



www.polytechniquebruxelles.be

G Square

#29 | décembre 2018

Le magazine
de l'École polytechnique
de Bruxelles
et de ses Alumni

ARCHÉOLOGIE, PATRIMOINE...

L'INGÉNIEUR REMONTE LE TEMPS

Physique, chimie, biologie, génie civil, IT...,
leur quête du Néolithique au Moyen Âge

ET AUSSI

Pierre Halleux:
le temps des
cathédrales /
p. 6

**Pierre-Étienne
Labeau:** nucléaire,
des lendemains
radieux / p. 9

**Christophe
Snoeck** fait parler
les ossements de
Stonehenge / p. 10

**Stéphane Godet
vs Anne-Isabelle
Bidegaray:**
l'antithèse? / p. 14

**Le patrimoine
par Panorama:**
à couper le
souffle / p. 16

ULB

Des ingénieurs pour repenser l'énergie de demain



"Sibelga est une entreprise qui offre énormément de perspectives pour des ingénieurs."

Mehdi Khrouz
Ingénieur

Mehdi Khrouz est responsable du service Business Information Management chez Sibelga. En quoi consiste votre job chez Sibelga ?

Mon équipe est en charge d'accompagner les services opérationnels dans l'évolution de leur métier. Concrètement, nous sommes une trentaine d'experts, dont des ingénieurs civils, qui travaillons sur des projets d'innovation et de transformation qui s'inscrivent dans le contexte de la transition énergétique. Pour ne citer que quelques-uns de nos projets : le déploiement des compteurs intelligents, le développement du véhicule électrique et son impact sur le réseau électrique ou encore la gestion des productions décentralisées.

Qu'appréciez-vous en particulier dans l'entreprise ?

Sibelga est une entreprise qui offre énormément de perspectives pour un ingénieur civil. Les objectifs gouvernementaux de sortie du nucléaire et de développement des énergies renouvelables ainsi que l'avènement du véhicule électrique engendrent un nouveau paradigme dans le monde de l'énergie. Nous devons mettre en place les outils qui permettront une gestion intelligente de notre réseau afin d'assurer une sécurité d'approvisionnement optimale pour nos concitoyens. Au-delà de ça, Sibelga est une entreprise tournée vers l'humain et qui s'intéresse vraiment à l'individu.

Quel fut votre parcours jusqu'à présent ?

Après mes études, j'ai directement commencé chez Sibelga en tant que responsable du laboratoire

d'étalonnage des compteurs gaz et électricité. Aujourd'hui, je suis responsable de la gestion du changement lié aux évolutions du marché de l'énergie. C'est vraiment passionnant.

Quel message souhaitez-vous faire passer à vos confrères ingénieurs civils ?

Si vous vous sentez en mesure de relever les défis stratégiques liés à la transition énergétique, ou si vous voulez simplement en connaître plus sur Sibelga et sur la manière dont nous contribuons au quotidien à améliorer la vie des bruxellois, n'hésitez pas à entrer en contact avec notre département RH (jobs@sibelga.be) ou directement avec moi (mehdi.khrouz@sibelga.be).

Sibelga engage un **Formateur électricité**

Dans le cadre de la construction et de l'exploitation de nos réseaux électriques, nous recherchons un « Formateur en électricité » pour élaborer et dispenser des formations à nos équipes techniques.

EN QUOI CONSISTE VOTRE TRAVAIL ?

Vous dispensez **la formation théorique et pratique** dans votre domaine d'expertise ;
Vous élaborez et actualisez **les formations techniques** ;
Vous élaborez et faites **évoluer le matériel didactique** ;
Vous collaborez avec les services internes pour **élaborer des formations** ;
Vous suivez **l'apprentissage de vos participants** en leur donnant un **feedback constructif** ;
Vous appliquez et **faites appliquer les mesures de sécurité** afin de garantir la sécurité et le bien-être ;
En collaboration avec vos collègues, vous **participez aux études d'amélioration des techniques utilisées**.

CE QUE NOUS VOUS OFFRONS ?

Un **job porteur de sens**, au service de la ville et de ses habitants ;
Un **environnement de travail dynamique et confortable**, au coeur de Bruxelles ;
Une **formation permanente** et des **perspectives de carrière** ;
Un **package financier** et un plan social solides



Faites de l'énergie votre travail ! Nous recherchons des :

INGÉNIEURS - TECHNICIENS (M/F)

INTERESSÉ ? RENDEZ-VOUS SUR WWW.SIBELGA.BE/JOBS



▼ JOURNÉE DE L'INGÉNIEUR 2018 /

Une plongée dans notre patrimoine

Quelle aide l'Ingénieur peut-il apporter au patrimoine? Qu'il soit monument, œuvre ou fossile? Ces questions seront au programme ce vendredi 30 novembre, date de la traditionnelle Journée de l'Ingénieur. Avant de célébrer notre Sainte-Barbe!

Depuis plusieurs années maintenant, le Cercle Polytechnique, le Bureau des Étudiants de Polytechnique, l'association École polytechnique de Bruxelles Alumni et l'École elle-même se réunissent afin de célébrer notre patronne, Sainte-Barbe, à l'issue de la traditionnelle Journée de l'Ingénieur.

La Sainte-Barbe prendra place cette année le vendredi 30 novembre et débutera dans le bâtiment C de notre Alma Mater, dès 16h45, pour s'achever dans les rues du centre ville aux petites heures de la nuit.

L'ancien et le nouveau

Le thème retenu cette année nous a poussés à nous pencher sur l'aide que l'Ingénieur peut apporter au patrimoine, qu'il soit monument, œuvre ou fossile, artificiel ou naturel. Plutôt que de détruire et reconstruire, plutôt que de jeter et de recréer, pourquoi ne pas s'inspirer du passé pour améliorer le futur?

C'est dans cette optique que la Journée de l'Ingénieur 2018 débutera par une exposition de différents travaux réalisés à l'École et qui ont contribué à étudier, analyser et améliorer la compréhension de notre histoire.

S'ensuivra une conférence donnée par Laurent Ney, Ingénieur civil des Constructions de l'ULG, professeur et CEO du bureau d'études Ney & Partners. Il nous parlera des différents projets de rénovation et de construction qui lui ont permis de mettre en valeur le patrimoine existant.

Succomber à La Tentation

La Journée de l'Ingénieur ne dérogera pas à la «règle»: elle sera suivie d'un drink, dans le bâtiment C, organisé par le Bureau des Étudiants de Polytechnique, et du traditionnel banquet de la Sainte-Barbe à La Tentation, au centre de Bruxelles.

L'inscription est obligatoire: étudiants, chercheurs, académiques et Alumni, signalez-vous au Cercle polytechnique sans tarder!

En espérant vous y retrouver nombreux!



David Marotte (ICME 2018), marotte.d@gmail.com

VENDREDI 30 NOVEMBRE LE PROGRAMME

- ▼ **16h45:** exposition de différents travaux réalisés à l'École (laboratoire du bâtiment C, niveau 2).
- ▼ **17h45:** conférence de Laurent Ney sur la mise en valeur du patrimoine au travers des constructions et rénovations (salle de conférence bâtiment C, niveau 3).
- ▼ **18h30:** drink organisé par le Bureau des Étudiants de Polytechnique (laboratoire du bâtiment C, niveau 2).
- ▼ **20h15:** banquet de la Sainte-Barbe organisé par le Cercle Polytechnique (La Tentation, rue de Laeken 28, 1000 Bruxelles).



tinyurl.com/y7spev2g



L'Ingénieur au service de la société



Cette édition du G Square, évoquant l'ingénieur face à l'archéologie et au patrimoine historique, nous rappelle que l'ingénieur doit être au service de la société. Si le rôle productiviste de l'ingénieur visant à appliquer ses compétences et connaissances «à la production, à la transformation et à l'utilisation de la matière et de l'énergie dans les meilleures conditions d'économie» (comme écrit par feu notre camarade Charles De Keyser en 1920) est important, il n'est pas le seul. Ne pensons pas que ce qui ne peut pas être monétisé n'a pas de valeur. Dans ce sens, la FABI finalise une charte éthique reprenant notre obligation morale de veiller à ce que nos actions soient menées dans le souci d'assurer le bien commun. L'interprétation proposée de la notion de bien commun vise à faire «prévaloir la vie relationnelle dans l'existence humaine et éviter la surévaluation des liens marchands qui ont tendance à s'imposer dans le monde actuel au détriment des liens humains». Quelle évolution du rôle de l'ingénieur en un siècle... Les travaux de nos camarades mentionnés dans ce G Square démontrent que notre communauté n'a pas une vision purement productiviste de son rôle. Je m'en réjouis!



Pierre Henneaux

Président École polytechnique de Bruxelles Alumni

ILS NOUS ONT QUITTÉS

▼ **Jean-Pierre Hermand**
(ICME 1981)

▼ **Alain Dubus** (ICPhys 1983)

Nous présentons aux familles et aux proches nos plus sincères condoléances.

Chercheur qualifié FNRS
FRANÇOIS LEO



©ULB-Isopix.be

François Leo, chercheur au service OPERA, poursuit son travail sur les interactions lumière-matière en tant que chercheur qualifié FNRS. Une voie qu'il ne pensait pas suivre. «Mes parents étaient chercheurs, mais cela ne m'attirait pas... jusqu'à ce que je fasse mon mémoire», confie-t-il. Il entame un doctorat à l'ULB, puis un post-doc à Gand où il imagine une méthode qui simplifierait et démocratiserait la fabrication des règles optiques, en se basant sur la formation spontanée de structures dans la nature. Après un an en Nouvelle-Zélande où les équations confirment sa théorie, il revient en Belgique et décroche un ERC Starting Grant, avant sa récente nomination FNRS. De quoi lui permettre de répondre aux questions qui le taraudent: comment rendre la conversion d'ondes la plus efficace possible et quelle en est la limite?

LinkedIn
LIEZ VOTRE DIPLÔME

L'École est désormais reconnue comme établissement d'enseignement supérieur dans LinkedIn. Elle peut dès lors suivre la carrière de ses diplômés, à la condition que chaque Alumni mentionne que son diplôme a été délivré par l'École. Si votre diplôme est actuellement lié à l'ULB dans LinkedIn, nous vous invitons à l'ajouter une seconde fois, en indiquant qu'il a été délivré par l'École. Vous serez ainsi référencé à la fois comme Alumni de l'ULB et de l'École.

▼ IN MEMORIAM

Jean-Pierre Hermand



Diplômé ingénieur civil de l'ULB en 1981 et Docteur en Sciences appliquées de l'ULB en 1994, Jean-

Pierre Hermand a commencé sa carrière scientifique au Saclant Undersea Research Centre de La Spezia (Italie), où il a mené des recherches liées à l'exploration acoustique du monde sous-marin. En 1991, financé par l'US Office of Naval Research et ensuite au sein de la Division de recherche environnementale du Saclantcen, il a dirigé les recherches pour la télédétection acoustique et les méthodes d'inversion géo-acoustique destinées à la caractérisation des sédiments marins. Jean-Pierre Hermand a été chef de mission d'un grand nombre de campagnes expérimentales pluridisciplinaires en mer et a assumé des charges d'enseignement à l'Université de Nuoro en Sardaigne et Ca' Foscari de Venise. De retour à l'ULB, il a créé le Laboratoire d'hydroacoustique environnementale. Depuis 2001, il coordonnait des activités de recherche intégrées sur les observatoires acoustiques de l'environnement, la tomographie acoustique océanique et l'assimilation conjointe de données océanographiques, notamment dans le cadre du réseau d'excellence européen ESONET. Il a beaucoup œuvré au niveau international et plus spécifiquement en Amérique latine, où il a initié il y a six ans un symposium devenu phare dans la région, «RIO Acoustics», rassemblant dernièrement plus de 120 participants de dix pays d'Amérique latine. En septembre 2009, Jean-Pierre Hermand était reçu Fellow de l'IEEE, le statut le plus éminent auquel peuvent aspirer les membres de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers. En 2018, il siégeait toujours à son CA et était aussi, depuis 2007, Fellow de l'Acoustical Society of America, et nommé en 2018 à son «Committee on International Liaison».

Alain Dubus



Après ses secondaires à l'Athénée Robert Catteau, Alain Dubus est entré en 1978 à l'ULB, où il a brillamment

obtenu son diplôme d'IC Physicien en 1983. C'est en qualité d'aspirant FNRS qu'il a réalisé et défendu, en 1987, une thèse de doctorat en Sciences Appliquées, sous la direction du Pr Jacques Devooght. Il avait obtenu entretemps un diplôme d'études spécialisées en sciences nucléaires. Alain Dubus a choisi de poursuivre sa carrière à l'ULB en gravissant les échelons de la carrière au FNRS. Nommé Chargé de Recherches, puis Chercheur Qualifié, il a ensuite combiné ce mandat dès le milieu des années 90 avec ses premières charges de cours, en reprenant les enseignements en physique des semi-conducteurs et en physique de l'état solide du Pr Bruno Batz, parti à la retraite. Rapatrié quelques années plus tard en tant que Chargé de Cours temps plein au sein de l'École, il y a été promu Professeur. Cheville ouvrière de la diversification des enseignements en sciences et techniques nucléaires vers la radioprotection et la radiophysique médicale, il se chargeait de la coordination de la formation en radiophysique médicale, dans le cadre d'une collaboration avec l'École de Santé Publique. De 2005 jusqu'à sa mort, il dirigeait également le Service de Métrologie Nucléaire. Président de la filière IC Physicien de 2008 à 2012, il assurait ces dernières années la présidence du jury des Mémoires des étudiants ingénieurs physiciens. Il a également été membre du Conseil Scientifique de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire. Très apprécié des étudiants pour ses contacts privilégiés avec eux et son humour décalé, il était à leur écoute pour les conseiller dans leurs choix d'études. Avec son départ prématuré, l'École perd un des piliers de sa formation d'IC Physicien, mais aussi et surtout un collègue apprécié pour son extrême gentillesse.





©Frédéric Raevens

Collectivement, les robots sont capables de déterminer l'ordre des tâches à accomplir.

ROBOTS

Une intelligence collective

Les robots pourraient-ils aider les secouristes à sauver les survivants d'une catastrophe naturelle? Cette mission nécessite qu'ils puissent décider, de manière autonome, des actions à prendre et de l'ordre séquentiel de ces actions: rien ne sert d'essayer de sortir la victime si les débris ne sont pas dégagés, par exemple. Actuellement, ce sont les ingénieurs qui programment la séquence d'action des robots. Mais cela pourrait bientôt changer... Mauro Birattari et Lorenzo Garattoni, chercheurs à IRIDIA, viennent de montrer que les robots peuvent, collectivement, déterminer l'ordre des actions à mener. Leur étude, publiée dans la revue «Science Robotics» du mercredi 18 juillet, démontre pour la première fois que des robots peuvent collectivement séquencer des actions

dont l'ordre d'exécution est a priori inconnu. Considérée comme une habileté cognitive complexe, cette capacité à planifier des actions émerge suite aux interactions entre individus du groupe: ensemble, les robots sont capables de planifier une suite d'actions, même si chaque individu du groupe ne serait pas capable de le faire seul. Mauro Birattari est titulaire d'une bourse ERC Consolidator Grant. Cette recherche a été menée dans le cadre de son projet ERC «DEMIURGE: automatic design of robot swarms».



L. Garattoni, M. Birattari, «Autonomous task sequencing in a robot swarm», *Science Robotics*, Vol. 3, Issue 20, eaato430 (2018).
 Mauro Birattari, IRIDIA: mbiro@ulb.ac.be

ULB-ATM

Member of EPOC project

ULB-ATM (team of Patrick Hendrick) participates to the recently launched EPOC project, selected in July through the Energy Transition Fund of the Federal Government. EPOC is lead by EnergyVille and started on October 01. It aims at the definition of an Energy technology modelling framework for POLICY support towards a Cost-effective and Sustainable society in 2030 and 2050. ULB-ATM is WP leader on the task Customer-centered energy business models in a decarbonised energy system, together with UMONS, UGent, UHasselt and VITO.



Pr Patrick Hendrick / tinyurl.com/y75pvman



EN BREF

29/11/2018

Graine de Bioingénieur

Conférence «Look & Fin (Belgium) and WeShareBonds (France): Crowdfunding platforms as fintech alternatives to SMEs?»

30/11/2018

Journée de l'Ingénieur et Banquet de la Sainte-Barbe

20/12/2018

PolytechLINK: «Architecture de demain: rêves, attentes, réalités», par Philippe Samyn (ICC 1971)

Soirée «Engineer Your Career»

01/02/2019

AG Alumni et banquet

22/02/2019

75^e Nuit Polytechnique

BEST STUDENT PRESENTATION AWARD

Jianqiao Cheng primé

Jianqiao Cheng, chercheur au laboratoire BEAMS, a reçu le Best Student Presentation Award à la conférence IEEE Symposium on Information Theory and Signal Processing in the Benelux. Sa thèse, sous la direction du Pr François Quitin, vise à créer des systèmes de télécommunications sans-fil où des drones sont utilisés comme stations de base volantes. De tels systèmes pourraient être utilisés afin de remplacer l'infrastructure de télécommunication lorsqu'elle est hors service, comme c'est souvent le cas lors de catastrophes naturelles.



g^e est une publication de l'École polytechnique de Bruxelles, Université libre de Bruxelles, CP 165/01, avenue Roosevelt 50, 1050 Bruxelles ÉDITEURS RESPONSABLES Gérard Degrez et Pierre Henneaux, École polytechnique de Bruxelles, Université libre de Bruxelles, CP 165/01, avenue Roosevelt 50, 1050 Bruxelles RÉALISATION ET PRODUCTION I.IXIS Téléphone: 02/640.49.13 Fax: 02/640.97.56. E-mail: info@elixis.be. Web: www.elixis.be. RÉDACTEUR EN CHEF Philippe De Doncker DIRECTEUR DE LA RÉDACTION Hugues Henry RÉDACTION Philippe De Doncker, Claudine De Kock, Pierre Henneaux, Hugues Henry COMITÉ DE RÉDACTION Philippe De Doncker, Alain Delchambre, Benoît Haut, Isabelle Hendrickx, Pierre Henneaux, Élie Misrachi, Antoine Nonclercq, Raoul Sommeiller, Michel Vanderstocken, Laurent Violon PHOTOS Archives ULB, Hugues Henry, Frédéric Raevens PHOTO DE COUVERTURE Frédéric Raevens MAQUETTE Marie Bourgeois COORDINATION GRAPHIQUE F.A. Créations IMPRESSION Artoos PUBLICITÉ gsquare@polytechniquebruxelles.be. Trimestriel. Tirage: 4.000 exemplaires. Pour toute suggestion de thème d'article ou pour nous adresser vos dernières nouvelles d'ordre professionnel: gsquare@polytechniquebruxelles.be. Changements d'adresse: alumni@polytechniquebruxelles.be.

Les mentions d'entreprises le sont à titre documentaire. Les articles, dessins, photos illustrant la revue g^e ne comportent pas de publicité. Les articles, opinions, dessins et photos contenus dans cette revue le sont sous la seule responsabilité de leurs auteurs. Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction réservés pour tous pays.

Pierre Halleux (Ingénieur civil des Constructions 1963)

Le temps des cathédrales



C'EST QUOI UN INGÉNIEUR?

UN SCIENTIFIQUE À 360°

«C'est une personne possédant un très large panorama de connaissances techniques et scientifiques, sans nécessairement les avoir toutes approfondies. Ce qui n'est pas possible.»

UN IMAGINATIF PERSUASIF

«Il doit déployer des talents d'imagination, afin d'innover et de trouver des solutions, et faire preuve de qualités de persuasion pour faire accepter ses propositions (sourire).»



PIERRE HALLEUX

PROFESSEUR ÉMÉRITE DE L'ULB

Détenteur à titre honorifique de l'Énhaurme Ordre de la Grande Molette, en parallèle à sa carrière académique, Pierre Halleux s'est investi dans trois domaines de recherche principaux: le génie civil (il fut Directeur du Service Génie civil), la biomécanique osseuse et la stabilité des édifices anciens.

De la Cayenne de l'A.Ir.Br. à la tour de l'Hôtel de Ville de Bruxelles, le **Dr Ir Pierre Halleux**, 78 ans, s'est érigé en expert passionné du patrimoine architectural médiéval.

?: LONGTEMPS ADMINISTRATEUR DE LA SECTION BELGE D'ICOMOS, LE CONSEIL INTERNATIONAL DES MONUMENTS ET DES SITES, VOUS AVEZ VEILLÉ À DES OUVRAGES INSCRITS À LA LISTE DU PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO. UNE PASSION QUE VOUS AVIEZ INSUFFLÉE JUSQU'AU CŒUR DE L'ASSOCIATION ALUMNI.

Pierre Halleux: «J'étais en effet coorganisateur de voyages culturels et œnologiques. Je laissais les caves à d'autres et je m'occupais des visites: aqueduc de Maintenon, Chartres, etc. L'idée était de découvrir des édifices à travers ce qu'ils ont de particulier, d'intéressant, pour l'ingénieur. À la cathédrale de Chartres, par exemple, ce n'est pas l'esthétique des contreforts avec leurs rosaces qui a retenu notre attention, mais le fait que ces contreforts vantés par les historiens de l'art constituent, pour l'ingénieur, un aveu d'incompétence. Le bonhomme qui a bâti Chartres ne savait pas où placer ses arcs-boutants pour reprendre convenablement la poussée. Du coup, il a réalisé des arcs-boutants doubles, sur une hauteur de près de six mètres, de telle sorte que, en tapant au hasard, la résultante des efforts y passe tout de même.»

?: DIFFICILE, APPAREMMENT, DE VOUS JETER DE LA POUDRE AUX YEUX! COMMENT EN ÊTES-VOUS VENU À LEVER CES LIÈVRES?

PH: «C'est une longue histoire! À l'école primaire, je ramassais des silex préhistoriques dans les champs. Adolescent, je passais tous mes dimanches après-midi dans les minières néolithiques de silex de Spiennes, à faire des fouilles. L'archéologie me passionnait et j'ai conservé cet intérêt toute ma vie, à travers mes lectures, mes voyages... Fin des années 70, je suis tombé sur des articles publiés dans une revue américaine d'analyse des contraintes, relatant des recherches menées à la Princeton University, qui traitaient des problèmes de stabilité et d'accidents survenus

dans de grandes cathédrales gothiques. Une des méthodes de laboratoire utilisées était celle que j'avais moi-même choisie pour ma thèse de doctorat («Les comportements élastiques et plastiques des poutres métalliques à âme évidée, le calcul de leurs flèches»). Il y avait des choses absolument interpellantes. Le Pr Robert Mark démontrait que le fonctionnement d'une voûte gothique n'était pas celui que nous pensions, celui que m'avait expliqué mon professeur de stabilité des constructions, André Paduart, en son temps. Contrairement aux idées reçues de l'époque, les efforts cheminent en effet à travers les voûtains pour arriver directement au support. J'ai commencé à m'intéresser à la compréhension des architectures romanes et gothiques, j'ai lu tout ce que je pouvais trouver sur le sujet. Une lecture critique. Et il n'est toujours pas évident de tout comprendre! Les bâtisseurs de l'époque médiévale travaillaient dans l'empirisme le plus total, par essai-erreur... S'ils recevaient la voûte sur le dos, c'est que ce n'était pas bon. C'est en cherchant à comprendre la pensée des bâtisseurs gothiques que j'ai été amené tout au début des années 80 à donner une conférence sur ce sujet au Centre National de Recherche en Construction Civile, aujourd'hui disparu. Conséquence: dans le milieu de la construction, le bruit a filé que Pierre Halleux s'intéressait à l'architecture gothique et qu'il semblait en connaître un bout sur la question (sourire). Et on est venu me chercher pour la restauration de la grande tour de l'Hôtel de Ville de Bruxelles en 1987.»

?: LA GRANDE TOUR DE L'HÔTEL DE VILLE DE BRUXELLES VOUS A-T-ELLE RÉVÉLÉ TOUS SES SECRETS?

PH: «J'en doute. J'étais arrivé sur ce chantier en tant que polytechnicien, assuré de mes connaissances. Puis j'ai rapidement compris que j'avais encore beaucoup à apprendre afin de pouvoir suivre

Pierre Halleux se remémore avec émotion ses années d'enseignement... «Quel plaisir ai-je éprouvé à communiquer avec un auditoire d'étudiants! Pas simplement une matière sèche; j'illustrais la théorie avec des exemples concrets tirés de l'actualité.»



SES ANNÉES POLYTECH (1961-1963)

▶ DE MONS À BRUXELLES

«J'ai poursuivi mes candidatures à la Faculté Polytechnique de Mons, avant de rejoindre l'École. Là, j'ai ressenti une extraordinaire bouffée d'air frais: j'arrivais dans une université complète où j'ai fréquenté des étudiants de toutes les Facultés.»

▶ PAR ICI LA PORTE

«Fin de 4^e, je me suis présenté au laboratoire du Pr Georges Homès, Physique interne des matériaux, pour mon TFE. Son chef de travaux m'a reçu avec un superbe dédain: «M. Homès ne prend jamais d'Ingénieur des Constructions civiles». J'étais dehors (rires).»

la pensée des bâtisseurs du Moyen Âge. Nous avons toujours considéré que l'architecture gothique était de pierre, mais en réalité il s'avère que c'est la première grande architecture de métal! Le travail réalisé par Jan van Ruysbroeck, maître d'œuvre de la tour principale en 1449, le démontre. Vous n'imaginez pas le tonnage de fer forgé de renforcement présent dans cet édifice. 30 tonnes certainement, masquées, dissimulées dans la maçonnerie. Nous sommes ahuris de constater l'efficacité, sans doute d'origine empirique, de ces renforts mis en place. Un cas m'avait étonné... La tour présente une série de tourelles latérales, reliées à la tour principale par des arcs-boutants. Nous en avons réalisé une modélisation numérique grâce au superordinateur Cray récemment arrivé à l'université et, en examinant les résultats, je suis tombé en arrêt sur l'un d'eux qui me paraissait aberrant. On pouvait, dans certaines orientations du vent, trouver de la traction dans les arcs-boutants... Or, un arc-boutant, le nom le dit bien, c'est un arc qui pousse, pas destiné à être tendu. Je ne trouvais pas d'erreur dans le calcul effectué, mais cela n'allait pas selon moi. Ensuite, quand nous avons dû déposer toute une série de pierres pour la restauration des arcs-boutants, nous y avons trouvé des armatures métalliques! CQFD. Donc, ce que nous ignorions, le bâtisseur du Moyen Âge le savait. Il avait pris cette précaution de placer là une armature en conséquence du risque de voir cette structure en traction.»

?: UN AUTRE GRAND CHANTIER HISTORIQUE AURA MARQUÉ VOTRE CARRIÈRE, NUL AUTRE QUE CELUI DE LA CATHÉDRALE DE Tournai.

PH: «Cela a démarré en 1983 avec une étude des problèmes de stabilité. Nous avons pu expliquer pour la première fois des désordres qui se produisaient régulièrement. Il y a un malheur de départ: le choix de la localisation de la cathédrale est malencontreux. Le transept est fondé sur un éperon rocheux de l'ancienne vallée de l'Escaut. De part et

d'autre, il y a deux falaises très abruptes de telle sorte que, sous le poids de l'édifice, la cathédrale reste en équilibre sur son éperon rocheux, mais d'un côté la nef bascule avec le terrain qui se tasse et, de l'autre côté, le chœur bascule aussi, avec des crevasses et des dangers d'écroulement. J'y ai travaillé pendant de nombreuses années, jusqu'après la retraite. Nous avons eu un moment de frayeur en août 1999, quand une tornade s'est abattue sur Tournai et la cathédrale a été drôlement secouée! Suite à quoi elle a été fermée au public, selon nos recommandations, avec des constatations ahurissantes. Plusieurs pinacles au-dessus des contreforts avaient été abattus. Pourquoi? En voyant un pinnacle au sol, je me suis rendu compte qu'il n'avait jamais eu aucune armature de solidarisation avec son support, alors que partout des petits tenons en bronze ou en fer étaient utilisés. Ces pinacles avaient été imaginés au XIX^e siècle, pour «achever» l'ouvrage en quelque sorte, selon la philosophie d'Eugène Viollet-le-Duc. Il y a eu là manifestement faute grossière de construction.»

?: VOUS AVEZ PUBLIÉ EN 1992 «IL ÉTAIT UNE FOIS L'INSTITUT DES CONSTRUCTIONS CIVILES» (ÉD. ASSOCIATION ROYALE DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ULB). DONT VOUS AVEZ ÉTÉ DIRECTEUR. NOUS GARANTISSEZ-VOUS LA STABILITÉ DU BÂTIMENT C?

PH: «(Rires.) Je peux vous l'assurer! Même s'il a été construit à l'emplacement de galeries creusées au Moyen Âge, sans même être boisées, à des fins d'exploitation du grès pour bâtir notamment l'abbaye de la Cambre, la cathédrale Saint-Michel ou la tour de l'Hôtel de Ville! Il avait alors été nécessaire de dynamiter une dalle de fondation déjà coulée, en faisant claquer des carreaux du voisinage, afin d'asseoir le bâtiment sur des faux puits qui descendent à plus de 20 mètres, plus profondément que les galeries médiévales.» ▶



Filière Physique Nucléaire

Z'avez pas vu Myrrha?

Diabolisé par la catastrophe de Fukushima, malmené par les errements des politiques énergétiques, **le nucléaire** n'est plus sexy. Il demeure cependant un secteur d'emploi et d'innovation majeur. La preuve par Myrrha. Et pas que.

? EN SEPTEMBRE, LE GOUVERNEMENT FÉDÉRAL A DONNÉ SON FEU VERT AU PROJET MYRRHA (MULTI-PURPOSE HYBRID RESEARCH REACTOR FOR HIGH-TECH APPLICATIONS), AVEC UNE MANNE DE 550 MILLIONS € ENTRE 2019 ET 2038. PARLONS-NOUS BIEN D'UN RÉACTEUR NUCLÉAIRE?

Pierre-Étienne Labeau: «Travailler aujourd'hui dans le nucléaire, ce n'est pas mettre des rustines sur de vieilles machines des années 70-80. Myrrha est le fruit de réflexions menées par le Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire (SCK-CEN) à Mol depuis 1998. Dans le cadre du remplacement de son réacteur de recherche BR2, qui depuis des décennies joue un rôle essentiel dans la production de radio-isotopes médicaux et dans les essais de matériaux sous irradiation, le Centre souhaitait relever un défi technologique. Les chercheurs sont partis d'un concept novateur de réacteur de génération IV (visant des objectifs ambitieux d'efficacité d'utilisation du combustible, donc de production réduite de déchets), ce qui a permis de sortir des tiroirs des idées de la fin des années 50, irréalisables à l'époque, tout en les combinant à un accélérateur de particules.»

? EN QUOI MYRRHA EST-IL UNE PREMIÈRE MONDIALE QUI RÉCLAME TOUTE NOTRE ATTENTION?

P-E.L.: «Tout d'abord, le réacteur sera couplé à un accélérateur de particules; c'est ce qu'on appelle un Accelerator Driven System (ADS). Nos réacteurs actuels sont dans une configuration critique, c'est-à-dire que la réaction en chaîne qui génère les fissions est auto-entretenu: un neutron qui entraîne une fission va donner un neutron qui en provoque une suivante, etc. Nous sommes à l'équilibre. Avec Myrrha, la configuration sera sous-critique, sans être à l'équilibre. Le réacteur seul est en déficit de neutrons. Un accélérateur de particules envoie des protons sur une cible, ce qui va conduire à l'émission de neutrons qui feront l'appoint pour arriver à l'équilibre. Conséquence: lorsque l'accélérateur de particules est arrêté, la réaction en chaîne stoppe automatiquement et le réacteur s'éteint rapidement. Ensuite, Myrrha est

un réacteur dit rapide, alors que les actuels sont dits thermiques. Grâce aux neutrons rapides, l'ADS utilise de manière optimale le combustible d'uranium, ce qui permet de réduire la quantité de déchets radioactifs. En effet, les neutrons maintenus à haute énergie permettent de produire la matière fissile qui sera utilisée ultérieurement. En quelque sorte, le réacteur crée son propre combustible, c'est un surgénérateur. On évite le ralentissement des neutrons issus des fissions par l'utilisation d'un fluide lourd pour évacuer la chaleur produite, en l'occurrence un eutectique plomb-bismuth. Dans cette architecture, l'accélérateur constitue un défi technologique en soi: son faisceau devra rester stable pendant des temps beaucoup plus longs que ceux utilisés en recherche physique aujourd'hui.»

? LE PROJET ÉVOQUE 2.000 EMPLOIS SUPPLÉMENTAIRES CRÉÉS GRÂCE À MYRRHA!

P-E.L.: «Même s'il ne s'agit pas de 2.000 nouveaux emplois d'ingénieurs, les projections sont prometteuses. Il faut aussi garder à l'esprit que Myrrha, ce sont des débouchés très diversifiés pour l'ingénieur: la production et le développement de nouveaux radio-isotopes à des fins médicales, celle de silicium de grande pureté pour des applications dans l'électronique – utiles aux éoliennes et aux panneaux photovoltaïques, s'il faut le préciser (sourire) –, des recherches sur les technologies pour le traitement des déchets radioactifs par la transmutation, etc. et la formation de nouvelles générations d'experts nucléaires! Ensuite, Myrrha n'est pas la seule porte ouverte sur des perspectives de carrière pour nos diplômés en Sciences et Techniques nucléaires. Le gouvernement fédéral a aussi octroyé un budget de près de 50 millions € à l'Institut des Radioéléments pour la mise en place d'une filière de production de Molybdène 99, isotope à la base de nombreux sous-produits de la médecine nucléaire. Sans compter RECUMO (Recycling of Uranium from 99Mo Production), projet plus modeste basé à Mol, de récupération et de recyclage de résidus d'uranium issus de la production du Molybdène 99. Bref, de la chimie nucléaire, domaine pour lequel il n'y a pas pléthore de spécialistes dans le pays. Et nous n'avons même pas parlé du démantèlement annoncé de nos centrales nucléaires, qui deviendra certainement un secteur industriel à part entière, à l'instar de celui de l'assainissement des sols (sourire).»



PIERRE-ÉTIENNE LABEAU
PROFESSEUR D'INGÉNIERIE DE LA FIABILITÉ
ET D'INGÉNIERIE NUCLÉAIRE (ULB)



Dr Christophe Snoeck

Faire feu de tout os

Lâchez un Ingénieur civil Chimiste dans les dédales de l'archéologie, et il fera parler les os brûlés! Grâce à ces restes humains, à Stonehenge, Christophe Snoeck aurait identifié des bâtisseurs du monument mégalithique.

«J'étais le vilain petit canard», s'amuse Christophe Snoeck à l'évocation des sources de sa vocation, au sein d'une famille d'ingénieurs commerciaux... «J'ai toujours été passionné par le passé, sans savoir pourquoi, et espéré pouvoir me jeter corps et âme dans l'Égypte ancienne, la mythologie, l'archéologie... Tous ces mondes perdus en quelque sorte.» Perdus? Il les ressuscite cependant désormais, en ayant préféré l'ingénierie civile.

DE LA PSEUDOPURPURINE AUX OS

Quand, en 2005, il entreprend ses études universitaires, Christophe Snoeck opte pour le choix le plus «terre-à-terre», en s'inscrivant à l'École plutôt qu'en Archéologie. Les sciences l'emportent alors jusque dans la filière Chimie-Biochimie où l'Histoire va le rattraper... «J'ai eu de la chance en MA2: le Pr Kristin Bartik, informée de mes centres d'intérêt, m'a mis en contact avec le Dr Jana Sanyova de l'Institut royal du Patrimoine artistique (IRPA), ce qui nous a permis d'écrire un sujet de mémoire très ciblé, combinant ingénierie chimique, RMN et spectroscopie ultraviolet-visible appliquées dans le domaine de l'histoire de l'art!» Au cœur de ce travail, «Physico-Chemical Characterization of Pseudopurpurin: Colorant Used in the Preparation of Ancient Artistic Lakes» (2010): la caractérisation de la pseudopurpurine. «Nous avons essayé d'établir comment elle se dégrade et si nous arrivons à reproduire les procédés de fabrication des peintres de l'époque, etc. Autant de questions dont les réponses peuvent être utiles en matière d'authentification d'œuvres d'art, de conservation ou de restauration.»

C'est également grâce au Pr Kristin Bartik que Christophe Snoeck réalise qu'à l'international, d'autres opportunités au diapason de ses passions existent. Avec le soutien de la Fondation Wiener-Anspach, il rejoint l'université d'Oxford en 2010 pour un Master in Archaeological Science. «J'y ai découvert

un tout nouveau monde!», s'enthousiasme le chercheur. «En Belgique, il n'existait pas de formation équivalente. À Oxford, j'ai donc suivi divers cours sur ce que nous pouvons réaliser, des points de vue chimique et biochimique, avec des restes humains comme les os. Cela m'a passionné.»

LE CARBONE 14, ET APRÈS?

Partant de la constatation que de multiples études ont été réalisées sur des ossements non brûlés, reliques des inhumations, les professeurs archéologues de Christophe Snoeck à Oxford réservent à notre IC Chimiste un cas un peu biscornu, qui l'amènera à produire un nouveau mémoire, «Cremated Bone, Radiocarbon Dating and Bioarchaeology» (2011), complété ensuite par une thèse, «A Burning Question: Structural and Isotopic Studies of Cremated Bone in Archaeological Contexts» (2014).

«L'idée générale de ces travaux était de tenter d'identifier les informations que nous pouvons extraire des ossements humains brûlés, à tous les niveaux, depuis le macroscopique jusqu'à l'isotopique, en passant par le chimique», explique-t-il. «La dernière vague d'études sur cette thématique remontait à la fin des années 90, aux Pays-Bas, où des chercheurs avaient démontré qu'il était possible d'appliquer la datation carbone 14 aux os brûlés, car jusque-là tout le monde pensait l'opération impossible pour des questions de contamination.»

Mais le but de Christophe Snoeck était d'aller bien au-delà! Depuis des décennies, grâce aux inhumations, les scientifiques récoltent des informations diverses sur nos ancêtres à travers leurs ossements: régime alimentaire, origines, environnement... Aussi, pourquoi, dans les cas de crémation, faudrait-il ne se contenter que des informations chronologiques issues de la datation carbone 14? «La communauté dans son ensemble pensait que toute information était détruite en raison

/ SUITE EN PAGE 12





CRUMBEL: SUR LA PISTE DES ANCIENS BELGES

▶ À TRAVERS LES ÂGES

Le projet The Excellence of Science (EoS), soutenu par le FNRS et le FWO, «Cremations, Urns and Mobility / Ancient Population Dynamics in Belgium» (CRUMBEL) entend analyser des milliers de fragments d'os brûlés, issus du Néolithique au Moyen Âge, lorsque la crémation dominait les rites funéraires, pour retracer les mouvements des populations chez nous au cours de ces 3.000 ans.

▶ SANS FRONTIÈRE LINGUISTIQUE

L'ULB, la VUB, l'UGent et l'Institut royal du Patrimoine artistique (IRPA) sont partenaires dans ce projet fort de six Ph.D. et quatre post-Doctorants sur une durée de 4 ans. Les espoirs de résultats sont élevés. Car, dans nos régions sablonneuses, au sol acide, aucune inhumation n'a été conservée, à la différence des crémations, dont le procédé augmente la cristallinité de l'os, le «fortifie». Reste à en faire parler les débris.

Christophe Snoeck est titulaire d'un 2^e Master en Sciences Archéologiques d'Oxford tout comme Anne-Isabelle Bidegaray (voir en p. 14).



des hautes températures – jusqu'à 1.000°C avec certaines cré-mations. Or nous avons découvert que des éléments inorga-niques sont complètement préservés et si pas modifiés, et que si nous comprenons comment ils ont été modifiés, nous pouvons remonter jusqu'à leurs origines», explique-t-il. «Nous pouvons travailler avec beaucoup de petits fragments d'os brûlé, issus de fouilles archéologiques, parce que lorsqu'un corps est incinéré, vous n'obtenez pas des cendres, mais bien des restes inorga-niques, des ossements devenus très blancs, mais aussi fragiles, car il s'agit alors d'apatite.» Des minéraux qui ont encore un signal à délivrer, en particulier pour nous aider à mieux com-prendre les déplacements de nos ancêtres...

SIGNÉ STRONTIUM

Quel meilleur exemple que l'étude sur des fragments d'os retrouvés à Stonehenge, pour illustrer pratiquement la recherche de Christophe Snoeck et ses collègues, dont le Pr Nadine Matielli (G-TIME, ULB)? Ce travail inédit, sur la mobilité passée d'indi-vidus ayant été incinérés, l'a placé sous les feux de la rampe en août dernier, avec plus de 150 publications dans des magazines à travers tout le globe! Les recherches de cette équipe internationale ont en effet pu établir qu'une partie des personnes enterrées sur le site de Stonehenge n'étaient pas des locaux, mais qu'elles seraient venues de l'ouest du pays de Galle vraisemblablement avec cer-taines pierres du site. Déplacer de tels matériaux il y a 5.000 ans, au Néolithique tardif, sur près de 300 kilomètres, ne pouvait qu'attirer l'attention... «Cette étude a offert une grande visibilité à nos travaux», reconnaît le chercheur. «Les migrations demeurent un phénomène important à travers toutes les époques de l'humani-té. Elles sont vectrices de transferts de matériaux, mais aussi d'idées.» Mais comment les retracer? «Pour Stonehenge, nous avons appliqué différentes méthodes sur les ossements: des ana-lyses infrarouges et d'autres isotopiques. Les isotopes utilisés étaient le carbone et l'oxygène, qui nous donnent des informa-tions sur la façon dont le corps a été brûlé, et le strontium, qui révèle l'origine de l'alimentation. Car chaque zone géologique possède sa signature isotopique en strontium qui s'inscrit dans les os des individus par le biais de la nourriture.»

MULTI- ET INTERDISCIPLINAIRE

Les résultats obtenus par Christophe Snoeck et son équipe auraient très bien pu ne jamais voir le jour, suite à l'intervention d'archéologues dans les années 20! «Ils avaient exhumé 58 corps brûlés. Cela ne les intéressait pas beaucoup et ils les ont ré-enter-rés tous ensemble! Or nous parlons ici de petits fragments d'os.

 **1987** Naissance le 17 août, à Anvers / **2010** Ingénieur civil Chimiste, ULB / **2011** MSc Archaeological Science, University of Oxford / **2014** Ph.D. Archaeological Science and Postdoctoral Researcher, University of Oxford / **2015** - ... Postdoctoral Researcher, VUB

RECHERCHE ISOTOPIQUE: D'AUTRES APPLICATIONS

- **Analyses criminelles:** «J'ai déjà collaboré avec la police fédérale, pour aider à identifier des victimes. Grâce aux isotopes, nous pouvons voir dans quelle mesure la victime a changé de lieu au cours de sa vie, ce qui permet d'éliminer des hypothèses. Sur les molaires 1, 2 et 3, nous retrouvons le signal de l'adolescence. Avec une côte, nous remontons jusqu'à sept ans dans le temps, 15 ans en moyenne avec un fémur, etc.»
- **Authenticité d'un produit alimentaire:** «Nous nous éloignons des ossements brûlés, mais les méthodes sont assez similaires. Elles s'appliquent au vin, au miel, etc. afin de confirmer, ou pas, les origines du produit. Si un aliment présenté comme authentiquement japonais renvoie le signal d'un autre pays, c'est qu'il y a un problème. Idem pour les appellations d'origine contrôlée ou le bio.»

C'est grâce au travail d'une ostéo-archéologue de l'University College London que nous avons pu réaliser notre enquête, sur les 25 individus qu'elle a pu identifier dans la masse d'ossements.» Le strontium révélera que, parmi ceux-ci, dix ont un signal qui ne correspond pas à l'environnement direct. «Par contre, ce signal environnemental peut concorder avec celui que nous trou-vons autour de la carrière d'où ont été extraites des pierres de Stonehenge. Nous avons donc mis à jour un lien, non seulement de matière, mais aussi de personnes, avec le Pays de Galle.»

Ce type de résultats est le fruit du long travail d'une équipe multi- et interdisciplinaire. «Je passe mes journées sur des spec-tromètres de masse, des machines faites par des ingénieurs pour des ingénieurs. Je fais de la pure ingénierie chimique et, sans les archéologues, je n'y arriverais pas. Je leur sors des tableaux Excel du laboratoire, puis nous nous mettons à table pour valider ensemble, ou pas, toutes les hypothèses émises.»



 chsnoeck.wixsite.com/christophesnoeck
www.crumbel.org



En direct des labos

© Benoît Haut

/ TRANSFERS, INTERFACES & PROCESSES (TIPS)

Quand l'Ingénieur fluidifie l'Antiquité

Même si les Romains n'avaient aucune connaissance de la dynamique des fluides, les équations de Navier-Stokes prouvent qu'ils étaient de bons ingénieurs en construction hydraulique.

UNE PAGE D'HISTOIRE

- Ces recherches sur les vestiges hydrauliques anciens, fruits d'une collaboration entre Transfers, Interfaces & Processes (TIPS) et le Centre de Recherches en Archéologie et Patrimoine de l'ULB (CReA), ont été entamées il y a déjà 15 ans.
- Didier Viviers, alors professeur d'Archéologie (avant de devenir Doyen de la Faculté de Philosophie et Lettres, puis Recteur de l'ULB), avait fait appel à TIPS, étant confronté à des problèmes d'interprétation de vestiges dans la ville antique romaine d'Apamée (Syrie).
- La dernière publication en date issue de cette collaboration, «Analysis of 3 private hydraulic systems operated in Apamea during the Byzantine period» (2014), est hélas postérieure à la fin de la présence de l'ULB sur ce site, où elle employait de nombreux Syriens, en raison de la guerre civile.

crea.ulb.ac.be / tips-ulb.be

«Mettre la dynamique des fluides au service de l'archéologie est un projet annexe à l'ensemble de nos activités», concède Benoît Haut, directeur de Transfers, Interfaces & Processes (TIPS). «Mais, au fil du temps, je dois admettre que l'exercice m'a permis de tenir quelques conférences, à l'Académie royale de Belgique, au congrès des 100 ans de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, etc., et de publier pas mal d'articles ou chapitres de livres.»

Équations et MFN

Historiquement, c'est pour répondre aux interrogations d'un archéologue, nul autre que Didier Viviers (voir notre encadré), que TIPS s'est impliqué dans l'analyse d'ouvrages hydrauliques de villes de l'Antiquité. «Aujourd'hui, il est tout à fait possible de simuler, sur ordinateur, l'écoulement de l'eau au sein de vestiges hydrauliques antiques possédant un bon degré de conservation.» Car, lorsque les outils traditionnels de la discipline ne suffisent pas, la Mécanique des Fluides Numériques (MFN) vient à la rescousse. L'apport de l'ingénierie à l'archéologie est alors de deux types. Il peut, soit fournir des données additionnelles (débit, pression, etc.), soit donner des indices pour aider les archéologues dans leurs interprétations. «Nous avons pu démontrer qu'un seul aqueduc était suffisant pour alimenter la ville antique d'Apamée (Syrie), comptant 500.000

habitants. Là aussi, nous avons prouvé que les fontaines de grandes maisons de notables ne pouvaient pas être raccordées à des citernes d'eau collectée, sinon elles n'auraient été actives que 5 minutes tous les 3 jours...» Or, virtuellement, si ces fontaines avaient été connectées à l'aqueduc, il apparaît qu'elles auraient bien fonctionné. Une piste à exploiter...

Empire empirique

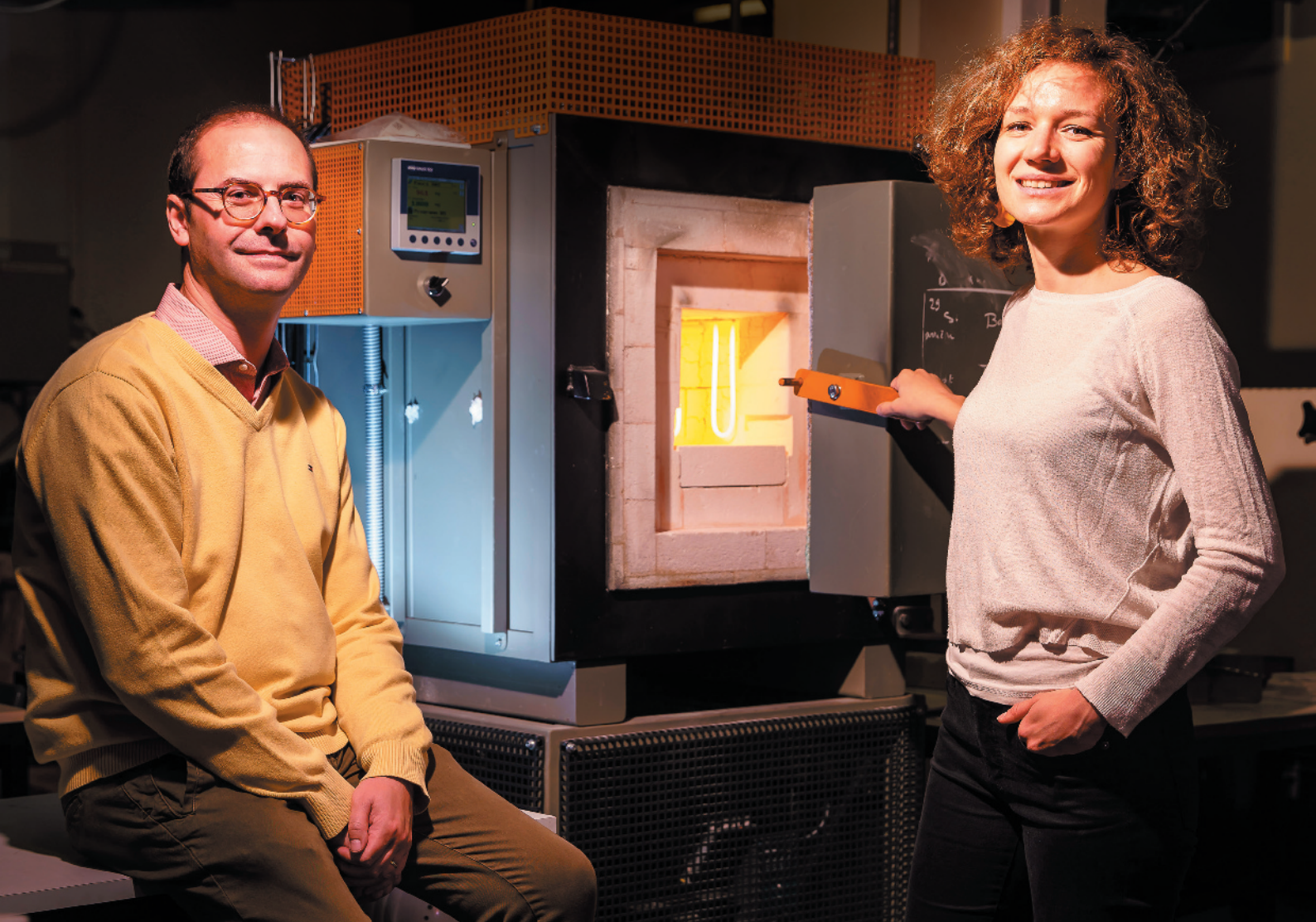
Une récente publication de Benoît Haut, dans le «Journal of Archaeological Science: Reports» en novembre 2017, lève un coin du voile sur une énigme. «Les villes romaines sont toujours organisées autour du Cardo Maximus, un grand axe nord-sud. Or, à Pergé (Turquie), chose tout à fait singulière, les Romains avaient placé leur aqueduc au beau milieu de cette artère, avec une structure très particulière dont l'usage n'était pas expliqué. Par calcul, nous avons apporté des éléments de réponse.» Notre chercheur a également appris à mieux connaître nos ancêtres ingénieurs... «Malgré leurs procédés empiriques, les Romains étaient de bons ingénieurs bâtisseurs, forts de règles de bonnes pratiques transmises par les pairs.» / **Hugues Henry**



lacademie.tv/conferences/l-ingenieur-au-service-de-l-archeologie

Stéphane Godet et Anne-Isabelle Bidegaray

À la poursuite du pigment verre



C.V. EN BREF

STÉPHANE GODET

Né à Etterbeek en 1975 / Ingénieur civil Science des Matériaux (UCL, 1998) / PhD Applied Sciences (UCL, 2003) / Post Doctoral Fellow (McGill University, 2005) / FNRS Research Fellow (UCL, 2006) / 2006-2009: Assistant Professeur à l'ULB / 2010-....: Professeur à l'ULB; chef du service Materials engineering synthesis, recycling (4MAT).

ANNE-ISABELLE BIDEGARAY

Née à Düsseldorf en 1990 / Ingénieur civil Chimiste Science des Matériaux (ULB, 2013) / Master of Science Archaeological Science (University of Oxford, 2014) / 2014-....: PhD student and FWO aspirant (ULB, VUB) / 2015-....: fondatrice Archaeology Conservation Palaeontology Interdisciplinary Group (ArCPIG).

C'est l'histoire d'une **doctorante** qui entraîne son **codirecteur de thèse** dans un univers où les questions n'appellent pas toujours de réponses. Un choc! Fort heureusement sans bris de verre.

?: «COLOURING AND DECOLOURING GLASS. AN INTERDISCIPLINARY APPROACH» EST LE TITRE DE LA THÈSE QUI VOUS A RÉUNIS. EXPLIQUEZ-NOUS VOTRE QUÊTE.

Anne-Isabelle Bidegaray: «Je suis en cotutelle ULB-VUB, dans un domaine interdisciplinaire: les sciences archéologiques. Pour cette thèse, soutenue par une bourse FWO, j'étais encadrée par trois promoteurs: Karin Nys, (archéologue, VUB), Herman Terryn (ingénieur, VUB) et Stéphane, ingénieur également, qui s'est focalisé sur l'aspect Sciences des Matériaux et grâce à qui j'ai pu bénéficier de l'appui technologique d'AGC Glass Europe. Un axe important de ma recherche était de comparer, d'un point de vue technologique, les méthodes de production de verre à l'heure actuelle, et plus particulièrement le contrôle de la couleur, à ce qui se faisait probablement au temps des Romains, et dans quelles conditions. Tout a démarré au labo, où je testais des méthodes de fabrication d'un verre censé être incolore et qui est apparu mauve foncé! De là est né un questionnement qui m'a poussée à approfondir la coloration du verre dans l'Antiquité.»

Stéphane Godet: «Au départ, je n'étais pas du tout conscient qu'il existait une discipline comme la sienne, qui essaie scientifiquement de remonter le temps pour comprendre comment se faisaient les choses dans le passé. J'ai trouvé cela absolument passionnant: le contrôle de la couleur du verre repose sur des mécanismes qui se passent à l'échelle des atomes et des électrons, ce dont les Romains n'avaient aucune idée! J'ai appris beaucoup avec le travail d'Anne-Isabelle, même si je pense que nous n'avons pas répondu à toutes les questions.»

A-IB: «Quand vous vous investissez dans un domaine comme l'archéologie, il faut, en tant qu'ingénieur, accepter de voir les choses différemment. Nous ne pouvons pas avoir de certitude totale parce que nous n'avons pas de machine à remonter le temps. Nous pouvons émettre des hypothèses, plus ou moins pertinentes, mais, ici, il faut accepter de ne pas obtenir une réponse univoque et définitive à toutes les questions.»

?: PUIS-JE CEPENDANT ESPÉRER EN SAVOIR PLUS SUR CE QUE VOUS AVEZ MIS À JOUR?

A-IB: «Le verre romain n'était pas totalement incolore comme l'actuel. Il était un peu bleuté, en raison de la présence de l'élément fer, impureté courante dans toute matière. Mais les Romains étaient capables de maîtriser cette coloration en ajoutant du manganèse et/ou de l'antimoine; le fer était alors oxydé et prenait un jaune presque incolore. Cependant, avec des compositions de verre pratiquement similaires, nous aurions un verre soit incolore, soit mauve foncé – comme ce qui m'était arrivé au labo! Bref, j'ai dû enquêter afin de savoir comment le verrier romain était capable

de maîtriser fer, manganèse et antimoine pour obtenir des colorations différentes. J'ai réalisé des expériences avec des techniques de pointe, tel un synchrotron, pour caractériser le verre. Nous pouvons témoigner de beaucoup d'admiration pour le travail des Romains, tant au niveau stylistique qu'au niveau du traitement des matériaux. Ils ne possédaient pas notre compréhension scientifique, mais ils avaient une maîtrise exceptionnelle de la coloration, d'origine empirique bien sûr. Ils ne faisaient donc pas les choses au hasard. Ensuite, j'ai également étudié la production du verre qui se faisait à grande échelle, avec des productions de plusieurs tonnes! Enfin, une question actuelle très importante pour les sciences archéologiques dans le domaine des matériaux, c'est le recyclage. Les Romains avaient un sens de l'industrie un peu similaire au nôtre aujourd'hui: ils ne perdaient rien et ils recyclaient ce qu'ils pouvaient. Il y a donc tout un panel de questions, que cela aille de la chimie fondamentale du verre aux questions plus archéologiques ancrées dans un contexte. Bref, j'ai parfois l'impression d'avoir fait deux thèses (rires).»

?: STÉPHANE GODET, DANS VOTRE CARNET D'ADRESSES, AUX INDUSTRIELS DE L'INDUSTRIE VERRIÈRE, AVEZ-VOUS DÉSORMAIS AJOUTÉ LES ARCHÉOLOGUES?

S.G.: «(Sourire.) Je pense que les archéologues ne sont pas des chimistes et la démarche d'Anne-Isabelle a aussi été de comprendre en détail la thermodynamique qui régit ces équilibres chimiques qui donnent la couleur. L'archéologue qui lira sa thèse découvrira une véritable œuvre pédagogique, animée par la volonté que ce travail lui permette de rentrer dans les raisons du contrôle fin, à l'échelle atomique, des équilibres redox de la couleur du verre. C'est un effort plus que substantiel pour aider à ce que les deux mondes se parlent ou en tout cas se comprennent! Anne-Isabelle montre aussi que, les fours romains ne pouvant pas fonctionner comme les nôtres, l'origine du contrôle de la couleur en leur temps est différente de la nôtre. Aujourd'hui, c'est une décomposition de sulfates qui fixent une pression en oxygène dans la matière, dans le verre en fusion, alors que les Romains étaient beaucoup plus tributaires de la source en matières premières, de la composition du batch, donc du mélange, ce qui peut quasiment être vu comme plus compliqué en termes de reproductibilité, notamment, que ce que nous faisons aujourd'hui. Je m'avance peut-être un peu, mais en tout cas, ce travail me rend complètement admiratif de ce qu'ils étaient capables de faire en n'ayant aucune idée de ce qui se passait à l'échelle atomique.» ▼



PANORAMA

À couper le souffle

Un nuage de 1 milliard et demi de points 3D! C'est le snapshot de l'Hôtel de Ville de Bruxelles réalisé par la plateforme **PANORAMA**, rassemblant les laboratoires AIIce et LISA et le CReA-Patrimoine. Levons le voile sur leurs travaux.



La plateforme PANORAMA (voir notre encadré en page 18) illustre à merveille les interconnexions scientifiques multidisciplinaires à l'œuvre en matière d'archéologie et de patrimoine au sens plus large. Nous avons donc donné la parole à trois membres de son équipe: le professeur d'analyse d'image attaché au LISA, Olivier Debeir, l'archéologue féru d'informatique et de traitement de l'image, Henry-Louis Guillaume, et le Post-Doctorant IC Biomédical «tombé» dans l'imagerie 3D patrimoniale, Arnaud Schenkel...

?: LE SNAPSHOT DE L'HÔTEL DE VILLE DE BRUXELLES EST VOTRE DERNIÈRE RÉALISATION MAJEURE EN DATE. POURRIEZ-VOUS LA METTRE EN PERSPECTIVE DANS LE CONTEXTE DE CETTE ÉDITION DE G SQUARE?

Olivier Debeir: «C'est un ouvrage architectural emblématique et précieux, qui est cependant compliqué à entretenir car très peu de plans sont disponibles. Ce sont principalement des relevés parcellaires réalisés au fil du temps au gré de restaurations menées çà et là sur l'édifice. Les commanditaires souhaitaient un relevé de l'enveloppe extérieure du bâtiment afin de faciliter l'entretien des façades et surtout des toits, qui leur permettrait de réaliser des métrés précis. Nous avons réalisé cette acquisition à très haute résolution et mis à leur disposition un nuage de points 3D très dense – il en compte 1 milliard et demi pour un poids de 40 GB – grâce auquel les architectes vont pouvoir réaliser toutes les mesures souhaitées, qu'ils pourront ensuite confier à des artisans chargés de réaliser des travaux, par exemple. Cela représente énormément de données! Pour chaque point 3D, nous avons la couleur et la position dans l'espace presque au millimètre près. Une autre partie de la mission consistait donc à réaliser un programme qui permette à tout un chacun de les exploiter sans devoir posséder un superordinateur.»

Arnaud Schenkel: «Ce projet avait débuté par une collaboration plutôt scientifique, destinée à alimenter ma thèse, avant que nous ne répondions à l'appel d'offres. Mon projet était de créer une routine de traitement des données afin de les nettoyer automatiquement aux niveaux colorimétrique, optique et géométrique, pour résoudre des problèmes d'ombres, d'artefacts, etc. Nous avons ainsi obtenu l'exploitation scientifique des données récoltées, ce qui pourrait par exemple alimenter les chercheurs désireux de réaliser des études historiques sur l'Hôtel de Ville de Bruxelles.»

O.D.: «C'est bien cela l'idée de PANORAMA: pouvoir à la fois décrocher des contrats commerciaux et alimenter la recherche, en générant des moyens pour assurer notre développement, tant en termes de personnel et de matériel que d'expertise.»

?: ARNAUD, VOUS ÊTES DIPLÔMÉ IC BIOMÉDICAL (2010). QUEL PARCOURS VOUS A CONDUIT À VOUS INVESTIR DANS CES TRAVAUX?

A.S.: «J'ai une formation biomédicale, mais j'ai toujours été très attiré par le développement informatique. Le lien avec la plateforme PANORAMA, à la création de laquelle j'ai participé, et mes études, ce sont les nombreux outils de traitement de l'image qui sont communs, transversaux. Le fait aussi d'avoir appris, dans le domaine médical, à communiquer avec des professionnels aux formations diversifiées.



▶ OLIVIER DEBEIR

Ingénieur civil Électro-mécanicien (ULB, 1994) / Docteur en Sciences Appliquées (ULB, 2002) / Chercheur en collaboration avec la spin off Unibioscreen (2003–2007) / Chercheur en collaboration avec l'IGEAT (2007–2009) / Professeur au Laboratory of Image Synthesis and Analysis (LISA; depuis 2009).



▶ HENRY-LOUIS GUILLAUME

Histoire de l'Art et Archéologie Égyptologie et Orient Ancien (ULB, 2003) / Master of Archeology (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2008) / Agrégation Histoire de l'Art et Archéologie (ULB, 2010) / Master Histoire de l'Art et Archéologie (UCL, 2012) / Techniques infographiques (Haute École Albert Jacquard Namur, 2017) / Logisticien de Recherche à PANORAMA (depuis 2017).



▶ ARNAUD SCHENKEL

Ingénieur civil Biomédical (ULB, 2010) / Docteur en Sciences de l'Ingénieur et Technologie (ULB, 2017) / Chercheur Post-Doctorant au Laboratory of Image Synthesis and Analysis (LISA; depuis 2017).



Exemple de scan laser. Ici, le site de l'**abbaye cistercienne de Preully à Égligny**, capturé en août dernier.

© François Blary, CReA-Patrimoine ULB, Arnaud Schenkel, PANORAMA ULB, Mélody Ducastelle

C'est le Pr Nadine Warzée qui m'a mis sur la piste de cette thèse dans le domaine patrimonial.»

? HENRY-LOUIS, VOTRE PROFIL EST LUI AUSSI PARTICULIER: ARCHÉOLOGUE ET SPÉCIALISTE IT ET IMAGERIE! VOUS ÊTES UN TÉMOIN PRIVILÉGIÉ DE CE QUE L'INGÉNIEUR PEUT APPORTER À L'ARCHÉOLOGUE ET PLUS LARGEMENT AUX CHERCHEURS EN HISTOIRE ET PATRIMOINE...

Henry-Louis Guillaume: «Au début de ma carrière, j'ai vécu beaucoup de chantiers de fouilles et j'admets qu'il y a une bonne quinzaine d'années, les archéologues ne pensaient pas avoir besoin de la maîtrise de l'outil informatique. Nous étions encore rivés aux méthodes de terrain et nous faisons appel à beaucoup de spécialistes extérieurs pour l'analyse et le traitement des échantillons de toute nature. Puis nous avons rapidement connu un "boum" informatique en archéologie, avec les systèmes d'informations géographiques, le début de l'utilisation de la cartographie, etc. Mais il y avait encore beaucoup d'incompréhension entre les techniciens véritables, comme les polytechniciens et les informaticiens, et les demandes ou espoirs des archéologues. Résultat: cela débouchait sur une grosse dispute et l'ingénieur ou l'informaticien claquait la porte (rires).»

? À TRAVERS PANORAMA, VOUS PARTICIPEZ DONC À LA CRÉATION D'UN LANGAGE COMMUN AUX ARCHÉOLOGUES ET AUX INGÉNIEURS?

H.-L.G.: «Il se construit au fil des ans et une plateforme comme la nôtre sert certainement également de laboratoire pour la création de ce langage. Trop souvent, les archéologues avaient une vision assez romanesque de ce que peuvent générer les outils informatiques et les ingénieurs.»

O.D.: «À l'inverse, ces derniers n'étaient peut-être pas encore au diapason pour "entendre" les demandes des premiers. L'ingénieur peut avoir cette tendance à capturer en masse des données, mais sans répondre au problème posé. Le fait d'être en communication en permanence dans un environnement multidisciplinaire permet justement de bien cibler les travaux.»

A.S.: «Les défis à relever ne manquent pas. Ils sont aussi liés aux développements technologiques à venir, qui nous poussent à maintenir une veille attentive, notamment en matière d'archivage. Nous sommes désormais en mesure d'archiver en le numérisant un site entier, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, en 3D. Mais dans le futur, considérera-t-on que les données que nous avons archivées sont exploitables, en termes de formats notamment?»

UN PANORAMA ÉCLECTIQUE

- Depuis une quinzaine d'années, à l'initiative du Pr Nadine Warzée, le Laboratory of Image Synthesis and Analysis (LISA) collaborait à divers projets de numérisation avec le Centre de Recherches en Archéologie et Patrimoine (CReA-Patrimoine, Faculté de Philosophie et Sciences sociales), notamment avec les archéologues Athéna Tsingarida et Didier Viviers.
- Tel est le terreau de la Plateforme d'Acquisition et de Numérisation d'Objets et de Relevés en Architecture, Monuments et Archéologie (PANORAMA), initiative interfacultaire d'imagerie virtuelle en 3D lancée par les deux laboratoires précités et le Laboratoire d'informatique pour l'image et la Conception en Architecture (AllCe, Faculté d'Architecture) en 2017.
- L'objectif de PANORAMA est de mettre au service de la communauté scientifique des outils d'acquisition 3D de haute qualité et toute la chaîne de traitement et de développement qui s'ensuit, qu'il s'agisse de photogrammétrie ou de lasergrammétrie. En plus de la recherche et de la formation, la plateforme développe une activité commerciale, qu'il s'agisse de consultance ou d'acquisition de modèles, visant à financer sa maintenance et son développement.
- PANORAMA bénéficie de la mise en commun tant de l'expertise de ses composantes multidisciplinaires que de leurs équipements (Station Totale Leica, imprimantes 3D, scanners 3D...). Elle vient de se doter (juin 2018), grâce à un financement de 85.000 € du FNRS, d'un scanner 3D FARO FocusS 350, avec GPS et récepteur GLONASS intégrés, d'une précision de ± 1 mm.
- Découvrez sur le site web de la plateforme l'ensemble de son équipe et de ses ressources, les services proposés et quelques-unes de ses réalisations.

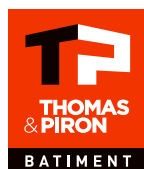


panorama.ulb.ac.be

DANS LE CADRE DE SON EXPANSION,
THOMAS & PIRON BATIMENT
EST TOUJOURS À LA RECHERCHE
DE NOUVEAUX TALENTS



POSTULEZ EN LIGNE SUR WWW.THOMAS-PIRON.EU/EMPLOI



APPARTEMENTS | BUREAUX | PARTENARIATS PUBLICS/PRIVÉS | HALLS INDUSTRIELS | BÂTIMENTS DE COLLECTIVITÉ | COMMERCES

Rue du Fort d'Andoy, 5 | 5100 Wierde | T. +32 (0)81 32 24 24 | www.thomas-piron.eu

APPARTEMENTS & CONSTRUCTIONS

DREAM BIG ACT FOR THE FUTURE

BECAUSE BETTER LEARNING
HOLDS A BETTER FUTURE.

SOLVAY IS COMMITTED
TO INSPIRING THE NEXT
GENERATION IN SCIENCE.



**ASKING MORE
FROM CHEMISTRY**

WWW.SOLVAY.COM



SOLVAY

asking more from chemistry®