, et George Reisner, qui, pendant des dizaines d'années, a fouillé le sous-sol aux alentours des célèbres pyramides de Gizeh, appartiennent aux grands noms de l'égyptologie. Mais ce que peu de gens savent, c'est qu'ils ont également travaillé sur le site de Dayr al-Barcha, situé à 300 kilomètres au sud du Caire. En 1915, Reisner y fit une des plus grandes découvertes de sa carrière. En 2015, exactement un siècle plus tard, des égyptologues et des archéologues de la KU Leuven ont décidé de continuer son œuvre. Ce centenaire constitue l'occasion idéale pour mettre sur pied une exposition montrant comment on fouillait à l'époque, et comment le travail de jadis a influencé la recherche contemporaine.

Djehoutihotep

L'exposition est construite autour de la tombe superbement décorée de Djehoutihotep, un gouverneur de province qui vivait en Moyenne-Égypte il y a environ 4.000 ans. Une reproduction quasiment grandeur nature de celle-ci, ainsi qu'une modélisation digitale, donneront au visiteur l'impression de se trouver lui-même dans cette tombe. Le dessin le plus connu qu'on peut y admirer, montre le déplacement d'une statue colossale en albâtre d'environ 7 mètres de haut. Cette scène a souvent servi de point de départ pour les recherches de ceux qui voulaient expliquer comment se sont construites les pyramides.

Du XVII^e siècle à nos jours

L'exposition a surtout pour ambition de montrer comment, depuis le XVII^e siècle, les visiteurs et les chercheurs ont été actifs sur le site. Depuis la plus ancienne carte de la région, qui date de 1673, jusqu'aux plus récents résultats de fouilles en avril 2015, le visiteur embarque pour un voyage de trois siècles au cœur de l'Égypte. Des cartes originales de l'époque napoléonienne sont mises en parallèle avec des images satellitaires actuelles, rendant ainsi visibles des paysages disparus depuis la révolution industrielle du XIX^e siècle. Des aquarelles réalisées par le jeune Howard Carter au début de sa carrière dans la tombe de Djehoutihotep, et jamais exposées auparavant, rendent de façon totalement surprenante la vivacité des couleurs des peintures pharaoniques. Même la boîte à peintures originale de Carter est exposée.

L'approche des premiers chercheurs était très différente de ce qui se fait actuellement. Cela a parfois conduit à des dégâts importants aux monuments. Ainsi, certaines peintures de la tombe de Djehoutihotep ont jadis été découpées pour être emmenées dans des musées européens et américains. Aujourd'hui, des chercheurs tentent, grâce à des technologies digitales modernes, de reconstituer l'ensemble des peintures sur base des pièces dispersées dans le monde. D'anciens documents de fouilles, ainsi que des photos prises par l'équipe de Reisner en 1915, nous permettent de nous pencher par-dessus les épaules de nos prédécesseurs pour jeter un coup d'œil à un terrain archéologique aujourd'hui disparu. Les impressionnantes découvertes de Reisner ne sont pas matériellement visibles à Bruxelles, mais grâce à ces documents iconographiques, il est possible de voir ce que signifiait l'archéologie en 1915.

On y voit aussi des antiquités égyptiennes. Ainsi, le mobilier funéraire du commissaire de police Abou, qui vivait quelques générations avant Djehoutihotep dans la même région que ce dernier, est exposé dans son intégralité pour la première fois. On y trouve notamment une série de 'modèles réduits funéraires', des petites miniatures en bois qui représentent des scènes de la vie quotidienne, telles que le brassage de la bière ou la cuisson du pain. Elles offrent un reflet fidèle de la vie à cette époque.



Les tombes des gouverneurs de Deir el-Bersha
© Dayr al-Barsha Project, KU Leuven

SCIENCE CONNECTION

est le magazine gratuit de la Politique scientifique fédérale (Belspo)

Editeur responsable :

René Delcourt
Avenue Louise, 231
B-1050 Bruxelles

Coordination :

Patrick Ribouville
scienceconnection@belspo.be
www.scienceconnection.be

Ont collaboré à ce numéro :

Samir Al-Haddad (Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique), Jennifer Beauloye (Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique), Ali BenMoussa (Observatoire royal de Belgique), David Berghmans (Observatoire royal de Belgique), Laurence Burnotte (Politique scientifique fédérale), Ann Calluy (Musées royaux d'Art et d'Histoire), Thierry Camelbeeck (Observatoire royal de Belgique), Marc Carnier (Archives générales du Royaume), Nicolas Cauwe (Musées royaux d'Art et d'Histoire), Pierre-Yves Desaiève (Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique), Stéphanie Deschamps (Archives générales du Royaume), Ria D'Haemers (Politique scientifique fédérale), Boris Giordanengo (Observatoire royal de Belgique), Samuel Gissot (Observatoire royal de Belgique), Emil Kraaikamp (Observatoire royal de Belgique), Rink Kruk (Institut Géographique National), Thomas Lecocq (Observatoire royal de Belgique), Jacques Lust (Politique scientifique fédérale), Bruno Overlaet (Musées royaux d'Art et d'Histoire), Philippe Planquart (Institut Von Karman), Patrick Ribouville (Politique scientifique fédérale), Pieter Rottiers (Politique scientifique fédérale), Yannick Siebens (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique), Koen Stegen (Observatoire royal de Belgique), Martine Stélandre (Politique scientifique fédérale), Koen Van Noten (Observatoire royal de Belgique), Cis Verbeeck (Observatoire royal de Belgique), Reinout Verbeke (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique) et Gladys Vercammen-Grandjean (Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique).

Les auteurs sont responsables du contenu de leur contribution.
Photo de couverture Solar Orbiter © ESA

Tirage :

13.000 exemplaires en français et en néerlandais.

Abonnement :

www.scienceconnection.be

Tous les numéros sont disponibles en format PDF.

Une erreur à votre patronyme ? Une adresse incomplète ? Un code postal erroné ?
N'hésitez pas à nous le faire savoir par retour de courrier électronique ou en nous renvoyant corrigée l'étiquette collée sur l'enveloppe contenant votre magazine.

Conception graphique et impression :

Goekint Graphics
www.goekint.be

Imprimé avec des encres végétales sur un papier respectueux de l'environnement.

La mission de la Politique scientifique fédérale (Belspo) est la maximalisation du potentiel scientifique et culturel de la Belgique au service des décideurs politiques, du secteur industriel et des citoyens : 'une politique pour et par la science'. Pour autant qu'elle ne poursuive aucun but commercial et qu'elle s'inscrive dans les missions de la Politique scientifique fédérale, la reproduction par extraits de cette publication est autorisée. L'Etat belge ne peut être tenu responsable des éventuels dommages résultant de l'utilisation de données figurant dans cette publication.

La Politique scientifique fédérale ni aucune personne agissant en son nom n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication ou des erreurs éventuelles qui, malgré le soin apporté à la préparation des textes, pourraient y subsister.

La Politique scientifique fédérale s'est efforcée de respecter les prescriptions légales relatives au droit d'auteur et de contacter les ayants droits. Toute personne qui se sentirait lésée et qui souhaiterait faire valoir ses droits est priée de se faire connaître.



Pour plus d'informations sur le système de management intégré Qualité-Environnement de la Politique scientifique fédérale : www.belspo.be

© Politique scientifique fédérale 2015
Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

Interdit à la vente.



Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België
Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique

a brief history of the future

contemporary art



11.09 2015 > **24.01** 2016

expo-2050.be

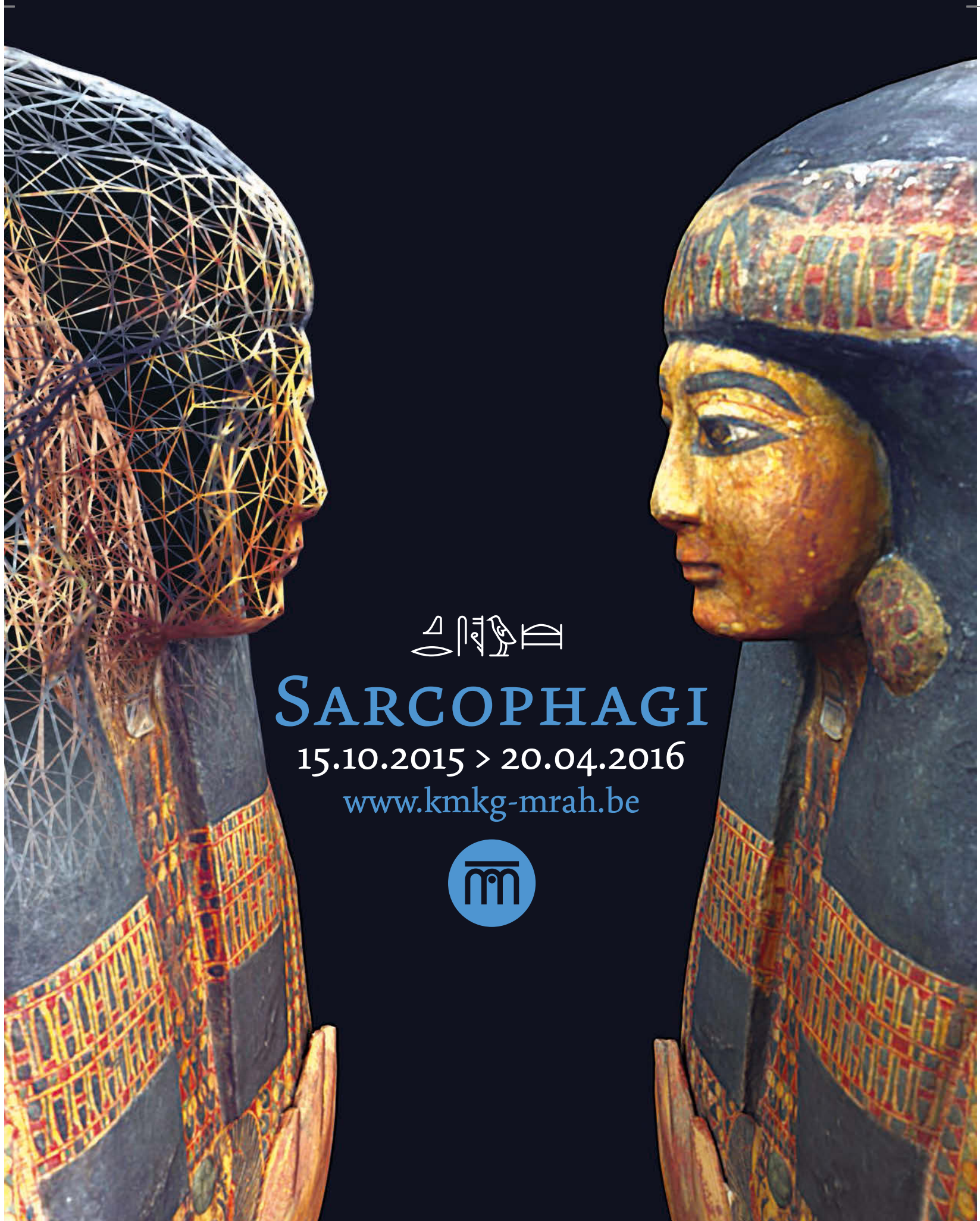
[#expo2050](https://twitter.com/expo2050)



1 future, 2 exhibitions

also visit 

24.09 2015 > 04.01 2016



SARCOPHAGI

15.10.2015 > 20.04.2016

www.kmkg-mrah.be

