



National Research
Council Canada

Conseil national de
recherches Canada

100 YEARS
OF INNOVATION
FOR CANADA



100 ANS
D'INNOVATION
POUR LE CANADA

Canada



100 YEARS
OF INNOVATION
FOR CANADA

100 ANS
D'INNOVATION
POUR LE CANADA







His Excellency the Right Honourable David Johnston, Governor General of Canada

The 100th anniversary of the National Research Council of Canada (NRC) is a wonderful opportunity not only to reflect upon the achievements of this great organization, but also to remind ourselves of how far we have come as a country and what a special place it is.

NRC has made tremendous contributions to the development of science and innovation in Canada and, through these powerful instruments, it has helped shape our lives today and the world around us.

The stories you will read in the following pages speak to our capacity to collaborate towards a common goal, to harness curiosity and to serve humanity. I believe that this capacity is accessed when you build a smart, caring country overall—one that looks outward with confidence and openness.

For over 100 years, the people of NRC have epitomized this attitude and this spirit, and have helped to position our country to pursue the opportunities and confront the challenges of the future.

Son Excellence le très honorable David Johnston, gouverneur général du Canada

Le centenaire du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) est une merveilleuse occasion non seulement de se pencher sur les réalisations de cette formidable organisation, mais aussi de se souvenir du long chemin parcouru par le Canada et de la richesse de notre pays.

Le CNRC a largement contribué à l'épanouissement de la science et de l'innovation au Canada, et par cette contribution, il a eu un impact tangible sur notre vie et sur le monde qui nous entoure.

Ce que vous lirez dans les pages qui suivent est un vibrant témoignage de la capacité qu'ont les Canadiens à unir leurs forces dans un but commun, à assouvir leur curiosité et à venir en aide à l'humanité. Je crois que pour exploiter pleinement cette capacité, il faut un peuple intelligent et bienveillant qui envisage l'avenir avec sérénité et ouverture.

Pendant plus de cent ans, les employés du CNRC ont incarné cette attitude et cet état d'esprit, et ils ont préparé notre pays à tirer parti des possibilités que laisse entrevoir l'avenir, tout en s'attaquant aux enjeux qui l'accompagnent.

A handwritten signature in dark ink, reading "David Johnston". The signature is fluid and cursive.

David Johnston



LIBRARY AND ARCHIVES CANADA
CATALOGUING IN PUBLICATION

Science, Discovery and Innovation for Canadians = Sciences,
découvertes et innovations pour les Canadiens et Canadiennes

Text in English and French.

1. Research – Canada 2. Research, Industrial – Canada. 3. Technological
innovations Canada. 4. Federal aid to research – Canada. 5. National Research
Council Canada. I. National Research Council Canada II. Title: 100 Years of
Innovation for Canada.

© Her Majesty in Right of Canada, 2016
ISBN 978-0-660-06686-8
Cat. no.: NR16-128/2016E-PDF

CATALOGAGE AVANT PUBLICATION DE
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA

Sciences, découvertes et innovations pour les Canadiens et
Canadiennes = Science, Discovery and Innovation for Canadians

Texte en anglais et en français.

1. Recherche – Canada. 2. Recherche industrielle – Canada. 3. Innovations
technologiques Canada. 4. Aide de l'État à la recherche – Canada. 5. Conseil
national de recherches Canada. I. Conseil national de recherches Canada
II. Titre : 100 ans d'innovation pour le Canada.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016
ISBN 978-0-660-06687-5
N° de cat.: NR16-128/2016F-PDF

Table of Contents

Table des matières

Introduction: Helping to build a nation ix Introduction : Architectes d'une nation



1916 – 1945

Wars and turbulent times

Saving deteriorating concrete in Western Canada	2	À la rescousse d'un Ouest canadien au bord de l'effritement
Defending wheat for Canadian farmers	3	À la défense du blé pour les agriculteurs canadiens
Aerial surveying with bush planes	4	Pilotes de brousse pour l'arpentage aérien
Making Saskatchewan's lignite coal viable	6	Rentabilisation du lignite noir de la Saskatchewan
Long live Canada's lobster fishery	7	Longue vie à la pêche au homard canadienne
Streamlining the locomotive for improvement in rail travel	8	Caréner les locomotives pour améliorer les déplacements
Avoiding another Ross Rifle	10	Jamais plus de fusil Ross
Creating the Canadian refractories industry	11	Naissance de l'industrie canadienne des matériaux réfractaires
Walkie-talkies for the frontlines	12	Des talkies-walkies en première ligne
Manufacturing gas masks for Canadian troops	13	Fabrication de masques à gaz pour les troupes canadiennes
Inventing the anti-gravity suit	14	Invention d'une tenue combattant la gravité
Technology-based production for the war	16	La technologie au service de la guerre
World's first mass-produced microwave radar	17	Première fabrication en série de radar hyperfréquence dans le monde
Degaussing countermeasures for ships	18	Sauver des navires en les démagnétisant
Proximity fuses—improved ammunition for the war effort	19	Le détonateur de proximité – de meilleures munitions pour l'effort de guerre
Project Habbakuk—dreams of an aircraft carrier made of ice	20	Le projet Habbakuk – rêve d'un porte-avions en glace
The "Weasel"—a military vehicle built for snow	22	Le « Furet », véhicule militaire conçu pour la neige
Long-distance breakfast deliveries	23	Petits déjeuners livrés de loin
The development of sonar	24	Naissance du sonar
Eradicating a viral threat to livestock	25	Éradication d'un virus s'en prenant au bétail



1946 – 1964

Post-war boom 27 Le boom de l'après-guerre

Nuclear energy for peaceful purposes	28	L'énergie de l'atome au service de la paix
The world's snow classification system	29	Le système mondial de classification de la neige
The De Havilland Beaver	30	Le Beaver de Havilland
Engineering a range of rail technologies	32	Des technologies pour l'industrie ferroviaire
Useable, motorized wheelchairs for vets	34	Un fauteuil roulant motorisé pour les anciens combattants
The world's first pacemaker	35	L'invention du stimulateur cardiaque
Cancer-fighting cobalt-60 isotopes	36	L'isotope cobalt-60 contre le cancer
Inventing the crash position indicator	37	L'indicateur de position d'écrasement est né
Pioneering methods for neutron scattering	38	Premiers pas vers la diffusion des neutrons
Safer navigation through the Seymour Narrows	39	Une navigation plus sûre dans le passage Seymour
Designing an early cesium clock	40	Naissance de l'horloge à jet de césium
Studies of the St. Lawrence Seaway	42	L'aménagement du Saint-Laurent
Early kidney transplants and first successful microsurgical stapler	43	Premières greffes de rein et invention de l'agrafeuse pour la microchirurgie
Fly-by-wire helicopters	44	Pilotage automatique pour hélicoptères
Rogers Pass avalanche prevention	45	Prévention des avalanches au col Rogers
STEM technology for every Alouette, Mercury, Gemini and Apollo flight	46	Un bras articulé pour les vols Alouette, Mercury, Gemini et Apollo
Devices for children with disabilities	48	Dispositifs pour enfants handicapés
Membrane technology for water purification	49	Une membrane pour purifier l'eau
Breeding canola's billion-dollar industry	50	Création d'une culture valant des milliards



1965 – 1985

An age of expansion 53 L'expansion

World's first national flag applying international colour standards	54	Premier drapeau au monde à voir ses couleurs normalisées
Reducing aircraft noise	55	La lutte contre le bruit des avions
Aids that deliver independence	56	En quête d'autonomie
First very long baseline interferometry	57	Premier interféromètre à très longue base
Blazing a trail in observatory know-how	58	Multiplication des observatoires
Food storage systems for northern veggies	60	Des légumes pour le Nord
Better ice roads for Canada's North	61	Routes de glace plus solides dans le Nord
Hull-removal technology for the world	62	Un monde sans balle
Canada's Einstein and pioneer in molecular spectroscopy	63	Le pionnier de la spectroscopie moléculaire, ou l'Albert Einstein du Canada

Orchestrating digital instruments	64	Un orchestre d'instruments numériques
Vertical turbine design for maximizing wind energy	65	Une turbine verticale pour mieux capter l'énergie du vent
Standards for the loudspeaker industry	66	Normes pour haut-parleurs
Academy Award™ for computer animation pioneers	68	Un Oscar pour les pionniers de l'animation
Canada's world-class calibration and measurement labs	69	Des laboratoires canadiens d'étalonnage et de mesure reconnus mondialement
Canada's most famous robot	70	Le robot le plus célèbre du Canada
Bomb-detection technologies	72	Détections d'engins explosifs
Conjuring the world's first synthetic human insulin	73	Création de l'insuline humaine artificielle
A global seaweed industry for Atlantic Canada	74	La culture des algues du Canada atlantique se mondialise
World's first conjugate vaccine technology	75	Premier vaccin conjugué de l'histoire
Enhanced safety for offshore oil exploration	76	Sécurité accrue sur les plateformes pétrolières
Free radical chemistry delivers antioxidant for humans	77	La chimie des radicaux libres trouve un antioxydant pour l'être humain
Tracking the lost neutrinos	78	Sur la piste des neutrinos perdus



1986 – 2009

Global economic challenge 81 L'économie mondiale en péril

Photonics for advanced communications	82	Photonique et communications évoluées
CA*Net to CANARIE: Canada's research and innovation Internet	83	De CA*Net à CANARIE : l'Internet canadien de la recherche et de l'innovation
Contributions to transportation fuel cells	84	Le transport et les piles à combustible
Safeguarding consumers and the shellfish industry	85	À la rescousse des gastronomes et de l'industrie des mollusques et crustacés
Vacuum-fingerprinting technology	86	Empreintes digitales sous vide
Engineering xylanase enzymes for the pulp and paper industry	87	De la xylanase pour l'industrie des pâtes et papiers
World's longest bridge over ice-covered waters	88	Le plus long pont sur des eaux couvertes de glace
Circumventing the limits of conventional transistor technology	90	Au-delà des limites de la technologie traditionnelle
Flood prevention and mitigation	91	Lutte contre les crues
Scanning technology brings life to Hollywood blockbusters	92	Le numérique et les superproductions hollywoodiennes
Optical filter technologies	94	La technologie des filtres optiques
A Canadian-built light-armoured vehicle	95	Un blindé léger de facture canadienne
Technique to glimpse deeper into the Universe	96	Voir plus loin dans l'Univers
Ultrafast lasers deliver world's shortest light pulses	97	Un laser ultrarapide aux impulsions ultracourtes
Innovations to design offices for comfort	98	L'humanisation du bureau
Cleaning the air with emission control technology	99	Dépolluer l'air en filtrant les émissions
Improved night-vision systems for pilots	100	Une meilleure vision nocturne pour les pilotes
A holistic approach to aircraft inspections	102	Une inspection holistique des aéronefs
Finessing fish oil for health benefits	103	Affiner l'huile de poisson pour ses bienfaits
First-ever images captured of planets circling a star other than the Sun	104	Premières images de planètes gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil
Simulation-based brain surgery	106	Simuler les interventions chirurgicales au cerveau



2010 and beyond – 2010 et au-delà

Toward a sustainable world 109 Par la pérennité de notre planète

Aircraft de-icing and technologies to evaluate safety systems	110	Le dégivrage des aéronefs et l'évaluation des systèmes de sécurité
Biofuel advances propel a greener aviation industry	111	Le biocarburant écologise l'aéronautique
Giving athletes an edge on their path to the podium	112	Coup de pouce vers le podium pour les athlètes
Super tubes: the strong-and-petite type	114	Petits, mais robustes : les super tubes
Canada and the kilogram	115	Le Canada et le kilogramme
Giving helicopters autonomous control	116	Des hélicoptères autonomes
Sneaking therapeutic antibodies into the brain	118	Trafic d'anticorps dans la tête
Sailing through nature's obstacle course	119	Une course à obstacles maritime
New autopilot technology for submarines	120	Une nouvelle technologie de pilotage automatique pour les sous-marins
Golden future for PEI-based honey products	121	Avenir doré pour le miel de l'Île-du-Prince-Édouard
New high-performing concrete	122	Du béton qui dure
Wound-diagnostic technology	124	Le diagnostic dans la peau
Innovation boosts optical transmission and enhances manufacturing	125	Une innovation accélère les transmissions optiques et la fabrication
Oil bioremediation in the Arctic	126	Restaurer naturellement les sols pollués dans l'Arctique
Technology clears the air with renewable biogas	128	Purifier l'air grâce au biogaz renouvelable
A smoother flight for aerospace industry	129	Moins de turbulences pour l'aéronautique
Lighter ground-transportation parts made from flax biocomposites	130	Des pièces plus légères en biocomposites pour les transports terrestres
New Horizon reaches Pluto intact	131	La sonde spatiale New Horizons atteint Pluton indemne

An era within our reach 133 Une ère nouvelle à portée de la main

Chairs and Presidents of the National Research Council of Canada	138	Les présidents du Conseil national de recherches du Canada
Acknowledgements	139	Remerciements



Helping to build a nation

If the stories in this book carry one message, it is that Canadians can innovate, can stand shoulder-to-shoulder with the best in the world and can have an enormous influence when they engage with common purpose. Throughout its 100-year history, NRC has worked with a diversity of collaborators to face challenges and explore the possibilities they present—from economic opportunities to critical, societal needs—all the while focused on the well-being of Canadians.

In the 1920s and '30s, support for research on rust-resistant wheat, rail and air transportation, and concrete for urban infrastructure helped Canada grow and confront the demands of a northern climate. When war struck, NRC protected Canadian troops with advances in radar technology, aviation inventions such as the G-suit and standardized measurement for munitions, which prevented mishaps and accidents from misfires.

Architectes d'une nation

Si les récits qu'on lira dans cet ouvrage ont un message à livrer, c'est celui que les Canadiens savent innover, qu'ils n'ont rien à envier aux esprits les plus brillants de la planète et que leur influence peut s'avérer considérable quand ils travaillent dans un seul et même but. Au cours des cent années écoulées depuis sa fondation, le CNRC a fait appel à de nombreux collaborateurs pour affronter divers enjeux et explorer les possibilités qui les accompagnaient, des débouchés pour l'économie aux besoins primordiaux de la société, sans perdre de vue pour autant le bien-être des Canadiens.

Durant les années 1920 et 1930, la recherche sur les variétés de blé résistant à la rouille, sur les transports routiers et ferroviaires ainsi que sur le béton utilisé dans les infrastructures urbaines a permis au Canada de grandir et d'attaquer de front les problèmes particuliers à un climat septentrional. Lorsque la guerre a éclaté, le CNRC a contribué à protéger les troupes canadiennes en perfectionnant la technologie radar, en inventant la combinaison anti-gravité pour les pilotes et en normalisant le calibre des munitions de manière à prévenir les accidents dus aux ratés.

At war's end, the launch of new research programs would improve the robustness of Canada's National Building Code and ensure returning service men and women had safe and affordable homes to raise their families. Later, peaceful pursuits in atomic energy produced systems to generate electricity and treat cancer. Other breakthroughs included the cardiac pacemaker, electric wheelchair and aids for the visually impaired, improving the quality of life for millions of people around the world.

In the decades to follow, NRC innovations would improve information and communications technologies, enhance visual and audio-based entertainment and introduce the world to computer animation. NRC's 3D imaging technologies would assist in the preservation of priceless works of art such as Da Vinci's Mona Lisa and be used in the creation of special effects in movies like *The Matrix*.

NRC's scientific advances reached far beyond this nation's borders. Astrophysicists recorded high-precision images using Canadian telescopes, built vital instrumentation for international observatories, and expanded our knowledge about distant galaxies and the nature of the universe. When Canada entered the space age, NRC played a leading role by managing Canada's core space science program, assembling the first Canadian astronaut team and overseeing the Canadarm project.

Through the years, NRC has continued to provide innovations in everything from aerospace and environmental technologies to medical breakthroughs. NRC marked an aviation milestone in 2012 when it flew the first civil jet powered by unblended biofuel. And recent developments in robotics now make it possible for doctors to practice complicated procedures using virtual reality before performing them live.

Much of Canada's science and technology infrastructure has its roots in NRC. NRC offshoots include the Canadian Space Agency, Atomic Energy Canada Ltd., Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, Defence Research and Development Canada, and the Canadian Institutes of Health Research.

NRC has nurtured industrial enterprises too—not only through its laboratories and research services but, for nearly 70 years, mainly through its Industrial Research Assistance Program (IRAP), which has provided tens of thousands of Canadian firms with technical resources, financial assistance and access to information networks.

Après la guerre, de nouveaux programmes de recherche ont renforcé le Code national du bâtiment et fait en sorte que les hommes et les femmes démobilisés ont pu disposer d'habitations sécuritaires et abordables où élever leurs enfants. Par la suite, la recherche sur les usages pacifiques de l'énergie atomique a débouché sur des centrales électriques et des traitements contre le cancer. D'autres technologies ont également fait leur apparition, dont le stimulateur cardiaque, le fauteuil roulant électrique ainsi que des aides pour les malvoyants, améliorant de ce fait la qualité de vie de millions de gens partout dans le monde.

Les décennies subséquentes ont vu les innovations du CNRC perfectionner les technologies de l'information et des communications, rehausser l'expérience des cinéphiles et faire découvrir l'animation. Par ailleurs, les technologies d'imagerie 3D du CNRC ont contribué à la préservation d'immortels chefs-d'œuvre, telle la Joconde de Léonard de Vinci, et à la création d'effets spéciaux dans des longs métrages comme *La Matrice*.

Les progrès scientifiques du CNRC vont bien au-delà des frontières de la nation. Des astrophysiciens ont capté des images d'une précision extrême grâce aux télescopes canadiens. Ils ont conçu des instruments indispensables aux observatoires internationaux et élargi nos connaissances sur les galaxies lointaines et l'essence même de l'Univers. Et quand le Canada est entré dans l'ère spatiale, le CNRC a joué un rôle de premier plan en administrant le principal programme spatial du pays et en réunissant la première équipe d'astronautes canadiens, puis en orchestrant le projet du télémanipulateur de la navette spatiale.

Au fil des ans, les innovations du CNRC se sont multipliées dans de nombreux secteurs, dont l'aérospatiale, les technologies environnementales et la médecine. En 2012, le CNRC a franchi un pas de géant dans l'histoire de l'aviation en pilotant le premier avion à réaction civil alimenté par du biocarburant pur. En outre, ses récentes percées en robotique permettent désormais aux chirurgiens de s'exercer avant de procéder à des interventions délicates sur des patients grâce à la réalité virtuelle.

Une grande partie de l'infrastructure scientifique et technique du Canada a pris racines au CNRC, dont l'Agence spatiale canadienne, Énergie atomique du Canada limitée, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Recherche et développement pour la défense Canada et les Instituts de recherche en santé du Canada.

Le CNRC a également été le berceau d'entreprises industrielles, nées de ses laboratoires et de ses activités de recherche, en plus d'appuyer, depuis près de 70 ans, des dizaines de milliers d'entreprises canadiennes, mettant à leur disposition des ressources techniques, de l'aide financière et un accès privilégié aux réseaux d'information par l'entremise de son Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI).

In all of these achievements, NRC's greatest asset has been its people. The organization has been home to many of the world's most eminent scientists, including 11 Nobel Laureates who spent time or parts of their careers in NRC laboratories, as well as engineers, technicians and support specialists, who share a common commitment to serving Canada through science and technology. Today, NRC employs over 3 600 dedicated individuals working in communities across the country, helping to advance innovation in sectors that range from ocean engineering and construction to aerospace, advanced physics and biotechnology.

The following pages capture remarkable snapshots from NRC's rich history, chronicling 100 years of science and innovation across five distinct eras. Many advances are now considered landmarks in Canada's scientific heritage. Others may be less well known, yet they have all significantly affected the world around us. These stories of NRC's research and its people reflect the personality, spirit, creativity and determination of a great Canadian treasure.

Le principal atout du CNRC demeure cependant ses employés. En effet, l'organisation a accueilli bon nombre des plus éminents scientifiques de la planète, et onze lauréats d'un prix Nobel ont passé quelque temps, voire une partie de leur carrière, dans ses laboratoires, au même titre que les ingénieurs, les techniciens et les spécialistes qui les ont épaulés et qui se sont tous engagés à servir la nation par la science et la technologie. Aujourd'hui, le CNRC compte sur le dévouement de plus de 3 600 personnes qui, partout au pays, font progresser l'innovation dans des domaines allant du génie océanique à la biotechnologie, en passant par la construction, l'aéronautique et la physique de pointe.

Les pages qui suivent offrent des clichés saisissants de l'incroyable histoire du CNRC, retraçant un siècle de science et d'innovation divisé en cinq grandes périodes. De nombreux progrès qui y sont relatés font maintenant partie du patrimoine scientifique canadien. D'autres, plutôt méconnus, ont tout de même exercé une influence marquée sur le monde qui nous entoure. Ces capsules sur la recherche effectuée au CNRC et sur les personnes qui y ont travaillé témoignent de l'individualité, du génie, de l'inventivité et de la détermination d'un véritable joyau canadien.



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tom Jenkins".

Tom Jenkins

COUNCIL CHAIR, NATIONAL
RESEARCH COUNCIL OF CANADA

PRÉSIDENT DU CONSEIL, CONSEIL
NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Iain Stewart".

Iain Stewart

PRESIDENT, NATIONAL
RESEARCH COUNCIL CANADA

PRÉSIDENT, CONSEIL NATIONAL
DE RECHERCHES DU CANADA

NRC-CNRC

1916-1945





Wars and turbulent times

The National Research Council of Canada's first chapter was characterized by the challenges of a wheat-dependent economy, northern exploration, the Great Depression, and two world wars. Canada transformed its society and its place in the world. Therefore, early research at NRC focused on military and agricultural security as well as developing Canada's natural resources.

Les guerres et les périodes de grands bouleversements

L'enfance du Conseil national de recherches du Canada a été marquée par plusieurs défis : une économie tributaire des exportations de blé, l'exploration des régions boréales, la Grande Dépression et deux guerres mondiales. Durant cette période, le Canada a vu sa société et sa place dans le monde se transformer. Il est donc peu étonnant que les recherches initiales du CNRC aient eu pour points de mire l'armée, la sécurité agricole et l'exploitation des richesses naturelles du pays.





1

Cementing a solution

Saving deteriorating concrete in Western Canada

In 1920, NRC was asked to help solve a pressing problem. Cement was deteriorating rapidly in western Canada, affecting public buildings, sewers and aqueducts. The root cause was unknown.

Without its own laboratories in the region, NRC established an associate committee, secured public and private funding, and led a consortium of university, industry and government researchers as well as the Engineering Institute of Canada. Extensive experimentation ensued, and chemical analysis of a deteriorating basement in Saskatchewan provided the missing key. There, the groundwater showed an abundance of sodium sulphate that attacked tricalcium aluminate, a primary ingredient in cement, plus excess magnesium sulphate that posed problems for other cement ingredients. An unfavourable mineral cocktail in the groundwater was to blame.

Identifying and overcoming the problem took nearly seven years. To immunize tricalcium aluminate and protect cement from sulphate or alkali destruction, research teams applied a process called steam curing. Consequently, manufacturers developed cement more resistant to alkali deterioration, which reduced repair costs and extended the lifetime of infrastructure in Western Canada.

Une solution béton

À la rescousse d'un Ouest canadien au bord de l'effritement

En 1920, on a demandé au CNRC de résoudre un problème urgent. Dans l'ouest du pays, le béton se détériorait rapidement, menaçant d'effritement édifices, égouts et aqueducs. La nature du phénomène demeurait inexpliquée.

Faute de laboratoires lui appartenant dans la région, le CNRC a mis sur pied un comité associé, a rassemblé des fonds publics et privés et a piloté un consortium composé de chercheurs du milieu universitaire, de l'industrie et du gouvernement ainsi que de l'Institut canadien des ingénieurs. Après une multitude d'expériences, l'analyse chimique d'une cave en train de se désagréger, en Saskatchewan, a finalement fourni la clé du mystère. L'eau de la nappe phréatique locale était saturée de sulfates de sodium. Or, ce composé s'attaque à l'aluminate tricalcique, l'un des principaux composants du ciment. L'eau renfermait aussi une trop grosse quantité de sulfate de magnésium, posant problème pour d'autres ingrédients du ciment. Ce cocktail nocif était à la source du problème.

Il a fallu près de sept ans pour cerner et surmonter la difficulté. Pour préserver le béton de l'aluminate tricalcique et empêcher que les sulfates ou les composés alcalins le désagrègent, les équipes de recherche ont recouru à l'étuvage. Par la suite, les cimenteries ont mis au point un ciment résistant mieux aux bases, ce qui a allégé le coût des réparations tout en prolongeant la vie des infrastructures dans l'Ouest canadien.



Rust in the bread basket

Defending wheat for Canadian farmers

Wheat has helped make Canada one of the world's great bread baskets, earning nearly \$15 billion annually. A serious fungus known as rust has afflicted wheat crops around the world throughout history. In Canada, wheat rust, with its various and easily transmitted strains, has caused severe epidemics dating back to 1916.

NRC began its support for wheat research in 1918 to identify troublesome strains, and created a rust research program in the early 1920s. Persistent epidemics required significant partnerships with farmers, university and other government biologists. Rust-resistant wheat varieties of high milling and baking quality were tested successfully. Over the years, however, the fungus continued to mutate, causing epidemics in the 1950s and requiring persistent research efforts. McKenzie is one of the latest rust-resistant breeds, outperforming its hardy predecessors Neepawa, Katepwa and Roblin.

Today, NRC is part of the Canadian Wheat Alliance, a formal scientific partnership that coordinates wheat breeding, genomics, biotechnology and pathology to produce wheat that can better resist environmental stress and diseases.

2



De la rouille dans le grenier

À la défense du blé pour les agriculteurs canadiens

Le blé a valu au Canada son surnom de « grenier de la planète », lui permettant de récolter près de 15 milliards de dollars chaque année. Tout au long de l'histoire, le fléau de la rouille a ravagé les champs de blé partout dans le monde. Ce champignon compte de nombreuses souches et se propage facilement. Au Canada, les premières épidémies dévastatrices remontent à 1916.

Le CNRC a entrepris ses travaux sur le blé en 1918 afin d'identifier les souches les plus dangereuses, puis il a créé un programme de recherche sur la rouille au début des années 1920. Les épidémies récurrentes ont exigé une étroite collaboration avec les agriculteurs, les chercheurs universitaires et d'autres biologistes de l'État. Des variétés de blé résistantes à la rouille et d'une grande qualité meunière et boulangère ont été testées avec succès. Au fil des ans toutefois, le champignon a continué de muter, de sorte que de nouvelles épidémies ont éclaté dans les années 1950, nécessitant la reprise des recherches. Le blé McKenzie figure parmi l'un des plus récents cultivars résistants à la maladie. Il s'avère supérieur aux variétés rustiques Neepawa, Katepwa et Roblin qui l'ont précédé.

Aujourd'hui, le CNRC fait partie de l'Alliance canadienne du blé, consortium scientifique qui orchestre les travaux d'hybridation, de génomique, de biotechnologie et de pathologie visant à créer un blé qui résistera mieux aux stress environnementaux et à la maladie.

3

Picture perfect

Aerial surveying with bush planes

Early surveyors built observation towers and climbed mountaintops to generate maps. The maps took years to make and rarely included remote areas.

In 1920, Canada first combined photography and surveying during an experimental flight. Subsequently, NRC launched the Associate Committee on Survey Research, with participation from federal partners, and led a photography subcommittee focusing on calculating measurements. Heading up that work, NRC's L.E. Howlett combined physics, metrology and eventually optics and radar to develop precise instruments and improve aerial-photography practices.

Howlett enabled pilots and surveyors to obtain clearer pictures by recommending that flight altitude guide lens selection and settings. Camera attachments became more stable and aeronautics improved due to NRC designs. Using its wind tunnel, NRC's team perfected the three-camera system, which permitted better aerial identification and the ability to accurately adjust and measure multiple camera angles.

Science, engineering, aerial photography and advanced surveying quickly filled in Canada's map, particularly its northernmost regions. Today, aerial photography's fine details complement satellite images for detailed mapping, military reconnaissance activities, tracking geological changes, managing forests and waterways, and urban planning.

Attention, le petit oiseau va sortir!

Pilotes de brousse pour l'arpentage aérien

Les arpenteurs d'hier érigeaient des tours et grimpaient jusqu'au sommet des montagnes pour y tracer leurs cartes. Chaque carte prenait plusieurs années, et les coins les plus reculés y étaient rarement représentés.

En 1920, le Canada a été le premier à jumeler photographie et arpentage lors d'un vol expérimental. Par la suite, le CNRC a mis sur pied son Comité associé de recherche sur l'arpentage, auquel ont participé plusieurs partenaires fédéraux, et qui a confié à un sous-comité de la photographie le soin d'établir les mesures. À la tête de ce travail se trouvait L. E. Howlett, du CNRC, qui a combiné la physique, la métrologie et l'optique ainsi que la technologie du radar pour créer des instruments précis et perfectionner les méthodes de photographie aérienne.

M. Howlett a permis aux aviateurs et aux arpenteurs de réaliser des clichés plus nets en leur recommandant de choisir les objectifs et la mise au point d'après l'altitude. Grâce aux concepts du CNRC, les accessoires des appareils photo ont gagné en stabilité et l'aéronautique s'est améliorée. L'équipe a fait appel à la soufflerie du CNRC pour perfectionner le système à triple appareil qui permet une meilleure identification aérienne et qui facilite l'ajustement et le calcul des nombreux angles de prise de vue.

La science, le génie, la photographie aérienne et les progrès de l'arpentage ont contribué à compléter la carte du Canada, surtout dans les régions de l'extrême nord. À présent, grâce à leur précision, les photographies aériennes enrichissent les images saisies par satellite pour créer des cartes exactes, faciliter les opérations de reconnaissance militaires, suivre les bouleversements géologiques, administrer forêts et cours d'eau, et aménager le paysage urbain.





4

Hard-pressed for fuel

Making Saskatchewan's lignite coal viable

By sending fuel overseas during the First World War, Canadians experienced fuel shortages, price hikes and rationing. At that time coal was a source of fuel for heating, power and rail transportation, so Canada became desperately dependent on imported coal from the United States.

Vast amounts of lignite coal could be mined in Saskatchewan, but lignite naturally offers low heating value. So, NRC established a committee to acquire funding for and oversee a collaborative project to transform lignite into viable fuel. The research focused on hardening techniques like carbonizing lignite with heat and adding tar binders to form hardened coal briquettes. Initial partners included other federal departments, the governments of Saskatchewan and Manitoba, and coal users.

NRC established Canada's Lignite Utilization Board and led the implementation of new technologies for lignite coal. Production started in Bienfait, Saskatchewan in 1921, and a commercial company eventually took over the briquettes plant. For decades afterwards, lignite primarily fueled coal-fired power plants. The enhanced lignite made Saskatchewan Canada's third-largest coal producer with three mines still employing Canadians in 2012.

Un combustible sous pression

Rentabilisation du lignite noir de la Saskatchewan

L'expédition de combustible outre-mer durant la Première Guerre mondiale a entraîné au Canada une pénurie, suivie d'une escalade des prix et d'un rationnement. À l'époque, on utilisait le charbon pour se chauffer, produire de l'électricité et propulser les trains. Le Canada a donc commencé à dépendre désespérément du charbon importé des États-Unis.

Certes, le sous-sol de la Saskatchewan ne manquait pas de lignite, mais ce type de combustible n'a pas un grand pouvoir calorifique. Le CNRC a donc créé un comité pour réunir des fonds et superviser un projet coopératif qui ferait du lignite noir un combustible exploitable. Les travaux se sont concentrés sur les techniques de durcissement : carboniser le lignite en le chauffant, par exemple, et l'enrichir de goudron de manière à obtenir des briquettes de charbon dur. Parmi les premiers partenaires figuraient des ministères fédéraux, les gouvernements de la Saskatchewan et du Manitoba, ainsi que des utilisateurs de charbon.

Le CNRC a mis sur pied le Lignite Utilization Board et a piloté l'implantation de nouvelles technologies pour le combustible. En 1921, la production de lignite noir a débuté à Bienfait (Saskatchewan), puis une société commerciale a pris en main l'usine de briquettes. Au cours des décennies qui ont suivi, le lignite a surtout alimenté les centrales thermiques au charbon. Sa version améliorée a fait de la Saskatchewan le troisième producteur de charbon du Canada. Trois mines étaient toujours en activité en 2012.



5

Canning the problem

Long live Canada's lobster fishery

In 1920, industry solicited NRC's assistance when Canada's lobster canners faced an unappetizing problem: discoloured lobster meat. Often, discarding the affected cans was the only solution. Delivering live lobster to distant areas was difficult, so canning the meat was integral to the viability and value of Canada's lobster fishery.

NRC researchers soon discovered the source of the discoloration. Bacteria in the cans had produced hydrogen sulphide, which reacted with iron in the cans to produce iron sulphite, visible as a dark colour. The researchers also determined that the alkalinity of brine, used to pickle the lobster, further contributed to darkening the lobster meat. They overcame the first problem by developing a specific heat-sterilization process and the second by adding vinegar or citric acid to boost the brine's acidity.

These simple, inexpensive techniques increased the value of canned lobster and contributed to the industry's longevity.

Though lobster canning eventually declined after improvements in transportation and refrigeration made shipping live lobster possible, Canadian research ensured the survival of the lobster fishery and continued employment for Atlantic Canadians.



L'art de conserver une industrie

Longue vie à la pêche au homard canadienne

En 1920, l'industrie a sollicité l'aide du CNRC, car les conserveries canadiennes se heurtaient à un problème qui coupait littéralement l'appétit : la décoloration de la chair de homard. La seule solution consistait souvent à jeter la denrée. En effet, transporter des homards vivants sur de longues distances était si malaisé que les pêcheurs canadiens n'avaient qu'une autre option économiquement viable : mettre leur chair en conserve.

Les chercheurs du CNRC ont vite découvert l'origine du problème : des bactéries présentes dans les boîtes libéraient du sulfure d'hydrogène. Le gaz réagissait avec le métal pour produire du sulfite de fer, de couleur sombre. Les scientifiques ont en outre constaté que, par son alcalinité, la saumure servant à préserver le homard rendait la chair encore plus foncée. Ils ont surmonté la première difficulté en développant un procédé de stérilisation thermique particulier, et la seconde, en augmentant l'acidité de la saumure par l'addition de vinaigre ou d'acide citrique.

Ces solutions aussi simples que bon marché ont accru la valeur des conserves de homard et ont contribué à sauver l'industrie. Bien que le homard en conserve ait perdu de sa popularité quand les progrès du transport et de la réfrigération ont permis l'expédition de crustacés vivants, la recherche canadienne a fait en sorte que la pêche au homard ne disparaisse pas et continue d'être une source d'emploi pour les Canadiens de l'Atlantique.

6





Des trains plus rapides et plus sûrs

Caréner les locomotives pour améliorer les déplacements

Au début des années 1930, les locomotives à vapeur ont dû raccourcir leur cheminée en raison du nombre croissant de tunnels à traverser et de ponts sous lesquels les trains devaient passer. Malheureusement, la vitesse repoussait la fumée vers l'arrière, aveuglant les machinistes qui ne pouvaient discerner ni les signaux ni la voie. Si ralentir augmentait la visibilité, donc la sécurité, les plaintes des voyageurs en retard se multipliaient elles aussi.

Le Canadien National s'est donc tourné vers le CNRC pour le sortir de l'impasse. Recourant à sa nouvelle soufflerie, le Conseil a vérifié l'aérodynamisme des locomotives et a proposé de nouvelles lignes, plus aérodynamiques. Un de ces modèles, la 6400, a été fabriqué puis dévoilé en 1936.

Le carénage partiel de la locomotive a résolu le problème, et son nouvel aérodynamisme a accru considérablement l'efficacité. La 6400 a connu une célébrité instantanée à l'exposition mondiale de New York de 1939. Si l'imitation est une forme de compliment, les pères de cette locomotive ont vite reçu un hommage international! En effet, de la fin des années 1930 aux années 1950, des locomotives rappelant étrangement la 6400 se sont mises à circuler sur les voies ferrées du monde entier. Sa silhouette a aussi orné d'innombrables affiches de l'époque invitant au voyage.

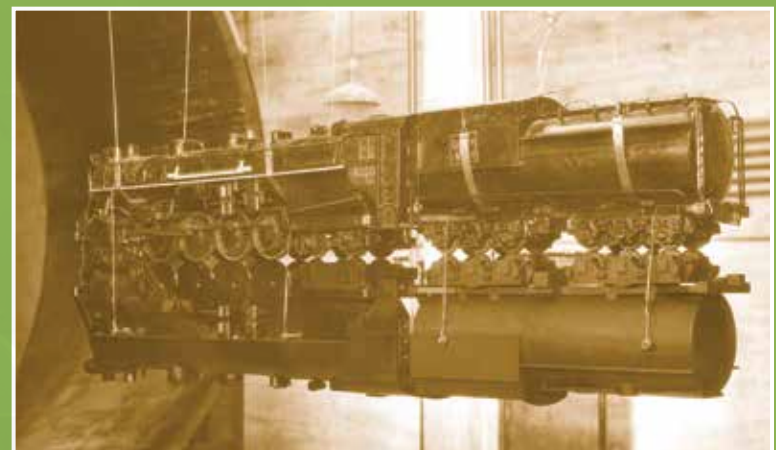
Fast-tracking safety and speed

Streamlining the locomotive for improvement in rail travel

In the early 1930s, steam locomotives needed shorter smokestacks if they were to travel through the growing number of tunnels and under bridges that spanned tracks. But, when travelling at high speeds, smoke would billow into their cabs, clouding the engineers' view of the signals and tracks. Although visibility, and therefore safety, improved at slower speeds, passengers would then complain about delays.

This led Canadian National Railways to enlist NRC to solve the problem. Using its new wind tunnel, NRC tested the aerodynamics of models for existing locomotives and proposed alternate designs, including a sleeker, more streamlined design. One such design was put into production and unveiled in 1936 as the 6400.

The semi-streamlined design resolved the problems and its aerodynamics substantially improved the locomotive's efficiency. During the 1939 World's Fair in New York City, the 6400 gained instant fame. If imitation is a form of flattery, then locomotive manufacturers soon paid tribute globally. From the late 1930s to 1950s, locomotives sporting the 6400's likeness appeared on tracks worldwide. The 6400's silhouette also graced that era's countless travel posters.





7



Exacting standards

Avoiding another Ross Rifle

The Ross Rifle Fiasco during the First World War saw Canadian soldiers ill-equipped with hunting weapons unsuited to warfare and trench conditions. Tragically, on European battlefields, soldiers replenished their rifles with British Enfield ammunition, which fit but was slightly mismatched compared to Canadian ballistic measurements. As such, bullets frequently jammed in the rifle, leaving Canadian troops vulnerable and causing countless deaths.

After witnessing the horrors of unarmed Canadians on the frontlines, General Andrew McNaughton vowed to focus on the importance of accurate and standard measurements through his role as NRC president. He championed NRC's activities in metrology—the science of exacting weights and measures—to avoid jeopardizing the lives of Canadian soldiers with inconsistent ammunition.

Metrology underpinned NRC's contribution to the design, testing and manufacture of a wide range of weapons and supplies for Canada's military and its Allies during the Second World War. Whether for explosives, chemicals, radar, aeronautics, vaccines or ballistics, NRC's metrology ensured safer, reliable outcomes from defence science and technology.

La précision avant tout

Jamais plus de fusil Ross

La Première Guerre mondiale fut le théâtre d'un fiasco : celui de la carabine Ross. Des soldats canadiens se sont retrouvés dans les tranchées avec pour seul moyen de défense un fusil de chasse mal conçu pour la guerre. La tragédie est que, sur les champs de bataille européens, ces braves ne pouvaient recharger leur arme qu'avec des munitions britanniques Enfield, de calibre légèrement différent à celui en usage au Canada. Les balles enrayaient souvent la carabine, laissant les troupes vulnérables, avec le nombre incalculable de morts que l'on imagine.

Après avoir constaté l'horreur des militaires fauchés sur le front parce que leur arme refusait de fonctionner, le général Andrew McNaughton s'est juré qu'en sa qualité de président du CNRC, il ne cesserait de marteler l'importance de mesures précises et uniformes. Il s'est fait le champion des activités du CNRC en métrologie – science qui voit à l'exactitude des poids et mesures – afin de s'assurer que plus jamais la vie des soldats canadiens ne serait mise en danger en raison de munitions incompatibles.

La métrologie explique l'apport du CNRC à la conception, à l'essai et à la fabrication de nombreuses armes et fournitures pour l'armée canadienne et les forces alliées durant la Deuxième Guerre mondiale. Explosifs, produits chimiques, radars, aéronautique, vaccins ou balistique, les services de métrologie du CNRC ont veillé à ce que la science et la technologie militaires donnent des résultats plus sûrs et plus fiables.

8

Instant magnesium? Oh, Mg!

Creating the Canadian refractories industry

While making products like steel and cement, manufacturers shield high-temperature furnaces by inserting refractory linings. Before 1937, Canada and the world overly depended on quality, imported, Austrian magnesite—a refractory mineral containing much magnesium.

In 1925, NRC's first full-time scientist began researching how to improve Canada's magnesite and found that heat separated out impurities in a commercially viable way. By 1937, Lloyd Pidgeon developed a chemical process to bind magnesite bricks and produce the world's purest magnesium. Pidgeon's process led to the 1942 opening of Dominion Magnesium Company, Canada's first magnesium plant. The United States built five, and licensing meant NRC recouped research investments.

The Pidgeon process guaranteed North America had ample magnesium and magnesite for industry and war. Strong, light-weight magnesium's applications span automotive and aerospace, die casting, refractories and alloys. Today, China leads global magnesium production and continues to use the Pidgeon process. Furthermore, NRC's magnesite bricks led the Canada Cement Company to triple its output to use a single refractory lining, and Canadian industry subsequently exported refractories to 30 or more countries.



Du magnésium... Comme par Mg!

Naissance de l'industrie canadienne des matériaux réfractaires

Pour fabriquer l'acier et le ciment, entre autres, on protège les parois des hauts fourneaux avec un revêtement réfractaire. Avant 1937, le Canada et le reste du monde dépendaient presque entièrement pour cela de la magnésite importée de l'Autriche, minerai réfractaire très riche en magnésium.

En 1925, le premier scientifique à temps plein du CNRC a entrepris des recherches pour déterminer comment la magnésite canadienne pourrait être bonifiée et a découvert que l'on pouvait la débarrasser de ses impuretés de façon rentable par la chaleur. En 1937, Lloyd Pidgeon, l'un des membres de l'équipe, a mis au point un procédé chimique qui cimentait les blocs de magnésite pour donner le magnésium le plus pur de la planète. Ce procédé a mené à la fondation, en 1942, de la Dominion Magnesium Company, première usine de magnésium du Canada. Les États-Unis ont à leur tour bâti cinq usines, ce qui a permis au CNRC de recouvrer, grâce aux redevances, les sommes injectées dans la recherche.

Le procédé Pidgeon garantissait à l'Amérique du Nord assez de magnésium et de magnésite pour alimenter l'industrie et l'effort de guerre. Robuste et léger, le magnésium a une foule d'applications, de l'automobile à l'aéronautique, en passant par le coulage sous pression, la fabrication de matériaux réfractaires et les alliages. Aujourd'hui, le principal producteur mondial de magnésium est la Chine, qui exploite toujours le procédé Pidgeon. Par ailleurs, les briques de magnésite du CNRC ont permis à la Canada Cement Company de tripler sa production en utilisant une seule couche de revêtement réfractaire. L'industrie canadienne a ensuite exporté ce matériau dans une trentaine de pays.

9



10-4 for the corps

Walkie-talkies for the frontlines

Wartime requires new inventions and adaptations of pre-war technologies. That is how Donald Hings came to spend five years in Ottawa. In the early 1930s, Hings invented the first lightweight, waterproof, two-way radios for pilots in Canada's North. His long-range, handheld versions—"packsets," eventually known as walkie-talkies—were in production by 1938, spelling potential for Canada's military.

During the Second World War, on loan from his employer, Hings and his NRC colleagues would make the walkie-talkies more robust. They created versatile antennas, noise filters, power supplies and voice scramblers for handheld models suited for battle and for attaching to vehicles, including tanks.

In a 1943 speech, federal minister C.D. Howe reported that Allies had ordered "tens of millions of dollars" of Canadian walkie-talkie equipment. Some 18 000 of one model (C-58) shipped to Canada's Army Signal Corps and allied forces. The walkie-talkies performed well and saved lives through timely communications with the frontlines, including on D-Day. All told, Hings earned the Order of Canada, British honours and more than 50 patents.



Communication avec le champ de bataille

Des talkies-walkies en première ligne

En temps de guerre, les inventions et l'adaptation de technologies d'avant-guerre sont d'une importance cruciale. Voilà pourquoi Donald Hings a été amené à passer cinq années à Ottawa. Au début des années 1930, il a conçu le premier émetteur-récepteur léger et étanche pour les pilotes canadiens sillonnant le Nord. Son modèle portatif de longue portée – le futur talkie-walkie – était produit depuis 1938, et l'armée canadienne n'avait pas manqué d'en prendre note.

Pendant la Deuxième Guerre mondiale, M. Hings, en détachement, et ses collègues du CNRC ont accru la robustesse de l'appareil. Ils ont créé des versions équipées d'antennes polyvalentes, de filtres antiparasites, d'une source d'alimentation et de systèmes de brouillage afin que ces appareils portatifs puissent être emportés sur le champ de bataille ou fixés à des véhicules comme les chars d'assaut.

Dans un discours prononcé en 1943, le ministre fédéral C. D. Howe mentionnait que les Alliés avaient fait des commandes « de dizaines de millions de dollars » en talkies-walkies canadiens. Quelque 18 000 unités du même modèle (C-58) ont été expédiées au Corps royal canadien des transmissions. Les émetteurs-récepteurs ont donné de bons résultats et sauvé des vies en assurant des communications avec le front au moment opportun, notamment le jour du débarquement. M. Hings a, quant à lui, reçu l'Ordre du Canada, les honneurs de l'État britannique et une cinquantaine de brevets.



Gearing up against gas attacks

Manufacturing gas masks for Canadian troops

German troops surprised allied forces during the First World War by launching poisonous attacks using chlorine and mustard gases. Having seen firsthand the resulting deaths and debilitation, NRC's president, General Andrew McNaughton, urged his scientists to investigate how to mass produce gas masks for Canadian troops.

Researchers visited manufacturers in England and toured Canadian assembly plants that appeared adaptable to the task. In parallel, a team set up an NRC laboratory to test materials, identify suitable filter chemicals and design the containers that would filter out poisons. NRC worked closely with the Department of National Defence for much of this research as well as involving industry to ensure that the innovations could be delivered in a timely manner.

This groundwork and the resulting technologies generated a new assembly industry for Canadian respirators, gas detectors and anti-gas capes, which troops draped over their clothing to guard against falling poisonous gases. Most important, the domestic supply of gas masks was ample to outfit the entire First Canadian Division by the Second World War's outbreak.

Alerte aux gaz!

Fabrication de masques à gaz pour les troupes canadiennes

Lors de la Première Guerre mondiale, les Allemands ont surpris les Alliés en les attaquant avec du chlore et du gaz moutarde. Après avoir constaté de ses propres yeux les ravages – morts et handicapés – causés par ces gaz, le général Andrew McNaughton, alors président du CNRC, a exhorté ses scientifiques à trouver comment fabriquer industriellement des masques pour protéger les soldats canadiens.

Les chercheurs ont visité des usines britanniques, puis les chaînes de montage canadiennes susceptibles de se prêter à la tâche. Parallèlement, une équipe a aménagé au CNRC un laboratoire pour tester des matériaux, trouver les filtres chimiques adéquats et créer les réceptacles qui piègeraient les substances toxiques. Le CNRC a travaillé en étroite collaboration avec le ministère de la Défense nationale durant la plupart de ces travaux et a enrôlé l'industrie pour s'assurer que les innovations seraient intégrées dans les délais souhaités.

Ces recherches et les technologies subséquentes ont engendré une chaîne de production canadienne d'appareils respiratoires, de détecteurs et de capes antigaz, dont les soldats s'enveloppaient pour se prémunir contre les gaz toxiques. Mais surtout, on a fabriqué au pays assez de masques à gaz pour que la Première Division canadienne en soit équipée lorsque la Deuxième Guerre mondiale a éclaté.



G-suit genesis

Inventing the anti-gravity suit

With new aerodynamics, faster flight above the cloud line enabled fighter pilots during the Second World War to fly at speeds never before envisioned. But, problems arose, including that pilots lost consciousness during high-speed exercises. The pilots were subject to immense gravitational (G) forces, making it difficult for the heart to pump enough blood to the brain.

Dr. Wilbur Franks, from the University of Toronto, led NRC's Associate Committee on Aviation Medical Research after his mentor, Sir Frederick Banting, died in 1941. Franks began experimenting with a water-filled suit that pressed on the legs and abdomen to enable a pilot's blood to circulate normally. His preliminary tests were on mice that were surrounded by condoms filled with water. Franks also subjected himself to tests in aircraft.

Later designs used air pressure, instead of water, and included an inflatable bladder. Aviators and astronauts still use G-suits today. The British first used the Franks Flying Suit in combat during military operations in North Africa in 1942.

11

Genèse de la combinaison anti-g

Invention d'une tenue combattant la gravité

Avec des appareils plus aérodynamiques, les pilotes de chasse filant au-dessus des nuages ont atteint pendant la Deuxième Guerre mondiale des vitesses jusque-là inimaginables. Cependant, d'autres difficultés ont surgi. Ainsi, lors des exercices à vitesse élevée, le pilote, soumis à une énorme force gravitationnelle (g), perdait parfois connaissance, car le cœur n'arrivait pas à irriguer suffisamment le cerveau.

Wilbur Franks, de l'Université de Toronto, a présidé le Comité associé de la recherche médicale en aérospatiale du CNRC après le décès, en 1941, de son mentor, sir Frederick Banting. M. Franks a commencé par tester une combinaison remplie d'eau qui comprimait les jambes et l'abdomen du pilote afin que le sang circule normalement. Le chercheur a fait lui-même office de cobaye en avion. Les premiers essais avaient été réalisés auparavant sur des souris entourées de condoms pleins d'eau.

L'air comprimé a remplacé l'eau dans les combinaisons subséquentes, qui étaient aussi dotées d'une vessie gonflable. Aviateurs et astronautes utilisent encore une combinaison anti-g de nos jours. Les Britanniques ont été les premiers à se servir de la tenue de vol de M. Franks, lors des opérations militaires en Afrique du Nord en 1942.



12



Delivering in dire times

Technology-based production for the war



In 1939, NRC President General Andrew McNaughton proposed establishing a Canadian optics industry to avoid repeating the First World War's supply shortages of optical glass and equipment. After consulting American optics experts, McNaughton was convinced of the need. His successor, C.J. Mackenzie, initiated internal

activities, but realized that a factory, not his federal optics team, should deliver volume production.

Mackenzie recommended the optics proposal for special funding at the Second World War's outset. By July 1940, Canada established the Crown corporation Research Enterprises Limited (REL) to build both optical and radar equipment for allied forces. NRC contributed product designs, lent engineers to REL, and trained REL staff, and Mackenzie's influence continued throughout REL's existence.

By war's end, Toronto-based REL had more than 7 000 employees and manufactured \$220 million (approximately \$3 billion today) worth of binoculars, telescopic gunsights, periscopes and radar systems, including cathode ray tubes and cavity magnetrons. Upon dissolution in 1946, REL's facilities became home to Corning, Honeywell and Rogers Majestic. Canadian companies like Electrohome, General Electric Canada and Westinghouse scooped up skilled REL employees.

Livrer le produit coûte que coûte

La technologie au service de la guerre

En 1939, le général Andrew McNaughton, qui était alors président du CNRC, a proposé que l'on mette sur pied une industrie canadienne de l'optique dans l'espoir que les pénuries désastreuses de verre et d'équipement optique de la Première Guerre mondiale ne se répètent pas. Après avoir consulté les experts américains en la matière, le général était convaincu qu'il s'agissait d'une nécessité. C. J. Mackenzie, son successeur, a entamé quelques activités à l'interne avant de réaliser qu'une usine conviendrait nettement mieux à la production de masse qu'un service d'optique fédéral.

Lorsque la Deuxième Guerre mondiale a éclaté, M. Mackenzie a recommandé que le projet d'optique bénéficie de fonds spéciaux. En juillet 1940, le Canada a donc créé Research Enterprises Limited (REL), une société d'État chargée de fabriquer l'équipement optique et le matériel radar destinés aux forces alliées. Le CNRC a contribué au projet en concevant des produits, en procurant des spécialistes en lentilles à REL et en formant le personnel de l'entreprise. L'influence de M. Mackenzie s'est fait sentir tout au long de l'existence de REL.

Au terme du conflit, l'entreprise torontoise REL comptait plus de 7 000 employés et fabriquait pour 220 millions de dollars (l'équivalent de trois milliards en dollars actuels) de jumelles, viseurs télescopiques, périscopes et systèmes radars, sans oublier les tubes cathodiques et les magnétrons à cavités. À sa dissolution en 1946, les installations de REL ont été occupées par Corning, Honeywell et Rogers Majestic, tandis que des entreprises canadiennes telles Electrohome, Générale électrique du Canada et Westinghouse ont engagé les anciens employés chevronnés de l'entreprise.



Canada's on the radar

World's first mass-produced microwave radar

Classified technology brought to Canada during the Second World War had the makings of a strategic weapon to allow the Allies to identify the enemy by radar. The devices were cavity magnetrons. Canadian researchers improved the designs and found resources to produce enormous supplies for the war effort, in absolute secrecy.

NRC was the focal point of the research, aided by universities, private industry and the military. In all, about 12 types of radar were mass-produced, and smaller quantities of 20 types were manufactured for the military. By 1941, the Northern Electric Company, later to become Nortel, made magnetrons for radar sets—a major feat, considering no one in Canada had known what a magnetron was until the year before. That year, a new company began the first ever mass-production of a radar system known as GL IIC with orders worth \$36 million (\$6 billion in 2016 dollars).

Today, the cavity magnetron is the main component of the microwave oven. The technology marked the creation of an industry to design and produce electronic parts in Canada.



Le Canada sur l'écran radar

Première fabrication en série de radar hyperfréquence dans le monde

Technologie secrète transmise au Canada pendant la Deuxième Guerre mondiale, le magnétron à cavités avait tout pour devenir une arme stratégique et permettre aux Alliés de repérer l'ennemi par radar. En effet, des chercheurs canadiens en avaient perfectionné le modèle original avant de réunir les moyens pour le fabriquer en vaste quantité pour l'effort de guerre, dans le plus grand secret.

Le CNRC se trouvait au cœur de ces travaux, auxquels ont participé les universités, l'industrie et l'armée. En tout, on a fabriqué 12 sortes de radars en série et 20 autres modèles en nombre plus modeste pour l'armée. En 1941, la Northern Electric Company, qui deviendrait par la suite Nortel, fabriquait des magnétrons pour les radars – un véritable exploit sachant que personne, au Canada, n'avait la moindre idée de ce qu'était un magnétron à peine un an plus tôt. La même année, une nouvelle entreprise a commencé à produire en série un système radar, le GL-IIC, avec un carnet de commandes de 36 millions de dollars (6 milliards en dollars actuels).

Aujourd'hui, le magnétron à cavités demeure la pièce maîtresse du four à micro-ondes. Cette technologie a donné naissance à l'industrie canadienne qui conçoit et fabrique des composants électroniques.

Coils of invisibility

Degaussing countermeasures for ships

By debilitating merchant shipping during the Second World War, mines cut off trade routes that supplied Britain and the rest of Europe. German mines were equipped with a magnetized needle, a catastrophically simple mechanism that would move slightly and detonate whenever a steel-hulled ship passed.

NRC solicited part-time help from Dalhousie University physicists to create countermeasures to reduce, or degauss, the magnetism generated by seagoing vessels. An early magnetometer device, set in a waterproof box, could be dragged beneath ships to identify their individual magnetic signatures from bow to stern and from side to side. Then, each ship was fitted with tailored-to-measure degaussing coils that counteracted the ship's magnetic signature, effectively cloaking the ship from enemy mines.

During the war, degaussing techniques were further refined by establishing the Bedford Basin Degaussing Range in Halifax. Degaussing was credited with saving 3 800 vessels and proved instrumental in winning the Battle of the Atlantic. Next-generation degaussing has been used to reduce magnetic fields from computer monitors and to erase data from magnetic storage.

La bobine d'invisibilité

Sauver des navires en les démagnétisant

En rompant les lignes de commerce maritime pendant la Deuxième Guerre mondiale, les mines allemandes avaient coupé la Grande-Bretagne et le reste de l'Europe de leur ravitaillement. Les bombes étaient dotées d'une aiguille magnétisée, mécanisme diaboliquement simple qui, en se déplaçant légèrement, déclenchait l'explosion chaque fois qu'un navire à coque d'acier passait à proximité.

Le CNRC a fait appel aux physiciens de l'Université Dalhousie pour trouver des contremesures qui démagnétiseraient les navires ou en réduiraient le champ magnétique. La première étape consistait à tirer un précurseur de magnétomètre, enfermé dans un caisson étanche sous le navire, de la proue à la poupe et d'un côté à l'autre, en vue d'en déterminer la signature magnétique. Ensuite, le navire en question était équipé de bobines fabriquées sur mesure pour effacer cette signature, bref le rendre invisible aux mines ennemies.

Durant la guerre, la technique a été perfectionnée en aménageant un terrain d'expérimentation dans le bassin de Bedford, à Halifax. On estime que la démagnétisation a épargné 3 800 navires et joué un rôle dans la victoire de la bataille de l'Atlantique. Les appareils de démagnétisation de la génération suivante ont servi à affaiblir le champ magnétique des moniteurs d'ordinateur ainsi qu'à effacer les données enregistrées sur les supports magnétiques.

15



An intelligent shell

Proximity fuses—improved ammunition for the war effort

Early in the Second World War, gunners had no means of detonating a shell on target. Only by saturating an area with shells and exploding everything nearby could gunners damage a target. This left open the possibility of an enemy target escaping, in addition to wasting shells in a futile barrage. Although the British dreamed up a secret device, Canadian and U.S. support was required to realize it.

The Allies perfected a fuse with a tiny radio transmitter that could obtain its own intelligence to detect a target—and then explode. NRC specifically designed the mechanism that armed the fuse after it left the weapon barrel, eliminating the possibility of early detonation and harm to the gunner firing the weapon. The Allied mission was deemed significant enough to fly a physicist VIP-class to Britain on a Lancaster bomber.

Scientists monitored performance as one-quarter of the American electronics industry, together with three-quarters of plastic-moulding makers, set to work manufacturing the compact, reliable devices.

Un obus intelligent

Le détonateur de proximité – de meilleures munitions pour l'effort de guerre

Au début de la Deuxième Guerre mondiale, les artilleurs n'avaient aucun moyen sûr de détruire une cible. Leur seule possibilité consistait à tirer autant d'obus que possible en espérant toucher la cible lors de l'explosion. L'ennemi avait la chance d'en réchapper et, à la futilité d'un tel barrage s'associait un énorme gaspillage de munitions. Les Britanniques avaient bien imaginé un dispositif en secret, mais pour qu'il se concrétise, ils avaient besoin de l'aide du Canada et des États-Unis.

Les Alliés avaient en effet mis au point un détonateur pourvu d'un minuscule émetteur, capable de repérer une cible voisine puis d'enclencher la mise à feu. C'est le CNRC qui a conçu le mécanisme armant le détonateur une fois l'obus tiré, pour éviter que l'artilleur ne soit blessé par une explosion prématurée. La mission fut jugée assez importante pour que l'on expédie un physicien en Grande-Bretagne, en première classe, à bord d'un bombardier Lancaster.

Les scientifiques ont suivi le déroulement des opérations pendant que le quart de l'industrie américaine de l'électronique et les trois quarts des fabricants de pièces moulées en plastique s'affairaient à produire le dispositif en question, compact et fiable.



Pulp non-fiction

Project Habbakuk—dreams of an aircraft carrier made of ice

Midway across the Atlantic, outside the reach of patrols by short-range aircraft, German submarines torpedoed ships during the Second World War. Frequent submarine attacks on supply ships prevented food and essential supplies from reaching Europe. Winston Churchill's priority was to keep trans-Atlantic shipping routes open.

In response, the British Combined Operations Headquarters proposed Project Habbakuk (misspelled after the prophet "Habakkuk" from the Hebrew bible), a massive, inexpensive, floating, pykrete airstrip. Pykrete—essentially ice reinforced with wood pulp—melted slowly and could ricochet bullets. A secret prototype took shape in Alberta. Next, NRC led Canadian universities and companies in evaluating how to build a larger-scale version. The answer: insulation, refrigeration systems, steel and hefty investment.

So, operation Habbakuk died when radar improved, and escort ships, remote bases and longer-range aircraft became available. Hindsight makes Habbakuk seem absurd, but it signaled the innovative, collaborative and desperate measures the Allies were willing to take to overcome challenges and end the war. Pykrete, named after inventor Geoffrey Pyke, has since strengthened remote, northern runways, if not a floating airstrip.



Une fiction en papier

Le projet Habbakuk – rêve d'un porte-avions en glace

Durant la Deuxième Guerre mondiale, à mi-chemin dans l'Atlantique, trop loin pour qu'une patrouille puisse être effectuée par les avions à court rayon d'action, les sous-marins allemands torpillaient allègrement les navires. Les attaques fréquentes dont ces derniers faisaient les frais empêchaient les bateaux de ravitaillement alliés d'acheminer vivres et fournitures en Europe. Winston Churchill s'était donné pour priorité absolue de maintenir ouvertes les voies maritimes de l'Atlantique.

Dans cette optique, le quartier général des opérations militaires britannique a conçu le projet Habbakuk (du prophète juif de l'Ancien Testament Habacuc) : une piste de décollage flottante, immense et peu coûteuse, en pykrète. Le pykrète, fait essentiellement de glace renforcée de pâte de bois, fond lentement et les balles ne peuvent le pénétrer. Un prototype a pris secrètement forme en Alberta. Ensuite, sous l'égide du CNRC, des universités et des entreprises canadiennes ont évalué comment en bâtir une version plus grande. La solution : de l'isolant, des systèmes de réfrigération, de l'acier et beaucoup d'argent.

L'opération Habbakuk a pris fin avec le perfectionnement du radar et la disponibilité de patrouilleurs d'escorte, de bases éloignées et d'avions à plus long rayon d'action. Avec le recul, le projet ne semble qu'une absurdité. Pourtant, il illustre le fait que les Alliés étaient déterminés à innover, à s'entraider et à prendre des mesures draconiennes pour relever les défis et mettre fin au conflit. Depuis, à défaut d'une piste flottante, le pykrète, du nom de son inventeur Geoffrey Pyke, renforce les pistes d'atterrissage dans le Nord.





D. HARMAN

17

On the right track

The “Weasel”—a military vehicle built for snow

In 1942, Allied forces planned a winter raid to halt Hitler’s activities in Norway. Snow, mud and swamps posed serious obstacles. Hence, the need for a custom, speedy, all-terrain vehicle for use by an elite American–Canadian unit nicknamed the Devil’s Brigade.

NRC and American researchers independently determined that the top-secret vehicle—the Weasel—required a unique track design. To avoid ice build-up, Canadian inventor George Klein recommended all-rubber tracks, rubber-coated wheels and self-clearing sprockets. Manufacturers were wary. They conceded Klein was right after wet snow and ice clogged their metal tracks on experimental Weasels. Early Weasel models adopted his modified sprockets, but it was too late to incorporate NRC’s light, all-rubber tracks. Instead, manufacturers coated the existing metal tracks with rubber, although selected later models did adopt tracks similar to Klein’s.

Within seven months of the initial request, the Weasel moved to production, serving as a versatile military vehicle. In all, more than 15 000 were manufactured. The Weasel’s popularity continued for decades, across many continents, including for explorers in the Arctic and Antarctica.



Sur la bonne piste

Le « Furet », véhicule militaire conçu pour la neige

En 1942, les forces alliées préparaient un raid hivernal dans l’espoir de stopper l’avance d’Hitler en Norvège. La neige, la boue et le terrain marécageux constituaient néanmoins de sérieux obstacles. D’où la nécessité d’un tout-terrain spécial et rapide qu’utiliserait une unité d’élite canado-américaine surnommée la Brigade des diables.

Les chercheurs du CNRC et des États-Unis avaient établi chacun de leur côté que ce véhicule – le « Weasel » ou Furet – serait équipé de chenilles. Pour que la glace n’y adhère pas, l’inventeur canadien George Klein avait recommandé des chenilles en caoutchouc, des roues enduites du même matériau et des pignons autonettoyants, mais les constructeurs ne l’ont pas écouté. Quand la neige fondante et la glace ont bloqué les chenilles en métal lors des essais, ils ont dû toutefois admettre que le

chercheur avait raison. Les premiers modèles du Weasel intégraient les pignons modifiés par M. Klein, mais il était trop tard pour les doter des chenilles légères, en caoutchouc, développées au CNRC. En guise de compromis, les chenilles en métal ont été enduites de caoutchouc, bien que certains modèles ultérieurs aient été pourvus de chenilles semblables à celles recommandées par le scientifique.

Sept mois après la requête initiale, le Weasel passait à la chaîne de montage pour devenir un véhicule militaire polyvalent. En tout, plus de 15 000 unités ont été fabriquées. Sa popularité s’est maintenue durant plusieurs dizaines d’années, sur de nombreux continents, notamment auprès des explorateurs de l’Arctique et de l’Antarctique.



Saving Great Britain's bacon

Long-distance breakfast deliveries

During the Second World War, debilitating food shortages affected most of Great Britain. Preserving and shipping high-quality Canadian bacon, eggs, poultry and other foods across the Atlantic required novel food research and refrigeration technology. Biologists at NRC laboratories, working in co-operation with federal agriculture colleagues, investigated bacterial contamination, spoilage and proper packaging.

British tastes differed from Canadian tastes. Brits liked Wiltshire bacon, not the common strip bacon that North Americans eat. So, NRC researchers perfected a Canadian version of Wiltshire bacon. They also devised methods to improve the taste, safety and shipment of eggs, egg powder and dressed poultry. NRC engineers even developed portable refrigeration units to preserve food on long voyages abroad.

A wartime agreement led to weekly bacon shipments of 2.3 (metric) tonnes from Canada to Great Britain. An egg agreement soon followed, paving the way for an entirely new market for Canadian producers in later years. Today, Canada exports more than 3.7 million tonnes of processed eggs a year.

Sauvons le bacon britannique

Petits déjeuners livrés de loin

Pendant la Deuxième Guerre mondiale, la majeure partie de la Grande-Bretagne s'est retrouvée aux prises avec une grave pénurie d'aliments. Préserver le bacon, les œufs, la volaille et d'autres denrées canadiennes de qualité durant la traversée de l'Atlantique exigeait des recherches en alimentation et de nouvelles technologies de réfrigération. En collaboration avec leurs collègues du ministère de l'Agriculture fédéral, les biologistes des laboratoires du CNRC ont étudié la contamination des aliments par les bactéries, leur détérioration et la façon de les emballer correctement.

Les Britanniques ont des goûts différents des nôtres. Ils raffolent notamment du bacon du Wiltshire, qui se distingue de celui débité en tranches minces auquel sont accoutumés les Nord-Américains. Les chercheurs du CNRC ont donc entrepris d'en créer une version canadienne. Les équipes de recherche ont également mis au point des méthodes pour rehausser le goût et la salubrité des œufs, de la poudre d'œuf et des coupes de volaille, ainsi qu'en améliorer l'expédition. Les ingénieurs du CNRC ont même créé des unités de réfrigération portatives pour garder la nourriture au frais durant leur long périple vers l'étranger.

Une entente conclue en temps de guerre prévoyait l'envoi hebdomadaire de 2,3 tonnes (métriques) de bacon canadien vers la Grande-Bretagne. Une seconde entente a rapidement suivi pour les œufs, pavant la voie à un tout nouveau débouché pour les aviculteurs canadiens, quelques années plus tard. À présent, le Canada exporte chaque année plus de 3,7 millions de tonnes d'œufs transformés.



19

Sound wave masterminds

The development of sonar

The British Royal Navy's Board of Invention and Research required innovations to protect ships from submarines during the First World War. In response, Canadian physicist Robert William Boyle and French scientist Paul Langevin co-produced a prototype Anti-Submarine Detection Investigation Committee (ASDIC) device, the earliest sonar system.

Before war's end, British warships featured ASDIC devices. In 1929, a decade after returning to Canada, Boyle left academia to lead physics research at NRC, including overseeing acoustics, radar and more. Boyle hired promising graduates like George Field. Field set up NRC's acoustics laboratory and led interdepartmental international projects on how to outrival acoustic mines, and how water temperature and pressure affect sonar waves. His team invented tools to verify sonar's transmission efficiency and record oscillations, and Field's optics colleagues devised new techniques for manufacturing the quartz-crystal discs at the core of sonar devices.

From 1941 to 1943 alone, Canadian manufacturers applied those advances to produce thousands of Canadian sonar systems. NRC's sonar enhancements also helped foil submarine attacks, acoustic mines and torpedoes during the Second World War.

Les maîtres du son

Naissance du sonar

Le Board of Invention and Research de la marine royale britannique était en quête d'innovations pour protéger ses navires des sous-marins ennemis durant la Première Guerre mondiale. Répondant à l'appel, le physicien canadien Robert William Boyle et le scientifique français Paul Langevin ont conçu conjointement un prototype pour la Commission commune franco-britannique de lutte anti-sous-marine (ASDIC). L'ancêtre du sonar était né.

Avant la fin du conflit, les navires de guerre britanniques étaient équipés du dispositif de l'ASDIC. Dix ans après son retour au pays, en 1929, M. Boyle a quitté l'enseignement supérieur pour diriger la recherche en physique au CNRC, soit de superviser les travaux sur l'acoustique, sur le radar et plus encore. Il a engagé de jeunes diplômés prometteurs comme George Field, qui a mis sur pied le laboratoire d'acoustique et a piloté des projets internationaux ou interministériels visant à déjouer les mines acoustiques et à établir comment la température et la pression de l'eau modifiaient les ondes du sonar. Son équipe a inventé des instruments pour vérifier l'efficacité des transmissions du sonar et enregistrer les oscillations, tandis que les collègues de M. Field en optique imaginaient de nouvelles techniques pour fabriquer les disques en cristal de quartz indispensables au sonar.

De 1941 à 1943, les fabricants canadiens ont exploité ces progrès pour produire des milliers de sonars au pays. Les perfectionnements que le CNRC a apportés à cet appareil ont aussi contribué à mettre en échec les sous-marins, les mines acoustiques et les torpilles pendant la Deuxième Guerre mondiale.



Battle of cattle plague

Eradicating a viral threat to livestock

Bioterrorism, food security and pandemics are not new concerns. During the Second World War, Allies feared enemy forces would launch chemical and biological attacks. If unleashed, gases, bacteria and viruses could devastate military troops, civilians, animals and agriculture. A top concern was Rinderpest, or cattle plague. Rinderpest strikes split-hoofed animals such as cattle, sheep and pigs. The virus spreads fast and, for centuries, it continued wiping out millions of livestock and wildlife, causing people to starve, and triggering economic hardship.

To protect food supplies and guard against vulnerabilities, Canada, the United States and the United Kingdom created research stations, including at Grosse Île, Quebec. There, under NRC direction, government scientists and veterinarians collaboratively developed the first cost-effective Rinderpest vaccine for fast mass-production, using chick embryos.

The United Nations delivered large quantities to fight Rinderpest in Africa and China. The Food and Agriculture Organization recognizes the Grosse Île vaccine as a vital milestone in effective vaccine development and disease eradication. On June 28, 2011, Rinderpest was officially declared the first-ever animal disease to be eradicated globally.

La bataille de la peste bovine

Éradication d'un virus s'en prenant au bétail

Le bioterrorisme, la sécurité alimentaire et les pandémies ne datent pas d'hier. Pendant la Deuxième Guerre mondiale, les Alliés craignaient une attaque chimique ou bactériologique de l'ennemi. Une fois libérés, les gaz, les bactéries et les virus pouvaient décimer les troupes, les civils et les animaux, et dévaster les cultures. La peste bovine figurait au sommet de leur liste. Cette maladie s'attaque aux ongulés comme la vache, le mouton et le porc. Le virus prolifère rapidement et, au fil des siècles, a terrassé des millions d'animaux domestiques et sauvages, affamant la population et plongeant les économies dans le marasme.

Pour préserver leurs sources d'approvisionnement et être moins vulnérables, le Canada, les États-Unis et le Royaume-Uni se sont dotés de stations de recherche, dont celle de Grosse Île, au Québec. Sous la direction du CNRC, des scientifiques et des vétérinaires du gouvernement se sont associés afin d'y mettre au point le premier vaccin bon marché contre la peste bovine que l'on produirait en série à partir d'embryons de poulet.

Les Nations Unies ont expédié d'importantes quantités du vaccin en Afrique et en Chine pour combattre la peste bovine. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture reconnaît que le vaccin de Grosse Île a constitué un jalon crucial dans l'élaboration d'un vaccin efficace et l'éradication de cette maladie. Le 28 juin 2011, la peste bovine devenait la première maladie animale à être officiellement déclarée rayée de la surface de la Terre.

20

NRC-CNRC

1946-1964





Post-war boom

After the Second World War, Canada experienced a baby boom that echoes in our nation to this day. During that same post-war period, socio-economic policies gave rise to unprecedented prosperity in Canada. In response to the nation's shift, NRC returned to civilian research and focused on construction, manufacturing and health technologies that improved the livelihood of all, including returning veterans.

Le boom de l'après-guerre

Après la Deuxième Guerre mondiale, le Canada a connu un baby-boom dont la nation ressent encore les effets aujourd'hui. Les politiques socioéconomiques de l'époque ont engendré une prospérité sans précédent au pays. Face à ces bouleversements, le CNRC est revenu à la recherche civile et a misé sur les technologies en construction, en fabrication et en santé susceptibles d'améliorer la vie de toute la population, y compris celle des anciens combattants.



From nuclear pioneers to leaders

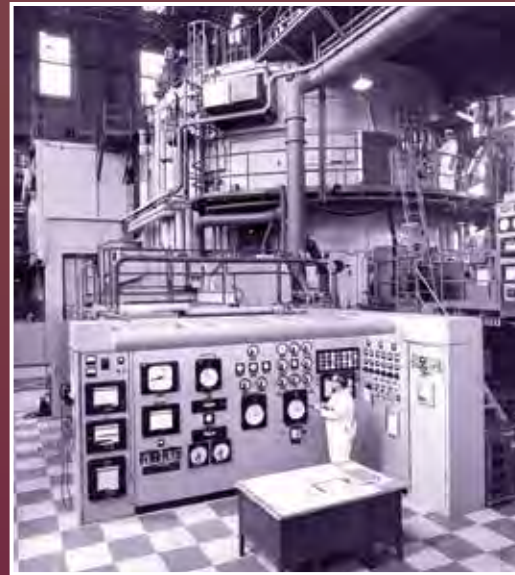
Nuclear energy for peaceful purposes

In 1940–1942, George Laurence achieved nuclear fission and built a prototype reactor at NRC in Ottawa. Next, Canada successfully collaborated with Britain and France to design ZEEP, Canada's first operational nuclear reactor. By late 1945, Canada lit up the first-ever reactor outside the United States and committed post-war resources to peaceful nuclear uses.

Research reactors followed. Canadians developed NRX in 1947, the world's top reactor for several years. Its successor, NRU, is the world's oldest operating reactor. Its ongoing applications include developing and producing medical isotopes to diagnose diseases and treat cancer, tests for reactor fuel and components, designs for CANDU power reactors, cobalt-60 for sterilizing medical equipment, neutrons to research and test materials, and early nuclear safety guidelines.

Apart from research leadership, economic and social gains resulted. Canada's nuclear industry, with revenues exceeding \$6.6 billion annually, accounts for nearly 40 000 jobs and generates 58 per cent of Ontario's electricity.

21



L'énergie nucléaire : fission accomplie

L'énergie de l'atome au service de la paix

Entre 1940 et 1942, George Laurence a réussi à provoquer une fission de l'atome et a bâti le prototype d'un réacteur nucléaire au CNRC, à Ottawa. Par la suite, le Canada a collaboré avec la Grande-Bretagne et la France pour concevoir le ZEEP, son premier réacteur nucléaire fonctionnel. Vers la fin de 1945, bien qu'il ait été le premier pays hors des États-Unis à mettre en service un réacteur, le Canada s'est engagé à n'exploiter celui-ci qu'à des fins pacifiques.

Plusieurs réacteurs scientifiques ont suivi avant qu'en 1947 naisse le NRX, qui resterait le meilleur réacteur de la planète plusieurs années durant. Le NRU, son successeur, est le plus ancien réacteur encore en exploitation sur le globe. Il sert notamment à développer et à produire les isotopes médicaux avec lesquels on dépiste des maladies et soigne le cancer, à tester les carburants et les pièces des réacteurs, à modifier les réacteurs CANDU des centrales électriques, à produire le cobalt-60 qui stérilise le matériel médical, à produire les neutrons destinés à la recherche et aux essais sur les matériaux, et à élaborer des lignes directrices sur la sûreté des réacteurs nucléaires.

Ces réacteurs ont non seulement contribué à faire du Canada un leader dans le domaine, mais ils ont aussi engendré d'importantes retombées socioéconomiques. Avec des recettes annuelles dépassant 6,6 milliards de dollars, l'industrie nucléaire canadienne génère près de 40 000 emplois et produit 58 pour cent de l'électricité consommée en Ontario.



22

Snow state and the seven morphs

The world's snow classification system

Dry. Wet. New. Old. Dense. Granular... Snow descriptions vary widely. Not being able to consistently measure snow's mechanical and physical properties made it difficult to predict how snow would affect everything from transportation and construction to snow sports and spring run-offs.

To conduct Canada's first national snow survey in 1947, NRC's George Klein designed instruments and protocols necessary for measuring snow. He described and measured snow's average grain size and shape, hardness, temperature, specific gravity and free-water content. Experts worldwide took notice. Together with American V.J. Schaefer and Swiss M.R. de Quervain, Klein went on to lead the development of the first International Classification for Snow in 1951, which classified seven morphological shapes for snow crystals plus extra states of frozen precipitation—hail, graupel and ice pellets.

Scientists continue to refine that classification to reflect meteorological and technological advances, including machine-made snow and additional types of snow. Standardized snow measurement influences everyone by making transportation, workplaces and recreation safer—for example, specifying snow loads for building codes and bridge designs, as well as preventing avalanches.

La neige sous toutes ses formes

Le système mondial de classification de la neige

Sèche, humide, poudreuse, vieille, compacte, granuleuse... Les qualificatifs ne manquent pas pour décrire la neige. Ne pas pouvoir en mesurer de manière cohérente les propriétés physiques et mécaniques rendait toutefois la prévision de ses effets plus difficile dans maints domaines, des transports au ruissellement des eaux printanières, en passant par la construction et les sports d'hiver.

Lors de la première étude nationale sur la neige entreprise au Canada, en 1947, George Klein du CNRC a conçu les instruments et les protocoles indispensables pour analyser la neige. Du flocon moyen, il a décrit et a mesuré la taille, la forme, la température, la densité et la teneur en eau libre. Ses efforts ne sont pas passés inaperçus des experts de la planète. En 1951, aidé de l'Américain V. J. Schaefer et du Suisse M. R. de Quervain, George Klein a élaboré la première Classification internationale de la neige, qui répertorie sept types morphologiques de cristaux, auxquels s'ajoutent les états particuliers des précipitations glacées – grêle, neige roulée et grésil.

Les scientifiques continuent de raffiner cette classification en fonction des progrès accomplis par la météorologie et la technologie, notamment pour décrire la neige artificielle et d'autres formes de neige. La normalisation des mesures relatives à la neige nous touche tous, car elle rend les transports, les lieux de travail et les loisirs plus sûrs, par exemple en spécifiant les charges dues à la neige dans les codes de construction, en influant sur la géométrie des ponts et en prévenant les avalanches.





23

No runway? No problem.

The De Havilland Beaver

Marked by lakes, mountains, permafrost and forests, Canada's North cannot accommodate conventional runways. Yet, pilots shuttle necessary supplies and even people to those remote areas. So, pilots requested a safe aircraft capable of quickly landing on and taking off from water, snow and land hemmed in by trees and rock faces.

In 1947, de Havilland Canada unveiled its DHC-2 Beaver, a short-take-off-and-landing (STOL) aircraft. By 1948, production versions materialized. The versatile Beaver exceeded pilot needs in the air, on floats and on wheels, but Ontario's Air Service asked NRC to improve the Beaver's skis. NRC engineers triumphed with lighter, more aerodynamic skis that adhered less to ice. Soon, the engineers' expanded role included performance and wind-tunnel tests, wing designs, engine modifications and STOL enhancements for the Beaver and its descendants—the Otter and Twin Otter.

More than half a century later, pilots revere and pay hefty for the hundreds of Beavers and Otters still actively flown in demanding environments worldwide. At 1 692 produced, Beavers set a Canadian aircraft manufacturing record and launched the nation's STOL industry.



Pas de piste d'atterrissage? Pas de problème.

Le Beaver de Havilland

Parsemé de lacs, de montagnes et de forêts sur un sol parfois gelé en permanence, le Nord canadien se prête mal à l'aménagement de pistes d'atterrissage ordinaires. Pourtant, des pilotes acheminent du matériel, quelquefois même des gens, dans les coins les plus reculés du pays. Pour cela, ils ont besoin d'un appareil sûr, capable d'atterrir et de décoller rapidement sur l'eau, la neige et des terrains parsemés d'arbres et de rochers.

En 1947, de Havilland Canada dévoilait son DHC-2 Beaver, un appareil à décollage et atterrissage courts (ADAC) dont le montage industriel a débuté l'année suivante. Très polyvalent, le Beaver a surpassé les attentes des pilotes, tant dans les airs que sur l'eau ou sur les pistes. Cependant, l'Air Service ontarien a demandé au CNRC d'améliorer les skis de l'appareil. Les ingénieurs du CNRC y sont parvenus en mettant au point des skis plus légers et aérodynamiques, qui adhéraient moins à la glace. Ils se sont ensuite rapidement attaqués à d'autres aspects en testant la performance de l'appareil en vol et en soufflerie, en redessinant ses ailes, en modifiant son moteur et en perfectionnant les capacités ADAC du Beaver et de ses successeurs, l'Otter et le Twin Otter.

Après plus d'un demi-siècle, les aviateurs révèrent encore les centaines de Beaver et d'Otter qui poursuivent inlassablement leurs vols vers les coins les plus retirés de la planète, et sont prêts à payer le prix fort pour s'en procurer un. Avec les 1 692 exemplaires produits, le Beaver a établi un record canadien en construction aéronautique et a lancé l'industrie des avions ADAC au pays.



24

Tracking down rail solutions

Engineering a range of rail technologies

Canada's train and streetcar rails spanned tens of thousands of kilometres in the mid-20th century. Rails had to permit passenger and freight cars to travel safely, efficiently and quietly.

Using a reverberation chamber, NRC engineers simulated rail noise from subway tunnels. One of those engineers was even seconded to conduct varied construction research as Toronto built its subway system. To reduce train derailment potential and improve operating efficiency, the engineers developed ways to prevent snow and ice accumulation on track switches. The team also created longer welded rails with wider spacing between rail joints, which reduced maintenance costs and contributed to smoother rides.

NRC's work and recommendations led to ideal placement of sound-absorbent material that minimized subway noise. By treating rails with varying thicknesses of automobile undercoating, the engineers could cut rail noise by half. All this expertise fed future projects, including the development and implementation of simulation techniques that saved millions of dollars annually, by reducing rail and wheel wear. It also led to fewer failures. Engineering delivered improved safety, less noise, efficiency gains and cost savings.

Aller bon train

Des technologies pour l'industrie ferroviaire

Vers le milieu du 20^e siècle, les rails des trains et des trams couvraient des dizaines de milliers de kilomètres au Canada. Les voies ferrées devaient déplacer voyageurs et marchandises sans risque, aussi silencieusement et efficacement que possible.

En recourant à leur enceinte de réverbération, les ingénieurs du CNRC ont simulé le bruit d'une rame de métro circulant dans un tunnel. L'un d'eux a même été envoyé en détachement pour effectuer diverses recherches lors de la construction du métro de Toronto. Pour réduire le nombre de déraillements et garantir un fonctionnement plus souple, les ingénieurs ont élaboré des méthodes visant à empêcher la neige et la glace de s'accumuler sur l'aiguillage. L'équipe a aussi créé des rails soudés plus longs aux joints plus écartés, ce qui a contribué à réduire les frais d'entretien tout en rendant les déplacements moins cahoteux.

Les travaux et les recommandations du CNRC ont abouti à une insonorisation idéale des wagons de métro, ce qui minimise le vacarme. En appliquant aux rails plusieurs couches d'épaisseurs variées d'un enduit pour automobile, les ingénieurs ont coupé le bruit de moitié. Cette expertise a débouché sur d'autres projets, notamment la mise au point puis l'application de techniques de simulation qui se sont soldées par des économies annuelles de plusieurs millions de dollars grâce à une usure moins forte des rails et des roues, ainsi qu'à des pannes moins nombreuses. Ces prouesses techniques ont accru la sécurité, atténué le bruit et augmenté le rendement tout en allégeant les coûts.







25

Well on wheels

Useable, motorized wheelchairs for vets

The Second World War created a new kind of war veteran. Penicillin enabled 9 out of 10 soldiers to survive war injuries, although many veterans were para- and quadriplegics when they returned to Canadian families and hospitals. Manual wheelchairs were inadequate, especially for quadriplegics, who could not move around independently.

NRC's George Klein invented a useable electric wheelchair by fixing flaws in earlier, unacceptable designs. First, he increased the electric drive's voltage, then added independent drives to each of the main wheels so the chair pivoted easily. His sophisticated controller with eight different positions resembles the modern joystick still in use for today's wheelchairs. Klein continued to perfect the design by working closely with patients who would eventually use the chairs. He even devised a control system that allowed patients to operate the chair by applying pressure with a cheek instead of hands.

The result was the first truly practical electric wheelchair—an invention that would change the lives of people with severe disabilities. Along the way, the field of rehabilitation engineering was pioneered.

Bien sur ses roues

Un fauteuil roulant motorisé pour les anciens combattants

Un nouveau genre d'ancien combattant est ressorti de la Deuxième Guerre mondiale. En effet, grâce à la pénicilline, neuf soldats sur dix ont survécu à leurs blessures pour se retrouver, chez eux ou à l'hôpital, paraplégiques ou quadriplégiques. Le fauteuil roulant manuel ne leur convenait pas, surtout pour les quadriplégiques qui étaient incapables de se déplacer par eux-mêmes.

George Klein, du CNRC, a inventé un fauteuil roulant électrique pratique en corrigeant les défauts des modèles antérieurs, inacceptables. Il a commencé par augmenter la puissance du moteur électrique, puis a doté chaque roue d'un système d'entraînement indépendant afin que le fauteuil puisse pivoter facilement. Son système de commande sophistiqué, à huit positions, ne va pas sans rappeler le manche à balai des fauteuils roulants contemporains. Le chercheur a continué de perfectionner son modèle en collaborant étroitement avec ceux qui allaient s'en servir. Puis il a conçu un système qui actionnait le fauteuil par simple pression de la joue plutôt que de la main.

Il en est résulté le premier fauteuil roulant électrique vraiment pratique, une invention qui changerait la vie des personnes lourdement handicapées, tout en pavant la voie au nouveau domaine du génie de la réadaptation.

26

And the beat goes on

The world's first pacemaker

During the 1940s, Canadian surgeons experimented with extreme cold to slow the heart rate during open-heart surgery. But, they could not figure out how to safely restart a heart that had stopped beating. Surgeons needed a way of creating an alternative, repetitive, electrical impulse—one that mimicked the heart's own natural impulse and spared the heart muscle from injury.

NRC assigned engineer John A. Hopps to the task. He developed an electrical pacemaker circuit that supplied a gentle stimulation with a dial controlling the rate of stimulation. The device itself was a metal cabinet about the size of a thick cereal box. It used vacuum tubes to generate the electrical pulses, while an insulated wire inserted through a large vein in the neck delivered the electric shocks.

This Canadian discovery forged a new field of research in biomedical engineering. Over the years, advancements in battery technology have led to miniaturized, implantable pacemakers. Hopps received his own pacemaker in 1984, learning first-hand the value of his monumental research.



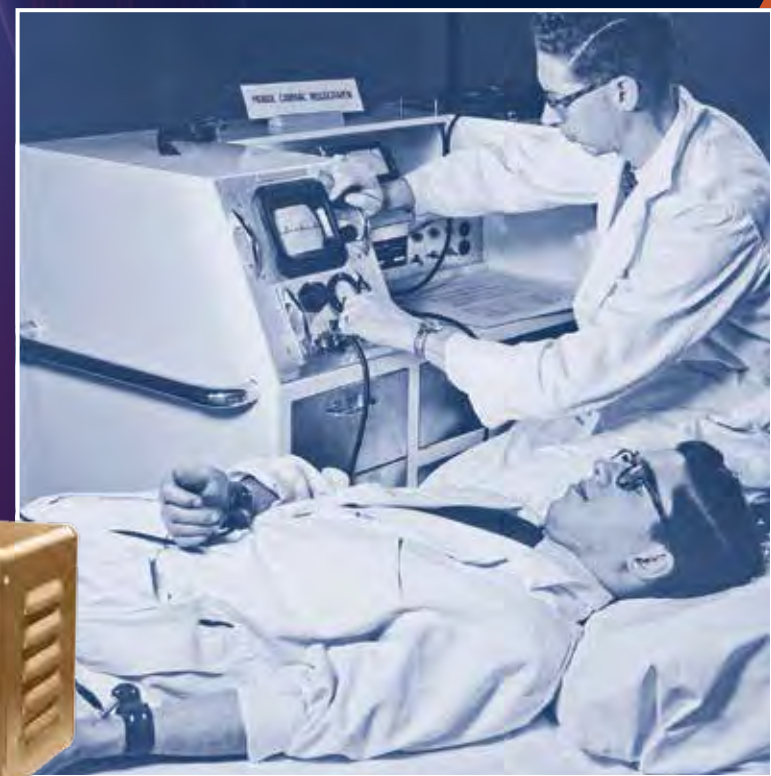
Au rythme du progrès

L'invention du stimulateur cardiaque

Pendant les années 1940, les chirurgiens canadiens ont tenté des expériences avec des températures extrêmement basses pour ralentir le rythme cardiaque lors des interventions à cœur ouvert. Malheureusement, ils n'arrivaient pas à réamorcer ce dernier quand il cessait de battre. Ils avaient besoin d'un moyen pour créer l'impulsion électrique à répétition qui imiterait les pulsations naturelles du cœur et qui empêcherait le muscle de se détériorer.

La tâche a été confiée à l'ingénieur John A. Hopps, du CNRC. Celui-ci a mis au point un circuit électrique doté d'un cadran pour stimuler légèrement le cœur à la cadence voulue. Le « dispositif » ressemblait à un coffret en métal de la taille d'une grosse boîte de céréales. À l'intérieur, des tubes à vide engendraient les impulsions électriques, que transmettait un fil isolé, inséré dans une grosse veine du cou.

Cette découverte canadienne a ouvert la voie à un tout nouveau domaine de recherche, celui du génie biomédical. Au fil des ans, les progrès apportés à la technologie des piles ont permis la miniaturisation du stimulateur, dorénavant implantable. En 1984, M. Hopps reçut son propre stimulateur cardiaque, découvrant ainsi de lui-même l'utilité de ses travaux monumentaux.



27

Blasting away tumours

Cancer-fighting cobalt-60 isotopes

Since shortly after Marie Curie's 1898 radium discovery, radioactive sources have treated assorted diseases and afflictions. While promising for some localized cancers, radioactive sources could not reach deep tumours.

Then, Canada opened its powerful NRX nuclear reactor. New radioactive isotopes, developed for medicine and science, had entered the scene. Among them was a cancer-fighting contender: cobalt-60. To make radiation beams hit previously unreachable tumours, researchers increased cobalt-60's strength and concentration thousands of times. NRC began mass-producing cobalt-60 and developed dozens of different isotopes at NRX. By the early 1950s, the so-called "cobalt bomb" boosted patient-survival rates by 75 per cent for cancers that previously had survival rates of one in five people for more than five years.

Ultimately, NRC medical physicists invented technology for targeting and destroying only cancerous tissue. Based on the Monte Carlo statistical technique, the technology quickly calculates individualized and precise doses of radiation. NRC licensed that technology to Nordion Canada Inc., and now it is in use at cancer clinics worldwide.



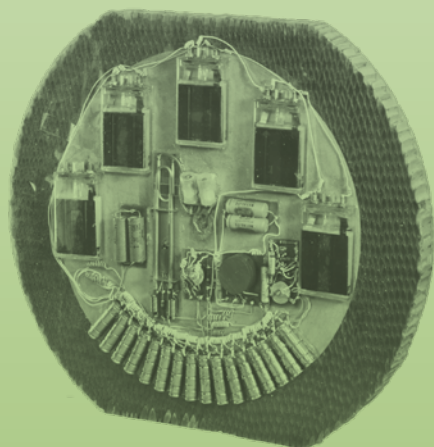
À bas les tumeurs

L'isotope cobalt-60 contre le cancer

Peu après la découverte du radium par Marie Curie, en 1898, on a recouru à l'irradiation pour soigner une foule de maux et de maladies. Si le traitement semblait prometteur pour quelques cancers localisés, les tumeurs les plus profondes y échappaient.

Puis, le Canada inaugura son puissant réacteur NRX et de nouveaux isotopes, destinés à la médecine et à la science, ont vu le jour. Parmi eux figurait le cobalt-60, adversaire de taille pour le cancer. Afin que le faisceau atteigne les tumeurs jusque-là inaccessibles, les chercheurs ont multiplié des milliers de fois la puissance et la concentration de l'isotope, que le CNRC a commencé à produire en série. Des dizaines d'autres isotopes ont été élaborés avec le réacteur NRX. Au début des années 1950, la « bombe au cobalt », comme on la surnommait avait augmenté le taux de survie des patients à 75 pour cent, alors qu'auparavant, à peine une personne sur cinq survivait plus de cinq ans à la maladie.

Avec le temps, les médecins médicaux du CNRC ont mis au point une technologie pour cibler et détruire uniquement les tissus malades. Reposant sur la méthode statistique de Monte-Carlo, cette technologie calcule rapidement une dose de rayonnement précise, en fonction de chaque individu. Le CNRC en a cédé l'exploitation commerciale sous licence à Nordion Canada Inc., de sorte que l'on y recourt désormais dans des cliniques d'oncologie des quatre coins du monde.



Down but not out

Inventing the crash position indicator

Searching for a downed plane in a remote area, especially Canada's far north, without a distress signal is like looking for a needle in a haystack. The best experimental crash position system needed too many parts: a parachute, a shock absorber, an external extendable antenna, two orienting arms and a flotation bag.

Legendary NRC engineer Harry Stevinson invented a device with no moving parts but containing a transmitter, antenna and delivery system in one tiny package. If mounted externally on the plane with a spring-loaded mechanism that released on impact, the new crash position indicator would lift to a safe distance. Stevinson designed a protective skin and a shock absorber that was tough but transparent to radio waves. An antenna transmitted a signal, regardless of orientation to the Earth's surface. The device could float, was fire resistant and was eventually manufactured by Leigh Instruments, near Ottawa.

Today, the famed "black box" incorporates a flight recorder and is a permanent fixture on commercial aircraft all around the world. NRC later developed further expertise in retrieving data from damaged flight recorders.

Et il émet toujours!

L'indicateur de position d'écrasement est né

Trouver un avion qui s'écrase dans un coin perdu, surtout le Grand Nord canadien, sans signal de détresse revient à chercher une aiguille dans une botte de foin. Le meilleur système expérimental comptait trop de pièces pour être exploitable : un parachute, des amortisseurs, une antenne extérieure articulée, deux bras orientables et un ballonnet de flottaison!

Pour y remédier, le légendaire ingénieur du CNRC Harry Stevinson a inventé un appareil sans pièces mobiles, mais intégrant un émetteur, une antenne et un système permettant de détacher l'appareil de l'aéronef, et ce dans un tout petit réceptacle. Fixé au fuselage, un mécanisme à ressort permettait au dispositif de se détacher lors du choc et de le faire tomber à une distance sûre de l'appareil. L'ingénieur avait conçu un revêtement protecteur et un amortisseur robuste que les ondes radio pouvaient traverser. Une antenne diffusait le signal, peu importe son orientation par rapport au sol. Le dispositif flottait et résistait au feu; il a fini par être fabriqué par Leigh Instruments, près d'Ottawa.

À présent, la fameuse « boîte noire » comprend un enregistreur de vol et accompagne tous les aéronefs commerciaux de la planète. Subséquemment, le CNRC a acquis une grande expertise dans la récupération des données à partir des enregistreurs de vol endommagés.





Research that matters

Pioneering methods for neutron scattering

Since the early days of physics, scientists have grappled to understand the fundamental nature of matter. In the absence of sophisticated technology, key properties about atomic structure and behaviour remained a mystery.

Enter Bertram Neville Brockhouse, a physicist who would help change all that when he joined NRC's atomic energy project at the Chalk River Laboratories in 1950. Over the course of his career, Brockhouse developed spectrometers and their applications for inelastic neutron scattering, a field of spectroscopy that employs neutrons to measure the movements of atoms within materials. Using tools such as the triple-axis neutron spectrometer, the process analyzes how neutrons behave when they are beamed through matter.

Brockhouse earned the 1994 Nobel Prize in Physics for his outstanding work, and today his techniques still provide critical tools for researchers in solid-state physics and organic chemistry. Practical applications in biology include the study of virus structure and DNA molecules. In the transport industry, engineers can test the amount of stress created by manufacturing processes for rail, car and aircraft parts.

Matière à recherche

Premiers pas vers la diffusion des neutrons

Depuis les premiers jours de cette science qu'est la physique, les chercheurs s'acharnent à déchiffrer la nature fondamentale de la matière. Toutefois, faute d'une technologie suffisamment avancée, les principales propriétés et le comportement des atomes leur ont longtemps échappé.

Puis Bertram Neville Brockhouse est arrivé en 1950. En se joignant au CNRC dans le cadre de son projet sur l'énergie nucléaire, aux laboratoires de Chalk River, ce physicien allait tout changer. Durant sa carrière, il a mis au point des spectromètres et les a appliqués à la dispersion inélastique des neutrons, branche de la spectroscopie qui recourt aux neutrons pour mesurer les déplacements des atomes dans les matériaux. Cette technique analyse le comportement des neutrons durant leur déplacement à travers la matière grâce à des instruments tel le spectromètre de neutrons à trois axes.

M. Brockhouse a remporté le prix Nobel de physique de 1994 pour ses travaux hors du commun; par ailleurs, les techniques qu'il a perfectionnées aident toujours les chercheurs en chimie organique et en physique des semi-conducteurs. Au nombre de leurs applications en biologie figure l'étude de la structure des virus et des molécules d'ADN. Dans le secteur des transports, les ingénieurs s'en servent pour vérifier les contraintes que les procédés de fabrication exercent sur les pièces des trains, des automobiles et des avions.



29

Tunnel vision

Safer navigation through the Seymour Narrows

Powerful, unpredictable currents churn the Seymour Narrows, a waterway on the inside passage of Vancouver Island. For centuries, a submerged mountain—Ripple Rock or 'Ol Rip—presented an added hazard. At low tide, its rocky claws neared the water's surface, gashing and sinking boats, which caused more than one hundred deaths. Currents foiled all attempts to trim Ripple Rock's peaks.

In 1953, NRC researchers studied the feasibility of carving vertical and horizontal tunnels from nearby Maud Island to Ripple Rock. Picture how robbers dig indirect, underground paths to access bank vaults. NRC recommended and then guided the multi-million dollar engineering project. Companies readied the shafts and explosives. On April 5, 1958, the world's largest non-nuclear explosion to date sheared off Ripple Rock's topmost peaks.

The controlled blast opened up safer navigation. Today, freighters and cruise ships sail the Seymour Narrows, connecting northern B.C. and Alaska to Vancouver and Seattle. Canada celebrates Ripple Rock as a national historic event and an engineering triumph that drew global attention from atomic scientists.



Le bout du tunnel

Une navigation plus sûre dans le passage Seymour

Des courants aussi capricieux que violents brassent les eaux du passage Seymour, voie navigable longeant l'île de Vancouver. Des siècles durant, une montagne sous-marine – Ripple Rock ou Ol' Rip – a rendu la navigation dans cet étroit goulet plus périlleuse encore. À marée basse, ses griffes de pierre déchiraient la surface de l'eau, faisant sombrer les bateaux. Plus d'une centaine de personnes y ont perdu la vie. De surcroît, la force du courant rendait impossible toute tentative d'aplanissement des dangereux récifs.

En 1953, des chercheurs du CNRC ont étudié la possibilité de creuser une galerie, verticalement puis horizontalement, entre l'île Maud et Ripple Rock. Imaginez des cambrioleurs perçant le sol en zigzag pour accéder à la chambre forte d'une banque. Le CNRC a recommandé ce projet d'ingénierie de plusieurs millions de dollars, puis l'a dirigé. Des entreprises ont apprêté puits et explosifs, si bien que le 5 avril 1958, la plus forte explosion non nucléaire jamais enregistrée jusqu'alors a rasé le sommet de Ripple Rock.

L'explosion contrôlée a rendu la navigation plus sûre dans la région. Désormais, cargos et navires de plaisance traversent le passage Seymour qui relie le nord de la Colombie-Britannique et l'Alaska à Vancouver et à Seattle. Le Canada considère la décapitation de Ripple Rock comme un fait marquant de l'histoire nationale et comme une prouesse technique qui a captivé la population mondiale et a détourné son attention de la physique atomique.

30

Kaboom!

31

A timely invention

Designing an early cesium clock

For thousands of years, humans have searched for the most accurate means to monitor time. However, Earth's daily rotation lacks uniformity for accurate measurement and man-made time-keeping devices were unreliable—that is, until the development of atomic clocks.

NRC scientists designed one of the world's first cesium clocks in 1958, a foundational instrument that would lead them to build the most stable and accurate clock in the world—so precise, it would be off by no more than three seconds in a million years. Cesium clocks are useful for providing a definition of time, or a primary frequency standard, used to monitor other clocks. In 1970, NRC assumed the entire timekeeping function for the country and shortly thereafter created the first instrument in the world to combine the accuracy of a primary frequency standard with the capability of a continuously operating clock.

As a standalone, NRC's new instrument resolved the problem of shifting frequencies in secondary clocks. It became Canada's primary time standard and was used in setting official time scales and clocks around the world.



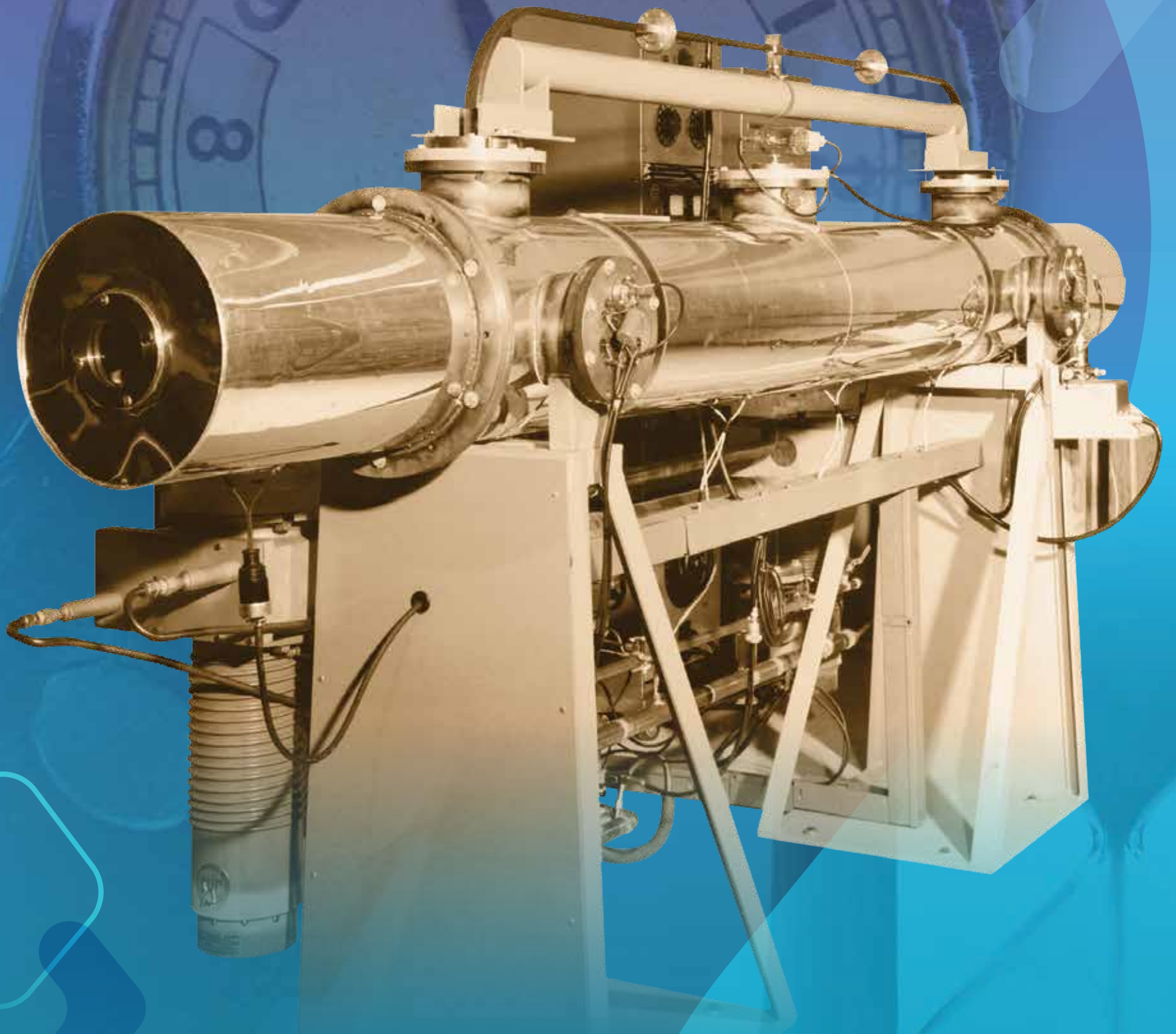
Autant en emporte le temps

Naissance de l'horloge à jet de césium

Pendant des millénaires, l'être humain a cherché comment mesurer le temps avec la plus grande précision possible. Il ne pouvait y arriver, car la rotation quotidienne de la Terre était trop irrégulière et les instruments qui suivaient le passage du temps manquaient de fiabilité. L'avènement de l'horloge atomique a tout changé.

Les scientifiques du CNRC ont conçu en 1958 une des premières horloges à jet de césium de la planète. Cet appareil fondamental les amènerait à inventer l'horloge la plus stable et la plus précise dans le monde. Cet instrument est d'une telle précision qu'il ne retarde que de trois secondes par million d'années. L'utilité des horloges à jet de césium réside dans le fait qu'elles offrent une définition du temps, c'est-à-dire un étalon primaire de fréquence servant à « surveiller » les autres horloges. En 1970, le CNRC est devenu le gardien du temps du Canada et a créé peu après le premier instrument au monde combinant l'exactitude d'un étalon primaire de fréquence à la capacité d'une horloge à mouvement perpétuel.

Ce nouvel appareil autonome, qui permettait de résoudre le problème du décalage de fréquence des horloges secondaires, est devenu l'étalon du temps canadien. Depuis, on s'en sert pour donner l'heure officielle et régler les horloges partout dans le monde.



32

Setting the flow of history

Studies of the St. Lawrence Seaway

The St. Lawrence Seaway, with seven locks built in the Montreal–Lake Ontario section, opened in 1959. It is recognized as one of the most challenging engineering feats ever. Beyond actual construction, building the Seaway also involved the management of major bridges and tunnels, and the relocation of highways, towns and villages in the flooding path.

NRC modeled parts of the planned construction to help determine the Seaway's best flow. Additionally, since several towns were abandoned for flooding, NRC gained a full-scale site to burn pre-demolition. That fueled critical research for fire safety. The resulting information helped amend Canada's National Building Code, and NRC's fire testing even led to the adoption of smoke detectors instead of heat detectors. Other countries took notice and integrated Canada's fire amendments into their fire and safety codes. Ice also presented significant challenges during the Seaway's construction, and enabled NRC to conduct extensive snow and ice research.

The Seaway opened trade, navigation and research opportunities. Research continues today, including an NRC study on harnessing hydroelectric power without constructing Seaway dams or floodgates.



Dompter le plus grand courant de l'histoire

L'aménagement du Saint-Laurent

La voie navigable du Saint-Laurent a été inaugurée en 1959, avec ses sept écluses séparant Montréal du lac Ontario. On estime qu'il s'agit d'un des plus grands exploits d'ingénierie de l'humanité. Travaux mis à part, l'aménagement du fleuve supposait aussi la gestion d'importants ponts et tunnels, de même que la relocalisation des routes et des agglomérations qui se retrouveraient sous eau.

Le CNRC a modélisé en partie les travaux prévus, en vue d'établir le trajet idéal pour l'écoulement des eaux. Comme plusieurs municipalités seraient inondées, donc abandonnées, le CNRC a eu à sa disposition un site grandeur nature à incendier avant sa démolition. Il a ainsi pu effectuer des recherches capitales sur la lutte contre le feu. Les données recueillies dans le cadre de ces études ont contribué à la modification du Code national du bâtiment du Canada. Les essais sur le feu du CNRC ont même abouti à l'adoption des détecteurs de fumée au lieu de détecteurs de chaleur. D'autres pays ont eu vent de la chose et ont intégré les changements canadiens à leur propre code de sécurité incendie. On a aussi dû tenir compte de la glace lors de la construction de la voie navigable, ce qui a amené le CNRC à réaliser d'importantes recherches sur la neige et la glace.

La voie navigable du Saint-Laurent a multiplié les possibilités pour le commerce, la navigation et la recherche. Les études se poursuivent encore de nos jours, le CNRC tentant notamment de voir comment on pourrait produire de l'électricité sans ériger de barrages ou de vannes le long du fleuve.

A pinch-hit for surgeons

Early kidney transplants and first successful microsurgical stapler

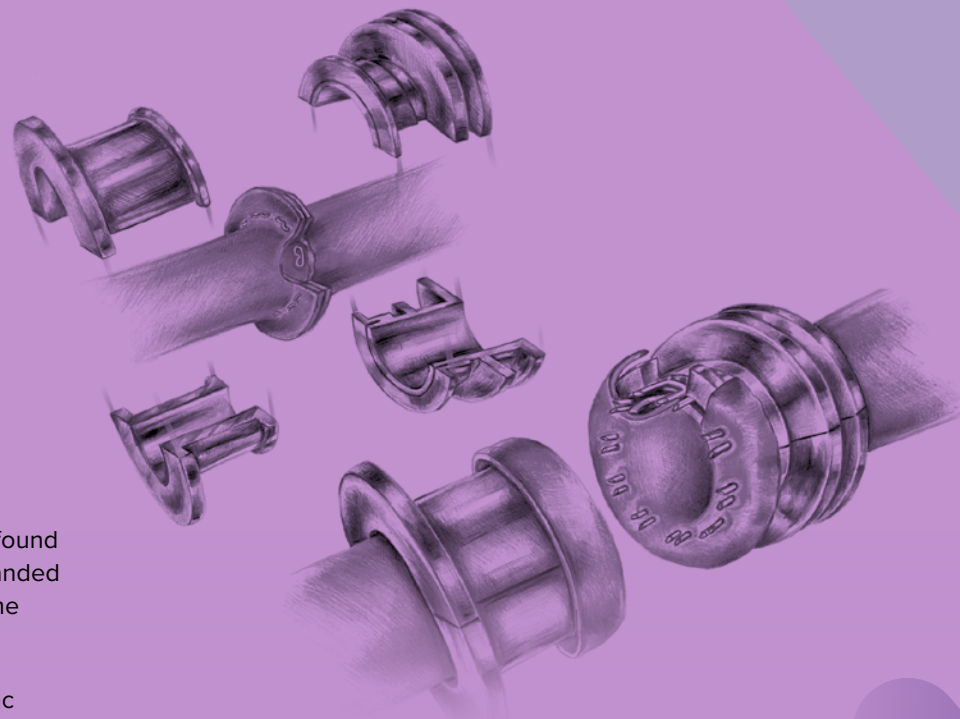
Despite technological advances in medicine in the 1950s and early 1960s, doctors were not fully exploring certain medical innovations. The root problem: surgical limitations. Surgeons found that manual sutures to reconnect tiny arteries and veins demanded extraordinary skill. They also took upwards of 30 minutes—time that may not even have been feasible for particular surgeries.

To overcome these constraints, famed Canadian surgeon Isaac Vogelfanger and other doctors collaborated with NRC engineers. Together, the cross-disciplinary team co-developed the world's first successful device for microsurgical stapling. Considered highly sophisticated for its time, the NRC–Vogelfanger stapler was a tube-like instrument that could surround severed blood vessels as small as one millimetre. It snapped sterile staples into place within seconds, thus replacing the slow, intricate manual process.

The device saved many lives and enabled researchers to explore new techniques for neurosurgery, transplants and deep-wound repair. Without the stapler's rapid precision, that era's pioneering kidney transplants and heart procedures may not have happened. Ultimately, Montréal-based Preci Surgical Ltd. commercialized the device and derivative technologies internationally.



33



Un succès attachant en chirurgie

Premières greffes de rein et invention de l'agrafeuse pour la microchirurgie

En dépit des progrès technologiques réalisés dans les années 1950 et au début de la décennie suivante, les médecins boudaient certaines innovations. Pourquoi? Leurs limites en chirurgie. En effet, les chirurgiens avaient constaté que la suture manuelle des minuscules artères et veines lors d'une intervention exigeait un doigté considérable. De plus, l'opération durait plus de 30 minutes, ce qui s'avérait trop long dans certains cas.

Le célèbre chirurgien canadien Isaac Vogelfanger et d'autres médecins ont collaboré avec les ingénieurs du CNRC pour surmonter le problème. L'équipe interdisciplinaire a mis au point le premier dispositif d'agrafage efficace en microchirurgie au monde. Très sophistiquée pour l'époque, l'agrafeuse du CNRC et du Dr Vogelfanger consistait en un instrument tubulaire dont on entourait les vaisseaux sanguins ayant seulement un millimètre de diamètre pour les raccommoder avec des agrafes stériles en quelques secondes, au lieu de la procédure manuelle, complexe et laborieuse.

L'appareil a sauvé maintes vies et permis aux chercheurs d'explorer de nouvelles techniques pour la neurochirurgie, les greffes et la réparation des plaies profondes. Sans la précision et la rapidité de cette agrafeuse, les premières greffes de cœur et de rein de l'époque n'auraient peut-être pas eu lieu. Au bout du compte, c'est la société montréalaise Preci Surgical Ltd. qui a commercialisé, à l'échelon international, l'instrument et les technologies qui en ont découlé.

Say hello to helo control

Fly-by-wire helicopters

As helicopter designs matured, their speed, manoeuvrability, stability and performance increased. Yet, pilots flying at night in combat or in bad weather did not necessarily experience all those improvements. In general, pilots rely on cockpit instruments when situational awareness is limited. However, helicopters are harder than other aircraft to operate on instruments alone.

In 1960, NRC pioneered fly-by-wire (FBW) technology. FBW converts readings from cockpit instrumentation into electronic signals and transfers manual controls to a computer system that calculates and executes commands to control flight speed, pitch angle and other variables. After engineers modified FBW for a helicopter as the first airborne flight simulator, NRC continuously honed successive generations of FBW.

FBW enables pilots to fly safely, conduct mission-related tasks and simulate different aircraft types. Flight schools send hundreds of pilots to NRC for specialized training on some of the world's most highly modified FBW and research helicopters. They can operate as in-flight simulators to let students practice handling various aircraft, including, more recently, a moon lander. Bell Helicopter released the world's first commercial FBW helicopter in 2012.

Faire tourner les hélicos

Pilotage automatique pour hélicoptères

Les progrès technologiques ont permis aux hélicoptères de gagner en vitesse, maniabilité, stabilité et performance. Néanmoins, les vols de combat et ceux effectués de nuit ou par mauvais temps ne bénéficiaient pas nécessairement des mêmes améliorations. En effet, quand le pilote ne pouvait se faire une idée de la situation à l'extérieur, il n'avait souvent d'autre recours que de se fier aux instruments de bord. Or, l'hélicoptère est beaucoup plus difficile à piloter qu'un avion quand on navigue aux instruments.

En 1960, le CNRC inventa la technologie des commandes de vol électriques. Celle-ci convertit les relevés des instruments du poste de pilotage en signaux électroniques et actionne les commandes qui contrôlent la vitesse de l'appareil, l'angle de tangage et d'autres paramètres. Après avoir adapté les commandes électriques pour faire d'un hélicoptère le premier simulateur de vol aérien, les ingénieurs du CNRC n'ont cessé d'y apporter des perfectionnements.

Les commandes électriques rendent les vols plus sûrs, permettent au pilote de se concentrer sur sa mission et reproduisent le vol d'une foule d'aéronefs. Les écoles de pilotage envoient des centaines d'élèves au CNRC y suivre une formation spéciale sur quelques-uns des hélicoptères de recherche et à pilotage automatique les plus évolués de la planète. Grâce à ces appareils, les étudiants s'exercent sur divers modèles d'aéronefs, y compris le récent module d'alunissage. Bell Helicopter a dévoilé son premier hélicoptère à pilotage automatique commercial en 2012.



35

Cheating “white death”

Rogers Pass avalanche prevention

Outdoor recreationists who venture into Canada’s mountainous areas represent 90 per cent of Canadian avalanche deaths. As builders planned to extend the Trans-Canada Highway through British Columbia’s remote Rogers Pass, they recognized that drivers would be at risk of avalanches, often called “white death.”

To protect future motorists, the highway builders approached Canadian engineers who had decades of experience in snow and ice research. NRC researchers helped select the safest route to cut through Rogers Pass, and they proposed snowsheds and other structures to safeguard particularly vulnerable spots. The researchers also taught highway operators how to predict avalanches by observing snow cover, temperature and wind conditions.

That training evolved into today’s professional courses, which are required for virtually everyone who works in Canada’s avalanche-prone zones. Now, Rogers Pass is guarded by the world’s largest mobile avalanche-control program. This program includes remote sensors, weather and snowpack observations as well as elaborate defence systems, including artillery to proactively trigger imminent avalanches. Together, these measures have prevented avalanches from killing Rogers Pass motorists since the highway opened.



Échec à la « mort blanche »

Prévention des avalanches au col Rogers

Quatre-vingt-dix pour cent des décès attribuables aux avalanches mettent en cause des amateurs de plein air qui s’aventurent dans les montagnes canadiennes. Lorsque l’on a envisagé d’allonger la Transcanadienne en lui faisant traverser le lointain col Rogers, en Colombie-Britannique, les constructeurs ont admis qu’ils exposeraient les automobilistes au risque d’une avalanche, aussi surnommée la « mort blanche ».

Pour protéger les automobilistes, les constructeurs se sont tournés vers des ingénieurs canadiens qui cumulaient des dizaines d’années d’expérience en recherche sur la neige et la glace. Les chercheurs du CNRC ont contribué à établir le trajet le plus sûr à travers le col Rogers et ont préconisé l’érection de pare-avalanches et d’autres structures aux endroits les plus périlleux. Ils ont aussi appris aux responsables de la voirie à prédire les avalanches d’après la couverture de neige, la température et le vent.

Aujourd’hui, cette formation a évolué pour devenir un cours que doivent suivre presque tous ceux qui travaillent dans les zones à risque d’avalanche au Canada. Désormais, le col Rogers fait l’objet du plus important programme mobile de lutte contre les avalanches au monde. Ce programme comprend des télécapteurs, l’observation des conditions météorologiques et de la neige, ainsi que des systèmes de prévention complexes, notamment l’usage d’artillerie pour déclencher les avalanches imminentes. Ensemble, ces mesures ont fait en sorte que les automobilistes qui empruntent le col Rogers ne périssent pas ensevelis sous la neige.

36

Telescopic space boom

STEM technology for every Alouette, Mercury, Gemini and Apollo flight

Canada's first satellite, Alouette, launched in 1962, required antennae to be light but substantial enough to withstand the force of space travel and still send signals back to Earth.

Alouette was designed to study the ionosphere, a charged layer of the atmosphere, so it needed several long antennae.

NRC's legendary inventor, George Klein, had designed a storable, tubular, extendible member (STEM) antenna for military purposes. Strong, compact, robust and functional, the telescopic antenna was adapted for Alouette, which successfully carried four antennae into space. The antennae rolled up like a carpenter's measuring tape during launch and flew on all of the early crewed United States space missions: Mercury, Gemini and Apollo. STEM increased the maximum size of satellite antennae from six metres to 45 metres, and was eventually adopted as standard space technology.

As with nearly all space age research, STEM technology was modified for many earthly tasks: in booms to elevate camera and lighting systems, in hydrodynamic winches, as legs on survey tripods, as tools that load industrial ovens, and to move equipment in dangerous mining and nuclear facilities.

Le télémanipulateur spatial

Un bras articulé pour les vols Alouette, Mercury, Gemini et Apollo

Lancé en 1962, Alouette, le premier satellite canadien, avait besoin d'antennes légères, mais assez robustes pour supporter la force de propulsion dans l'espace et relayer les signaux à la Terre. Le satellite était conçu pour étudier l'ionosphère, couche de l'atmosphère chargée de particules électriques. Plusieurs longues antennes lui étaient donc nécessaires.



George Klein, légendaire inventeur du CNRC, avait conçu pour l'armée une antenne tubulaire, extensible et escamotable. Solide, compacte, robuste et fonctionnelle, elle a été adaptée pour le satellite, si bien qu'Alouette gagna l'espace pourvu de quatre antennes télescopiques qui, au décollage, s'enroulaient comme le ruban à mesurer d'un menuisier. Cette antenne a fait partie de toutes les premières missions

d'exploration spatiales américaines avec équipage : Mercury, Gemini et Apollo. Le système télescopique, qui faisait passer la longueur maximale de l'antenne de 6 à 45 mètres, a fini par devenir la norme en technologie spatiale.

Comme c'est le cas pour la plupart des recherches de l'ère spatiale, cette technologie fut adaptée afin d'accomplir de multiples tâches sur Terre : perches pour élever des caméras et des projecteurs, leviers hydrodynamiques, jambes télescopiques des trépieds d'arpenteur, outils servant à alimenter les fours industriels ou à déplacer l'équipement dans les installations minières et nucléaires dangereuses.



Freedom to connect

Devices for children with disabilities

Until the 1960s, persons with disabilities faced an absence of assistive products, which limited options for daily activity or even basic communication. Thalidomide and the Vietnam War increased the number of persons, including children, in need of specialized tools—ones to empower active participation in society.

At this tipping point, federal minister Walter Dinsdale and NRC researchers Orest Roy and Raymond Charbonneau championed a unique public-private partnership: Technical Aids and Systems for the Handicapped (TASH). Based in Markham, Ontario, this manufacturer supplied Canadian medical devices initially based on products from NRC's biomedical engineering research. For example, a 1963 innovation called COMHANDI enabled people with severe paralysis to communicate and build words on an electronic letter board using the slightest movement, even from eyelids.

User-friendly assistive technologies and learning tools held children's attention so well that they considered them toys. TASH marketed nearly 200 products in more than 25 countries and earned millions in sales. The human impact was incalculable. Through tools that allow human connections, NRC's biomedical team built a lasting bridge to inclusion.

Communiquer librement

Dispositifs pour enfants handicapés

Jusque dans les années 1960, les personnes handicapées souffraient du manque d'accessoires fonctionnels, ce qui limitait leurs activités quotidiennes, voire la communication pure et simple. Le thalidomide et la guerre du Vietnam ont multiplié le nombre de personnes, y compris des enfants, nécessitant des outils spéciaux qui les aideraient à prendre leur vie en main et à participer activement à la société.



La situation était telle que le ministre fédéral Walter Dinsdale et les chercheurs du CNRC Orest Roy et Raymond Charbonneau ont défendu ardemment un partenariat public-privé inédit : Appareils Techniques et Systèmes pour les Handicapés inc.

(TASH). Installé à Markham, en Ontario, ce fabricant fournissait des dispositifs médicaux canadiens issus au départ des recherches du CNRC en génie biomédical. En 1963, par exemple, une innovation baptisée COMHANDI a permis aux personnes gravement paralysées de communiquer et de former des mots grâce à un abécédaire électronique à partir du plus infime mouvement, ne serait-ce que le battement d'une paupière.

Ces outils d'aide et d'apprentissage conviviaux captaient si bien l'attention des enfants que ceux-ci les prenaient pour des jouets. TASH a commercialisé près de 200 produits dans plus de 25 pays et enregistré des ventes de plusieurs millions de dollars. Le partenariat a eu un impact humain incalculable. Grâce à ces outils facilitant les contacts, l'équipe biomédicale du CNRC a su jeter un pont vers l'inclusion qui durera longtemps.

37

From undrinkable to potable

Membrane technology for water purification

Human survival relies upon fresh water. Researchers have long looked to osmosis and membranes to remove impurities from water. However, by the middle of the 20th century, low flow rates and partial filtration still hampered studies underway at universities and government laboratories.

The turning point materialized when NRC's Srinivasa Sourirajan collaborated with Sidney Loeb, a chemical engineer based in California, to make reverse osmosis (RO) commercially feasible. The Loeb–Sourirajan technique purifies water by forcing high volumes of pressurized water through asymmetric, semipermeable membranes made of cellulose acetate—a natural plastic.

Subsequently, NRC designed RO membranes for various industries. For example, by filtering up to 80 per cent of the water from sap before making maple syrup, Canadian producers now save energy costs and reduce consumption. NRC's specialty membranes also concentrated fruit juices and reduced liquid-waste industry discharges.

Growing populations trigger construction of ever more RO treatment plants. Today, the Loeb–Sourirajan RO technique influences thousands of RO plants for water purification and food processing. The filters are also used in environmental and medical applications like dialysis filters.

D'imbuvable à potable

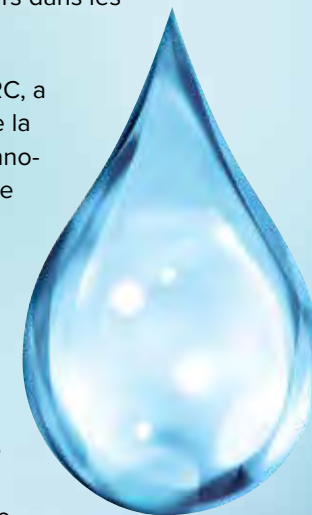
Une membrane pour purifier l'eau

Sans eau douce, l'être humain ne survivrait pas. Depuis longtemps, les chercheurs tentaient de voir comment l'osmose et les membranes pourraient débarrasser l'eau de ses impuretés. Vers le milieu du 20^e siècle cependant, la lenteur du débit et une filtration incomplète entravaient toujours les études en cours dans les universités et les laboratoires gouvernementaux.

Tout a changé quand Srinivasa Sourirajan, du CNRC, a collaboré avec Sidney Loeb, ingénieur chimiste de la Californie, pour faire de l'osmose inverse une technologie commercialement exploitable. Leur technique purifiait l'eau en forçant une grande quantité d'eau à traverser sous pression des membranes asymétriques et semi-perméables en acétate de cellulose, un plastique naturel.

Par la suite, le CNRC a conçu des membranes d'osmose inverse pour diverses industries. Ainsi, en filtrant jusqu'à 80 pour cent de l'eau de la sève des érables avant sa transformation en sirop, les acériculteurs canadiens peuvent économiser sur le coût et la quantité d'énergie consommée. Les membranes spéciales du CNRC concentrent aussi les jus de fruit et réduisent le volume de résidus liquides des industries.

La croissance démographique entraîne la construction d'usines d'épuration par osmose inverse de plus en plus nombreuses. À présent, la technique Sourirajan-Loeb touche des milliers d'établissements qui purifient l'eau et transforment les aliments par osmose inverse. Les filtres servent aussi dans diverses applications environnementales et médicales comme la dialyse.



Homegrown success

Breeding canola's billion-dollar industry

Traditionally, oil from rapeseed plants was a popular industrial lubricant for train and marine uses. After the Second World War and as diesel displaced steam engines, demand for rapeseed oil plummeted. Efforts to re-market rapeseed to consumers flopped; the plant was unfit for human and animal consumption. Consequently, Canadian farmers contemplated rapeseed's worth, even if it meant increasing their over-dependence on wheat crops for revenues.

NRC scientists, Agriculture Canada crop researchers and prairie academics collaborated for decades to make rapeseed palatable by reducing erucic acid and glucosinolate levels. Using plant breeding and other techniques, they created new varieties that minimized unwanted traits, hastened growth, boosted disease resistance, and improved nutritional value and oil yield. Those transformations bred a different plant: "Canadian oil low acid," or canola.

Now, canola is in products such as foods, cosmetics, biofuel and animal feed. Annually, canola contributes more than \$19 billion to Canada's economy, while supporting nearly 250 000 jobs. Canada continues to grow the crop by the millions of hectares and serves as the global centre for canola research.

Une réussite du terroir

Création d'une culture valant des milliards

L'huile du colza était depuis toujours très recherchée comme lubrifiant dans les industries ferroviaires et maritimes. Après la Deuxième Guerre mondiale cependant, quand le diesel a remplacé la vapeur, la demande d'huile a chuté. Les tentatives en vue d'écouler le colza sur le marché de consommation se sont soldées par un échec, car la plante était impropre à la consommation, tant humaine qu'animale. Les agriculteurs canadiens songeaient donc à en abandonner la culture, même si cela signifiait dépendre encore plus du blé.

Des scientifiques du CNRC, des agronomes d'Agriculture Canada et des chercheurs universitaires des Prairies ont collaboré durant plusieurs dizaines d'années pour rendre le colza comestible en diminuant sa teneur en acide érucique et en glucosinolates. Par l'hybridation et d'autres techniques, ils ont créé de nouvelles variétés chez lesquelles les caractères indésirables étaient réduits au minimum et dont la qualité nutritive, la croissance, la résistance, de même que la quantité d'huile produite étaient supérieures. Ces transformations ont abouti à la genèse d'une nouvelle plante : le « colza oléagineux à faible teneur en acide » ou canola.

Aujourd'hui, on retrouve le canola dans les aliments, les cosmétiques, le biocarburant et les aliments du bétail. Chaque année, cette culture injecte au-delà de 19 milliards de dollars dans l'économie canadienne et procure un emploi à près de 250 000 personnes. Le Canada continue d'en cultiver des millions d'hectares et il est le centre mondial de la recherche sur cette plante.







NRC-CNRC

1965-1985



An age of expansion

As living standards improved and the first baby boomers came of age, a massive youth movement formed that challenged the social status quo. Canada raised a new national flag and shone in the spotlight during Expo 67. In this era, NRC laid the foundations for national scientific infrastructure by creating programs and offshoot organizations. NRC also played a prominent role in launching the digital media revolution and establishing Canada as a hotbed of innovation in the arts and entertainment.

L'expansion

Avec l'amélioration du niveau de vie, les premiers baby-boomers ont formé un mouvement de jeunesse irrésistible qui a remis en question l'ordre social. Le Canada s'est doté d'un nouveau drapeau national et les projecteurs de la planète se sont braqués sur notre pays lors de l'Expo 67. Parallèlement, le CNRC a jeté les bases d'une infrastructure scientifique nationale en mettant en place des programmes et des organisations dérivées. Le CNRC a également joué un rôle primordial dans la révolution des médias numériques et a fait du Canada un terrain fertile pour l'innovation dans le monde des arts et du spectacle.



40

Coming through with flying colours

World's first national flag applying international colour standards

After unveiling the national flag of Canada in 1965, Prime Minister Lester B. Pearson grew dissatisfied when flags fluttered with colours from red to orange to rust. Apart from sun, rain and wind exposure, the blame fell to diverse fabrics and reds. Unfortunately, King George V never specified the shade of red when he proclaimed red and white as Canada's national colours 44 years earlier.

A federal interdepartmental team tackled how to ensure the flag looked consistent and featured precise proportions, grommets, stitching, fabric and colours. In identifying the exact red from 500 000 choices, NRC marked the first time that international colour standards were applied to a national emblem. Through wind tests, NRC also evaluated the durability of fabric samples and dyes to ensure consistent manufacturing.

These findings informed the first standard for the national flag of Canada, published in June 1966, guaranteeing manufacturers could produce flags that displayed Canada's true red and better withstood the elements. Today, NRC helps ensure technical advances continue to protect the global symbol of Canadian identity and bolster Canadian manufacturing and industrial design.



Hissez les couleurs

Premier drapeau au monde à voir ses couleurs normalisées

Après avoir dévoilé le nouvel étendard canadien, en 1965, le premier ministre Lester B. Pearson n'a pu cacher sa déception en constatant que les couleurs du drapeau se fanaient, passant du rouge à l'orange et ensuite au roux. Le blâme est tombé tour à tour sur le soleil, sur la pluie et sur le vent, puis sur le tissu et sur le rouge. Malheureusement, lorsque le roi George V avait fait du rouge et du blanc nos couleurs nationales, 44 ans plus tôt, il avait omis d'en spécifier la teinte.

Une équipe interministérielle a cherché à donner plus d'uniformité au drapeau : dimensions, œillets, coutures, tissu, couleur. En fixant la nuance précise de rouge parmi les 500 000 nuances de couleur perceptibles, le CNRC a appliqué pour la première fois dans l'histoire un étalon de couleur à un emblème national. Des essais en soufflerie ont établi la durabilité des échantillons de tissu et du colorant, garantissant de surcroît une fabrication uniforme.

Ces résultats ont mené à la première norme pour le drapeau canadien, publiée en juin 1966. Cette norme a permis de produire des étendards à l'épreuve des intempéries, affichant le vrai rouge national. À présent, le CNRC veille à

ce que les progrès de la technologie continuent à préserver ce symbole de l'unité canadienne et à renforcer l'industrie de la fabrication et du dessin industriel au pays.

Wheels up, quiet down

Reducing aircraft noise

Throughout the 1960s and 1970s, concerns about noisy air traffic conflicted with residential developments near airports. Growing demand for air travel meant serious housing and real estate problems.

NRC scientists investigated the effects of airport noise on nearby residents. That work led to innovative software for insulation design, used by architects and builders to reduce aircraft noise. The software incorporates the acoustic properties of construction materials with indoor sound measurements for buildings exposed to aircraft noise. This assesses the effects of changing a building location and construction details for the comfort of residents. By modifying one of NRC's wind tunnels to measure sound created by air rushing over airplane parts, such as landing gear, researchers also examined noise emitted by specific parts.

Today, aircraft engine manufacturers come to NRC to ensure that their engines will operate within noise and vibration limits. NRC also uses computer modelling to predict sound levels inside aircraft. Additionally, NRC has contributed to reducing problems caused by noise levels at airports, and permitted better planning for airport extensions, new aircraft and changing air-traffic patterns.

41



Silence, on vole

La lutte contre le bruit des avions

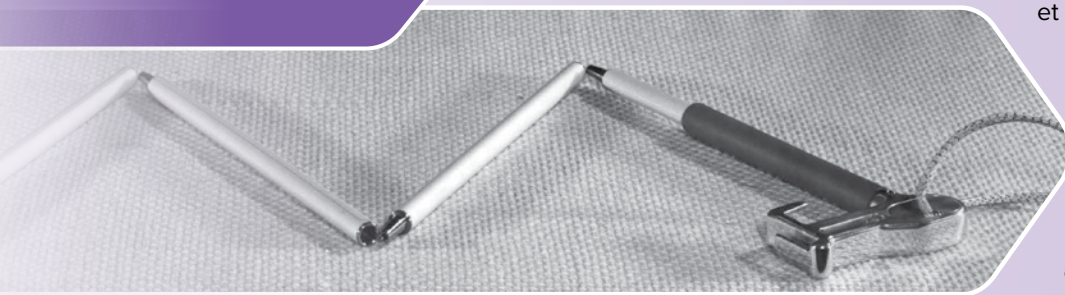
Entre 1960 et 1980, le trafic aérien et l'urbanisation ne faisaient pas bon ménage autour des aéroports. L'engouement pour les voyages en avion posait de sérieux problèmes immobiliers.

Des scientifiques du CNRC ont étudié les effets du bruit dans les quartiers proches des aéroports, ce qui a entraîné la création d'un logiciel novateur pour aider les architectes et les constructeurs à réduire cette nuisance. Le logiciel intégrait les propriétés acoustiques des matériaux à l'intensité du bruit mesurée dans les maisons voisines des aéroports. Ainsi, on pouvait établir comment un emplacement différent et l'utilisation de certains éléments de construction affectaient le confort des habitants. Le CNRC a modifié l'une de ses souffleries pour mesurer le son des pièces d'avion fendant l'air, notamment le train d'atterrissage, ce qui a aussi permis aux chercheurs d'étudier le bruit émis par des pièces précises.

À présent, les avionneurs viennent au CNRC pour s'assurer que le moteur de leurs appareils ne dépasse pas les seuils de tolérance pour le bruit et les vibrations. Le CNRC recourt aussi à la modélisation sur ordinateur pour prévoir l'intensité du bruit dans la cabine. Enfin, le CNRC a contribué à atténuer les problèmes liés au bruit dans les aéroports et permis une meilleure planification de leurs agrandissements, des nouveaux aéronefs et des couloirs de circulation aérienne.



42



Science leading the blind

Aids that deliver independence

A 1982 addition to the *Canadian Charter of Rights and Freedoms* brought the world's first model of national inclusiveness for people with disabilities. Until then, Canadians with vision loss or complete blindness were often institutionalized, devalued or overlooked. They had fewer opportunities to participate in daily life, and faced obstacles to personal safety, employability and independence.

Decades before legislation guaranteed rights for anyone with disabilities, NRC blind engineer Jim Swail, his colleagues and fellow Canadian researchers demonstrated leadership and ingenuity by helping people with vision loss. They created hundreds of useful inventions, including: sensors to detect light sources; sound beacons to locate objects; an improved, collapsible white cane; voice synthesizers for phones; a specialized gauge for photo-development vats; and electronic thermometers equipped with readouts that could be heard and felt.

Some inventions were so advanced that 21st century consumer devices now still use similar locator technology. What's more, the early innovations delivered new levels of independence—a vital role that technology continues to play for the half-million Canadians who live with significant vision loss.

La science n'est pas aveugle

En quête d'autonomie

En 1982, un amendement à la *Charte canadienne des droits et libertés* a engendré le premier modèle national d'inclusion des handicapés. Avant, les Canadiens malvoyants ou aveugles étaient souvent placés en institution, dévalorisés ou oubliés. Ils avaient rarement la chance de participer à la vie active et se heurtaient à maints obstacles sur les plans de la sécurité, de l'emploi et de l'autonomie.

Des décennies avant que la loi ne prenne la défense des handicapés, l'ingénieur du CNRC Jim Swail, aveugle lui aussi, et des chercheurs parmi ses collègues canadiens ont fait preuve d'ingéniosité pour porter secours aux malvoyants. Ils ont créé pour eux des centaines d'articles utiles : détecteurs de lumière, balises sonores localisant les objets, cannes blanches escamotables, synthétiseurs de voix pour téléphone, thermomètres électroniques tactiles ou sonores ainsi qu'une jauge spéciale pour les bains de développement en photographie.

Certaines inventions étaient si avancées que des dispositifs courants du 21^e siècle utilisent encore des technologies de localisation similaires. Ces innovations ont aussi débouché sur une plus grande autonomie, rôle vital que la technologie continue de jouer aujourd'hui pour le demi-million de Canadiens à la vue déficiente.





One giant leap for humankind

First very long baseline interferometry

Although a small dot in the context of the universe, planet Earth seems vast from the perspective of human beings—and of individual telescopes too. If scientists were to precisely capture and make sense of data on a universal scale, telescopes of the day would have to pool their capabilities to form a virtual, in-sync instrument that could recognize the faintest signals. Astrophysicists wanted to bridge many remote telescopes, but conventional techniques connected telescopes with physical cables or spanned short distances with radio links.

Enter very long baseline interferometry or VLBI. In 1967, using recording equipment from the Canadian Broadcasting Corporation, NRC scientists were the world's first to successfully merge observations using VLBI with radio telescopes across vast distances. The Canadian scientists created high-precision images by combining simultaneous signals from radio telescopes located 3 074 kilometres apart, in British Columbia and Ontario.

Now, VLBI lets countless telescopes around the world function as one for radio astronomy and geographical surveying, ensuring millimetre accuracy of measurements for the positions of objects on Earth and outside this galaxy, reaching out to the early universe.



43

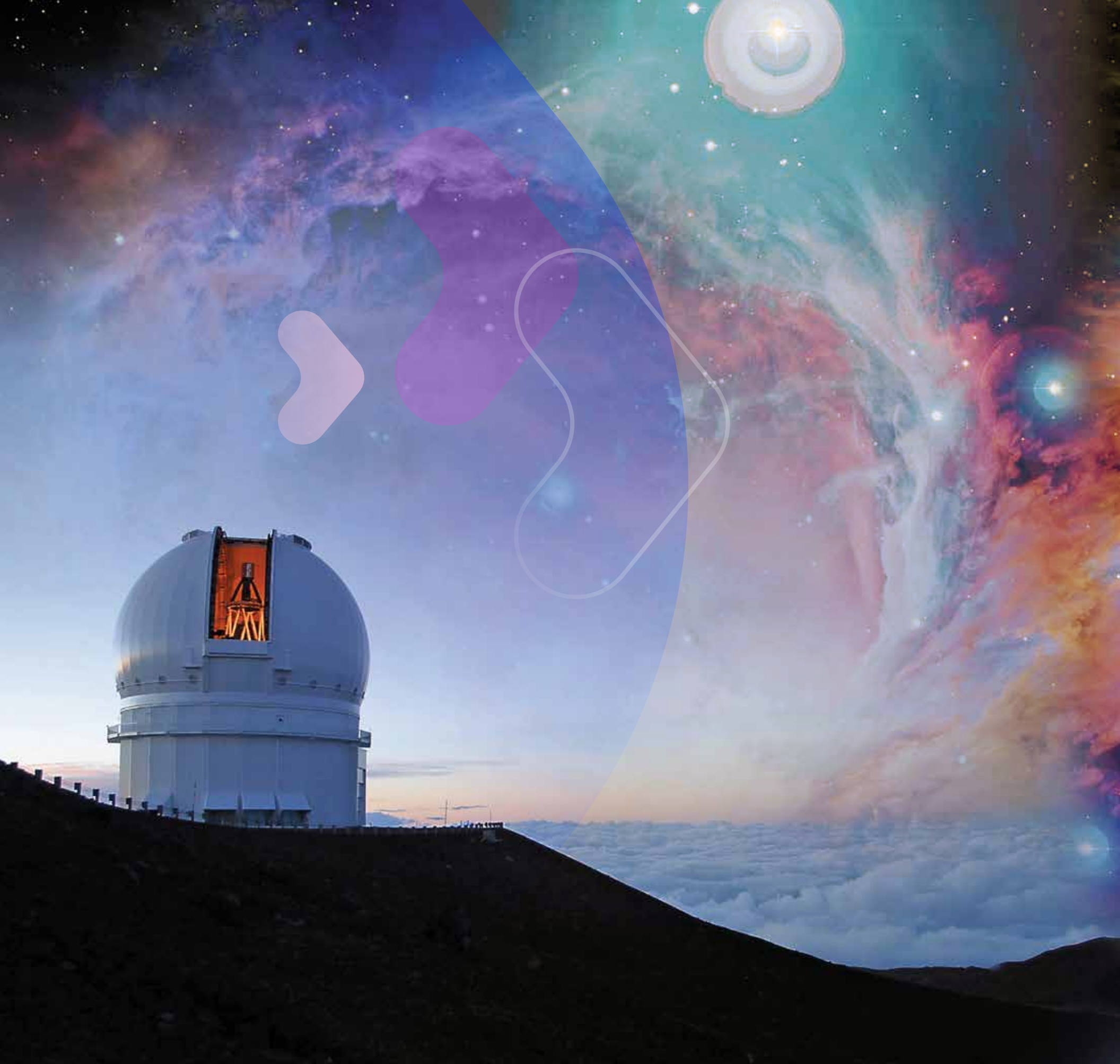
Un grand pas pour l'humanité

Premier interféromètre à très longue base

Point infime dans l'immensité de l'univers, la Terre n'en demeure pas moins vaste à l'œil humain. Et à celui du télescope. Pour bien saisir les données à l'échelle de l'univers et en tirer un sens, les astrophysiciens devaient combiner les capacités de leurs télescopes pour en créer un synthétique, capable de capter les signaux les plus ténus. Ils auraient aimé relier des instruments très éloignés, mais, pour cela, il fallait des câbles ou une liaison radio, qui couvraient peu de distance.

Puis l'interférométrie à très longue base (ITLB) a vu le jour. En 1967, des scientifiques du CNRC utilisant des enregistreurs de la Société Radio-Canada ont été les premiers à amalgamer avec l'ITLB les observations de radiotélescopes très éloignés l'un de l'autre. Ces chercheurs ont obtenu des images d'une grande précision en fusionnant les signaux simultanément captés par des radiotélescopes distants de 3 074 km, un en Colombie-Britannique, l'autre en Ontario.

De nos jours, grâce à l'ITLB, d'innombrables télescopes dans le monde fonctionnent comme s'ils ne faisaient qu'un en radio-astronomie et pour les levés cartographiques. Ils établissent l'emplacement d'objets sur la Terre au millimètre près, ainsi que la position des corps extragalactiques dans l'univers quand celui-ci n'en était qu'à ses balbutiements.





Eye on the sky

Blazing a trail in observatory know-how

Standing out as a world-leading expert in observatories is no small task. Over the last century, remarkable developments in telescopes and their supporting instruments have altered our view of the Universe. Yet hard work and innovation affirms Canada's place as one of astronomy's brightest stars.

After assuming stewardship for the Dominion Astrophysical Observatory and Dominion Radio Astrophysical Observatory in 1970, NRC took astronomy to new heights with the construction of the Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT). Located atop Mauna Kea in Hawaii, the CFHT is renowned for delivering some of the best images of all ground-based telescopes. Its instrumentation provides images sharp enough to pinpoint individual stars in far-off galaxies and can record the spectra of up to 100 very faint galaxies simultaneously.

CFHT was only the beginning. Its construction led to the creation of other partner observatories, further establishing Canadian firms and engineers as experts in the design, manufacture and construction of instruments and enclosures. While NRC's observatories have reported incredible discoveries, they have also yielded advances for industry, including high-performance computing, stealth aircraft detection and GPS operation.

Le ciel à la loupe

Multiplication des observatoires

Se démarquer comme expert mondial en astronomie n'est pas une mince affaire. Au cours du siècle dernier, les télescopes se sont remarquablement perfectionnés et leur instrumentation a changé notre vision de l'univers. Pourtant, ce sont le travail acharné et les innovations qui ont fait du Canada une des étoiles les plus étincelantes de cette science.

Après avoir pris en charge les observatoires fédéraux d'astrophysique et de radioastrophysique en 1970, le CNRC a hissé d'un cran l'astronomie avec l'érection du Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH). Juché au sommet du Mauna Kea, à Hawaï, cet appareil est l'un des télescopes terrestres qui livrent les plus belles images. Ses instruments permettent de situer les étoiles des galaxies les plus lointaines et d'enregistrer simultanément le spectre de 100 galaxies ultraténues.

Le TCFH n'était qu'un début. Sa construction a engendré d'autres observatoires, qui ont fait en sorte que les entreprises et ingénieurs canadiens sont devenus des spécialistes en conception et fabrication d'instruments et de leurs enceintes. Non seulement les observatoires du CNRC ont permis de réaliser d'incroyables découvertes, mais ils ont aussi fait progresser l'industrie, notamment le calcul informatique de pointe, la détection des avions furtifs et le fonctionnement du système mondial de localisation (GPS).

Fresh food for thought

Food storage systems for northern veggies

Today's consumers enjoy assorted foods from faraway places. However, not so long ago, challenges arose even when transporting foods from farms on one of Canada's coasts to kitchens on another coast. During those cross-country treks, supposedly hardy vegetables like parsnips, onions and turnips turned limp. Meanwhile, cold-resistant bacteria coated beef with an unappetizing slime.

In the 1960s, NRC researchers conducted tests that showed bacteria growth on beef could be prevented by storing the meat in air containing 20 per cent carbon dioxide. For vegetables, the researchers went against popular "wisdom" that high humidity causes vegetables to rot. The team proved otherwise and designed better storage facilities to keep vegetables cool while preserving their natural moisture. Researchers also went on to improve the stability of powdered eggs and curing of bacon.

These findings vastly improved Canada's shipping and preservation methods, extended food's marketing season and led to higher revenues for Canadian producers. Consumers could access more food choices outside of peak seasons, thus benefiting from NRC's food preservation techniques, many of which are still fresh today.

45



Matière fraîche à réflexion

Des légumes pour le Nord

De nos jours, les aliments exotiques abondent. Pourtant, il n'y a pas très longtemps, acheminer les aliments de la ferme à la table quand un continent les sépare était un véritable défi. Durant ce voyage interminable, les légumes rustiques, tels panais, oignons et navets, flétrissaient, et la viande se couvrait d'une pellicule peu ragoûtante produite par des bactéries résistantes au froid.

Dans les années 1960, des tests effectués par les chercheurs du CNRC ont révélé que l'on pouvait empêcher les bactéries de proliférer sur la viande en ajoutant 20 pour cent de dioxyde de carbone à l'air ambiant. Côté légumes, ils ont réfuté la croyance populaire voulant que l'humidité fasse pourrir ces derniers en concevant des entrepôts qui gardaient les légumes au frais tout en préservant leur teneur en eau naturelle. Enfin, ils ont trouvé comment stabiliser davantage les œufs en poudre et améliorer la salaison du bacon.

Leurs découvertes ont rehaussé considérablement les techniques canadiennes d'expédition et de préservation, élargi la période de commercialisation des aliments et accru les revenus des producteurs. Ces techniques de conservation, encore d'actualité aujourd'hui, ont donné aux Canadiens plus de choix pour se confectionner un repas hors de la belle saison.

For peat's sake

Better ice roads for Canada's North

Canadians expect freeze-thaw cycles to wreak havoc. Yet, in Canada's northernmost regions, those cycles mean more than cracked and sinking roads or buildings. Sure, thawing permafrost causes expensive damage and landslides. But, as permafrost heats up, ecosystems can also be thrown out of balance; defrosting can release underlying stockpiles of methane and carbon frozen in peat.

By adapting roads to protect permafrost from undue thawing, researchers hope to avert infrastructure problems and environmental crises. In the 1970s, NRC explored protective tactics collaboratively with federal partners and Dow Chemical of Canada. They installed synthetic insulation panels of varying thicknesses during different seasons. For six years, they measured changes near Inuvik at test stretches and non-insulated sections of the Mackenzie Highway.

As recently as 2013, the Department of Transportation for the Northwest Territories recommended that road builders heed environmental findings from those four-decades-old studies: minimize impact by constructing future Mackenzie Highway expansions early in the year on completely frozen ground. NRC's permafrost studies influenced engineering and construction in Canada and internationally, and forged sustainable paths across the permafrost.



Sphaigne alors!

Routes de glace plus solides dans le Nord

Gel et dégel sont la plaie du Canada. Dans le Grand Nord cependant, ce phénomène ne fait pas que fissurer et faire s'effondrer routes et bâtiments. Certes, la fonte du pergélisol entraîne d'importants dégâts et des glissements de terrain, mais le réchauffement sème aussi le chaos dans l'écosystème : il libère le méthane et le dioxyde de carbone gelés dans les tourbières.

En adaptant les routes pour que le pergélisol ne fonde pas, les chercheurs espèrent éviter les problèmes d'infrastructure autant qu'une crise environnementale. Dans les années 1970, le CNRC, ses partenaires fédéraux et Dow Chemical of Canada ont tenté de voir comment y parvenir. Ils ont posé des panneaux d'isolant synthétique d'épaisseur variable à divers moments de l'année. Six années durant, ils ont mesuré les changements subis par les tronçons isolés et non isolés de l'autoroute Mackenzie, près d'Inuvik.

En 2013 encore, le ministère des Transports des Territoires du Nord-Ouest recommandait aux constructeurs de prendre en compte les résultats de ces études menées 40 ans auparavant : minimiser l'impact environnemental en prévoyant que tout agrandissement futur de l'autoroute Mackenzie soit effectué en début d'année, quand le sol est gelé. Les travaux du CNRC ont influé sur le génie et la construction au Canada et à l'étranger, et permis l'aménagement de routes durables sur le pergélisol.



47

Grain gains

Hull-removal technology for the world

For millions of people in the world's semi-arid regions, sorghum and millet are important staple foods. However, these crops cannot be eaten until the outside layer, or hull, of the grain is removed. To do so, women and children have traditionally spent hours daily, pounding the grain by hand.

In the 1970s, NRC designed the first effective device that allows farmers to hull sorghum and millet cheaply and quickly. The device, called a decorticator, processes the grain in a fraction of the time it takes to remove the hulls manually. Unlike previous designs, NRC's model was relatively cheap to install and easy to maintain. NRC created two prototypes that became jump-off points for technology transfer to Africa, India and parts of Latin America.

Most modern decorticators are based on NRC's design, which has been modified over the years to meet local needs in countries such as Zimbabwe, Senegal, Tanzania and India. Decorticators have given people the power to feed themselves using hardy local crops instead of depending on expensive imports such as rice and wheat.

Céréales pour tous

Un monde sans balle

Le sorgho et le millet sont des denrées de base pour des millions de personnes qui peuplent les régions semi-arides de la planète. Malheureusement, ces céréales ne peuvent être consommées tant que le grain n'a pas été débarrassé de son enveloppe, aussi appelée « balle ». Ainsi, femmes et enfants consacrent de longues heures chaque jour à décortiquer le grain en le battant à la main.

Dans les années 1970, le CNRC a mis au point le premier appareil capable de décortiquer vite et à peu de frais le sorgho et le millet. L'appareil – une décortiqueuse – traite le grain en une fraction du temps qu'il en faut pour le faire à la main. À l'inverse des appareils qui l'ont précédé, le modèle du CNRC est peu coûteux à installer et il est facile à entretenir. Le CNRC a créé les deux prototypes qui ont servi de point de départ pour le transfert de technologie en Afrique, en Inde et dans diverses régions d'Amérique latine.

La plupart des décortiqueuses actuelles s'inspirent des modèles du CNRC, qui ont été modifiés au fil des ans en fonction des besoins locaux dans différents pays comme le Zimbabwe, le Sénégal, la Tanzanie et l'Inde. Grâce à cet appareil, les gens ont pris leur avenir en main, préférant des plantes indigènes rustiques aux cultures d'importation onéreuses comme le riz ou le blé pour se nourrir.

Nobel quality analysis

Canada's Einstein and pioneer in molecular spectroscopy

"A Mecca of science" and "the leading research centre of its kind in the world" were phrases used to describe Gerhard Herzberg's lab at NRC when he was awarded the Nobel Prize in 1971. From the early days of his career, Herzberg explored the energy content and properties of molecules using a new science of spectroscopy to study phenomena outside the visible region of light.

Herzberg's pioneering interest was free radicals, essential to understanding how chemical reactions proceed. In a reaction, original molecules break into fragments, which rearrange to form new molecules or free radicals. They are difficult to study because their lifetimes are measured in millionths of a second. Working with unseen light waves in spectroscopy could capture their properties with precision. Before winning the Nobel Prize, Herzberg had determined the properties of more than 30 free radicals, including the very difficult methyl and methylene.

His research contributed enormously to quantum mechanics as well as the development of molecular spectroscopy. Herzberg also influenced all branches of chemistry, including applications in advanced medicine.

La qualité Nobel

Le pionnier de la spectroscopie moléculaire, ou l'Albert Einstein du Canada

La « Mecque de la science ». Un « centre de recherche unique au monde ». Ainsi a-t-on décrit le laboratoire de Gerhard Herzberg quand celui-ci a reçu le prix Nobel, en 1971. Dès le début de sa carrière, M. Herzberg s'est intéressé à l'énergie et aux propriétés des molécules en recourant à la nouvelle science qu'était la spectroscopie pour étudier les phénomènes invisibles à l'œil.

M. Herzberg se passionnait pour les radicaux libres, pierre angulaire des réactions chimiques. En effet, dans une réaction, les molécules se fragmentent et se réassemblent pour en former de nouvelles ou des radicaux libres. Les étudier était difficile, car leur vie n'est que de quelques millièmes de seconde. Les ondes invisibles de la spectroscopie ont toutefois saisi leurs propriétés avec précision. Avant de remporter le prix Nobel, M. Herzberg a établi les propriétés d'une trentaine de radicaux libres, dont les très élusifs méthyle et méthylène.

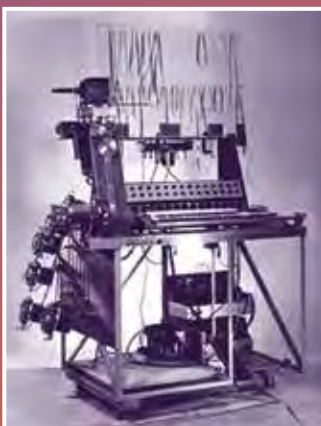
Ses travaux ont beaucoup apporté à la mécanique quantique et à l'avancement de la spectroscopie moléculaire. L'influence de M. Herzberg s'est également fait sentir dans toutes les branches de la chimie, y compris des applications en médecine de pointe.



48

A mind for modern music

Orchestrating digital instruments



Hugh Le Caine's 35-year career at NRC united science and art, running from atomic physics and radar to a wide variety of musical innovations. Through progressive technology, he transformed a water drip into "Dripsody," his renowned composition of *musique concrète*, a subgenre of electroacoustics.

By designing dozens of first-of-a-kind instruments, Le Caine electronically recorded and manipulated natural sounds.

His 1970 polyphonic synthesizer outshone any other synthesizer and controlled multiple, simultaneous sounds. By 1972, he had developed the hybrid Paramus, a computer-controlled polyphonic synthesizer, which appeared a decade before comparable digital synthesizers defined the 1980s.

Le Caine created boundary-pushing technology for world-renowned composers while introducing easy-to-learn instruments for people new to music. His inventions included: the 1940s electronic sackbut that experts label the first voltage-controlled synthesizer, touch-sensitive keyboards, amplifiers, sound filters, specialized oscillators, controllers, sliders and variable-speed, multi-track recorders.

The World's Fair, Expo 67, provided international prominence for Le Caine's handcrafted instruments, which collectively made Canada's earliest electronic music studios possible at Canadian universities. His technologies inspired generations of musicians and students, while his technologies influenced commercial manufacturers like Baldwin and Moog.

Une passion pour la musique moderne

Un orchestre d'instruments numériques

Durant ses 35 ans de carrière au CNRC, Hugh Le Caine a marié l'art à la science, naviguant de la physique atomique et du radar à une foule d'innovations en musique. Par la technologie, il a peu à peu modifié le bruit d'une goutte d'eau pour composer « Dripsody », un morceau de musique concrète, sous-genre de l'électroacoustique.

Après avoir imaginé des instruments par dizaines, M. Le Caine a enregistré et manipulé électroniquement les sons de la nature. Son synthétiseur polyphonique, créé en 1970, surpassait ceux en existence et modulait simultanément de nombreux sons. En 1972, il a inventé le paramus hybride, un synthétiseur polyphonique commandé par ordinateur, dix ans avant l'apparition du synthétiseur numérique des années 1980.

M. Le Caine a repoussé les limites de la technologie pour des compositeurs de renom, tout en créant des instruments qui ont fait de l'apprentissage de la musique un jeu d'enfant. On lui doit la saqueboute électronique de 1940, en laquelle les experts voient le premier synthétiseur à tension variable, ainsi que les instruments suivants : claviers tactiles, amplificateurs, filtres sonores, oscillateurs spéciaux, commandes, registres et magnétophones à pistes multiples et à vitesse variable.

L'Expo 67 a valu une renommée internationale aux instruments confectionnés par M. Le Caine; collectivement, ces instruments ont donné naissance aux premiers studios de musique électronique dans les universités du pays. Les technologies de Hugh Le Caine ont inspiré des générations de musiciens et d'étudiants tout en influençant des fabricants tels Baldwin et Moog.



Moulin muse

Vertical turbine design for maximizing wind energy

Since the 1974 oil crisis, engineers have attempted to harness the power of wind. Today, skyscraper-sized wind turbines with long rotating blades mark rural landscapes in many parts of the world.

NRC contributed uniquely to wind energy technologies as the international leader in developing a distinctive vertical-axis turbine design, nicknamed the eggbeater because of its shape. An experimental version built in Quebec in 1977, and a second installed later with Hydro-Québec, remain among the largest, most powerful vertical axis wind turbines (VAWTs) in the world. While not widely used, VAWTs function well in unusual and urban environments. Their advantages include having fewer moving parts, not depending on wind direction and being comparatively silent.



Vertical turbines have entirely changed the image of wind power. Two of them were fitted into the Eiffel Tower in 2015, turning one of the world's most iconic tourist attractions into a model for renewable energy. The turbines supply all the electrical power for commercial areas on the Tower's first floor.

50



Moulins à vent

Une turbine verticale pour mieux capter l'énergie du vent

Depuis la crise du pétrole de 1974, les ingénieurs tentent de maîtriser la puissance du vent. Le paysage rural est désormais ponctué d'éoliennes de la taille de gratte-ciels un peu partout sur le globe.

Chef de file international en technologie éolienne, le CNRC y a concouru à sa façon en créant un aérogénérateur à axe vertical unique en son genre, surnommé le « batteur à œufs » à cause de sa forme. Le prototype construit au Québec en 1977 et un second, érigé plus tard avec Hydro-Québec, demeurent parmi les plus grandes et puissantes éoliennes à axe vertical au monde. Bien qu'elles soient peu utilisées, ces éoliennes fonctionnent bien dans les milieux urbains ou inhabituels. Elles ont pour avantages de compter moins de pièces mobiles, de ne pas dépendre de la direction du vent et d'être relativement silencieuses.

Les turbines verticales ont changé le visage de l'énergie éolienne. La tour Eiffel en a reçu deux en 2015, transformant l'une des attractions touristiques les plus emblématiques de la planète en source modèle d'énergie renouvelable. En effet, ces turbines fournissent toute l'électricité des locaux commerciaux du premier étage.



51

Music to the ears

Standards for the loudspeaker industry

For many years, a lack of standards to measure loudspeaker performance led to inconsistent speaker quality and design. Unfounded or inconsistent claims by manufacturers confused music lovers everywhere. Whether it was the music of Beethoven or the Beatles, loudspeaker makers had no reliable means of measuring sound quality, because sensory experience is exceptionally difficult to calculate.

NRC designed protocols for testing loudspeakers, using an anechoic chamber—a room that absorbs sound and eliminates echo. The chamber effectively eliminates the influences of walls, ceilings, floors and objects such as furniture. Floyd Toole, a psychoacoustics pioneer, worked with Canadian speaker makers in the 1970s to develop and refine tests for clarity, definition, fullness and exactness in sound reproduction or fidelity. The Audio Engineering Society published Toole's research, which became a worldwide benchmark for audio evaluations.

Globally, loudspeaker manufacturers continue to test and measure sound reproduction using NRC's anechoic chamber. In guiding manufacturers to understand in scientific terms those performance characteristics that make good sound—or what most listeners consider good sound—NRC revolutionized speaker design.

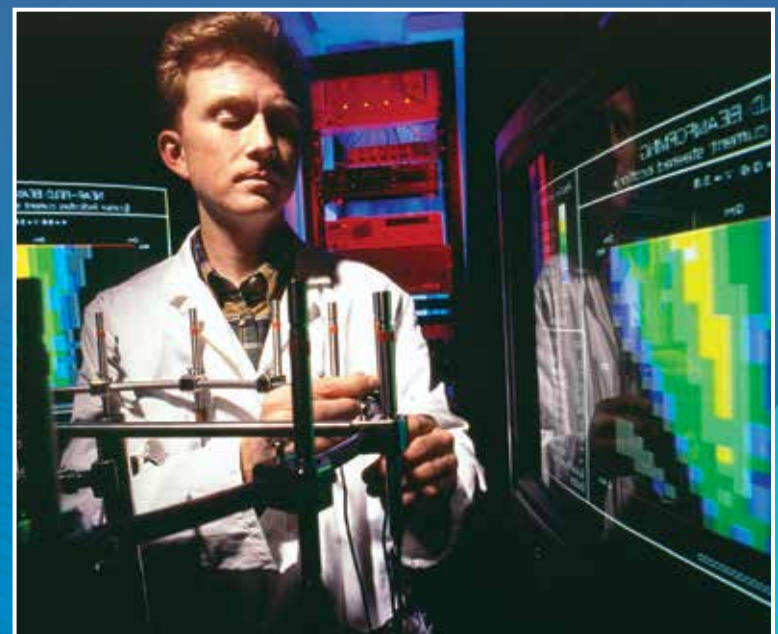
De la musique pour les oreilles

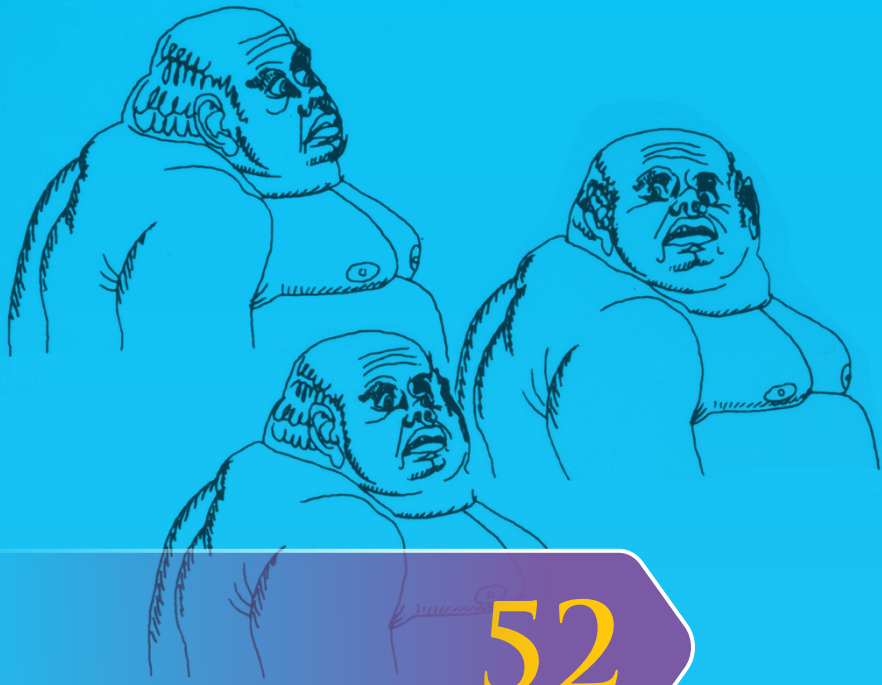
Normes pour haut-parleurs

L'absence d'étalons pour jauger la performance des haut-parleurs a longtemps fait en sorte que ceux-ci soient mal conçus et de piètre qualité. Les allégations saugrenues des fabricants confondaient les mélomanes du monde entier. Tube des Beatles ou symphonie de Beethoven, les fabricants n'avaient aucun moyen fiable pour juger la qualité du son de leurs articles, l'audition étant une expérience sensorielle extrêmement difficile à évaluer.

Le CNRC a élaboré des protocoles pour tester les haut-parleurs dans une chambre anéchoïque, c'est-à-dire une pièce conçue pour absorber les sons et supprimer l'écho. Cette pièce annule la réverbération du son produite par les murs, les plafonds, les planchers et les meubles. Le pionnier de la psychoacoustique Floyd Toole, en collaboration avec les fabricants canadiens des années 1970, a imaginé et perfectionné des tests mesurant la clarté, la définition, l'ampleur et la précision du son reproduit, donc sa fidélité. L'ouvrage sur les travaux de M. Toole, publié par l'Audio Engineering Society, est devenu une référence mondiale pour les évaluations audio.

La chambre anéchoïque du CNRC continue de servir aux fabricants de haut-parleurs de la planète pour tester et mesurer les sons reproduits. En les aidant à comprendre ce qui fait scientifiquement un son de qualité – ou un son que les auditeurs jugent bon –, le CNRC a révolutionné l'industrie du haut-parleur.





52

Animation at a fast clip

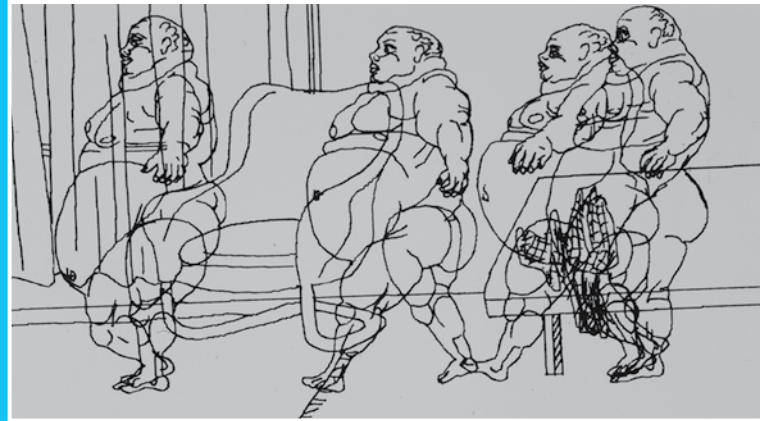
Academy Award™ for computer animation pioneers

In the early years of animation, animators took months and years to draw scenes and characters, which made animation a painstaking and expensive art.

Then in the 1960s, NRC's Nestor Burtnyk devised a technology that freed animators to create art faster using computer-generated animation. Working with his colleague Marcelli Wien, he created two-dimensional, key-frame computer animation technologies. Instead of having junior animators manually draw every scene between major actions, the researchers had a computer mathematically and visually conjure the missing steps to make each sequence or "key frame" flow seamlessly.

Burtnyk and Wien welcomed animators into their NRC lab to experiment. Together, they developed two groundbreaking films with Peter Foldes and the National Film Board of Canada: *Metadata* (1971) and *Hunger* (1973). *Hunger* won international awards and took its place in history as the first computer-animated movie nominated for an Oscar. In turn, Burtnyk and Wien won 1997 Academy Awards for Technical Achievement for pioneering computer animation.

Their techniques continue to underpin movies, TV, advertising, software and video games, and have inspired generations, particularly the nearly 50 000 Canadians employed in the nation's \$7.5-billion digital media industry.



Animation haute vitesse

Un Oscar pour les pionniers de l'animation

Autrefois, il fallait des mois, voire des années, pour tracer les personnages et les scènes d'un dessin animé, ce qui en faisait un travail aussi laborieux qu'onéreux.

Puis, dans les années 1960, Nestor Burtnyk du CNRC a conçu une technologie qui épargnerait du temps aux dessinateurs grâce à l'animation sur ordinateur. Avec son collègue Marcelli Wien, il a imaginé une technique informatique bidimensionnelle pour les images-clés. Au lieu de confier les scènes intercalaires à des apprentis, on laissait un ordinateur calculer et tracer les images séparant les images-clés, si bien que la séquence filmée se déroulait sans saccades.

Messieurs Burtnyk et Wien ont invité des animateurs à en faire l'essai dans leur laboratoire du CNRC. Avec Peter Foldes et l'Office national du film, ils ont réalisé deux films révolutionnaires : *Metadata* (1971) et *La faim* (1973), qui remporta des prix internationaux et devint le premier film d'animation produit sur ordinateur à être mis en nomination pour un Oscar. Nestor Burtnyk et Marcelli Wien ont remporté celui de la meilleure réalisation technique en 1997 pour avoir donné naissance à l'animation.

Leurs techniques demeurent en usage au cinéma, à la télévision, en publicité, dans les logiciels et les jeux vidéo. Ils ont été une véritable source d'inspiration pour des générations, surtout les quelque 50 000 Canadiens qu'emploie l'industrie nationale des médias numériques, d'une valeur de 7,5 milliards de dollars.

53

Accreditation for advantage

Canada's world-class calibration and measurement labs

Canadians expect medical, food inspection and product-safety laboratories to have precise equipment and competent staff to conduct tests that provide accurate results. However, we rarely consider how these services are assessed. When the Standards Council of Canada (SCC) was established in 1970, a long-term goal was to provide a system that would permit competent test and calibration organizations to qualify for accreditation.

NRC was already delivering calibration and technical assessment services for measurement systems involving everything from mass, acoustics and resistance to photometry and thermometry. As NRC kept pace with increasing demands for accuracy, its measurement system grew to be among the most accurate in the world. It was natural for SCC to form a laboratory accreditation partnership with NRC, and in 1988 the Calibration Laboratory Assessment Service (CLAS) was launched.

Today, CLAS provides services to a wide range of calibration labs. Accredited organizations provide assurance to clients that their labs conduct accurate measurement and tests. That assurance extends globally with more than 90 accreditation systems worldwide recognizing SCC and NRC's CLAS.



Une reconnaissance officielle avantageuse

Des laboratoires canadiens d'étalonnage et de mesure reconnus mondialement

Les Canadiens s'attendent à ce que les laboratoires médicaux et ceux chargés d'assurer la salubrité des aliments et la sécurité des produits possèdent l'équipement de précision et le personnel spécialisé nécessaires pour fournir des données exactes. Mais comment vérifie-t-on la compétence de ces laboratoires? Lorsque le Conseil canadien des normes (CCN) a été établi, en 1970, l'un de ses objectifs à long terme consistait à mettre sur pied un système qui mènerait à l'accréditation d'organismes d'essai et d'étalonnage compétents.

Le CNRC assurait déjà l'étalonnage et l'évaluation technique de systèmes utilisés pour mesurer différents éléments tels la masse, l'acoustique, la résistance, le rayonnement et la température. Pour répondre aux exigences de précision de plus en plus pointues de ses clients, le CNRC a perfectionné son système de mesure, dont la rigueur est maintenant reconnue à l'échelle mondiale. Il était donc tout naturel que le CCN forme un partenariat avec le CNRC pour créer, en 1988, le Service d'évaluation des laboratoires d'étalonnage (CLAS).

Aujourd'hui, le CLAS offre ses services à toute une gamme de laboratoires d'étalonnage qui cherchent à garantir à leurs clients la précision des mesures et des tests effectués en laboratoire. L'accréditation par le CLAS et le CCN, de portée internationale, est reconnue par plus de 90 systèmes d'accréditation du monde entier.



Arm-a-gettin-it

Canada's most famous robot

In the early 1970s, NASA asked how Canada wanted to contribute to a new space shuttle program. NASA needed to retrieve and move around oversized equipment in outer space and liked the idea of an enormous crane. Canada chose to construct what would become known as the Canadarm.

NRC committed to take on the prototype's "design, development, manufacture and delivery." The 15-metre long Canadarm had various joints and lifted more than 30 tonnes with precision and control. NRC oversaw its industrial engineering and contracted partners like manufacturer Spar Aerospace. The Canadarm—a name coined by NRC—launched in November 1981 with Canada prominently displayed on its sleeve. Successive Canadarms followed. Originally, the Canadarm was to retrieve and repair satellites from space shuttles. But, it became a workhorse for spacewalks, a light source with mounted illumination, an eye-in-the-sky with an attached camera, a sunshade for astronomical observations and a pick to clear ice from the orbiter.

Canadarm established Canada's international reputation for robotics, while inspiring new technologies for everything from assembly line work to surgical-guided robotics.



À bout de bras

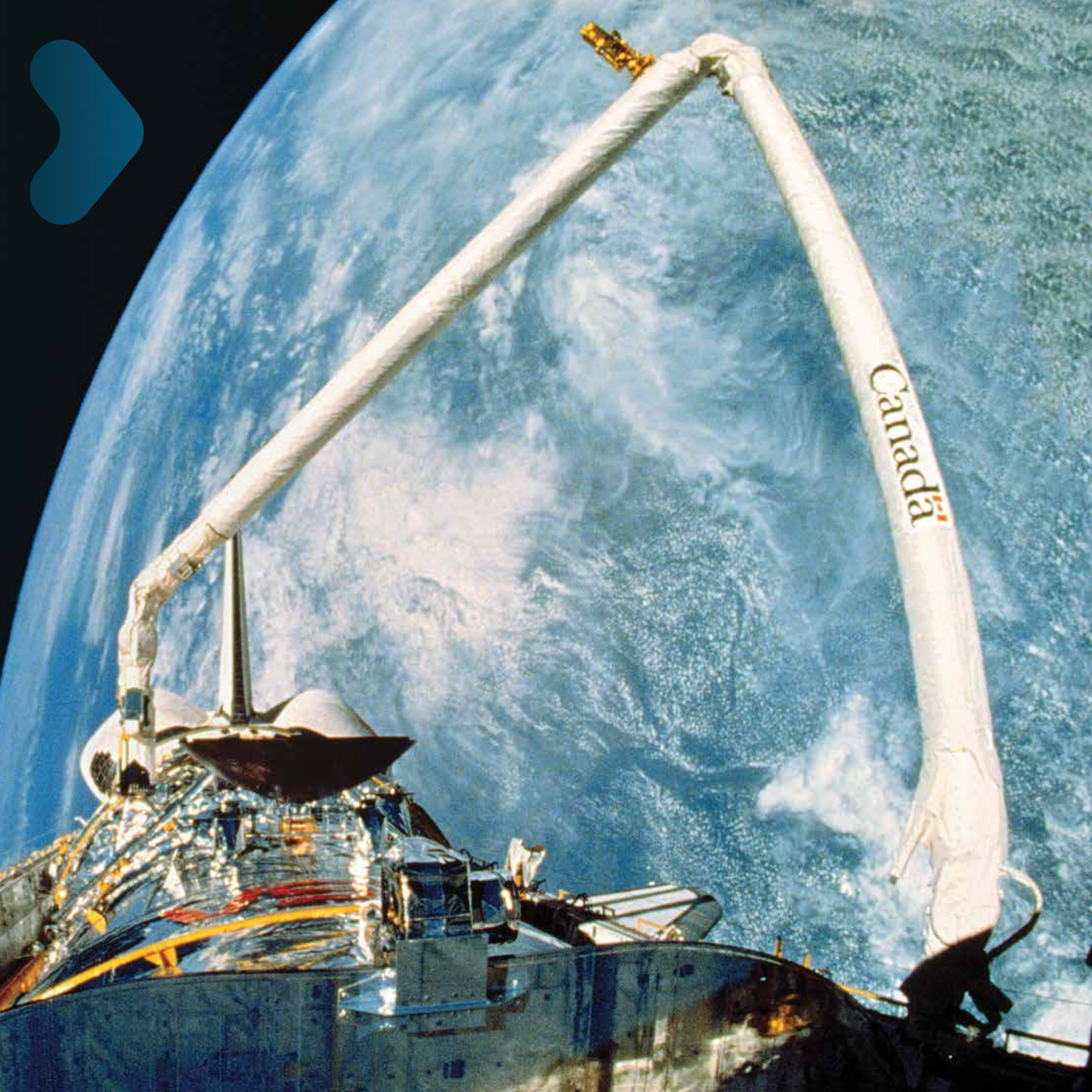
Le robot le plus célèbre du Canada

Au début des années 1970, la NASA a demandé au Canada s'il voulait participer au programme de la navette spatiale. La NASA souhaitait attraper et déplacer des objets volumineux dans l'espace et envisageait pour cela une grue monumentale. Le Canada a opté pour un bras télémanipulateur : le Canadarm.

Le CNRC s'est engagé à concevoir, à développer, à fabriquer et à livrer un prototype. Le télémanipulateur de 15 mètres comportait plusieurs articulations et pouvait soulever une masse supérieure à 30 tonnes avec précision et contrôle. Le CNRC en a supervisé la conception industrielle et s'est associé à des fabricants comme Spar Aérospatiale. Le Canadarm, tel qu'il a été nommé par le CNRC, a été lancé en novembre 1981 avec le mot « Canada » bien en évidence sur le bras. D'autres modèles ont suivi. Au départ, le télémanipulateur devait récupérer et réparer des satellites, mais ses tâches se sont multipliées : outil pour les sorties dans l'espace, projecteur pour l'éclairage, œil céleste doté d'une caméra, parasol pour les observations astronomiques et pic à glace pour dégivrer l'orbiteur.

Le Canadarm a fait du Canada une sommité mondiale en robotique tout en pavant la voie à de nouvelles technologies, de la chaîne de montage aux interventions chirurgicales robotisées.

54





55

Busted by vapour

Bomb-detection technologies

Hijackings and bomb threats multiplied in the 1970s. Since explosives release chemical vapours, the RCMP wanted ways to sniff out the faintest whiff of trouble. This was not a task for x-ray scanners or metal detectors, and although dynamite detection devices existed, they had limited capabilities.

The RCMP called in NRC; scientist Lorne Elias had used technology to find, concentrate and analyze vapours from pesticide chemicals—so why not trace explosives? By adapting the technology, Elias, created NRC's Blue Box—a portable, highly effective device—renamed EVD-1 for explosives vapour detector. His prototypes helped protect royalty, the Pope and a U.S. president.

Then, when a 1985 bombing killed 329 people onboard an Air India flight leaving Canada, the federal government ordered EVD-1 devices for broader use at airports nationwide. Elias's team also adapted another technique (ion-mobility spectrometry), which sped up detection. These proven, commercialized techniques became commonplace countermeasures and remain in use at airports worldwide. The faster technique even finds illegal and designer drugs, but EVD-1 alone uncovers newer, plastic explosives like C4.

Vapeur compromettante

Détection d'engins explosifs

Dans les années 1970, les détournements d'avion et les menaces à la bombe se sont multipliés. Les explosifs libérant des gaz, la GRC souhaitait un moyen qui lui permettrait d'en flairer la moindre trace. Ce n'était toutefois pas une tâche pour les rayons X, les scanners ou les détecteurs de métal, et même si le détecteur de dynamite existait déjà, il avait ses limites.

La GRC s'est tournée vers le CNRC. Lorne Elias avait recouru à la technologie pour dépister, concentrer et analyser les vapeurs de pesticides. Pourquoi pas des explosifs? Ce chercheur a adapté sa technologie pour créer la Boîte bleue, un dispositif portatif rebaptisé EVD-1, qui détectait efficacement les vapeurs d'explosifs. Ses prototypes ont servi à protéger des membres de la famille royale, le pape et un président américain.

Quand, en 1985, une bombe a explosé dans un avion d'Air India en provenance du Canada, tuant 329 personnes, l'État a commandé des EVD-1 pour les aéroports du pays. L'équipe de Lorne Elias a en outre adapté une autre technologie, la spectrométrie de mobilité ionique, pour permettre la détection plus rapide d'explosifs. Ces techniques éprouvées ont été commercialisées et sont devenues monnaie courante dans la lutte contre le terrorisme; elles demeurent en usage dans les aéroports du monde entier. La technique accélérée permet aussi de déceler les drogues illicites et les drogues de confection, mais l'EVD-1 original détecte les plus récents explosifs plastiques, tel le C4.



Gene genie

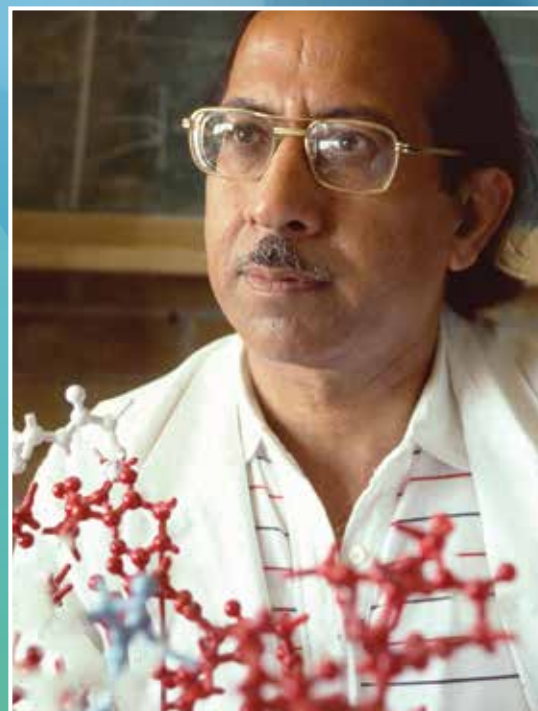
Conjuring the world's first synthetic human insulin

Some of the world's 415 million diabetics could not take Banting and Best's animal-derived insulin. Another version was essential.

After training with Nobel laureate and genetic-code-cracker Har Khorana, Saran Narang joined NRC. Narang strived to build genes synthetically. Khorana synthesized genes first, but with shortcomings. Narang's NRC team perfected a speedier and more productive process by 1972. Unsatisfied with synthesizing smaller genes, Narang set his sights on human proinsulin. Within four months, he had bacteria cloning genetic material. A Cornell University colleague verified Narang's process. It generated biologically active genes, synthetically identical to the original gene. Using his solution-phase process, Narang synthesized human proinsulin as DNA chunks, which Cornell colleagues stitched together.

Narang created the world's first synthetic human proinsulin gene, making development and manufacture of the pharmaceutical Humulin possible in 1982. By 2003, nearly all the insulin-dependent diabetics—upwards of 4 million people—were prescribed synthetic proinsulin. Narang paved the way for other, more efficient processes for genetic engineering. Cambridge University named Narang one of the twentieth century's most outstanding scientists.

56



Le génie des gènes

Création de l'insuline humaine artificielle

Parmi les 415 millions de diabétiques dans le monde, certains ne tolèrent pas l'insuline animale de Banting et Best. Il leur faut autre chose.

Saran Narang est entré au CNRC après avoir été formé par Har Khorana, lauréat du prix Nobel et as du code génétique. M. Narang voulait synthétiser des gènes. Certes, M. Khorana l'avait précédé, mais avec des résultats mitigés. Au CNRC, l'équipe de M. Narang a mis au point une technique plus rapide et plus efficace en 1972. Comme synthétiser de petits gènes ne le satisfaisait pas, M. Narang s'est tourné vers la pro-insuline humaine. Quatre mois plus tard, des bactéries en clonèrent le code, procédé confirmé par un confrère de M. Narang à l'Université Cornell. Les gènes fabriqués étaient biologiquement actifs, identiques à l'original. Grâce à sa méthode à phases liquides, M. Narang pouvait produire des fragments de l'ADN codant la pro-insuline, que rattachaient ensuite ses confrères de Cornell.

M. Narang a ainsi créé le premier gène synthétique de la pro-insuline humaine, ce qui a permis à l'industrie pharmaceutique de fabriquer l'Humuline dès 1982. En 2003, presque tous les diabétiques insulinodépendants (plus de quatre millions) recevaient de la pro-insuline artificielle. M. Narang a ouvert la porte à des procédés plus efficaces de génie génétique. L'Université de Cambridge le considère comme l'un des scientifiques d'exception du 20^e siècle.

Putting seaweed in the pink

A global seaweed industry for Atlantic Canada

Seaweed research began at NRC when supplies from Asia were cut off during the Second World War. Seaweed extracts are used to thicken everything from medicine and beauty creams to many foods. Canadian scientists could hardly ignore all the seaweed covering beaches, filling coves and lining wharves everywhere. They set to work on formulas for a gelling and suspending agent called carrageenan.

Seaweed research at NRC eventually cultivated the founding of Acadian Seaplants Limited (ASL), in Nova Scotia. In the early 1980s, NRC researcher James Craigie was instrumental in establishing ASL's competitive advantage. When foreign competition threatened the East Coast industry, he developed an attractive pink coloured variation of Irish moss and perfected a tenderizing procedure that gave the product a pleasing texture. The new variation re-established the Japanese market for Canadian seaweed.

Today, ASL develops seaweed in advanced technology laboratories, creating and selling products for people, animals and plants—all derived from seaweed. Canadian seaweed is used around the world in agriculture, processed foods, animal feed, cosmetics, pharmaceuticals and even beer.



57



Rose comme les algues

La culture des algues du Canada atlantique se mondialise

Le CNRC a commencé à s'intéresser aux algues marines quand la Deuxième Guerre mondiale en a interrompu les arrivages d'Asie. Les extraits d'algue servent d'épaississant en médecine, en cosmétiques et en alimentation. Les algues qui tapissaient plages, baies et ports ne pouvaient passer inaperçues des scientifiques canadiens, qui se sont affairés à élaborer la formule d'un agent gélifiant et de suspension appelé carraghénane.

Les travaux du CNRC ont mené à la fondation de l'entreprise Les Algues Acadiennes Limitée, en Nouvelle-Écosse. Au début des années 1980, le chercheur du CNRC James Craigie a contribué à rendre l'entreprise plus concurrentielle. En effet, quand des concurrents étrangers ont menacé cette industrie de la côte est, il a créé une variété rose attrayante de mousse d'Irlande et a perfectionné un procédé d'attendrissement qui lui donnerait une texture agréable. La nouvelle variété a permis de reconquérir l'intérêt des Japonais à l'endroit des algues canadiennes.

À présent, l'entreprise prépare les algues dans des laboratoires de pointe, élaborant des produits destinés aux humains, aux animaux et aux plantes, qu'elle vend dans le monde entier. En plus d'être utilisées dans le secteur agricole, les algues servent à la fabrication d'aliments transformés, de nourriture pour animaux, de cosmétiques, de produits pharmaceutiques et même de bière.



Unmasking sugar-coated diseases

World's first conjugate vaccine technology

Early vaccines left infants at high risk for preventable diseases. The vaccines could not protect infants, whose under-developed immune systems overlooked any bacteria coated with complex sugars called polysaccharides.

In the early 1980s, Canadian researcher Harold Jennings filed the world's first patent for conjugate vaccine technology to help infants recognize bacteria and produce life-saving antibodies. Using chemistry, this technology attaches a protein to the sugars, flagging the bacteria for antibody production. To apply this technology, Jennings developed a meningitis C vaccine for millions of infants as young as two months of age. Meningitis C is often fatal because it infects the lining surrounding the brain and spinal cord.

Great Britain was first to start a mass-immunization program for infants. In its first year, new cases of meningitis C decreased by 75 to 85 per cent. And, by the second year, the disease was virtually wiped out across Great Britain. The innovations do not stop at meningitis C; NRC's pioneering work with conjugate vaccines has spawned work on other vaccines that show promise for preventing various diseases.

Une protéine contre les maladies « sucrées »

Premier vaccin conjugué de l'histoire

Les premiers vaccins protégeaient mal les nourrissons contre certaines maladies. En effet, les bactéries enrobées de polysaccharides, ces sucres complexes, échappaient au système immunitaire peu développé des bébés.

Au début des années 1980, le chercheur canadien Harold Jennings a déposé le premier brevet pour un vaccin conjugué qui aiderait les nouveau-nés à identifier ces bactéries pour fabriquer des anticorps. Grâce à la chimie, la technologie mise au point par M. Jennings permettait d'ajouter une protéine aux sucres pour marquer la bactérie contre laquelle lutter. M. Jennings s'en est servi pour créer un vaccin contre la méningite C destiné aux enfants aussi jeunes que deux mois. La méningite C est souvent mortelle, car elle attaque la membrane entourant le cerveau et la moelle épinière.

La Grande-Bretagne est le premier pays à avoir lancé un programme de vaccination à grande échelle des nourrissons. La première année, les cas de méningite C ont chuté de 75 à 85 pour cent. La seconde, la maladie avait virtuellement disparu de ce pays. Cette innovation n'était pas la seule : les travaux du CNRC sur les vaccins conjugués ont donné naissance à la synthèse d'autres vaccins prometteurs contre diverses maladies.



Rogue rig

Enhanced safety for offshore oil exploration

When the Ocean Ranger oil-drilling rig capsized and sank off the coast of Newfoundland in February 1982, all 84 crew members perished. The state-of-the-art rig was the world's largest semi-submersible offshore drilling platform and, like the Titanic, billed as unsinkable. Canada set up a Royal Commission to scrutinize how the disaster happened and why nobody survived.

Based on its proven expertise in marine engineering, NRC was invited to conduct scientific investigations for the commission's inquiry. Built in the Gulf of Mexico, the Ocean Ranger had never been tested for North Atlantic conditions. To recreate the disaster and analyze what happened, investigators gathered data from nearby rigs. They simulated the Ocean Ranger's position and movements during the fateful hurricane-force winds and 15-metre waves. The commission and NRC uncovered a litany of contributing factors: weaknesses in industry regulations, flawed designs, limited training and poorly enforced safety guidelines.

NRC's work on the Ocean Ranger investigation has informed better standards for offshore rigs, and crew evacuation and rescue, including safer lifeboats, and improved standards for immersion suits.



Plateforme en péril

Sécurité accrue sur les plateformes pétrolières

Quand la plateforme pétrolière Ocean Ranger a chaviré et sombré au large de Terre-Neuve, en février 1982, les 84 membres d'équipage ont tous perdu la vie. Cette plateforme, à la fine pointe de la technologie, était la plus grande plateforme semi-submersible au monde. À l'instar du Titanic, on la croyait indestructible. Le Canada a constitué une commission royale pour enquêter sur les causes de la tragédie.

La commission a confié les analyses scientifiques au CNRC, reconnu pour son expertise en génie maritime. Bâtie dans le golfe du Mexique, la plateforme Ocean Ranger n'avait jamais été testée dans l'Atlantique Nord. Pour reconstituer le drame et comprendre ce qui s'était passé, les enquêteurs ont recueilli des données des plateformes voisines. Ils ont simulé l'emplacement de l'Ocean Ranger et ses mouvements dans les vents d'ouragan et les vagues de 15 mètres de ce jour fatidique. De nombreux facteurs aggravants ont ainsi été découverts : réglementation industrielle déficiente, conception fautive, formation inadéquate du personnel et mesures de sécurité mal appliquées.

Les travaux du CNRC menés dans le cadre de cette enquête ont contribué à rehausser les normes pour les plateformes hauturières ainsi que pour l'évacuation et le sauvetage du personnel, notamment des embarcations de sauvetage plus sécuritaires et de meilleurs vêtements d'immersion.



60



A radical discovery

Free radical chemistry delivers antioxidant for humans

Chemists have explored the nature of free radicals since the 19th century. But it wasn't until much later that scientists discovered their essential role in the body's aging process, its healthy function and the development of cancer and atherosclerosis—two leading causes of mortality in industrialized society.

A team of NRC researchers led by Dr. Keith Usherwood Ingold made outstanding contributions to international science by quantifying free-radical chemistry. Through investigations into the role of oxidation in the aging process, their pioneering work proved that vitamin E behaves as an antioxidant in living animals. Prior to that, the team made groundbreaking discoveries about how antioxidants can slow the degradation of certain materials, including engine lubricating oils and rubber.

NRC's game-changing findings on vitamin E led to a variety of medical breakthroughs, including improved treatments for patients awaiting heart surgery and a greater understanding of certain diseases involving vitamin E deficiency. The team's earlier research into material degradation helped redefine the petroleum and plastics industries.



Une découverte radicale

La chimie des radicaux libres trouve un antioxydant pour l'être humain

Les chimistes étudient les radicaux libres depuis le 19^e siècle. Le rôle capital de ces derniers dans le vieillissement, l'état de santé, ainsi que le développement du cancer et de l'athérosclérose – les deux principales causes de décès du monde moderne – n'a toutefois été découvert que beaucoup plus tard.

Une équipe de chercheurs du CNRC pilotée par Keith Usherwood Ingold a contribué de façon exceptionnelle à la science dans le monde en quantifiant la chimie des radicaux libres. En examinant le rôle de l'oxydation dans le vieillissement, ces pionniers ont prouvé que la vitamine E sert d'antioxydant chez les animaux. Auparavant, l'équipe avait établi la manière dont les antioxydants ralentissent la dégradation de certains matériaux, y compris le caoutchouc et les huiles qui lubrifient les moteurs.

Les découvertes révolutionnaires du CNRC sur la vitamine E ont débouché sur diverses percées en médecine, notamment un traitement amélioré pour les personnes qui attendent une intervention cardiaque et une meilleure connaissance des maladies issues d'une carence en vitamine E. Les recherches préalables de l'équipe sur la détérioration des matériaux ont aussi contribué à redéfinir l'industrie du pétrole et des plastiques.



61

SNObel

Tracking the lost neutrinos

Billions upon billions of invisible particles called neutrinos constantly escape the Sun's core at the speed of light, bombarding Earth. Solar neutrinos carry information about the Sun's energy reactions. Yet, scientists could neither fathom how many neutrinos existed, nor what happened to them, because calculations of the seemingly massless particles never added up. Two thirds seemed to vanish.

Two kilometres underground, in Canada's Sudbury Neutrino Observatory (SNO), solar neutrino detectors unraveled the mystery. As it happens, neutrinos have multiple personalities. What start as electron neutrinos in the Sun change into other, more difficult to detect, types of neutrinos before reaching Earth. Arthur B. McDonald led SNO's astroparticle physicists to successfully track and count the changed neutrinos, or neutrino oscillations. The discovery earned him the 2015 Nobel Prize in Physics, shared with the leader of Japan's Super-Kamiokande team. SNO itself grew from a 1984 plan championed and backed by NRC with Queen's University and other government and university partners.

SNO's triumph has divulged a significant neutrino secret that could change our understanding of the Sun's energy reactions and the structure of the Universe.



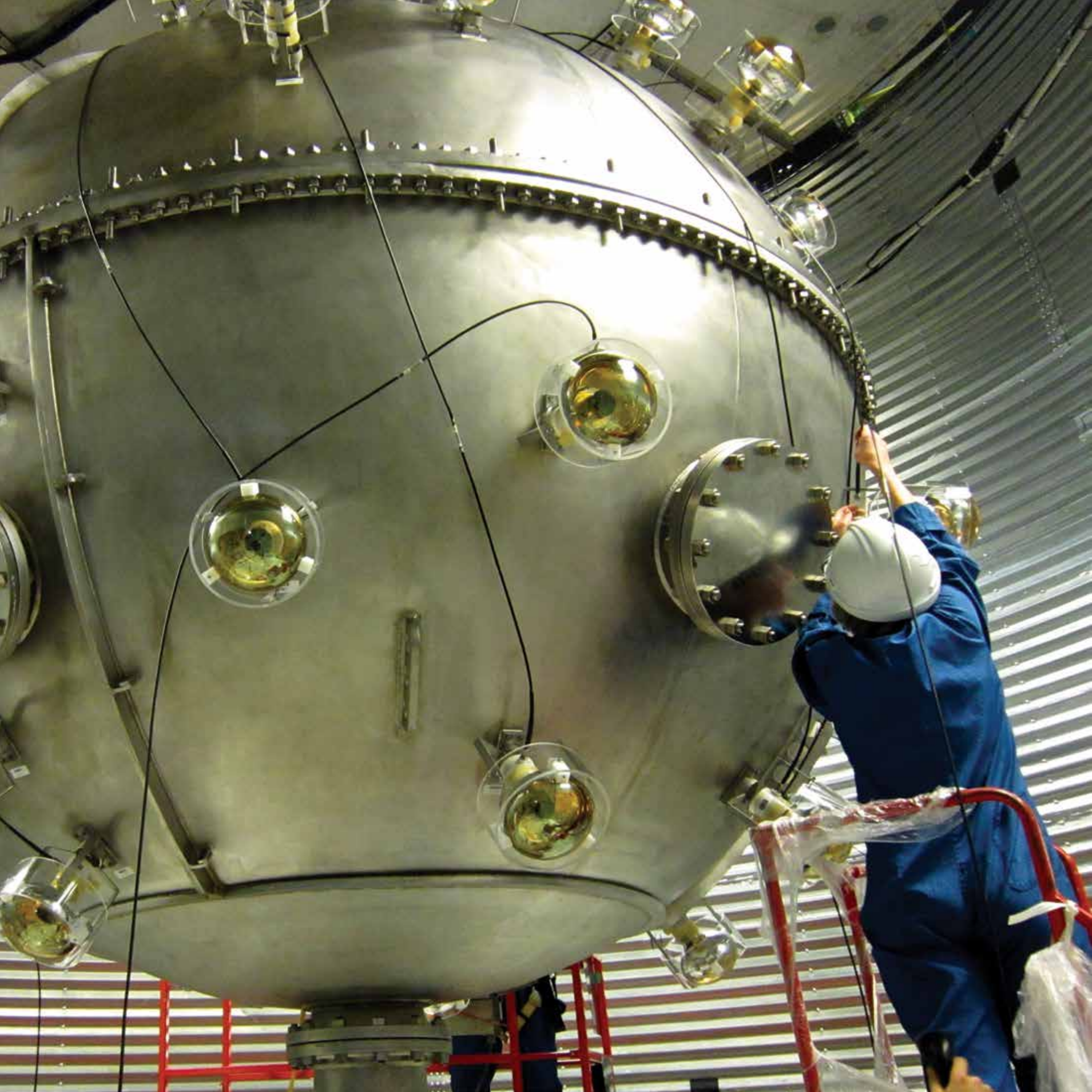
Le SNObel

Sur la piste des neutrinos perdus

Des milliards de particules invisibles appelées neutrinos s'échappent continuellement du cœur du Soleil, à la vitesse de la lumière, pour bombarder la Terre. Les neutrinos nous renseignent sur les réactions énergétiques du Soleil. Pourtant, les scientifiques étaient incapables de dire combien il y en avait ni ce qui leur arrivait, car les calculs liés à ces particules dépourvues de masse échouaient toujours. Les deux tiers des particules semblaient s'évanouir comme par magie.

Deux kilomètres sous terre, à l'Observatoire des neutrinos de Sudbury (SNO), des détecteurs ont percé le mystère. Il se trouve que les neutrinos ont de multiples personnalités. Les neutrinos-électrons du Soleil se transforment en d'autres types de neutrinos, plus difficiles à détecter, avant d'atteindre la Terre. Le physicien Arthur B. McDonald a réussi à dépister et à compter ces particules astrales ou plutôt, leurs oscillations, ce qui lui a valu le prix Nobel de physique en 2015, avec le chef de l'équipe japonaise du Super-Kamiokande. Le SNO dérive d'un projet de 1984 mis de l'avant par le CNRC, en collaboration avec l'Université Queen's et d'autres partenaires universitaires et gouvernementaux.

Le SNO a élucidé un mystère qui pourrait changer tout ce qu'on sait sur les réactions à l'origine de l'énergie solaire et de la structure de l'Univers.



NRC-CNRC

1986-2009





Global economic challenge

Economic recessions, globalization, natural disasters and the explosion of information technology defined the fourth era of NRC's history. A heightened awareness of environmental, health and security issues were trumped only by the challenges Canadian industries faced in order to compete globally. As a result, NRC strengthened its commitment to Canadian business opportunities by creating sector-based institutes and growing the NRC Industrial Research Assistance Program (IRAP).

L'économie mondiale en péril

Récessions, mondialisation, cataclysmes et prolifération des technologies de l'information ont marqué la quatrième époque de l'histoire du CNRC. Seules les épreuves traversées par l'industrie canadienne pour rester concurrentielle sur la scène internationale ont eu priorité sur les craintes grandissantes à l'endroit de l'environnement, de la santé et de la sécurité. Le CNRC s'est donc efforcé de multiplier les possibilités des entreprises canadiennes en formant des instituts sectoriels et en intensifiant les activités de son Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI).



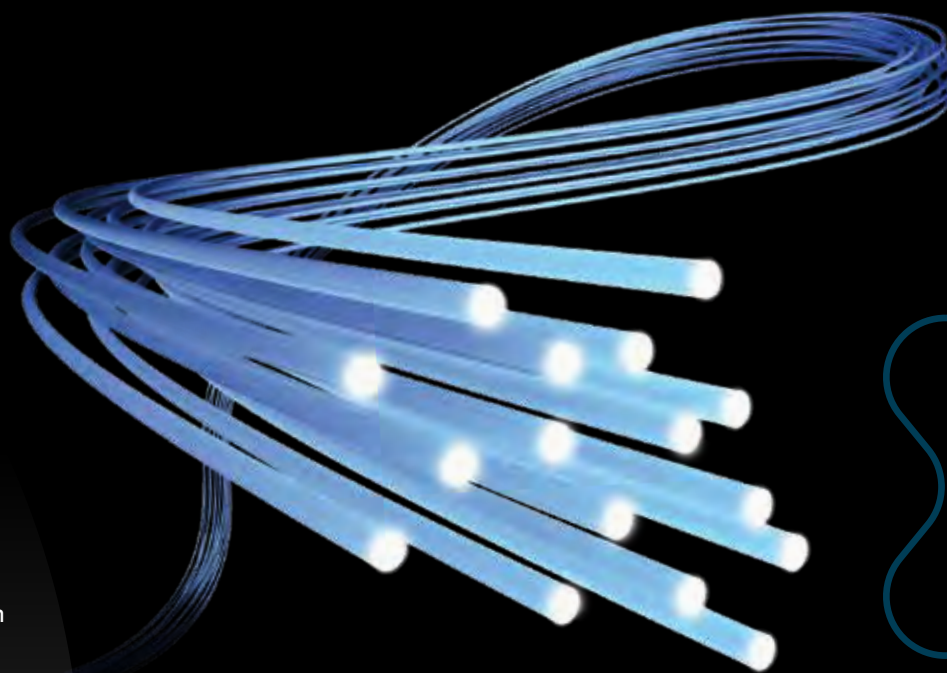
Fibre keeps data moving

Photonics for advanced communications

In the 1980s, Canadian industry began testing light waves in optical fibres to carry data at super speeds across the continent. The science of harnessing light, or photonics, required advanced technologies to change light waves into electrical signals and back again for high-speed transmission.

NRC launched a scientific network to bring together this dynamic new research, which led to the birth of a collaboration to improve the research, testing and manufacturing of new devices. This legendary collaboration became the Solid State Opto-electronics Consortium of Canada, founded by NRC with industry, universities and other government agencies, and it evolved into a national photonics cluster.

A new generation of technologies resulted, which increased the capacity of data traffic through optical fibres. In turn, the Consortium led to a unique centre, a federal–provincial initiative housed at NRC to process photonics components for industry and university researchers. The Canadian Photonics Fabrication Centre remains a world-class engineering and manufacturing facility. Photonics technologies are the backbone of Canada's telecommunications, support multi-institutional partnerships, and serve as an important Canadian export commodity.



Des données qui filent

Photonique et communications évoluées

Dans les années 1980, l'industrie canadienne a tenté de voir si la lumière pourrait véhiculer les données de façon ultra rapide à travers le continent, grâce aux fibres optiques. La photonique maîtrise la lumière, mais pour atteindre une telle vitesse, on avait besoin de technologies évoluées qui convertiraient les ondes en signaux électriques, et vice-versa.

Un réseau scientifique créé par le CNRC pour regrouper les travaux de recherche a débouché sur un partenariat visant à rehausser recherche, essais et fabrication de nouveaux dispositifs. Cette collaboration légendaire a engendré le Solid State Optoelectronics Consortium of Canada. Fondé par le CNRC, l'industrie, des universités et des organismes gouvernementaux, ce consortium est devenu un carrefour national dans le secteur de la photonique.

Cela a mené à une nouvelle génération de technologies qui ont accéléré la circulation des données dans les fibres optiques. Du consortium est né un centre fédéral-provincial unique, de calibre mondial, hébergé au CNRC : le Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques. Celui-ci se spécialise dans les composants photoniques destinés aux chercheurs industriels et universitaires. Au Canada, la photonique est devenue l'épine dorsale des télécommunications, un moyen de collaboration entre institutions et une source majeure d'exportations.

62

63

L'avènement du numérique

*De CA*Net à CANARIE : l'Internet canadien de la recherche et de l'innovation*

Aujourd'hui, les gens achètent, regardent des vidéos, s'écrivent et socialisent en ligne. Toutefois, avant que des données massives comme les relevés météo transmis par satellite, les levés miniers ou les observations astronomiques puissent circuler sur Internet, il était nécessaire d'avoir un réseau robuste.

Conscientes de ce besoin, les universités canadiennes ont formé NetNorth dans les années 1980. On a ensuite adopté le protocole d'interconnexion TCP/IP pour créer CA*Net. Le CNRC a collaboré à la fondation de ce réseau national, notamment en y injectant des fonds. Le CNRC devait en effet répondre à un besoin urgent, puisqu'il avait été choisi pour archiver et diffuser l'avalanche de données spatiales saisies par le télescope Hubble.

Le CNRC avait commencé à relier ses ordinateurs afin de faciliter la collaboration en recherche dans les années 1960 et 1970, mais CA*Net, devenu CANARIE par la suite, poursuivait un objectif nettement plus ambitieux : relier les universités, le gouvernement et l'industrie. CANARIE est devenu un réseau ultrarapide déplaçant les données volumineuses et connectant plus d'un million d'innovateurs et d'étudiants dans près de 2 000 établissements au pays. CANARIE est le fleuron d'une nation qui a su miser sur le numérique en se dotant d'une infrastructure hors du commun.

Digital dominance

*CA*Net to CANARIE: Canada's research and innovation Internet*

Today, people shop online, watch videos, send email and participate in social networks. But before vast amounts of information like live-satellite weather feeds, mining surveys and astronomy files could be transferred via the Internet, a robust network was essential for exchanging such data.

Canadian universities recognized that need and formed NetNorth in the 1980s, and a vision emerged to apply the TCP/IP interconnection standard to create CA*Net. NRC stepped in to invest and collaborate in establishing this national network, precipitated by a pressing need, as NRC had been chosen to archive and distribute Hubble Telescope's extensive data from outer space.

Although NRC had begun linking its computers to form a research collaboration network in the 1960s and 1970s, CA*Net, later strengthened by the CANARIE organization, had a broader scope. It involved partners from academia, government and industry. CANARIE burgeoned into an ultra-high-speed network, which provides a backbone moving massive data and connecting more than a million innovators and students from nearly 2 000 Canadian institutions. CANARIE exemplifies Canada's legacy as a digital forerunner with superior Internet infrastructure.



A driving force in green solutions

Contributions to transportation fuel cells

For decades, fuel cells held great promise as a clean, sustainable energy source for transportation, among other purposes. However, building efficient and reliable fuel cells that were still cost-effective posed significant challenges for businesses and organizations worldwide.

Since the late 1980s, NRC's research into fuel cell technology has contributed substantially to the global effort to produce marketable fuel cells for everyday use. Working with industry and other R&D partners, NRC used technology to drive down cost and improve durability, while also providing critical testing and validation support. Such notable achievements have helped Canadian companies become leaders in early, niche markets with buses and forklifts, and attracted big automotive manufacturers, including Mercedes-Benz.

A highlight includes a fleet of hybrid fuel cell buses demonstrated during the Vancouver 2010 Winter

Olympics to reduce greenhouse gas emissions by 62 per cent compared to conventional technologies. Building on a long-standing reputation as a leader in hydrogen and fuel cell technology, NRC continues working to strengthen the automotive industry, engaging suppliers and manufacturers to overcome technical barriers to commercialization.



Des solutions vertes qui tiennent la route

Le transport et les piles à combustible

Des décennies durant, les piles à combustible ont fait miroiter la promesse d'une source d'énergie inépuisable et écologique, notamment pour les transports. Malheureusement, créer des piles à combustible efficaces, fiables et bon marché constituait tout un défi pour les entreprises et les organisations de la planète.

Depuis la fin des années 1980, les travaux du CNRC dans ce domaine ont largement contribué à la fabrication de piles à combustible commercialisables d'usage courant. En coopérant avec l'industrie et d'autres partenaires, le CNRC en a réduit le coût et accru la robustesse par la technologie, tout en facilitant essais et contrôles. Grâce à ces réalisations, des entreprises canadiennes sont vite devenues des chefs de file dans des créneaux comme les autobus et les chariots élévateurs, en plus de séduire d'importants constructeurs d'automobiles comme Mercedes-Benz.

Entre autres prouesses, il convient de mentionner les autobus hybrides à piles à combustible utilisés aux Jeux olympiques d'hiver de 2010, à Vancouver. Le recours à ce type de véhicules s'est traduit par une réduction de 62 pour cent des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux émissions qu'auraient généré des autobus traditionnels. Fort de sa renommée dans le domaine des piles à hydrogène et à combustible, le CNRC continue de renforcer le secteur de l'automobile en incitant fournisseurs et constructeurs à surmonter les obstacles techniques que pose leur commercialisation.

65

Turning the tide against deadly toxins

Safeguarding consumers and the shellfish industry

In 1987, a health crisis erupted when several Canadians died and hundreds became ill from eating mussels. Surviving victims suffered symptoms ranging from severe gastroenteritis to neurological damage like memory loss. They had contracted a new syndrome called amnesic shellfish poisoning. As a result, Atlantic Canada's shellfish industry practically shut down overnight.

More than a dozen NRC scientists and librarians searched tirelessly to identify and isolate the outbreak-causing toxin. Within four days, NRC's team pinpointed the culprit: domoic acid, produced by algae, often seen as red tides.

NRC's team quickly established a rapid, domoic-acid screening test and transferred it to shellfish monitoring laboratories worldwide. Ever since, NRC's test has prevented potential poisonings globally. Subsequently, the team has identified additional toxins like North America's first case of diarrhetic shellfish poisoning, created a comprehensive set of certified reference materials, and developed more advanced tools and tests. Through these activities NRC continuously strengthens Canada's shellfish industry and contributes to safeguarding consumers with colleagues at lead organizations such as Health Canada and the Canadian Food Inspection Agency.

Une toxine crée une marée d'ennuis

À la rescousse des gastronomes et de l'industrie des mollusques et crustacés

En 1987, des moules ont intoxiqué des centaines de Canadiens, et plusieurs en sont morts. Les séquelles allaient d'une gastroentérite aiguë à des troubles nerveux telle l'amnésie. Tous souffraient d'un nouveau syndrome, l'intoxication par phycotoxine amnésique. Conséquence : l'industrie des mollusques et crustacés dans les provinces de l'Atlantique a cessé ses activités presque du jour au lendemain.

Une dizaine de scientifiques et de bibliothécaires du CNRC ont cherché sans relâche la toxine à l'origine du problème. L'équipe a pu identifier le coupable en quatre jours : il s'agissait de l'acide domoïque, synthétisé par les algues des marées rouges.

L'équipe du CNRC a vite mis au point un test de dépistage rapide qu'elle a envoyé aux laboratoires de contrôle des mollusques du monde entier et qui, depuis, a contribué à éviter maintes intoxications. Plus tard, l'équipe a identifié d'autres toxines, comme celle à l'origine du premier cas d'intoxication par phycotoxine diarrhémique en Amérique du Nord. Elle a aussi produit un jeu complet de matériaux de référence certifiés ainsi que des outils et des tests plus précis. Grâce à ces activités, le CNRC n'a cessé de favoriser la culture des mollusques au pays, tout en protégeant les consommateurs avec le concours d'autres organisations comme Santé Canada et l'Agence canadienne d'inspection des aliments.





Exposing evidence

Vacuum-fingerprinting technology

Prior to the 1990s, fingerprints left on challenging surfaces like skin or plastic bags rarely made it to law enforcement databases. These invisible or latent prints were difficult to find and document, especially without contaminating or destroying the evidence.

Without these prints, cases would often go unsolved. NRC scientists J.E. Watkins and Della Wilkinson, in collaboration with RCMP Sergeant A.H. Misner, devised a solution. In a sealed vacuum chamber, the innovators exposed the potential prints to cyanoacrylate (common superglue) fumes. While international researchers were exploring similar methods, the Canadian process excelled thanks to chemical treatments they applied afterwards causing the prints to glow.

This technique has assisted police in obtaining higher-quality prints, even from complex surfaces. It has helped law enforcement and forensic experts to identify or rule out suspects and solve cases. Most recently, the technique has revealed fingerprints on Canadian money and polymer banknotes.

66

Des preuves flagrantes

Empreintes digitales sous vide

Avant les années 1990, les forces de l'ordre réussissaient rarement à prélever les empreintes digitales laissées sur des surfaces complexes comme la peau ou les sacs en plastique. Ces empreintes invisibles ou latentes étaient en effet difficiles à relever et à documenter sans qu'on les contamine ou les détruise.

En l'absence de telles empreintes, des crimes demeuraient souvent impunis. Les scientifiques du CNRC J. E. Watkins et Della Wilkinson ont collaboré avec le sergent de la Gendarmerie royale du Canada A. H. Misner pour y remédier. Dans une pièce sous vide, les innovateurs ont exposé les empreintes potentielles à des vapeurs de cyanoacrylate (une super colle). Même si d'autres chercheurs de l'étranger étudiaient une technique analogue, c'est la méthode canadienne qui a prévalu, car les traitements chimiques illuminaient les empreintes.

Grâce à cette technique, la police a obtenu des empreintes de meilleure qualité, y compris sur des surfaces complexes. Les forces de l'ordre et les experts en médecine légale ont ainsi pu identifier ou écarter des suspects, et classer des affaires. Plus récemment, la méthode a permis de révéler des empreintes digitales sur de la monnaie et des billets de banque en polymère canadiens.





67

Beating pollution to a pulp

Engineering xylanase enzymes for the pulp and paper industry

Chlorine effectively whitens pulp and paper, but creates vast amounts of toxic waste. In turn, that chlorinated waste threatens the environment and human health. Unfortunately, traditional Xylanase—an enzyme long considered a non-toxic and biodegradable alternative to bleach—fails to stand up to harsh conditions in the pulp and paper industry.

In the 1990s, Canadian researchers used protein engineering to modify amino acids in a certain family of xylanases. In so doing, they tailored a xylanase molecule to withstand the high temperatures and acidity levels of industrial processes. That NRC-designed enzyme is suited to pulp processing and reducing chlorine levels.

The modified enzyme has helped Canadian pulp mills decrease chlorinated waste by at least 4 000 tonnes per year, while saving industry many millions annually. After receiving approvals for commercial use of the enzyme in Canada and the United States, logen Inc. of Canada sold the modified enzyme internationally. That success attracted multinational Novozymes to pay more than \$67 million to acquire logen's enzyme business and employees in 2013.

Enzymes gloutons et pollution

De la xylanase pour l'industrie des pâtes et papiers

Le chlore blanchit la pâte à papier, mais laisse une grande quantité de déchets toxiques. Ceux-ci menacent l'environnement et la santé. Biodégradable et inoffensive, la xylanase a souvent été envisagée comme solution de rechange pour le blanchiment. Malheureusement, cet enzyme ne résiste pas aux durs traitements de la fabrication du papier.

Dans les années 1990, des chercheurs canadiens ont recouru au génie protéique pour modifier les acides aminés de certaines xylanases. Ils ont obtenu une molécule qui résistait aux températures élevées et à l'acidité présentes dans les procédés industriels. Cet enzyme conçu par le CNRC convient à la préparation de la pâte et réduit la quantité de chlore requise.

L'enzyme modifié a permis aux usines canadiennes de pâtes et papiers de diminuer leurs déchets chlorés d'au moins 4 000 tonnes par année tout en aidant l'industrie à économiser plusieurs millions de dollars en frais d'exploitation chaque année. Une fois l'enzyme homologuée pour exploitation commerciale au Canada et aux États-Unis, la société canadienne logen Inc.

a commencé à vendre l'enzyme partout dans le monde. Ce succès a incité la multinationale Novozymes à déboursier plus de 67 millions de dollars, en 2013, pour acquérir la division de l'entreprise consacrée aux enzymes ainsi que ses effectifs.



68

80



Crossing the strait and not-so-narrow

World's longest bridge over ice-covered waters

The 1980s renewed a debate about establishing year-round access from Prince Edward Island to Canada's mainland. Eventually, Islanders voted in favour of a public-private partnership's solution: a 12.9-kilometre bridge spanning the Northumberland Strait.

However, construction of the Confederation Bridge posed a problem. No precedent existed for ice loads that the bridge piers would encounter as they weathered the strait's winter-spring conditions.

Researchers from NRC were among the talented engineers who rose to the challenge. Conducting many studies, researchers examined how ice floes behave and used probabilistic methods to calculate potential ice loads.

The project broke ground in 1993 and employed more than 5 000 Canadians. Within four years, the bridge opened to provide Canadians and tourists alike with a safe, efficient link.

The Confederation Bridge made history as the world's longest bridge over ice-covered water and its construction marked one of Canada's top engineering feats. To this day, NRC carefully monitors the structure's performance and ice loads to ensure safety, inform planning for future projects, and study long-term effects of ice on similar structures.



Pas si étroit, le détroit

Le plus long pont sur des eaux couvertes de glace

L'érection d'un pont qui relierait en permanence l'Île-du-Prince-Édouard au continent a fait une nouvelle fois l'objet d'un débat dans les années 1980. Les insulaires ont finalement opté pour un partenariat public-privé pour la construction du pont de la Confédération, un ouvrage ouvrage de 12,9 km enjambant le détroit de Northumberland. Le projet posait néanmoins un problème : on ignorait les contraintes que la glace ferait subir aux piles du pont durant l'hiver et au printemps.

Des chercheurs du CNRC faisaient partie des ingénieurs de talent qui ont relevé le défi. Les études se sont multipliées : les chercheurs ont examiné le comportement des radeaux glaciels, puis ont recouru aux probabilités

pour calculer les contraintes potentielles engendrées par la glace. Le chantier a démarré en 1993 et plus de 5 000 Canadiens y ont travaillé. Quatre ans plus tard, le pont offrait à la population et aux touristes un passage sûr et commode vers l'île.

Chef d'œuvre d'ingénierie du Canada, le pont de la Confédération est entré dans l'histoire, devenant la plus longue structure du genre à surplomber des eaux couvertes de glace. Le CNRC continue d'être à pied d'œuvre; il surveille l'ouvrage et les tensions exercées par la glace et s'assure que la structure est sécuritaire. Les données recueillies lui permettront en outre d'étayer les projets à venir et d'étudier les effets à long terme de la glace et des structures analogues.



Tuning tiny transistors

Circumventing the limits of conventional transistor technology

Transistors are part of the microelectronics that drive everything from smart phones to cars. But, with today's technology, transistors can get only so small. The next generation of electronics calls for transistors that can work at the molecular scale—a quantum leap towards faster devices that use less power and give off less heat.

In 2005, scientists at the National Institute for Nanotechnology (NINT), an NRC partnership with both the provincial government and the University of Alberta, found a way to shrink electronic components down to the size of a single molecule. This marked the first demonstration of a single charged atom on a silicon surface regulating the conductivity of a nearby molecule—in effect, by switching it on or off. This “nano-transistor” would be hundreds of times smaller than a conventional transistor but, more importantly, it would be greener, using thousands of times less power.

Practical molecular transistors are still years away. But with the nano-transistor, scientists have crossed the threshold into a new frontier of molecular-age circuitry.

69



Des transistors minuscules

Au-delà des limites de la technologie traditionnelle

Sans transistors, aucun objet comportant un dispositif micro-électronique ne pourrait fonctionner – qu'il s'agisse de notre téléphone intelligent ou de notre voiture. Malheureusement, la technologie actuelle ne permet de réduire la taille de ces transistors que jusqu'à un certain point. Or, la prochaine génération de dispositifs électroniques exigera des transistors capables de fonctionner à l'échelle moléculaire – un véritable bond de géant qui réduira la consommation d'énergie de ces appareils et la chaleur qu'ils dégagent.

En 2005, des scientifiques de l'Institut national de nanotechnologie (INNT), issu d'un partenariat entre le CNRC, l'Université de l'Alberta et la province de l'Alberta, ont découvert comment réduire la taille de ces composants électroniques à celle d'une molécule. Pour la première fois dans l'histoire, ils ont prouvé qu'un simple atome posé sur une surface en silicium pouvait régler la conductivité d'une molécule voisine grâce à sa charge électrique (« l'allumer » et « l'éteindre », en quelque sorte). Des centaines de fois plus petit qu'un transistor ordinaire, ce « nano-transistor » serait également plus écologique, car il utiliserait des milliers de fois moins d'électricité.

Il s'écoulera encore de nombreuses années avant qu'on mette au point des nanotransistors utilisables, mais les scientifiques viennent de franchir une nouvelle frontière en faisant entrer les circuits dans l'ère moléculaire.



70

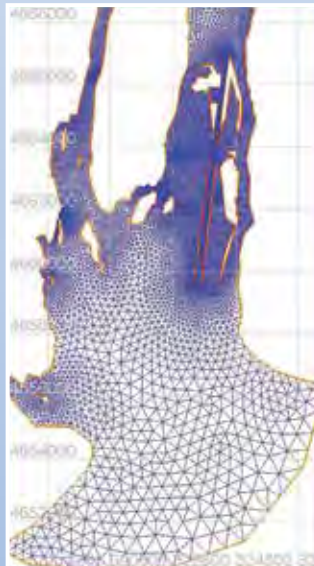
Come swell or high water

Flood prevention and mitigation

Floods, Canada's most frequent and costly natural disasters, cause extensive losses for communities near rivers and oceans. Heavy rainfall, dam failures, storm surges, ice jams and rapid melting of snow mean that floods loom year-round. Without being able to control the weather and extreme events, government and emergency personnel must plan ahead to cope with likely scenarios.

Canadian researchers created EnSim software to model and forecast how floods and water run-off will behave. The software analyzes and simulates flooding by interacting with real-time and historical data about weather, water levels, the environment and geography. The software provides 2D and 3D visualizations of different scenarios, and quickly adjusts to new data showing where and how much flooding will occur.

More than 40 countries have seen the value of NRC's software, which has given authorities and dam owners the analysis and projections necessary to inform design decisions, improve emergency plans and forewarn at-risk residents. These simulations and expert recommendations contributed to the post-1997 Red River Floodway expansion project to divert future floods and protect Manitobans.



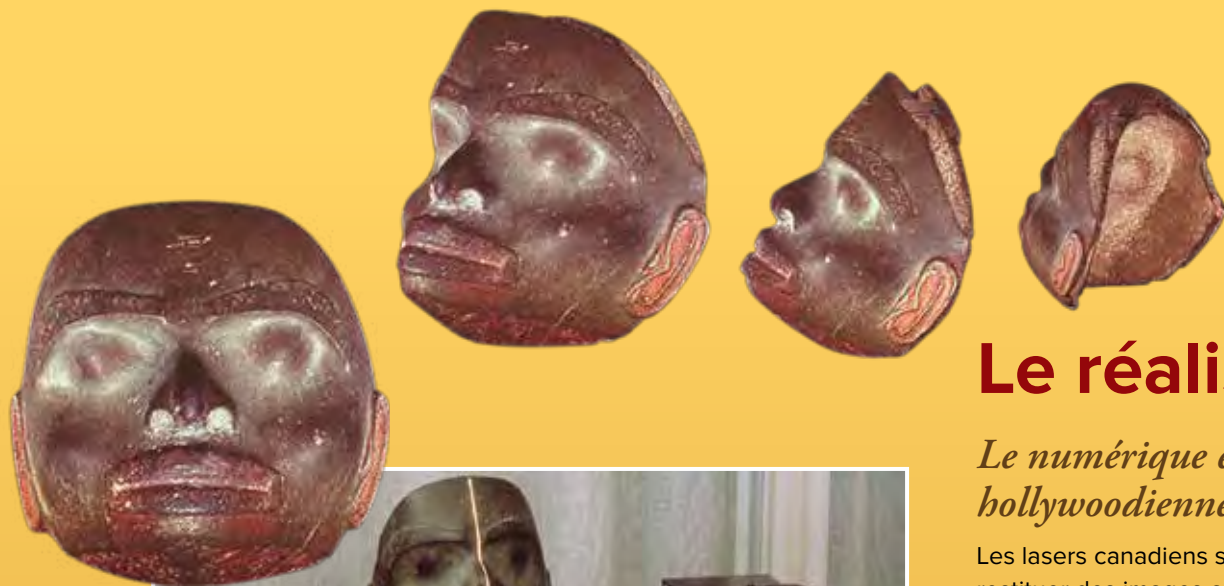
La montée des eaux

Lutte contre les crues

Fréquentes et onéreuses, les inondations figurent au premier rang des cataclysmes canadiens et engendrent de lourdes pertes pour les communautés riveraines et côtières. Pluies diluviennes, ruptures de barrage, marées de tempête, embâcles et fonte éclair signifient un risque de crue perpétuel. Dans l'incapacité de maîtriser la météo et les phénomènes extrêmes, les autorités et les services de secours doivent dresser des plans pour pallier toute éventualité.

Le logiciel EnSim a été créé par des chercheurs canadiens pour modéliser et prévoir le comportement des crues et du ruissellement. Le logiciel analyse et simule la montée des eaux en combinant données réelles et relevés historiques sur les conditions météo, le niveau de l'eau, l'environnement et la géographie. Les scénarios sont visualisés en deux ou trois dimensions et modifiés rapidement avec de nouvelles données pour signaler le lieu et l'ampleur de la crue.

Plus de 40 pays ont adopté le logiciel, car celui-ci procure aux autorités et aux exploitants de barrages les analyses et les projections nécessaires pour concevoir des plans adéquats, améliorer les mesures de secours et prévenir les résidents menacés. Ces simulations et recommandations d'experts ont mené à l'expansion du canal de dérivation de la rivière Rouge après la crue de 1997, mettant ainsi les Manitobains à l'abri de futures inondations.



Le réalisme de l'irréel

Le numérique et les superproductions hollywoodiennes

Les lasers canadiens saisissent des millions d'éléments pour restituer des images aussi précises que réalistes qui éblouissent les cinéphiles. Le CNRC a inventé une technique de numérisation 3D pour la fabrication, puis l'a perfectionnée afin qu'elle puisse servir dans l'espace et percer le mystère de chefs-d'œuvre telle la *Joconde*. Désormais, cette technologie plonge Hollywood dans des mondes fantastiques plus vrais que nature.

Le CNRC a cédé sous licence son scanner 3D asynchrone automatique et le logiciel connexe à divers secteurs. En 1998, les détenteurs de licence enregistraient des recettes de plus de 18 millions de dollars et comptaient une centaine d'employés. Une entreprise en incubation au CNRC durant trois ans a conçu des images 3D numérisées d'acteurs comme Halle Berry, Channing Tatum et Keanu Reeves, puis les a envoyées à des entreprises de trucage qui manipulent et animent ce type d'images.

La numérisation 3D de sculptures a donné vie aux créatures qui peuplent les films de Peter Jackson comme *Le Seigneur des anneaux : La Communauté de l'anneau* et *King Kong*. Ces deux longs métrages, de même que *Gravité*, ont remporté un Oscar pour leurs effets visuels, alors que d'autres utilisant aussi la technologie canadienne ont été mis en nomination. La précision microscopique du scanner 3D a même été exploitée dans des jeux vidéo et un clip du groupe U2.



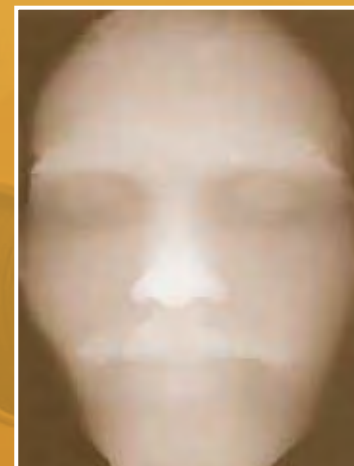
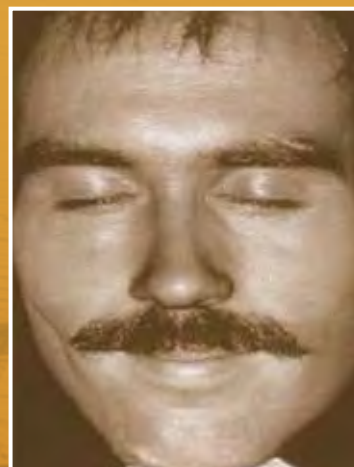
New realms of realism

Scanning technology brings life to Hollywood blockbusters

Moviegoers witness the result of Canadian laser scanning that quickly captures millions of measurements for precise, realistic visuals. NRC developed the 3D scanning technology for manufacturing, and honed it for space engineering and historic artworks like the Mona Lisa. Now, that technology injects untold realism into Hollywood movies.

NRC licensed its 3D auto-asynchronous scanner and related software across varied sectors. By 1998, the licensees had revenues exceeding \$18 million and 100 employees. One company, which incubated at NRC for three years, has generated 3D scans of actors such as Halle Berry, Channing Tatum and Keanu Reeves. Those 3D digital scans were sent to visual effects (VFX) companies that manipulate and animate them.

Through the technology's 3D scans of sculptures, blockbuster creatures came to life for Peter Jackson's *Lord of the Rings Fellowship of the Ring* and *King Kong*. Both movies, plus *Gravity*, won Academy Awards for their visual effects, and others featuring Canada's 3D scans have earned nominations. The scanner's microscopic 3D details have even appeared in video games and a U2 music video.





71



72

Guiding light

Optical filter technologies

Anyone who wears polarized sunglasses, uses high-end cameras or has tinted windows understands the influence a filter has on what one sees. Many different industries need to amplify, separate, reflect, transmit and otherwise control light. Optical filters answered those needs, but few filters were durable or performed well.

NRC began researching optical filters in 1956, and moved on to thin-film coatings, techniques to apply thin-film layers and improvements for manufacturing processes. This pioneering, patented work is foundational technology for communication networks, semiconductor and electronics manufacturing, medical and research instruments based on fluorescence, anti-counterfeiting banknotes, space programs and more.

In 1998, NRC spun out its design and manufacturing of durable, high-performing optical filters as Iridian Spectral Technologies. Ottawa-based Iridian has passed the 100-employee mark, expanded into multimillion-dollar facilities and pursued new optical applications. Most recently, Iridian created 3D glasses for Dolby® to view 3D films like *Avatar*, and produced laser-deflecting eyeglasses to protect pilots from being blinded by laser pointers during takeoffs and landings. Optical filters underlie and enhance technologies that define modern life.

Vers la lumière

La technologie des filtres optiques

Quiconque a déjà porté des lunettes de soleil polarisées, utilisé un appareil photo haut de gamme ou fait teinter ses fenêtres sait comment un filtre modifie la vue. Beaucoup d'industries doivent amplifier, séparer, réfléchir, transmettre ou modifier d'une façon quelconque la lumière. Les filtres optiques répondaient à ce besoin, mais leur durabilité et efficacité laissaient souvent à désirer.

Le CNRC a commencé à s'intéresser aux filtres optiques en 1956 avant de bifurquer vers les couches minces, les façons de les appliquer et leurs procédés de fabrication connexes. Ces premiers travaux, dont les résultats ont été brevetés, ont pavé la voie aux réseaux de communication, à la fabrication de transistors et de dispositifs électroniques, aux instruments médicaux et scientifiques à fluorescence, à la lutte contre le faux-monnayage, aux programmes spatiaux et plus encore.

En 1998, Iridian Spectral Technologies, entreprise dérivée du CNRC, pris en main les activités de conception et de fabrication de filtres optiques durables et de qualité. Comptant plus de 100 employés et des installations de plusieurs millions de dollars, cette entreprise d'Ottawa s'est tournée vers d'autres applications de l'optique. Elle a inventé des lunettes 3D pour Dolby®, employées pour visionner les films 3D comme *Avatar*, ainsi que des lunettes qui empêchent les pilotes d'être aveuglés par les pointeurs lasers au décollage ou à l'atterrissage. Les filtres optiques sous-tendent et améliorent les technologies qui caractérisent la vie moderne.





73

Stryke-ing manufacturing wins

A Canadian-built light-armoured vehicle

Fierce competition surrounds military contracts because winning bids mean economic gains. At the turn of this century, the U.S. Army requested a tactical fleet of 2 000 Stryker light-armoured vehicles (LAVs), and manufacturers clamoured for that \$6-billion contract.

To achieve the efficiencies needed to win the contract, the Canadian operations of General Motors Defense (GMD) collaborated with NRC researchers using virtual environment technologies in London, Ontario. The technologies let GMD's teams see designs and production processes in three dimensions before investing in materials and factory lines.

These technologies revolutionized how GMD designed and manufactured vehicles. Staff credited Canadian collaborators and technologies for their substantial role in speeding up the project. Their role, combined with other efforts, resulted in a 78–83 per cent reduction in total project time and achieved substantial cost savings. GMD, now part of General Dynamics Land Systems, won the coveted Stryker contract in 2003. Subsequent contracts arose with other countries, which support 3 000 jobs and benefit nearly 500 other Canadian suppliers.

Fabrication à toute épreuve

Un blindé léger de facture canadienne

Conclure un marché avec l'armée suscite une lutte farouche en raison des profits juteux qu'on peut en retirer. Au début du siècle, l'armée américaine souhaitait se doter de 2 000 blindés légers Stryker, et les fabricants ont joué des coudes pour décrocher le contrat de 6 milliards de dollars.

Pour remporter la mise, la branche canadienne de General Motors Defence (GMD) a recouru aux technologies d'environnement virtuel, avec le concours des chercheurs du CNRC de London (Ontario). Ceux-ci ont montré à l'équipe de GMD les modèles et les procédés de fabrication en trois dimensions avant que le moindre sou ne soit investi dans les matériaux et les chaînes de montage.

Les techniques du CNRC ont révolutionné la conception et la construction de véhicules par GMD. L'entreprise a félicité ses collaborateurs canadiens et fait les louanges de leurs technologies qui ont permis d'accélérer le projet de 78 à 83 pour cent et d'en alléger nettement le coût. GMD, maintenant intégrée à General Dynamics Land Systems, a obtenu le contrat si convoité en 2003 et fait une percée dans d'autres pays, ce qui représente du travail pour 3 000 personnes et des retombées pour près de 500 fournisseurs canadiens.





74

Rewriting the astronomy textbook

Technique to glimpse deeper into the universe

Astronomers devote their lives to exploring galaxies and how they are formed. Unfortunately, peering into the deep universe is a complicated venture. Distance makes signals faint and Earth's atmosphere causes considerable interference, further obscuring cosmological observations.

Members of a multi-year international astronomy project called the Gemini Deep Deep Survey (GDDS), began peering into our universe's distant past. Working at the Gemini Observatory, NRC—in partnership with the U.K. Astronomy Technology Centre and Durham University—developed a nod-and-shuffle technique for the Gemini multi-object spectrograph, an instrument designed and built by NRC for the Gemini telescopes. The technique allows the telescope to see spectra of distant objects by subtracting the effects of the background sky.

What the GDDS team found amazed them. They discovered massive, mature galaxies dating back 9 to 11 billion years. Until 2003, astronomers had believed that only newly forming galaxies existed during that epoch. GDDS raised fundamental questions about theoretical and cosmological models of the early universe, forever changing our understanding of its formation and forcing edits to astronomy textbooks.

Regard neuf sur l'astronomie

Voir plus loin dans l'Univers

Les astronomes consacrent leur vie à étudier les galaxies et leur formation. Cependant, observer le fin fond de l'Univers n'est pas une tâche facile. L'atmosphère terrestre fausse considérablement les signaux, déjà affaiblis par l'éloignement, ce qui complique l'analyse du Cosmos.

Les membres du Gemini Deep Deep Survey (GDDS), projet international pluriannuel, ont commencé à scruter le lointain passé de l'univers. À l'Observatoire Gemini, le CNRC et ses collaborateurs (l'Astronomy Technology Centre du R.-U. et l'Université Durham) ont mis au point une technique de basculement et de déplacement pour le spectrographe multi-objets conçu et fabriqué par le CNRC. Grâce à cette technique, les télescopes Gemini captent le spectre des objets distants en corrigeant les aberrations du fond du ciel.

L'équipe du GDDS a fait une découverte étonnante : des galaxies massives, vieilles de 9 à 11 milliards d'années. Jusqu'en 2003, les astronomes étaient persuadés qu'à cette époque, l'Univers n'était peuplé que de jeunes galaxies. Le GDDS a soulevé des questions fondamentales sur les modèles théoriques et cosmologiques de l'Univers primitif et changé à jamais ce qu'on sait sur sa genèse, nous contraignant à jeter un regard neuf sur l'astronomie.

75

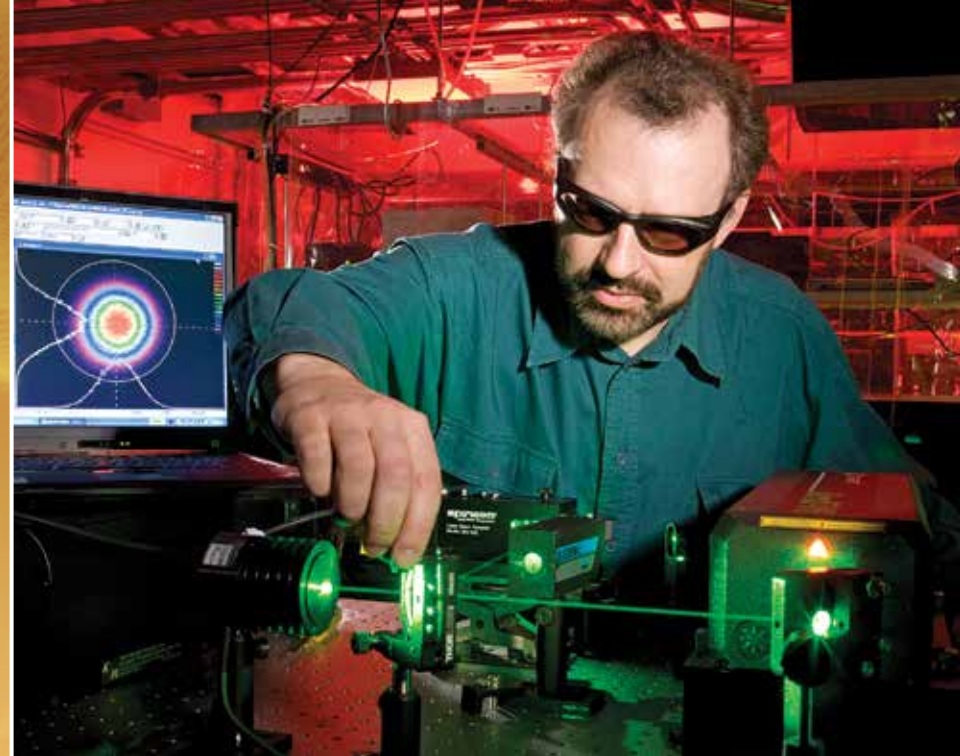
In a flash

Ultrafast lasers deliver world's shortest light pulses

Better, smaller, faster; this is the eternal race. But, technology limits can create roadblocks in that race's path. For example, since lasers were discovered in 1960, scientists have continually searched for ways to shorten laser pulses. Researchers believe shorter laser pulses would permit superior control over matter, but the race plateaued at six femtoseconds, or six quadrillionths of a second.

A breakthrough came in 2001 when NRC's Paul Corkum and colleagues in Austria proved sub-femtosecond laser pulses were possible. They produced and measured what were then the world's shortest light flashes, measured in attoseconds. For perspective, one attosecond is to one second as one second is to the age of the universe. This advance lets researchers capture and measure speedy and mysterious processes within atoms, molecules and solids.

Now, attosecond technology is used to record and control energy and matter, and to photograph electrons and chemical reactions—all previously deemed impossible. NRC furthers its pioneering attosecond work through collaborations with the University of Ottawa, including the Joint Attosecond Science Laboratory (JASLab), which focuses on ultra-fast photonics.



Vif comme l'éclair

Un laser ultrarapide aux impulsions ultracourtes

Plus efficace, plus petit, plus rapide : voilà ce qu'on souhaite encore et toujours. Cependant, la technologie a ses limites. Ainsi, depuis la découverte du laser en 1960, les scientifiques n'ont cessé de vouloir trouver des moyens de créer des impulsions toujours plus courtes. De plus courtes impulsions, soutenaient-ils, permettraient de mieux contrôler la matière. Malheureusement, il était impossible d'aller plus bas que six femtosecondes, ou six quadrillionièmes de seconde.

C'était du moins le cas jusqu'en 2001, quand Paul Corkum, du CNRC, et ses collègues autrichiens ont prouvé qu'un laser de moins d'une femtoseconde était réalisable. Ils ont produit et mesuré le faisceau lumineux le plus bref de l'histoire, mesurable en attosecondes. À titre de comparaison, une attoseconde est à la seconde ce qu'une seconde est à l'âge de l'univers. Depuis, les chercheurs captent et quantifient des phénomènes aussi élusifs que mystérieux dans l'atome, les molécules et les solides.

Désormais, la technologie de l'attoseconde sert à étudier et à contrôler l'énergie et la matière ainsi qu'à photographier les électrons et les réactions chimiques – toutes des choses que l'on croyait impossibles. Le CNRC poursuit ses travaux sur l'attoseconde avec l'Université d'Ottawa, notamment au Laboratoire mixte pour la science de l'attoseconde, spécialisé dans la photonique ultrarapide.



Des aménagements profitables

L'humanisation du bureau

Blagues et caricatures abondent sur la vie au bureau. Cependant, travailler dans un bureau à aire ouverte n'a rien de drôle pour les quelque 40 millions de Nord-américains qui peinent à la tâche dans leur bureau modulaire alors que tout, autour d'eux, conspire pour les distraire.

Pour venir en aide à ces travailleurs des chercheurs canadiens ont doté un fauteuil de capteurs environnementaux mesurant le bruit, l'éclairage, la qualité de l'air, la température, le taux d'humidité et la ventilation. Ils ont ensuite installé ces fauteuils dans des centaines de bureaux pour glaner de précieux renseignements sur tout le continent. Les employés ont aussi répondu à des questionnaires qui faisaient ressortir les éléments affectant le plus leur degré de satisfaction au travail.

Grâce à ces données, les scientifiques du CNRC ont appris aux entreprises comment mieux aménager l'espace modulaire afin de rehausser le confort et le bien-être de leurs employés, tout en accroissant éventuellement leur rendement. Ces recherches canadiennes et les outils logiciels qui en sont dérivés permettent aux planificateurs, aux architectes et aux décorateurs d'établir des façons d'améliorer les aires de travail. Depuis, quand on aménage des aires ouvertes, on prend en compte l'éclairage, la disposition des lieux et l'acoustique.

Designing for less pain, more gains

Innovations to design offices for comfort

Jokes and comic strips abound about cubicle life. However, working in open offices is no laughing matter for the more than 40 million North Americans whose senses are bombarded while at work in cubicles.

In response, Canadian researchers equipped a specialized chair with environmental sensors to measure noise, lighting, air quality, temperature, humidity and ventilation. By setting up the chair in hundreds of cubicles across North America, researchers gathered valuable data about office environments. Employees in those offices also completed questionnaires to determine the issues that most affected their workspace satisfaction.

Based on this research, NRC scientists have offered ways for the corporate world to build better cubicles—ones that improve comfort, maximize employee well-being and possibly even enhance productivity. Thanks to this Canadian research, and subsequent software tools, planners, architects and interior designers can now assess how to improve the broader office environment. They factor in lighting, layout and acoustics when designing options for open offices.

77



Sootloose

Cleaning the air with emission control technology

Most of Canada's 23 million vehicles release particulate pollution like soot particles containing black carbon. Admittedly, diesel exhaust is the primary culprit, but incomplete combustion means even high-efficiency cars running on other fuels, including biofuel, increase soot levels too. It matters because soot harms human health, increases smog and affects weather.

Emission-control filters attempt to trap and measure soot, but ultrafine particles escape. However, soot cannot dodge measurement by NRC's laser-induced incandescence (LII) technology. First, LII illuminates soot with a laser pulse. Next, based on light intensity, LII's sensor calculates the presence, precise size, concentration and temperature of particles.

NRC licensed LII200 and LII300 to a Californian company. Using the company's commercial version, the State of California tested trucks for exact soot levels emitted while driving. The goal was to reduce premature deaths and environmental damage. In Canada, LII measures particulate emissions from experimental vehicles powered by new engine designs and various fuels. With that data, regulators and manufacturers assess trade-offs between improved fuel efficiency and particulate pollution. LII instruments are under consideration for certification of civil aviation's engine emissions.

Pas de fumée sans suie

Dépolluer l'air en filtrant les émissions

La plupart des 23 millions de véhicules qui sillonnent les routes canadiennes libèrent des particules de suie contenant du carbone noir. Certes, le moteur diesel est le premier responsable; cependant, pour les voitures à moteur de pointe usant d'autres carburants, même biologiques, qui dit combustion incomplète dit production de suie. Or, la suie est nuisible à la santé, elle épaissit le smog et altère le climat.

Les filtres piègent et dosent la suie, mais pas les particules ultrafines. Celles-ci n'échappent toutefois pas à l'incandescence induite par laser (LII), technologie inventée par le CNRC. La LII éclaire la suie au laser, puis un capteur établit la grosseur, la concentration et la température des particules d'après l'intensité de la lumière réfléchie.

Le CNRC a cédé sous licence ses instruments LII 200 et LII 300 à une entreprise californienne. L'État de la Californie a utilisé une version commerciale de la technologie pour mesurer exactement la suie émise par les camions sur la route. Objectif : diminuer le nombre de morts prématurées et les dommages environnementaux. Au Canada, l'incandescence induite par laser permet de mesurer la quantité de particules libérées par des véhicules expérimentaux mus par de nouveaux types de moteurs et de carburants. Grâce à ces données, les organismes de réglementation et les fabricants évaluent les compromis entre la conception de carburants plus performants et la pollution par les particules. On songe maintenant à appliquer la LII à la certification des moteurs d'aéronefs civils pour les émissions.



Night flights

Improved night-vision systems for pilots

Night-time emergency search-and-rescue flights are dangerous missions. Canada's vast mountain terrains, rainforests, tundra and three coastlines increase the complexity. Add in some of the planet's worst climate conditions. Is it any wonder paramedics and pilots die in crashes after dark?

Long used by the military, night-vision technology enables safer, speedier emergency flights in darkness. NRC aerospace researchers have engineered unique improvements to night-vision goggles for the Canadian Forces, and now too for rescue pilots to fly safely between mountains, through valleys and across remote areas. NRC works alongside Transport Canada to develop regulations and certify pilots learning to "see" in the dark. Night vision requires a complex combination of neuroscience, psychology and engineering so that pilots can identify and interpret light sources and landmarks in the dark. Air ambulance pilots were among the first to routinely employ night-vision goggles in Canada.

Aerospace experts expect to see night-vision technologies become standard equipment in the near future in nearly all cockpits—much like global positioning systems (GPS) are the norm today.

Vols de nuit

Une meilleure vision nocturne pour les pilotes

Les vols de nuit et les opérations de recherche et de sauvetage sont des activités périlleuses. Montagnes, forêts denses, toundra et trois littoraux ne facilitent pas la tâche au Canada, où sévissent parfois les pires conditions climatiques. On ne s'étonnera donc pas si des pilotes et des infirmiers perdent la vie quand leur appareil s'écrase en pleine nuit.

Utilisée depuis longtemps par l'armée, la technologie de la vision nocturne rend de tels vols plus sûrs et plus rapides dans l'obscurité. Les chercheurs en aérospatiale du CNRC l'ont perfectionnée pour que les militaires – et désormais les pilotes de sauvetage – volent en sûreté dans les montagnes, les vallées et d'autres coins reculés. Avec Transports Canada, le CNRC élabore des règlements et atteste les pilotes qui apprennent à « voir » dans le noir. La vision nocturne amalgame neuroscience, psychologie et génie pour aider le pilote à identifier les sources de lumière et les masses dans l'obscurité. Les pilotes d'ambulances aériennes ont été parmi les premiers à utiliser couramment des lunettes de vision nocturne au Canada.

Les spécialistes en aéronautique s'attendent à ce que ces lunettes deviennent bientôt la norme dans tous les aéronefs, à l'instar des systèmes GPS.







79

None the worse for wear

A holistic approach to aircraft inspections

Many factors undermine aircraft bodies and parts. If unidentified, wear-and-tear issues could worsen and affect airworthiness or safety, especially with aircraft flying beyond intended lifespans. Meanwhile, operators prematurely replace sound parts based on maintenance schedules set when aircraft construction involved metal, not today's less-corrosive materials.

Cost-conscious operators must anticipate and assess risks, yet avoid unnecessary replacements and labour costs. NRC engineers saw potential in Diffracto Limited's patented D-Sight™ technique for inspecting automobiles by bouncing and reflecting light. In adapting D-Sight to sweep an aircraft's vast surfaces, they identified minute imperfections requiring closer inspection for corrosion, impact strikes and aging defects. Thousands of aircraft inspections, extensive data and a specimen library convinced Canadian researchers of relationships between minor surface anomalies and underlying problems or acceptable wear.

Canada's inspection technique and engineering expertise save international military and civilian sectors money and time, while managing risk. Plus, Canadian know-how contributed to the Holistic Structural Integrity Process (HOLSIP), which predicts when repairs will be required and how to sustain structures, and influences aerospace, bridge design and safety, and other construction engineering.

L'usure, ça use

Une inspection holistique des aéronefs

Maints facteurs attaquent les aéronefs. Si l'on n'en tient pas compte, la corrosion et l'usure peuvent empirer la situation et réduire la navigabilité ou la sûreté de l'appareil, surtout quand celui-ci a dépassé sa vie utile. D'un autre côté, on remplace des pièces en bon état, en fonction de programmes d'entretien préventif datant de l'époque où les avions étaient surtout faits de métal, pas de matériaux modernes résistants à la corrosion.

Par souci d'économie, les exploitants anticipent et évaluent les risques, mais évitent de remplacer les pièces et d'utiliser la main-d'œuvre inutilement. Les ingénieurs du CNRC ont remarqué le potentiel que présentait la technique D-Sight^{MC} de Diffracto Ltd servant à inspecter les automobiles d'après la lumière qu'elles réfléchissent. Ils l'ont donc adaptée aux vastes surfaces des avions pour déceler les légères imperfections potentiellement causées par la corrosion, des impacts ou le vieillissement. Des milliers d'inspections et une multitude de données ont convaincu les chercheurs canadiens que les légères anomalies en surface sont liées à des problèmes sous-jacents ou à une usure acceptable.

La technique d'inspection et l'expertise en génie canadiennes ont épargné temps et argent à l'aviation militaire et civile internationale, tout en facilitant la gestion des risques. Le savoir-faire canadien a aussi engendré le processus holistique d'intégrité structurale HOLSIP, qui prévoit comment et quand les structures seront entretenues et réparées, ce qui influe sur la conception et la sécurité des aéronefs, des ponts et d'autres bâtiments.



Oh, mega growth

Finessing fish oil for health benefits

Longer life expectancies have people searching for ways to ward off disease and live out their latter years in good health. Omega-3 fatty acids, derived from fish oil, offer nutritional gains, cholesterol improvements and anti-inflammatory benefits. Studies also show potential contributions to heart and brain health. Is it any wonder omega-3s appear in dietary supplements and everything from yogurt to juice?

However, many consumers, regulators and manufacturers found insufficient quality ingredients in commercial omega-3 preparations as a hindrance. So, Ocean Nutrition Canada (ONC) invested heavily in research. After dozens of patents, and collaborations with NRC, POS Bio-Sciences, and Dalhousie and Memorial universities, ONC perfected its refinement and microencapsulation technologies for omega-3 oils and powders. These technologies remove contaminants, increase concentrations, curb the fishy smell and taste, and protect omega-3 benefits, even at baking temperatures.

ONC was rewarded with the largest omega-3 ingredient market share globally. The company grew from four to more than 400 employees. Its multimillion-dollar revenues consistently topped 20 percent year-over-year growth, attracting a \$540-million acquisition from Royal DSM, which subsequently invested in upgrades to ONC's Nova Scotia facilities.

80



Acides gras à gogo

Affiner l'huile de poisson pour ses bienfaits

Une espérance de vie plus longue incite les gens à se prémunir contre la maladie pour profiter au maximum de leurs vieux jours. Nutritifs, les acides gras oméga-3, extraits de l'huile de poisson, combattent le cholestérol et les inflammations. Ils pourraient aussi améliorer la santé cardiaque et cérébrale. Peu étonnant donc qu'on en trouve dans les compléments alimentaires et de nombreux aliments et boissons, du yogourt aux jus de fruit.

Malheureusement, beaucoup de consommateurs, d'organismes de réglementation et de fabricants étaient préoccupés par la qualité inégale des ingrédients. Pour y remédier, Ocean Nutrition Canada (ONC) a investi lourdement dans la recherche. Après des dizaines de brevets et des collaborations avec le CNRC, POS Bio Sciences et les universités Dalhousie et Memorial, l'entreprise a perfectionné ses méthodes de purification et de micro-encapsulation d'huiles et de poudres contenant des oméga-3. Elle est ainsi parvenue à éliminer les contaminants, à concentrer les oméga-3 et à atténuer le goût et l'odeur de poisson tout en préservant les vertus des acides gras, même aux températures de cuisson.

ONC en a été récompensée en décrochant la plus grosse part du marché mondial des oméga-3. Ses effectifs sont passés de 4 à plus de 400 employés, et l'entreprise multimillionnaire a vu son chiffre d'affaires croître de 20 pour cent par année. Cela a suffi pour convaincre Royal DSM de se porter acquéreur d'ONC pour 540 millions de dollars et d'ensuite rénover les installations de l'entreprise en Nouvelle-Écosse.



81

Be gone, twinkle of starlight

First-ever images captured of planets circling a star other than the Sun

On starry evenings, many people gaze at twinkling starlight. But to astronomers, that twinkling represents one thing: distortion. Temperature variations in the atmosphere cause starlight to bend, altering our view of the stars and other objects in space.

Adaptive optics measure and compensate for the distortions in light waves. NRC researchers developed one of the world's most powerful adaptive-optics systems, known as Altair. Altair and recent advances in image-processing technology led an international team of astronomers to reach a milestone in the search for other worlds. In 2008, they captured the first-ever images of planets circling a star other than the Sun. Led by NRC astronomer Christian Marois, the team identified three exoplanets more massive than Jupiter. The exoplanets orbit a star known as HR 8799, which is faintly visible to the naked eye at approximately 130 light years from Earth.

Two years later, the team discovered a fourth planet in the same system. With these images, astronomers can directly examine the atmospheric properties of four giant exoplanets, marking a crucial step toward finding and studying Earth-like planets.

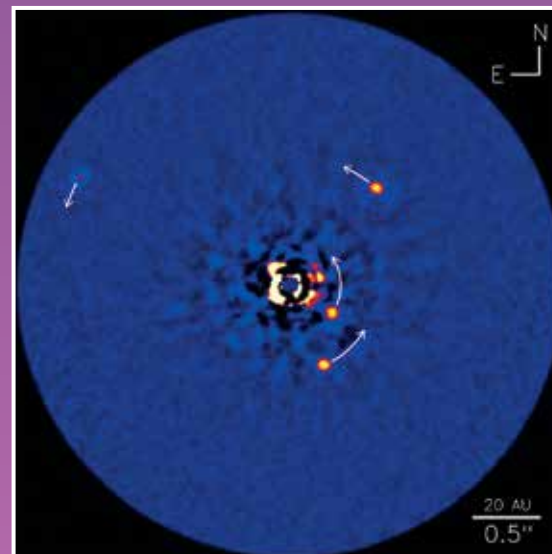
Adieu, scintillement des étoiles

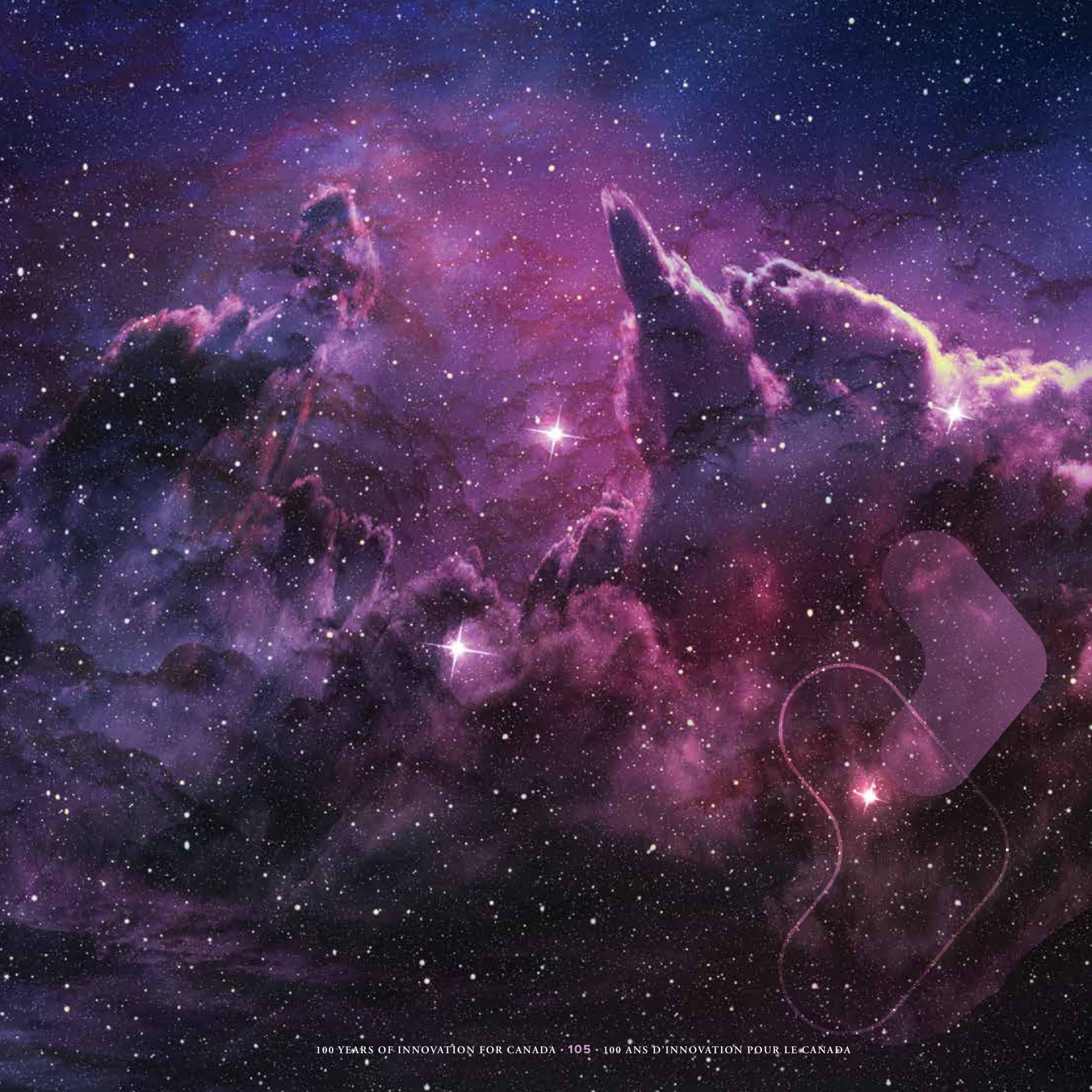
Premières images de planètes gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil

Quand le ciel nocturne est clair, les gens s'émerveillent devant le scintillement des étoiles. Mais pour l'astronome, ce clignotement ne signifie qu'une chose : la distorsion. En effet, les écarts de température dans l'air courbent la lumière des astres et autres corps célestes, et en altèrent la vision que nous en avons.

L'optique adaptative mesure ces distorsions et les corrige. Les chercheurs du CNRC ont créé l'un des plus puissants systèmes d'optique adaptative au monde. Ce système, baptisé Altair, et les progrès récents en traitement des images ont amené une équipe internationale d'astronomes à franchir un nouveau jalon dans notre quête de mondes extraterrestres. En 2008, ils ont saisi les premières images de planètes gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil. Chapeautée par l'astronome Christian Marois du CNRC, l'équipe a identifié trois exoplanètes plus massives que Jupiter orbitant autour d'une étoile appelée HR 8799, à peine visible à l'œil nu, à 130 années-lumière de la Terre.

Une quatrième planète a été découverte deux ans plus tard dans le même système. Grâce à ces images, les astronomes peuvent analyser directement l'atmosphère de quatre exoplanètes géantes, étape cruciale dans la recherche et l'exploration des planètes de type terrestre.







82



Best rehearsal

Simulation-based brain surgery

As medical procedures go, brain surgery is risky. Complications can happen. When surgeons remove brain tumours or correct other conditions, the surrounding tissue cannot be damaged without affecting patients' coordination, memory, speech and more. Diagnostic imaging informs initial decisions, but patients' tumours vary, leaving surgeons to finalize case-specific approaches during each operation.

NRC led a cross-country collaboration to develop neurosurgery-simulator technology for surgeons to rehearse appropriate procedures and hone their approaches before performing them live. The simulator pairs a virtual-reality machine with high-resolution haptics, essentially touch-sensitive hardware. Its software makes the virtual tissue behave just as it would in actual surgery. As surgeons practice incisions, virtual channels pool with blood precisely the way they would during live surgery, because the simulated blood vessels are positioned based on individual patients' scans.

In 2009, a Halifax-based neurosurgeon made medical history, becoming the first to successfully remove a brain tumour following rehearsals using a patient-personalized simulation. This landmark technology improves health outcomes for patients and places Canada at the forefront of simulation research and development.

Répétition réussie

Simuler les interventions chirurgicales au cerveau

Opérer le cerveau n'est pas sans risque. Des complications peuvent survenir. Quand il retire la tumeur ou procède à une autre intervention, le chirurgien ne doit pas abîmer les tissus voisins, sans quoi la coordination, la mémoire, l'élocution ou d'autres facultés pourraient s'en ressentir. L'imagerie diagnostique l'éclaire sur les décisions à prendre au départ, mais il n'y a pas deux tumeurs identiques. Le chirurgien doit donc adapter son approche en fonction du patient.

Pour ces raisons, le CNRC a piloté un projet pancanadien visant à créer un simulateur en neurochirurgie. L'appareil permet au chirurgien de s'exercer et peaufiner l'intervention avant de saisir le scalpel. Le simulateur allie la réalité virtuelle à l'haptique à haute résolution, c'est-à-dire des instruments sensibles au toucher. Grâce au logiciel, le faux tissu réagit comme le vrai. L'incision emplit les vaisseaux virtuels de sang, exactement comme cela se produirait sur la table d'opération, car ils sont disposés tels qu'on les voit sur les clichés du patient.

En 2009, un neurochirurgien de Halifax est entré dans l'histoire de la médecine en étant le premier à procéder à l'ablation d'une tumeur après s'être exercé sur le simulateur. Cette technologie révolutionnaire améliore le pronostic pour le malade et a projeté le Canada à l'avant-plan en recherche et développement dans le domaine de la simulation.

NRC-CNRC

2010 and beyond
et au-delà





Toward a sustainable world

Today, Canada faces an unprecedented period of global transformation, bringing about economic, environmental and social changes that will radically reshape our communities, our means of transportation and our lifestyles. Climate change, sustainable development in the North and an aging population are just some of Canada's latest challenges. In 2010, NRC began adopting processes to spur game-changing technologies and to support innovations that will address these challenges and those of the future.

Pour la pérennité de notre planète

L'époque que traverse maintenant le Canada est marquée par une véritable métamorphose de la planète. L'économie, l'environnement et la société évoluent tellement qu'ils refaçonneront de manière draconienne les collectivités, les transports et le mode de vie des Canadiens. Le changement climatique, une exploitation durable des ressources dans le Nord et une population vieillissante figurent parmi les enjeux immédiats au pays. En 2010, le CNRC a commencé à mettre en place des procédés en vue d'engendrer les technologies révolutionnaires et d'appuyer les innovations qui permettront de s'attaquer à ces enjeux actuels et futurs.



When failure is not an option

Aircraft de-icing and technologies to evaluate safety systems

Work to keep plane skis and propellers ice-free began at NRC in 1939. By the 1940s, NRC's responsibilities expanded to include icing detection, mitigation and even engine-icing certification.

Flash forward to modern-day aircraft. Gas turbine engines can suck in minute ice crystals, which accumulate or break away causing power loss, sensor problems, expensive damages and sometimes safety issues. Engine manufacturers and regulators need more data about engine icing, strategies and technologies that minimize icing's effects, and engine tests and certifications for how engines cope with icing.

So, Rolls-Royce Canada and Pratt & Whitney established the Global Aerospace Centre for Icing and Environmental Research (GLACIER), an outdoor facility in Thompson, Manitoba's sub-arctic environment. As a partner, NRC designed and maintains specialized systems that control a spray to test engine icing by simulating operating and environmental conditions.

Since GLACIER opened in 2010, MDS AeroTest has operated the facility to support engine-icing certification of all aviation engines, up to the industry's largest. Today, researchers can also assess what happens when gas turbines ingest ice crystals, and improve related sensors.



Échec aux défaillances

Le dégivrage des aéronefs et l'évaluation des systèmes de sécurité

Le CNRC s'est intéressé à la glace qui se formait sur les skis et les hélices des avions dès 1939. Dans les années 1940, il s'est attaqué à la détection du givre, au dégivrage et à la certification antigivre des moteurs.

Qu'en est-il des avions modernes? Les turbines à gaz peuvent avaler des cristaux minuscules, qui s'y accumulent ou se pulvérisent, suscitant des défaillances, des lectures erronées, des dommages coûteux, voire des problèmes de sécurité. Les fabricants et les organismes de réglementation doivent en savoir plus sur le givrage des moteurs, les moyens et les technologies pour combattre ce fléau, ainsi que les tests et la certification des moteurs sur la résistance au givre.

C'est pourquoi Rolls-Royce Canada et Pratt & Whitney ont créé un centre mondial de recherche aéronautique sur le givrage (le centre GLACIER), une installation extérieure située à Thompson, dans le climat subarctique du Manitoba. En tant que partenaire, le CNRC y a

conçu des systèmes spéciaux qui pulvérisent de l'eau sur le moteur afin de simuler le givre dans des conditions ambiantes, et assure l'entretien de ces systèmes.

MDS AeroTest exploite le centre depuis son inauguration en 2010. On y certifie jusqu'aux plus gros moteurs d'aéronefs.

Les chercheurs y étudient

aussi ce qui se passe quand les turbines à gaz ingèrent de la glace et ils y perfectionnent les capteurs pertinents.

Décollage des carburants de remplacement

Alternative jet fuel takes flight

Biofuel advances propel a greener aviation industry

On average, 100 000 flights take off daily worldwide, despite airborne emissions being increasingly blamed for contributing to climate change. With such high demand for air travel, it is critical to explore sustainable alternatives to petroleum-based fuel to reduce emissions without sacrificing efficiency.

In 2012, NRC achieved a major milestone for the aviation industry; it flew the first civil jet powered by 100 per cent unblended biofuel. The flight's biofuel, converted by Applied Research Associates and Chevron Lummus Global, was grown from an industrial oilseed crop developed by Agrisoma Biosciences Inc., a Saskatoon-based company. NRC's Falcon 20 jet proved that the new biofuel offers a cleaner, efficient and viable alternative for aircraft fuel.

That historic flight led to a collaborative agreement between NRC and NASA to study the atmospheric effects of emissions from jet engines burning alternative fuels. This important research is leading the way for the qualification and acceptance of biofuels in civil aviation and providing lift-off to greener fuels that benefit the global aerospace industry while preserving the environment.

Le biocarburant écologise l'aéronautique

Chaque jour, 100 000 appareils en moyenne décollent dans le monde, même si le changement climatique est de plus en plus attribué aux émissions atmosphériques. Face à une telle situation, il est impérieux de trouver des carburants plus durables et moins polluants que le pétrole, sans que l'efficacité des aéronefs en souffre pour autant.

En 2012, le CNRC a réalisé un exploit en aéronautique : faire voler le premier avion à réaction civil alimenté uniquement au biocarburant. Celui-ci était tiré d'un oléagineux industriel cultivé par Agrisoma Biosciences Inc., de Saskatoon, dont l'huile avait été transformée par Applied Research Associates et Chevron Lummus Global. L'appareil, un Falcon 20 du CNRC, a prouvé que le nouveau biocarburant constitue une solution écologique, efficace et viable à celui couramment employé dans l'aviation.

Le vol historique a débouché sur un accord en vertu duquel le CNRC et la NASA étudieront l'effet que les émissions des turboréacteurs alimentés par les carburants de remplacement ont sur l'atmosphère. Ces recherches majeures favoriseront la qualification et l'usage des biocarburants dans l'aviation civile, et paveront la voie à des carburants plus écologiques qui bénéficieront à l'industrie mondiale de l'aéronautique tout en protégeant l'environnement.





The need for speed

Giving athletes an edge on their path to the podium

Society encourages children to view sports as fun rather than competitive—until the Winter Games roll around, when Canadians want to outpace everyone. When facing the best of the best internationally, Team Canada welcomes any competitive advantage.

As part of the “Own the Podium” program leading up to Vancouver 2010, athletes turned to engineering prowess to shave seconds to milliseconds off their finish times. Canadians representing 11 sports—ranging from skeleton and snowboarding to speed skating and skiing—spent time in NRC’s wind tunnels. There, engineers focused on performance improvements related to snow and ice friction, aerodynamics and human kinetics. In that safe environment, technology tested how slight tweaks to body stance or sporting equipment would enhance performance.

Did engineering make a difference? The podium sparkled with gold. In Vancouver, not only did Canada earn its best gold-medal standings for both the Winter Olympics and Paralympics, and mark an all-time-high medal count, but our nation also broke the record for most Olympic golds for any single country in the history of the Winter Games. Of course the athletes deserve some credit, too.

Toujours plus vite

Coup de pouce vers le podium pour les athlètes

On encourage les enfants à faire du sport pour le plaisir, pas pour gagner. Puis arrivent les Jeux olympiques d’hiver, et les Canadiens veulent battre tout le monde. Face aux plus grands de la planète, l’équipe canadienne accepte volontiers toute aide qui lui permettra de bénéficier d’un avantage compétitif.

Lors du programme « À nous le podium », qui a précédé les Jeux olympiques de Vancouver de 2010, nos athlètes se sont tournés vers l’ingénierie pour gagner quelques millisecondes. Les athlètes de onze disciplines, du skeleton au ski, en passant par la planche à neige et le patinage de vitesse, se sont succédé dans les souffleries du CNRC où des ingénieurs leur ont montré comment tenir compte de la friction de la neige et de la glace, et exploiter l’aérodynamisme et la cinétique humaine, afin de se surpasser. Dans ce lieu protégé, ils ont vu ce qu’un léger changement de posture ou d’équipement permet de réaliser.

Résultat? Un podium étincelant d’or. À Vancouver, grâce au CNRC – et, bien sûr, aux efforts des athlètes du pays –, le Canada



a récolté son plus grand lot de médailles d’or à des Jeux olympiques et paralympiques, et s’est hissé sur le podium plus souvent que jamais auparavant. De plus, il est devenu le pays à avoir remporté le plus de médailles d’or de l’histoire des Jeux olympiques d’hiver.



85

DESCENTE

CARRERA

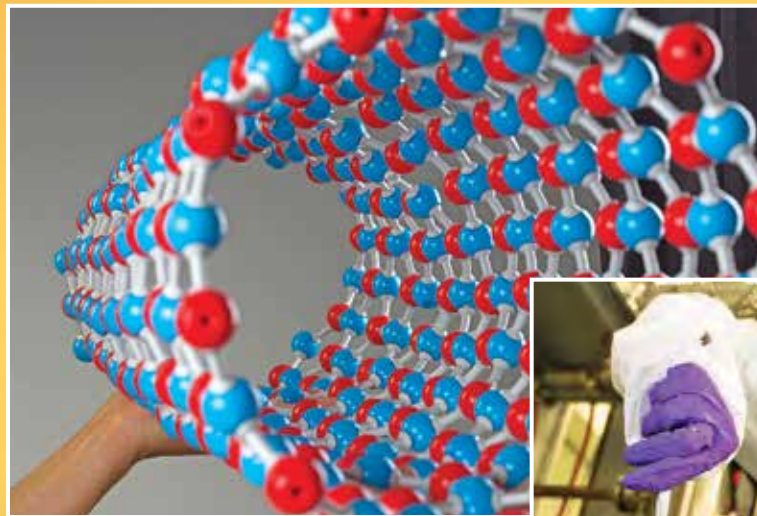
Pure strength

Super tubes: the strong-and-petite type

Tiny boron nitride nanotubes (BNNTs) are ultra-strong, light, nearly invincible and ready to revolutionize the super-materials industry. Just how tiny is a nano? Human DNA is 2.5 nanometres in diameter. With 100 times the strength of steel, but less than one-sixth the weight, these nanotubes can stand up to 2 000 degrees Celsius. They would not even melt under molten lava. However, these same superpowers make commercial production of BNNTs difficult.

In 2014, NRC devised a process to quickly produce pure BNNTs. Synthesizing material with a super high-heat resistance needed a unique high-temperature vaporization process. This kind of materials processing became an NRC specialty during earlier work on carbon nanotubes, a super-strength BNNT cousin with similar, yet limited traits.

Imagine transparent military armour that can withstand bomb blasts or buildings that are immune to fire. BNNT coatings could protect against damaging ultraviolet light and serve as linings to shield airplane cockpits and space vehicles from radiation. NRC has transferred the technology to Canadian industry to give this country a head start in manufacturing and developing BNNTs.



Force pure

Petits, mais robustes : les super tubes

Les nanotubes de nitrure de bore (NNB) sont minuscules. Ultra-robustes, légers, quasi indestructibles, ils sont aussi sur le point de révolutionner l'industrie des super matériaux. À quoi correspond un nanomètre? Le diamètre de l'ADN humain mesure 2,5 nanomètres! Cent fois plus robustes que l'acier et le sixième de son poids, les NNB résistent à des températures atteignant 2 000 °C. La lave d'un volcan n'arriverait pas à les faire fondre. Malheureusement, ces super pouvoirs en rendent la production industrielle difficile.

En 2014, le CNRC a inventé un procédé pour fabriquer rapidement des NNB purs. Synthétiser ce matériau résistant aux températures les plus élevées exigeait un procédé de vaporisation unique. Or il s'agit justement d'une spécialité du CNRC, qui a déjà travaillé sur des cousins des NNB, les nanotubes de carbone; ceux-ci sont robustes eux aussi, mais leurs propriétés sont limitées.

Imaginez un blindage transparent résistant aux bombes, ou des immeubles à l'épreuve du feu. Un revêtement en NNB repousserait les ultraviolets et mettrait le cockpit des avions et les engins spatiaux à l'abri des rayonnements. Le CNRC a cédé sa technologie à l'industrie canadienne pour que le pays ait une longueur d'avance dans le perfectionnement et la production des NNB.



87

A weighty matter

Canada and the kilogram

The kilogram is one of seven base units of measure in the International System of Units (SI). Many modern measurements such as mass, electricity, force and light rely on the kilogram. Yet, the kilogram is defined by a physical standard—a platinum-iridium cylinder manufactured in 1879. Scientists are increasingly concerned about that cylinder's longer-term accessibility and stability, because its mass is not easily reproducible and gradually changes with time.

Fortunately, an NRC breakthrough succeeded in linking the kilogram and the Planck constant—with uncertainty of fewer than 20 parts per billion—using a highly sensitive watt balance that measures the electrical force needed to counterbalance a kilogram. That experiment, widely acknowledged as one of the five hardest known to science, had high-calibre teams globally pursuing similar results for more than 30 years.

NRC's watt balance results pave the way for the kilogram's redefinition in 2018. From conducting high-precision experiments to optimizing computers and fiber-optic networks, scientists worldwide will benefit from an SI based on fundamental constants that remain the same today, tomorrow and next century.

Question de poids

Le Canada et le kilogramme

Le kilogramme est l'une des sept unités fondamentales du Système international d'unités (SI). La masse, l'électricité, la puissance, la lumière et d'autres mesures modernes en dépendent. Pourtant, le kilogramme est défini par un étalon physique fabriqué en 1879, un cylindre de platine-iridium. L'accessibilité et la stabilité à long terme de l'objet inquiètent de plus en plus les scientifiques, car il est difficile d'en reproduire la masse, qui change peu à peu avec le temps.

Par chance, une percée du CNRC a permis de rapprocher le kilogramme de la constante de Planck – avec une incertitude inférieure à 20 parties par milliard. Une balance du watt, hypersensible, mesure la force électrique qui contrebalance une masse d'un kilogramme. L'expérience, réputée pour être l'une des cinq plus ardues de la science, a mis en lice des équipes d'experts pendant plus de 30 ans dans le monde entier.

Les résultats fournis par la balance du watt du CNRC pavent la voie à une redéfinition du kilogramme en 2018. De la poursuite d'expériences d'une précision extrême à l'optimisation des ordinateurs et des réseaux à fibres optiques, les scientifiques du monde entier bénéficieront d'un Système international d'unités articulé sur des constantes fondamentales immuables.

Game of drones

Giving helicopters autonomous control

Unmanned aerial vehicles (UAVs or drones) have become commonplace. However, their inability to control their own operations and communicate amongst themselves hampers advancements. If achieved, such control would revolutionize Canada's search-and-rescue activities, contribute to defence missions and conduct flights in hazardous, remote areas.

To that end, Defence Research and Development Canada linked its UAV expertise with NRC's strengths in aerospace engineering and mathematical modelling. First, they co-developed a computer model to allow UAVs to control themselves in virtual simulations. Then, Meggitt Training Systems Canada performed test flights and developed ways to safely switch between autopilot and remote-operation modes. Finally, NRC engineers outfitted a single-occupant helicopter with sensors and instrumentation to collect data on aircraft movement. A prototype UAV tested the instrumentation and transferred navigation control back to the helicopter.

The Canadian computer-controlled flight system lets the helicopter safely take off on its own, perform remote-controlled manoeuvres and return to an automated state to self-land. The helicopter recently completed autonomous flights in the Arctic, thereby confirming such flights are viable and opening the skies to additional possibilities.

Drone de monde

Des hélicoptères autonomes

Les véhicules aériens sans pilote (UAV ou drones) sont désormais chose courante. Cependant, leur manque d'autonomie et leur incapacité à communiquer entre eux en freinent la progression. Des drones autonomes révolutionneraient les opérations de recherche et sauvetage au Canada. Ils faciliteraient les missions de défense et permettraient d'effectuer des vols dans des régions éloignées et inhospitalières.

C'est pourquoi les experts en UAV de Recherche et développement pour la défense Canada se sont joints aux spécialistes en génie aérospatial et modélisation mathématique du CNRC. Ensemble, ils ont d'abord développé un modèle informatique qui confie les commandes à l'UAV lors de simulations virtuelles. Ensuite, Meggitt Training Systems Canada a procédé aux vols d'essai et élaboré des méthodes pour passer sans danger du pilotage automatique au vol télécommandé. Enfin, les ingénieurs du CNRC ont doté un hélicoptère monoplace d'une série de capteurs et d'instruments pour recueillir des données sur les mouvements de l'appareil. Le prototype d'un drone a testé les instruments avant que le contrôle de la navigation soit restitué à l'hélicoptère.

Le système canadien de pilotage commandé par ordinateur a permis à l'hélicoptère de décoller de lui-même, d'effectuer des manoeuvres télécommandées puis de revenir en mode automatique pour l'atterrissage. L'appareil a récemment effectué des vols autonomes au-dessus de l'Arctique, confirmant que la chose est réalisable et que le ciel s'ouvre à de nouvelles possibilités.





89

Brains without borders

Sneaking therapeutic antibodies into the brain

Blood vessels form a protective layer called the blood-brain barrier, which separates the human brain from the body's overall bloodstream. That barrier guards the brain primarily by letting essential nutrients through, while blocking out other substances like toxins, hormones and most medications. This barrier has also obstructed research efforts about Alzheimer's disease, multiple sclerosis and other neurological diseases.

To break through that barrier, NRC has been developing carrier molecules that let disease-fighting molecules penetrate the brain. The team's series of tiny antibodies infiltrate the barrier by exploiting the way that nutrients enter the brain. Acting as a Trojan horse, the therapeutic antibodies hitch a ride on molecules, tricking the barrier into allowing their entry.

Engineering and testing led Biogen Canada to successfully couple NRC's carrier molecules with the company's antibodies. During non-invasive animal trials, these carrier-antibody molecules delivered potent therapeutics for brain diseases. Although human clinical trials take years, ongoing NRC research is well-positioned to boost the flow of new medicines to clinical trials, thus speeding up how patients get effective treatments for brain diseases.



Cerveau sans frontières

Trafic d'anticorps dans la tête

La barrière hématoencéphalique est une couche protectrice de vaisseaux sanguins séparant le cerveau du reste du corps. Elle protège l'encéphale en laissant passer les éléments nutritifs tout en retenant les substances comme les toxines, les hormones et la plupart des médicaments. Pour cette raison, elle nuit aussi aux efforts déployés pour combattre la maladie d'Alzheimer, la sclérose en plaques et d'autres troubles nerveux.

Afin de franchir cet obstacle, le CNRC a créé des molécules capables de véhiculer d'autres molécules à caractère thérapeutique pouvant pénétrer dans le cerveau. Les minuscules anticorps se faufilent dans l'encéphale en imitant les éléments nutritifs. Tel le cheval de Troie, ils se fixent à des molécules porteuses qui déjouent le cerveau, le convainquant de les laisser passer.

Modifications et essais ont amené Biogen Canada à jumeler avec succès les molécules porteuses du CNRC à ses propres anticorps. Lors d'expériences non invasives sur des animaux, les couples molécules-anticorps ont transporté de puissants agents thérapeutiques contre des maladies cérébrales. Les essais sur les humains s'échelonneront sur plusieurs années, mais les recherches du CNRC devraient accélérer l'analyse clinique des nouveaux médicaments, si bien que les patients bénéficieront plus tôt d'un traitement efficace contre les maladies.

Fishing in troubled waters

Sailing through nature's obstacle course

High winds, rough waters, tidal currents and an ever-narrowing entrance plague Shippagan Gully, the most direct route for fish harvesters sailing between the Gulf of St. Lawrence and Chaleur Bay, New Brunswick. To alleviate risks, piers or jetties extended out from the Gully's entrance. However, the jetties deteriorated, forcing vessels to take six-hour detours before returning to commercial harbours. Those detours affected the local fishing community's economy and productivity.

Federal departments sought advice from coastal engineers and researchers at NRC and the University of Ottawa. Together, they applied numerical modelling to test the effectiveness of multiple potential solutions. These models informed the decision to increase the channel's depth and width as well as construct a 150-metre outer jetty to reduce wave action and sediment accumulation.

Those Shippagan Gully interventions are on track to present cost savings and safer navigation. Increases in fishing traffic and tourism are expected to net greater profits for local industry, which currently yields more than 15 000 tonnes of seafood and generates \$30–\$50 million in annual revenue.

Pêche en eaux troubles

Une course à obstacles maritime

Des vents violents, une mer agitée, de puissants courants de marée et une embouchure qui rétrécit sans cesse nuisent à la navigation dans le goulet de Shippagan, qui constitue pour les pêcheurs la voie la plus directe entre le golfe du Saint-Laurent et la baie des Chaleurs au Nouveau-Brunswick. Des estacades et des digues en prolongeaient l'entrée pour atténuer le danger. Cependant, avec la détérioration de ces ouvrages, les capitaines de bateau se voyaient forcés de faire des détours de six heures à chaque voyage avant le retour au port, avec les conséquences que l'on imagine pour l'économie locale et le rendement des flottilles.

Les ministères fédéraux ont cherché conseil auprès des scientifiques et spécialistes en génie côtier du CNRC et de l'Université d'Ottawa. Ceux-ci ont vérifié par modélisation l'efficacité de nombreuses solutions possibles. Finalement, on a décidé de creuser et d'élargir le chenal, ainsi que d'ériger une jetée extérieure de 150 mètres afin d'atténuer l'action des vagues et la sédimentation.

Ces modifications au goulet de Shippagan devraient se solder par des économies et une navigation plus sûre. On s'attend à ce que la pêche commerciale et le tourisme profitent davantage à l'industrie locale, qui fournit actuellement plus de 15 000 tonnes de produits de la mer et enregistre des recettes annuelles de 30 à 50 millions de dollars.





Ping. Ping. Time for retrofitting.

New autopilot technology for submarines

To stay in operation, aging submarines must be equipped with updated systems. Four submarines that Canada purchased in 1998 needed modernization and retrofits. Department of National Defence (DND) engineers prioritized the upgrades, including adding a new autopilot system to automatically compensate for whatever affects submarine navigation underwater and at the surface.

DND turned to partners, including NRC, supplier L-3 MAPPS and Defence Research and Development Canada to design, build and test the new-from-scratch autopilot system. For phase one, the collaborators designed the system's specifications, created a numerical modelling tool and evaluated prototype designs. Phase two involved building a 1/15-scale model submarine and submerging it in NRC's immense, 200-metre marine tank in Newfoundland. There, the teams collected full-scale baseline data on the existing autopilot systems in order to build the new software.

NRC's facilities and expertise in control technologies permitted DND to auto-manoeuvre the model, witness the trial software in action and assess how the system worked. This gave DND confidence to move to production and conduct advanced analysis before the Canadian-made system takes to open waters.

Cure de jouvence pour sous-marin

Une nouvelle technologie de pilotage automatique

Pour rester en service, les sous-marins vieillissants doivent être dotés de systèmes modernes. Quatre sous-marins achetés par le Canada en 1998 devaient être remis à neuf. Les ingénieurs du ministère de la Défense nationale (MDN) ont priorisé les réfections, notamment l'ajout d'un nouveau système de pilotage qui compenserait automatiquement les conditions de navigation sous l'eau et sur la mer.

Le MDN s'est tourné vers des partenaires, à savoir le CNRC, le fournisseur L-3 MAPPS et Recherche et développement pour la défense Canada, pour leur demander de concevoir, de bâtir et de tester un tel système à partir de rien. Les collaborateurs en ont d'abord établi les spécifications, ont créé un modèle numérique et évalué des prototypes. Ensuite, ils ont fabriqué une maquette au 15^e du sous-marin et l'ont immergée dans l'immense bassin de 200 mètres du CNRC à Terre-Neuve. Les équipes ont alors glané des données de référence à pleine échelle sur les systèmes de pilotage automatique existants pour élaborer le nouveau logiciel.

Les installations et l'expertise du CNRC dans les techniques de commande ont permis au MDN de manoeuvrer automatiquement la maquette, de voir le logiciel expérimental en action et d'évaluer le fonctionnement du système. Les résultats ont été assez bons pour passer à la production et réaliser des analyses pointues avant de laisser ce système de facture canadienne sillonner les mers.

91

92

Sweet taste of success

Golden future for PEI-based honey products

A sticky situation led John Rowe, CEO of Island Abbey Foods, to come up with the inspiration for a new food product. While hiking in British Columbia, a jar of honey broke in his backpack. Unable to find all-natural solid honey for future hikes, the Prince Edward Island-based entrepreneur committed to making the product himself.

Rowe spent the next decade developing the world's first solid cube of pure, 100 per cent honey, which retains the pleasing taste of raw honey. IRAP supported his efforts. However, to take his products to market, formulation demanded good manufacturing principles that conform to guidelines required by Canadian and international health authorities. NRC tests helped the company validate claims that the solidification process did not refine the honey, and helped Rowe on an ongoing basis to fine-tune scientific methods supporting quality assurance, analysis and manufacturing.

With Rowe's award-winning formula for solid honey, the company has expanded worldwide from food to natural health products, including honey vitamins and therapeutic lozenges. Next up, Rowe is partnering to have dried honey help deliver pharmaceutical medications.



La douceur du succès

Avenir doré pour le miel de l'Île-du-Prince-Édouard

C'est en se collant les doigts que John Rowe, PDG d'Island Abbey Foods, a eu l'idée d'un nouvel aliment. Lors d'une randonnée en Colombie-Britannique, un pot de miel s'était cassé dans son sac. Incapable de trouver du miel naturel en cube pour ses futures escapades, l'entrepreneur de l'île s'est dit qu'il en fabriquerait lui-même.

M. Rowe a consacré les dix années suivantes à perfectionner le premier cube de miel pur au monde goûtant vraiment le miel cru. Le PARI l'avait appuyé dans ses travaux. Avant d'être mis en marché cependant, l'aliment devait être formulé selon de solides principes de fabrication, conformes à la réglementation canadienne et étrangère en matière de santé. Les tests du CNRC ont aidé l'entreprise à prouver que le miel ne se raffine pas quand on le solidifie, comme allégué. Le CNRC a également aidé l'entrepreneur à perfectionner les méthodes scientifiques employées pour garantir la qualité du produit, l'analyser et le préparer.

Grâce au procédé de solidification primé de M. Rowe, l'entreprise a pris une expansion mondiale et est passée des aliments aux produits de santé naturels à base de miel, notamment des vitamines et des pastilles thérapeutiques. Et maintenant? Avec d'autres partenaires, M. Rowe songe à utiliser du miel en poudre pour faciliter l'administration des médicaments.



Bridges that span a lifetime

New high-performing concrete

Bridges are continuously battered. Harsh weather and acid rain are accompanied by heavy traffic and road salt—all of which take a hefty toll. Nearly all of Canada's 80 000 bridges require significant maintenance to keep them safe and efficient for drivers.

Cornwall, Ontario's Canal Bridge, owned by the Federal Bridge Corporation Limited, faces a more sustainable and economical future. Part of the Seaway International Bridge system, the cross-border bridge is made from a new class of concrete developed by NRC, with the help of Federal Bridge Corporation and other partners. NRC's innovative formulation makes this high-performing concrete retain moisture better. The concrete is expected to last up to four times longer than traditional concrete—so possibly 100 years before requiring major repairs. Plus, overall costs will be significantly lower than other high-performance concrete formulations.

Since its installation, the Canal Bridge's concrete shows encouraging results. Shrinkage, cracks and corrosion are absent. The concrete's durability, strength and safety present a practical solution to improve critical infrastructure for transportation, within Canada and elsewhere.

Un pont pour la vie

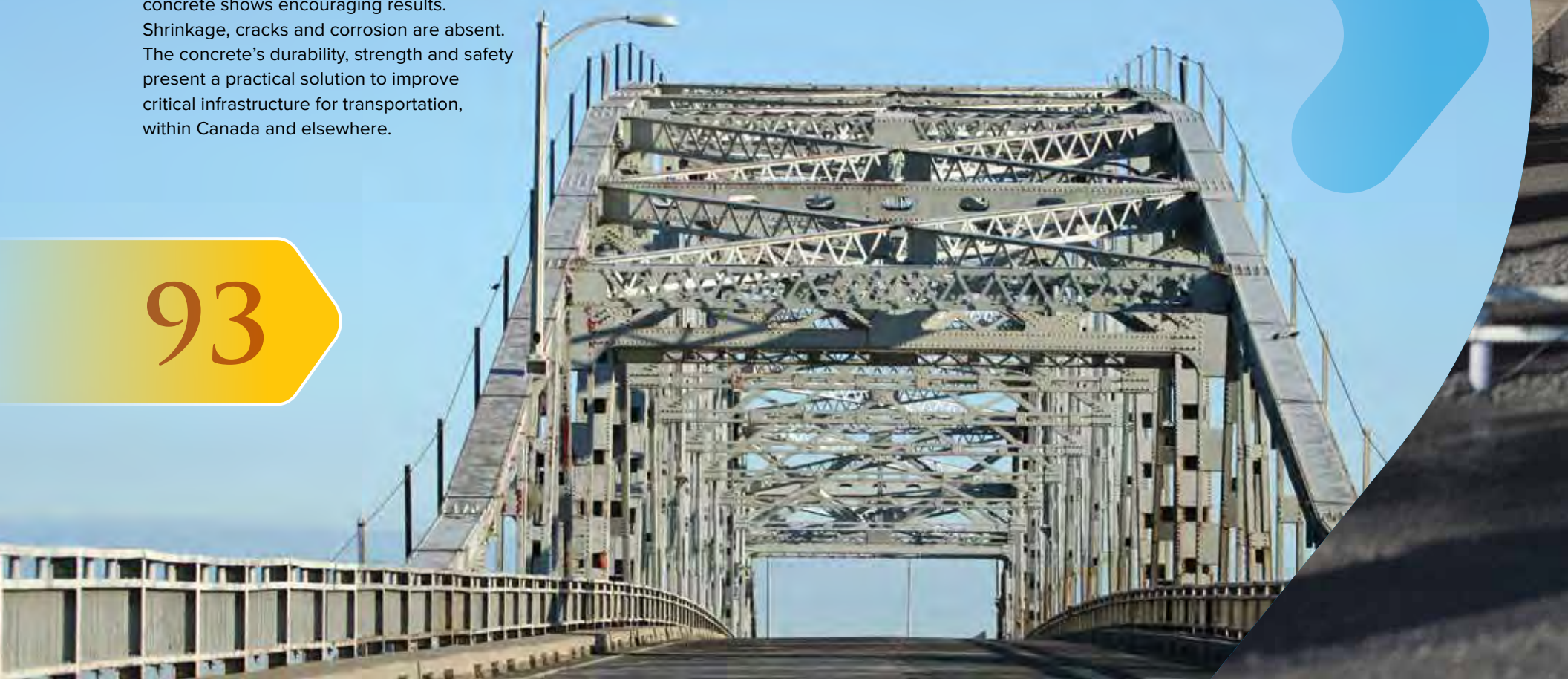
Du béton qui dure

Les ponts sont malmenés. Les rigueurs du climat, les pluies acides, une circulation incessante et les sels de voirie les mettent à rude épreuve. Tous les 80 000 ponts ou presque au pays ont besoin de réfections pour en assurer la sécurité et l'efficacité.

Le Pont du canal à Cornwall, en Ontario, qui appartient à la Société des ponts fédéraux Limitée, a pour sa part un avenir plus prospère et durable. En effet, ce pont qui traverse la frontière et enjambe la voie maritime du Saint-Laurent est fait d'un nouveau type de béton, élaboré par le CNRC avec l'aide de la Société des ponts fédéraux et d'autres partenaires. La formule d'avant-garde du CNRC permet au béton à haut rendement de mieux retenir l'humidité. Il devrait donc durer quatre fois plus longtemps que le béton ordinaire, soit 100 ans, avant de nécessiter des réparations majeures. En outre, il est sensiblement moins coûteux que les autres bétons à haute performance.

Depuis que le Pont du canal en a été revêtu, les résultats sont encourageants. Pas de retrait, de fissures, ni de corrosion. La durabilité, la robustesse et la sûreté du mélange en font une solution pratique pour améliorer les infrastructures de transport au Canada et ailleurs.

93





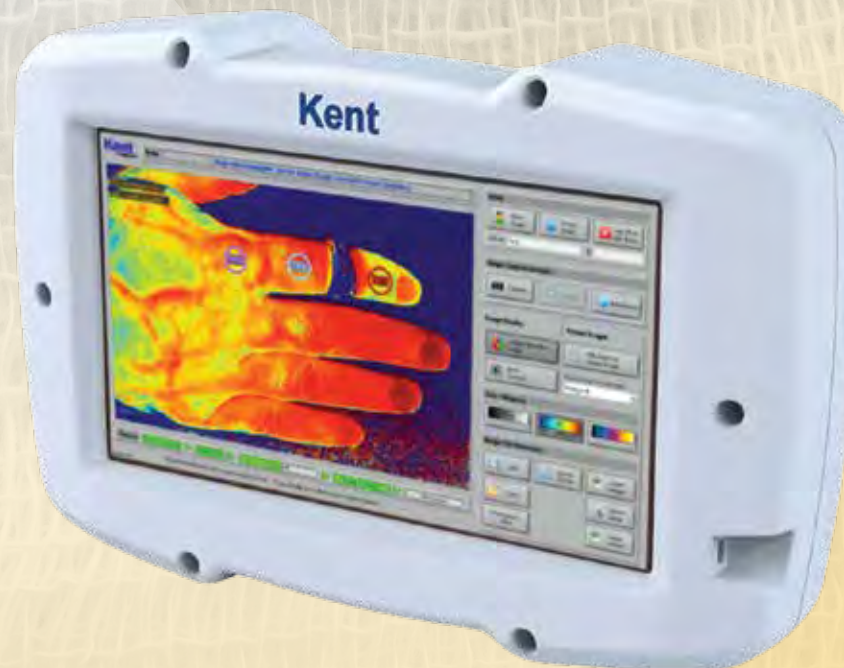
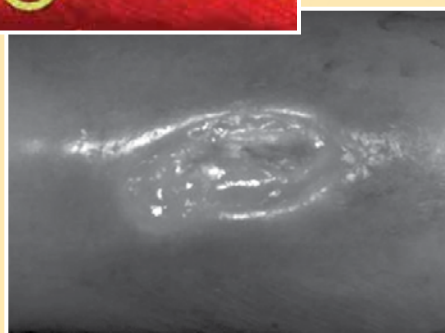
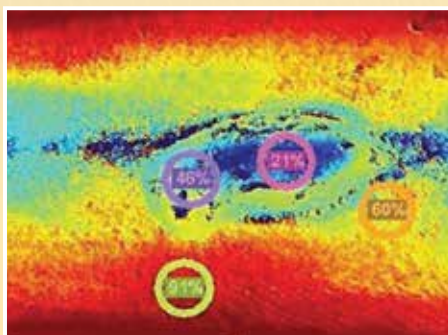
Shining new light on tissue health

Wound-diagnostic technology

While most minor skin wounds heal themselves, more serious injuries require strong blood-oxygen levels to reach the wound's interior. In the past, without proper diagnostic tools, healthcare professionals were left to treat major wounds based solely on visual assessments of the skin's surface.

Using NRC technology originally designed to evaluate burns, Calgary-based Kent Imaging reimagined the technology's use for wound care of all kinds. The company's smart-imaging tissue viability system (TVS) applies near-infrared light to quickly gauge wound health, without requiring invasive procedures—or even touching the affected tissue. Operating much like a digital camera, TVS quickly snaps a series of photos using light flashes of different wavelengths. The resulting combination of images displays blood and oxygenated blood, which the naked eye cannot detect.

Since 2012, TVS has empowered clinicians and healthcare practitioners around the world to effectively diagnose wound health within a few seconds. For years, this technology has helped save lives. It improves quality of life and looks deeper into the science of wound and tissue health.



La santé tissulaire sous un jour nouveau

Le diagnostic dans la peau

Si la plupart des blessures cicatrisent d'elles-mêmes, certaines, plus profondes, exigent une bonne oxygénation du sang pour guérir. Autrefois, sans aide diagnostique, on se fiait uniquement à l'aspect de l'épiderme pour soigner les entailles importantes.

Kent Imaging, une entreprise de Calgary, a repensé une technologie du CNRC conçue au départ pour les brûlures afin de l'appliquer à des lésions de toutes sortes. Le système de visualisation intelligente de l'état des tissus (TVS) de l'entreprise recourt au proche infrarouge pour évaluer rapidement la lésion sans procédure invasive ni contact avec le tissu atteint. À la manière d'un appareil photo numérique, le TVS prend une série de clichés rapides avec des flashes de longueur d'onde variable. Combinées, les images font ressortir l'oxygénation du sang, normalement indétectable à l'œil nu.

Depuis 2012, ce système a permis aux cliniciens et professionnels de la santé du monde entier de diagnostiquer efficacement l'état des lésions en quelques secondes. Cette technologie sauve des vies d'année en année. Elle rehausse la qualité de vie et approfondit la science des lésions et de la santé tissulaire.



95

Beyond fast

Innovation boosts optical transmission and enhances manufacturing

As the world continues to adopt the Internet as the primary vehicle for information, telecommunication manufacturers face increasing demands to deliver faster, more reliable systems for connections. The difficulty lies in consistently creating devices that offer optimal performance and energy efficiency at the lowest cost per gigabit.

Quebec's TeraXion Inc. is meeting this challenge head on with its modulator products. Delivered in 2014, the company's high-speed optical modulators use an indium phosphide (InP) system for significantly improved transmission speeds of 100 gigabits per second and faster. Together with NRC, the company has developed a streamlined production process that allows TeraXion to deliver superior-performing devices at a very high yield.

That speed and performance has attracted global attention—so much so that multinational Ciena Corp. paid \$47 million to acquire the TeraXion's InP technology and intellectual property. The technology lets companies and consumers access a more cost-effective platform that would not be possible using conventional materials. Ongoing collaboration between NRC and TeraXion lights the way for innovative fiber-optic communications solutions—now and into the future.



Plus vite que vite

Une innovation accélère les transmissions optiques et la fabrication

La planète entière se tournant vers Internet pour communiquer, les sociétés de télécommunications doivent composer avec la demande de systèmes de connexion toujours plus rapides et fiables. Le plus ardu est de créer des dispositifs aussi efficaces et économes que possible, au coût le plus bas par gigabit.

La société québécoise TeraXion Inc. a relevé le défi. Les modulateurs optiques à haute vitesse qu'elle a proposés en 2014 utilisent le phosphore d'indium (InP) pour accélérer sensiblement les transmissions, à un débit de 100 gigabits par seconde et plus. Avec l'aide du CNRC, TeraXion a rationalisé son procédé de fabrication afin de produire des dispositifs plus performants à un très haut rendement.

La rapidité et la performance de ses appareils ne sont pas passées inaperçues. Ainsi, la multinationale Ciena Corp. a déboursé 47 millions de dollars pour acquérir la technologie InP de TeraXion et la propriété intellectuelle qui y est associée. Grâce à cette technologie, entreprises et consommateurs disposent d'une plateforme plus économique, chose qui aurait été impossible avec les matériaux classiques. La collaboration continue entre le CNRC et TeraXion laisse entrevoir d'autres solutions avant-gardistes pour les fibres optiques, maintenant et à l'avenir.



La nature à la rescousse

Restaurer naturellement les sols pollués dans l'Arctique

Les déversements accidentels de produits pétroliers dans le Nord canadien sont particulièrement dommageables et onéreux, et l'on y remédie avec peine. Une fuite de 22 000 litres de carburant diesel survenue en 2006 avait laissé la station des Forces canadiennes Alert, soit le lieu habité en permanence le plus au nord de la planète, aux prises avec un sol 800 fois plus contaminé que le permet la réglementation fédérale. Les températures glaciales, les âpres conditions de travail et des ressources restreintes avaient en effet nui aux efforts de dépollution après l'accident.

Face au dilemme, le ministère de la Défense nationale avait fait appel à l'ingéniosité du CNRC. Des chercheurs ont recouru à des techniques de biorestauration pour exploiter les ressources locales et perturber le moins possible l'environnement. Ils ont injecté oligo-éléments et oxygène dans le sol afin que les microorganismes consomment plus d'hydrocarbures de pétrole et neutralisent graduellement les polluants ou les rendent moins toxiques.

En six ans, la concentration était retombée à un seuil acceptable, inférieur à 260 parties par million, les contribuables avaient épargné des millions de dollars et la nature était sauvée. Plus récemment, des chercheurs du CNRC et de Pêches et Océans Canada ont observé des microorganismes se nourrissant de pétrole, même dans l'eau froide, signe que les hydrocarbures peuvent se dégrader naturellement dans le milieu marin de l'Extrême-Arctique.

Nature to the rescue

Oil bioremediation in the Arctic

Fuel spills in Canada's North are particularly damaging, expensive and tough to repair. A 22 000-litre diesel-fuel leak at Canadian Forces Station Alert left the world's northernmost permanently inhabited settlement with concentration levels of diesel in soil at 800 per cent higher than federal guidelines. Arctic temperatures, harsh work environments and limited resources restricted the clean-up options available for the 2006 spill.

In facing this challenge, National Defence sought NRC ingenuity. Researchers employed natural bioremediation techniques that used on-hand resources and minimized environmental disruption. The team mixed nutrients and oxygen into the soil, making microorganisms increase their consumption of petroleum hydrocarbons and gradually either neutralize contamination or make it less toxic.

Within six years, concentration levels successfully returned to an acceptable average of fewer than 260 parts per million, saving taxpayers millions and protecting nature. More recently, NRC researchers and their Fisheries and Oceans Canada partners observed microorganisms that use petroleum compounds as a food source even in cold water, showing it is possible for oil to naturally degrade in the high Arctic's marine environment.





97

Waste not, want not

Technology clears the air with renewable biogas

Biogas releases into our atmosphere when biological matter—like that found in wastewater, landfills and agricultural waste—breaks down. However, if captured and cleaned, biogas can deliver renewable power and heat. While technology to clean biogas has existed for years, older systems remove only a fraction of the harmful impurities and pollutants, and the remnants damage the systems and often cause them to fail.

An entrepreneurial company needed a cleaner solution. Quadrogen Power Systems connected with NRC to overcome start-up hurdles and tackle technical challenges. After IRAP provided initial business support, NRC helped Quadrogen with engineering skills, mechanical design and testing procedures. The company has since developed a modular, efficient and reliable four-step process that removes virtually all contaminants from biogas.

This Canadian innovation lets companies clean biogas, while simultaneously producing cost-saving electricity, heat, hydrogen and food-grade carbon dioxide for use in greenhouses. Quadrogen has delivered solutions to major clients from British Columbia to California, including a wastewater facility that has operated for more than three years with Quadrogen's clean system, showing no signs of damage.



Halte au gaspillage

Purifier l'air grâce au biogaz renouvelable

La décomposition des substances organiques – celles présentes dans les eaux usées, les dépotoirs et les résidus agricoles, par exemple – libère du biogaz dans l'air. Capté et purifié, celui-ci peut toutefois devenir une source renouvelable d'énergie. La technologie existe depuis des années, mais les systèmes actuels ne retirent qu'une partie des impuretés du biogaz et les polluants restants endommagent ces systèmes jusqu'à ce qu'ils flanchent.

Une entreprise aspirait à une meilleure solution. Quadrogen Power Systems a pris contact avec le CNRC afin de surmonter les problèmes de démarrage et les obstacles techniques. Après une aide initiale du PARI, le CNRC a mis au service de Quadrogen ses talents en génie, en mécanique et en essais. Depuis, l'entreprise a mis au point un processus modulaire, efficace et fiable en quatre étapes qui retire pratiquement tous les contaminants du biogaz.

Grâce à cette innovation canadienne, les entreprises purifient leur biogaz tout en réalisant des économies grâce à la production d'électricité, de chaleur, d'hydrogène et de dioxyde de carbone employé pour la culture en serre. Quadrogen a vendu sa solution à d'importants clients, de la Colombie-Britannique à la Californie, y compris à une usine d'épuration de l'eau qui l'utilise depuis plus de trois ans sans signes apparents de dommages.

Cushioning a bumpy ride

98

A smoother flight for aerospace industry

When they routinely clock in long flight times, pilots and aircrew experience more than discomfort from relentless vibrations. This vibrational energy, typically transmitted through aircraft seats, also affects comfort, safety and health, causing problems like chronic back and neck pain. The Department of National Defence enlisted NRC's assistance to minimize negative effects.

Along with defence engineers, NRC experts tested fabric performance, stiffness and flammability. Next, they explored new configurations for an ideal option to alleviate whole-body vibrations and tested options with a specialized mechanical chair that shakes to mimic in-flight movement. The researchers developed a high-quality and cost-effective solution—a seat cushion integrating traditional foam with a novel energy-absorbing material. Unique patterns of hexagonal cells interconnect with a system of air vents to disperse the energy.

NRC's Bell-412 helicopter provided a controlled environment for in-flight tests that confirmed the cushion's ability to successfully dissipate vibrational energy. Now, a fleet of Canadian Armed Forces helicopters is set to adopt the design. The technology shows promise for civilian use too and has been licensed out for commercial helicopters.



Comme sur un nuage

Moins de turbulences pour l'aéronautique

Lors des vols prolongés, les vibrations incessantes ne sont pas qu'une source d'inconfort pour les pilotes et les membres de l'équipage. Se diffusant à travers les sièges de l'appareil, elles posent de réels problèmes au niveau de la santé et de la sécurité, ne serait-ce que sous la forme de douleurs chroniques au dos et à la nuque. Le ministère de la Défense nationale a sollicité l'aide du CNRC pour y remédier.

Avec le concours d'ingénieurs du ministère, les experts du CNRC ont testé la performance, la rigidité et l'inflammabilité des tissus.

Puis, ils ont étudié de nouvelles configurations afin que le corps soit moins secoué et ils les ont testées sur un siège mécanique reproduisant les mouvements de l'appareil en vol. Les chercheurs ont imaginé une solution économique et de qualité : un coussin qui allie la mousse usuelle à un nouveau matériau absorbant les chocs. Les alvéoles hexagonales du matériau en question sont raccordées à des puits d'aération qui dissipent l'énergie des secousses.

Milieu contrôlé idéal, l'hélicoptère Bell 412 du CNRC a permis de confirmer que le coussin dissipe bien les vibrations pendant le vol. À présent, l'armée canadienne est sur le point d'en équiper une de ses flottes d'hélicoptères. La technologie s'avère également prometteuse pour l'aviation civile et a été cédée sous licence à des exploitants commerciaux d'hélicoptères.



Flax forward to future transport

Lighter ground-transportation parts made from flax biocomposites

After flax seeds are collected, the plant's leftover, straw-like stalks typically become agricultural waste. Yet, those stalks' strong fibres can replace glass fibres or plastic in ground-transportation parts. Manufacturers seek well-priced, eco-friendly parts that weigh less, without compromising safety, consistent quality and strength.

To meet these requirements, NRC experts researched ways to extract, treat and adapt flax fibres for use as biocomposites. Laboratory tests examined flax's flammability, toxicity and humidity resistance. Through collaborations, NRC researchers ensured that their solutions were suited to integrating flax fibres into manufacturing settings, based on requirements for production parts.

Now, Canadian industry partners, including Bombardier, are working closely with NRC to create a supply chain that will provide a sustainable supply of biocomposites offering consistent quality, at competitive prices, in pursuit of a \$500-billion global market. Lighter parts made from flax biocomposites would mean faster travel and allow operators to conserve fuel, save costs, reduce levels of carbon dioxide released into the atmosphere and maybe even absorb sound.

Coup de pouce vert aux transports

Des pièces plus légères en biocomposites pour les transports terrestres

Une fois ses graines récoltées, ne reste du lin qu'une tige rappelant la paille, jugée comme un déchet de culture. Pourtant, les fibres de ces tiges sont assez robustes pour remplacer la fibre de verre ou le plastique dans les pièces des véhicules terrestres. Or, les fabricants aspirent à des pièces bon marché et écologiques, qui allégeront les véhicules sans que leur sûreté, leur qualité ou leur solidité en souffre.

Dans ce but, les experts du CNRC ont cherché comment extraire, conditionner et adapter les fibres de lin pour en faire des biocomposites. En laboratoire, ils en ont vérifié l'inflammabilité, la toxicité et la résistance à l'humidité. Par la collaboration, ils se sont assurés que leurs solutions permettaient d'intégrer les fibres du lin aux procédés de fabrication des pièces.

Des partenaires de l'industrie canadienne, dont Bombardier, collaborent désormais avec le CNRC pour créer une chaîne d'approvisionnement qui fournira assez de biocomposites de qualité homogène à un prix concurrentiel pour que l'on s'attaque au marché mondial de 500 milliards de dollars. Plus légères, les pièces en biocomposites de lin signifieraient des déplacements

plus rapides et des économies de carburant et d'argent, ainsi de moins grandes émissions de dioxyde de carbone. Elles pourraient aussi rendre les véhicules moins bruyants.



Skirting space snags

New Horizons reaches Pluto intact

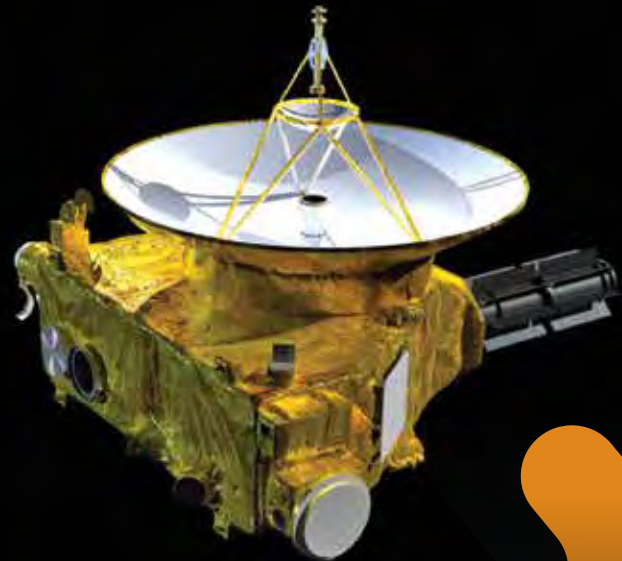
NASA's fastest-ever unmanned spacecraft New Horizons faced promise and jeopardy on its journey to Pluto. Throughout its 5 billion kilometre approach to Pluto, New Horizons risked colliding with space hazards—previously unseen rings, moons, rocky dust and icy debris—especially in the region beyond Neptune.

To prevent collisions, a global team that included NRC researchers collaborated to collect vital astronomical data for the spacecraft's navigation system. New Horizons relied on a highly precise position-reference system provided by the Canada-France-Hawaii Telescope and its MegaPrime camera. MegaPrime can be calibrated more accurately than any other wide-field imaging camera, and incorporates methods and a system developed at NRC.

The data and systems helped guide New Horizons on its nine-year obstacle course to Pluto. The July 14, 2015, flyby took planetary exploration to the edge of our solar system. It marked humanity's first close encounter with Pluto as the spacecraft collected data and recorded up-close photos. New Horizons has fuel for one more flyby in the outer solar system, expected in 2018–2019.



100



Nouveaux horizons dans l'espace

La sonde spatiale New Horizons atteint Pluton indemne

Le voyage vers Pluton de la sonde spatiale la plus rapide de l'histoire de la NASA, New Horizons, était rempli de promesses et d'angoisses. En effet, les dangers fourmillent le long des cinq milliards de kilomètres qui devaient amener la sonde à destination – anneaux inconnus, lunes, poussière rocheuse et débris glacés, surtout au large de Neptune.

Pour que la sonde puisse éviter les collisions, une équipe mondiale incluant des chercheurs du CNRC a recueilli les données astronomiques indispensables au système de navigation. En effet, New Horizons dépend du système de repérage et de mesure de position de grande précision fourni par le Télescope Canada-France-Hawaï et de sa caméra MegaPrime, que l'on peut calibrer avec une précision supérieure à toute autre caméra à grand champ. Elle intègre aussi des méthodes et un système mis au point au CNRC.

Ces données et systèmes ont guidé la sonde durant son périple de neuf ans jusqu'à Pluton. Le 14 juillet 2015, New Horizons repoussait l'exploration planétaire aux confins du système solaire. L'humanité faisait enfin la connaissance de Pluton grâce aux données et aux photos en gros plan enregistrées par la sonde. New Horizons a assez de carburant pour effectuer un autre tour du système solaire externe. Ce survol est prévu pour 2018-2019.



An era within our reach

Our creativity and resourcefulness define who we are as Canadians. Innovation is at the very heart of our collective psyche, and now, more than ever, NRC is needed as an integral part of our nation's innovation landscape. New technologies will change the way we access information, interact with each other, buy goods and services, and build our communities. Entire industries will be transformed as markets and businesses race to adapt.

Une ère nouvelle à portée de la main

Le Canadien se caractérise par son côté créatif et ingénieux, et l'innovation occupe une place centrale dans notre imaginaire collectif. Aujourd'hui plus que jamais, le CNRC doit faire partie intégrante du paysage canadien de l'innovation. En effet, de nouvelles technologies sont sur le point de changer notre manière d'accéder à l'information, d'interagir avec autrui, de se procurer biens et services, ou encore de bâtir des collectivités. Des industries entières en sortiront métamorphosées, car les marchés et les entreprises accélèrent la cadence pour s'adapter.




Next generation broadband, big data analytics and the Internet of Things are just a few technologies that will enable anyone, anywhere to access personalized resources for education, nutrition and wellness, health diagnosis and customized treatment. Meanwhile, countries around the world are responding to climate change by rapidly moving to lower their carbon footprint. Canada's future depends on developing innovations in all these areas, and NRC will prove instrumental in their delivery.

Smarter homes and buildings

Intelligent homes, buildings and communities will revolutionize the way we live. Innovations in 3-D printing, robotics, artificial intelligence and smart building materials will change the construction of new homes, making them stronger and more energy efficient. Canadian manufacturing will use revolutionary technologies on the factory floor aimed at reducing construction and design costs for physical infrastructure and next-generation buildings.

Smart buildings will sense people, their comfort and security needs, and be able to adapt instantly. Artificial intelligence and the Internet of Things will move us from the age of the home computer to the age of the “computer home.” Homes, supported by safe and secure cyberspace networks, will be able to link, interpret and relay information coming from a variety of sensors in appliances, fixtures and fittings—information that ranges from specific needs and monitoring of occupants to basic system diagnostics.



Les communications à large bande de demain, l'analyse des mégadonnées et l'Internet des objets ne sont que quelques-unes des technologies grâce auxquelles chacun pourra puiser à son gré dans des ressources individualisées pour s'instruire, se nourrir et se porter mieux, surveiller sa santé et suivre un traitement médical adapté. Parallèlement, partout dans le monde, des pays composent avec le changement climatique en s'efforçant d'alléger rapidement leur empreinte carbone. L'avenir du Canada dépend des innovations en cours dans ces domaines, et le CNRC jouera un rôle déterminant dans leur concrétisation.

Des habitations et des bâtiments plus intelligents

Les maisons, les collectivités et les immeubles intelligents révolutionneront notre façon de vivre. Les innovations en imprimerie 3D, en robotique, en intelligence artificielle et en matériaux de construction évolués changeront la manière dont on bâtit les nouvelles habitations, rendant celles-ci plus solides et moins énergivores. Au Canada, la fabrication fera appel à des technologies exploitées en usine qui mèneront à une conception et à une construction moins onéreuses des infrastructures physiques et des bâtiments de la prochaine génération.

Les immeubles intelligents détecteront la présence des gens, connaîtront le confort et la sécurité auxquels ceux-ci aspirent et s'y adapteront instantanément. L'intelligence artificielle et l'Internet des objets nous sortiront de l'ère de l'ordinateur de maison pour nous plonger dans celle de la « maison-ordinateur ». Les maisons, appuyées par des réseaux cybernétiques sûrs et sécurisés, pourront relier, analyser et transmettre les informations émanant d'une multitude de capteurs dissimulés dans les électroménagers, les appareils d'éclairage et les installations diverses – informations allant du diagnostic des systèmes essentiels aux besoins spécifiques et à la surveillance des occupants.





Personalized healthcare

In the not too distant future, health monitoring will move beyond the clinical setting, closer to the patient. Smart homes (with robotic aids) will largely eliminate institutional care and encourage independent living, allowing Canadians to remain in their own homes for as long as possible.

Soon, hand-held diagnostic devices will house a “lab-on-a-chip” that people may use routinely and keep in their medicine cabinets. Precision medicine grounded in genomics-based technologies will target and destroy diseased cells or invasive viruses and bacteria, ultimately lessening the need for medication, chemicals and radiation.

Cost-effective life extension, therapeutics, diagnostic devices, wellness—water, food and nutrition, health monitoring and improving the ability to deliver healthcare to all Canadians will be paramount in the years to come.

Une médecine personnalisée

Dans un avenir relativement proche, suivre l'état de santé d'un malade ne se fera plus uniquement en clinique, mais dans l'environnement immédiat de la personne. Avec le concours de la robotique, les maisons intelligentes élimineront dans une large mesure les soins en établissement et favoriseront l'autonomie, ce qui permettra aux Canadiens de rester chez eux aussi longtemps que possible.

Des dispositifs de diagnostic manuels abriteront bientôt de véritables « laboratoires sur puce » que le commun des mortels gardera dans sa pharmacie et dont il se servira couramment. Grâce aux technologies issues de la génomique, la médecine de précision prendra pour cible les cellules malades ou les bactéries et les virus envahissants afin de les détruire et, au bout du compte, de réduire l'usage des médicaments, des produits chimiques et des rayonnements.

Une vie plus longue, des traitements, des outils de diagnostic et un bien-être à un coût raisonnable – eau, nourriture et nutrition, surveillance de l'état de santé et capacité de dispenser des soins à l'ensemble de la population – revêtiront une importance primordiale dans les années qui viennent.



A “greener” Canada

The impact of greenhouse gas emissions has created a deep-seated trend to a “greener everything.” Increasingly important will be the development of alternative and renewable energy sources and systems, as well as technologies to increase efficiency and safety in energy production, transportation and usage.

Urban communities will rely on recycling programs that process both bio and non-biomaterials at the same time. A variety of waste streams, including wastewater, food and other biomass will become viable sources of energy and raw materials for building construction.

Bioreactors using algae modified through biology will allow firms to produce cheap fuels that use only sunlight, waste CO₂ and water. Production costs for diesel and ethanol through “green chemistry” could make CO₂ a valuable commodity as a fuel for bioreactors. Before long, carbon-emitting facilities may actually diversify into green manufacturing plants.

Un Canada plus « vert »

En raison de leurs répercussions, les émissions de gaz à effet de serre ont engendré une tendance désormais profondément enracinée voulant qu'on « écologise tout ». Le développement de sources d'énergie de recharge renouvelables et des systèmes qui les accompagnent, ainsi que de technologies qui augmenteront l'efficacité et la sécurité de la production, du transport et de l'exploitation de l'énergie, prendra de plus en plus d'importance.

Les collectivités urbaines se tourneront vers des programmes de recyclage capables de traiter simultanément tous les matériaux, qu'ils soient organiques ou pas. Les flux de résidus – eaux usées, déchets alimentaires, biomasse d'une autre nature – se mueront en sources viables d'énergie et de matières premières pour la construction de bâtiments.

Des bioréacteurs dans lesquels proliféreront des algues biologiquement modifiées permettront aux entreprises de produire des carburants bon marché à partir de la lumière du soleil, du dioxyde de carbone rejeté et de l'eau. Le coût de production du diesel et de l'éthanol obtenus par des « procédés chimiques verts » pourrait faire du CO₂ une ressource précieuse qui servira à alimenter les bioréacteurs. Les installations émettant du carbone pourraient bientôt diversifier leurs activités et devenir des établissements de fabrication écologiques.



La promesse du CNRC

La croissance durable a notamment pour pierre angulaire le soutien apporté à la science, à l'expérimentation et à l'exploration – profondément ancrées dans la responsabilité sociale – qui engendreront les technologies de demain. Au fil des ans, le CNRC a prouvé que l'un de ses talents consistait à anticiper les enjeux et les possibilités de la technologie. Et sa capacité de mettre en place les moyens qui transformeront les idées d'avant-garde en solutions dont l'industrie canadienne se servira pour améliorer notre mode de vie est tout aussi importante. Or il s'agit là d'un principe fondamental qui transparaît dans le siècle d'histoire que le CNRC vient de traverser et qui demeurera pertinent longtemps encore.

NRC's promise

A cornerstone of sustainable growth is the support of science, experimentation and exploration, deeply rooted in social responsibility, to deliver the technologies of tomorrow. Over the years, NRC has demonstrated the foresight to anticipate the technological challenges and opportunities that have presented themselves. Equally essential is providing the pathways to transform new ideas into solutions, which our industries can use to improve the lives of all Canadians—a foundational principle that has been true throughout NRC's 100-year history and will remain true tomorrow.



Chairs and Presidents

of the National Research Council Canada



1916–1921
**Archibald
B. Macallum**



1921
Robert F. Ruttan



1921–1922
Robert A. Ross



1922–1923
Frank D. Adams



1923–1935
Henry M. Tory



1935–1944
**Andrew G.L.
McNaughton**



1944–1952
**Chalmers
J. Mackenzie**



1952–1962
Edgar W.R. Steacie



1963–1967
Bristow G. Ballard



1967–1980
**William
G. Schneider**



1980–1989
J. Larkin Kerwin



1989–1994
Pierre O. Perron



1994–2004
Arthur J. Carty



2005–2010
Pierre Coulombe



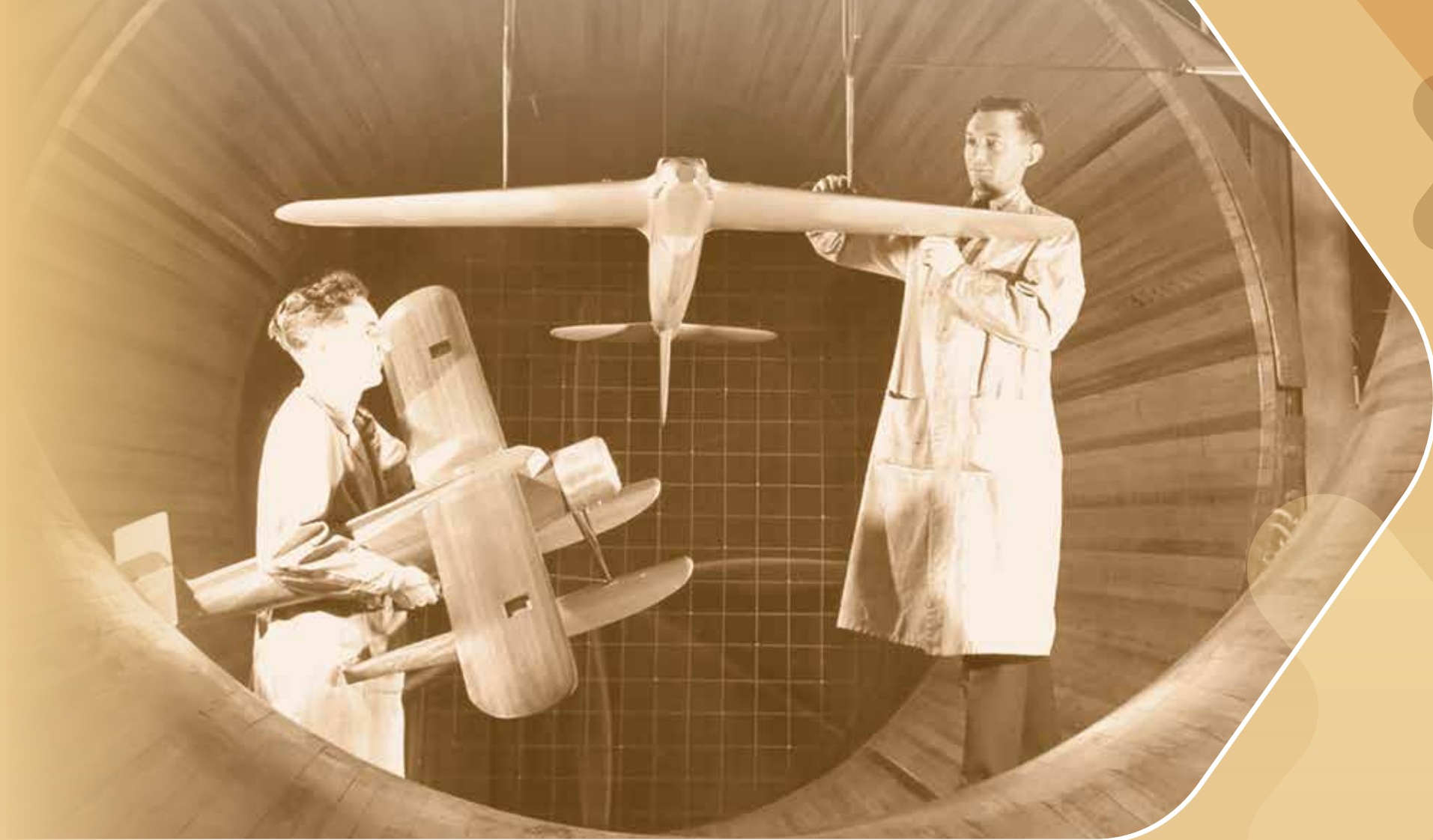
2010–2016
John R. McDougall



2016–
Iain S. Stewart

Les présidents

*du Conseil national de
recherches du Canada*



Acknowledgements Remerciements

Managing Editor Rédactrice en chef

Hélène Létourneau

Contributing Editor Collaborateur à la rédaction

Dick Bourgeois-Doyle

Archivist Recherchiste

Steven Leclair

Writers Rédacteurs

Dick Bourgeois-Doyle

Lise Lafontaine

Hélène Létourneau

Marlene Orton

Amanda Sage

Designer Graphiste

Dana Cranstone

Contributors Collaborateurs

Derek Beselt

Cynthia Biasolo

Brian Colton

Jean-Pierre Davidts

Véronique Dewez

Tamara Keating

Isabelle Lanteigne

Luce Larocque

Tina Riley

Robert Soulière

Robert St-Laurent

While we cannot acknowledge the efforts of everyone who contributed to the content contained in this book, we would like to thank all the people of NRC, both past and present, and the millions of Canadians who have contributed to our national spirit of innovation.

Bien qu'il soit impossible de mentionner le nom de toutes les personnes qui ont contribué au contenu du présent ouvrage, nous tenons tout de même à remercier tous les employés du CNRC, d'hier et d'aujourd'hui, ainsi que les millions de Canadiens qui ont fait de l'esprit d'innovation une caractéristique de notre nation.

Photography

Photography was acquired from NRC's archives, Thinkstock© and Fotosearch© except where indicated below.

- Sgt Ronald Duchesne, Rideau Hall
© Her Majesty The Queen in Right of Canada represented
by the Office of the Secretary to the Governor General, 2015
- Attack on All Fronts, Wartime Information Board,
McGill University Digital Collections: WP2.E6.F1
- City of Calgary Archives (Cal A950612021) [upper left]
Library and Archives Canada (collections PA-043198)
[lower left]
- Library and Archives Canada collections PA-015316
[lower left]
- Library and Archives Canada (collections PA-047921)
[inset photo]
- Canada Science and Technology Museums Corporation
Library and Archives Canada (collections PA-061466)
- All photos courtesy of Guy Cramer
Parks Canada (HMCS Haida)
- Library and Archives Canada (collections PA-112993)
- Habakkuk fantasy illustration created by Dominic Harman
Library and Archives Canada (collections PA-184187)
[inset photo]
- De Havilland Canada Beaver silhouette, Canadian
Aviation and Space Museum (CAVM-13376)
- City of Toronto Archives (s0648_fl0134_id0002 /
s0648_fl0115_id0002)
- Museum at Campbell River (Ripple Rock Explosion 19984-3)
- Illustrations by Mozghan Kermanshahy, courtesy of the Canada,
Science and Technology Museums Corporation
- Revelstoke Museum and Archives
(Peter Schaerer Collection: PSA.41, PSA.63, PSS.78)
- Photo of the Alouette satellite (98-1303) provided by Innovation,
Science and Economic Development Canada
- Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)
- Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)
- NASA
- Transport Canada
- Acadian Seaplants Limited [foreground images]
- Sudbury Neutrino Observatory (SNOLAB)
- Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)
- Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)
[upper left]
- Island Abbey Foods [inset photo]
- Kent Imaging [foreground images]
- TeraXion Inc. [modulator]
- Quadrogen [inset photo]
- Bombardier Inc. [upper right]
- NASA/JHUAPL/SwRI

Photographies

Les photographies contenues dans ce livre sont tirées des archives du CNRC, du site Thinkstock© et du site Fotosearch©, à l'exception des suivantes.

- iii Sgt Ronald Duchesne, Rideau Hall
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée
par le Bureau du secrétaire du gouverneur général, 2015
- 1 Attaque sur tous les fronts, La Commission de l'information
de guerre, Université McGill, Collections digitales : WP2.E5.F1
- 2 Archives de la Ville de Calgary (Cal A950612021) [en haut, à gauche]
- 3 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA-043198)
[en bas, à gauche]
- 6 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA-015316)
[en haut, à gauche]
- 7 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA-047921)
[photo en médaillon]
- 8 Société des musées de sciences et technologies du Canada
- 10 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA-061466)
- 12 Photos fournies par Guy Cramer
- 17 Parcs Canada (NCSM Haida)
- 18 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA-112993)
- 21 L'illustration de Habakkuk est de Dominic Harman
- 24 Bibliothèque et Archives Canada (collections PA- 184187)
[photo en médaillon]
- 31 Silhouette du Beaver de De Havilland Canada, Musée
de l'aviation et de l'espace du Canada (CAVM-13376)
- 32 Archives de la Ville de Toronto (s0648_fl0134_id0002 /
s0648_fl0115_id0002)
- 39 Musée de Campbell River (explosion de Ripple Rock 19984-3)
- 43 Illustrations de Mozghan Kermanshahy, Société des musées
de sciences et technologies du Canada
- 45 Musée et archives de Revelstoke
(collection Peter Schaerer : PSA.41, PSA.63, PSS.78)
- 47 Photo du satellite Alouette (98-1303) fournit par Innovation,
Sciences et Développement économique Canada
- 52 Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
- 58-59 Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
- 70-71 NASA
- 72 Transports Canada
- 74 Les Algues Acadiennes Limitée [images à l'avant-plan]
- 79 Observatoire de neutrinos de Sudbury
- 96 Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
- 104 Télescope Canada-France-Hawaï (TCFH)
[en haut, à gauche]
- 121 Island Abbey Foods [photo en médaillon]
- 124 Kent Imaging [images à l'avant-plan]
- 125 TeraXion Inc. [modulateur]
- 128 Quadrogen [photo en médaillon]
- 130 Bombardier Inc. [en haut, à droite]
- 131 NASA/JHUAPL/SwRI





Commemorating 100 years of innovation for Canada

Established in 1916, the National Research Council of Canada (NRC) has mobilized our country's science and engineering resources to build new industries, ensure national security, and improve the health and well-being of Canadians.

This chronicle of NRC's 100-year history recounts some of the pivotal moments in the annals of our country's most venerated and influential scientific institution. They include the invention of the cardiac pacemaker, design of the Canadarm, and the development of vaccines that protect our children.

Today, as NRC prepares for its next century of service to Canada, it builds on these achievements and a dynamic history of transformation and change, always working in the national interest and always anticipating Canada's next challenge.

Un vibrant hommage à 100 ans d'innovation au Canada

Fondé en 1916, le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a su, au fil des ans, mobiliser les ressources scientifiques et techniques du pays pour bâtir de nouvelles industries, défendre la sécurité nationale et rehausser la santé et le bien-être des Canadiens.

Cette chronique du siècle que vient de traverser le CNRC – vénérable et éminente institution scientifique canadienne – retrace les grands moments de l'organisation, de l'invention du stimulateur cardiaque à la conception du Canadarm, en passant par la mise au point de vaccins pédiatriques.

À l'aube d'un nouveau siècle au service du pays, le CNRC s'appuiera sur ces réalisations et sur le dynamisme de son histoire, marquée par la transformation et le changement, pour veiller à l'intérêt national en anticipant constamment le prochain défi que devra relever le Canada.

NRC-CNRC