

1026110-1026111

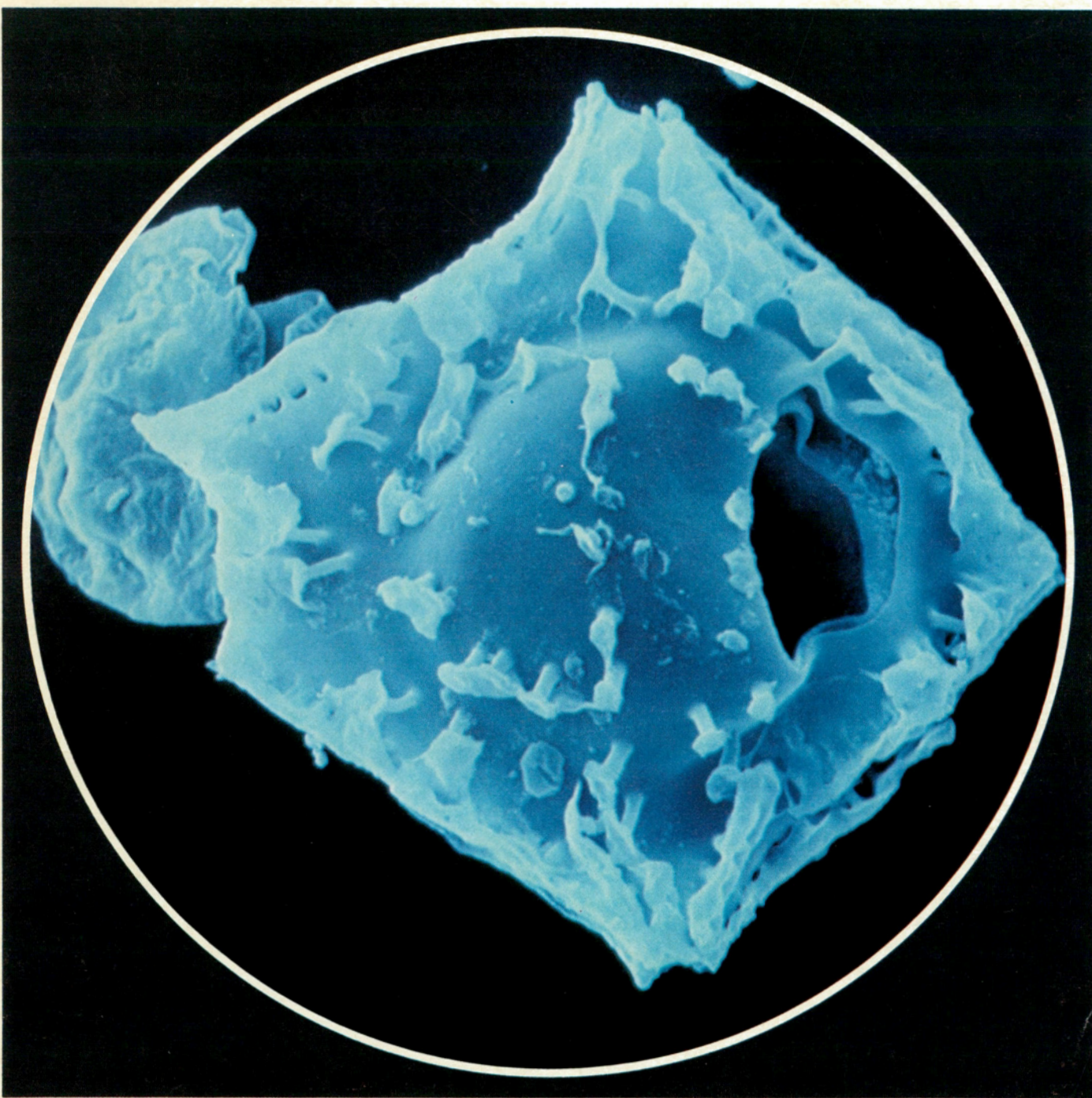
GEOS

Fall/Automne 1980

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

RESORS





GEOS

A quarterly concerned
with the earth's resources
FALL 1980

Publication trimestrielle
sur les ressources
de la Terre
AUTOMNE 1980

GEOS is published quarterly by the
Department of Energy, Mines and
Resources
Minister, The Hon. Marc Lalonde
Minister of State for Mines,
The Hon. Judy Erola
Deputy Minister, M.A. Cohen

GEOS est une publication trimestrielle
du ministère de l'Énergie,
des Mines et des Ressources
L'hon. Marc Lalonde, ministre
L'hon. Judy Erola, ministre d'état aux
mines
M.A. Cohen, sous-ministre

*Opinions expressed by contributors from
outside the Department are their own
and not necessarily those of EMR.*

*Le Ministère ne partage pas nécessairement
les opinions des collaborateurs de GEOS
qui ne font pas partie d'EMR.*

**Editor /
Rédactrice en chef**
Constance Mungall

**Associate Editor /
Rédacteur en chef adjoint**
Jean Fahmy

**Advisory Committee/
Conseil consultatif**
J.D. Keys
J.B. Kinsella

**Graphics /
Présentation graphique**
Mark Toy

GEOS is distributed without charge on
request. If you would like a copy of any
article in the other official language
please write to: Editor, GEOS, Energy,
Mines and Resources, 580 Booth Street,
Ottawa, Ontario K1A 0E4

GEOS est distribué gratuitement sur
demande. Si vous désirez recevoir le
texte d'un article dans l'autre langue
officielle, veuillez écrire au: Rédacteur —
GEOS, Ministère de l'Énergie, des Mines
et des Ressources, 580 rue Booth,
Ottawa, Ontario K1A 0E4

ISSN 0374-3268

Contents/Sommaire

- 2—Dinoflagellates, the Grass of the Sea NO
By J.P. Bujak and G.L. Williams
- 6—A Watchful Eye 1026110
By Constance Mungall and Dorothy Harper
- 10—Géologie et télédétection: un mariage réussi 1026111
Par Paul Hession et W.D. Bruce
- 13—Space Storms and Our Midnight Splendour NO
By John K. Walker
- 16—New Metal from Swarf NO
By Cyril Dixon
- 18—L'ingénieur en structures face aux séismes NO
Par René Tinawi

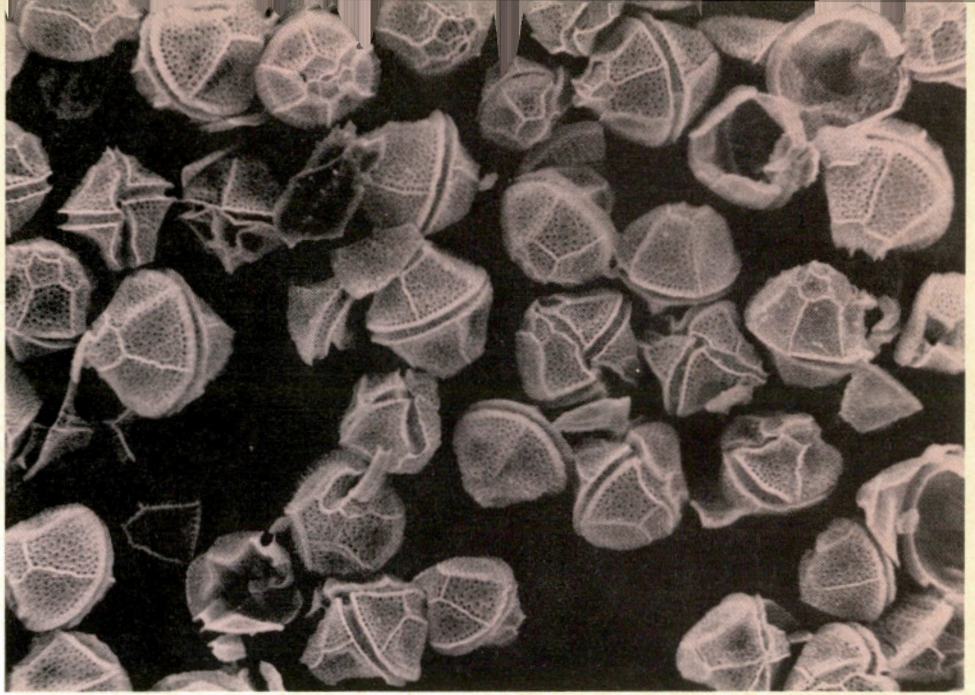
COVER: A fossil dinoflagellate, from the collection of Jonathan Bujak and
Graham Williams, who wrote the article on page 2.

COUVERTURE: Un dinoflagellé fossile, provenant de la collection de Jonathan
Bujak et Graham Williams, auteurs de l'article que l'on trouvera en page 2.

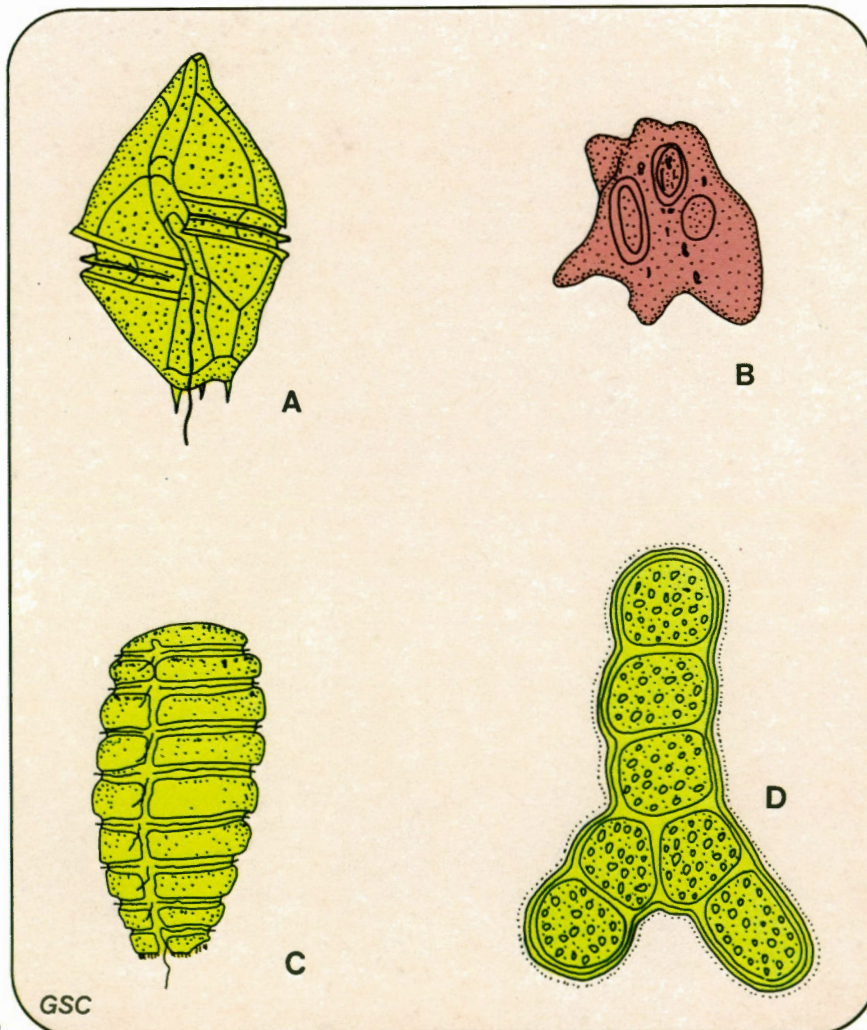
Figure 1. Scanning electron micrograph of a dinoflagellate bloom showing the high concentrations of individuals which often discolour the water, x 350

Photographie au microscope électronique à balayage d'une floraison planctonique; les fortes concentrations de dinoflagellés provoquent souvent une décoloration de l'eau, x 350

Life as we know it would not be possible without them... they produce most of the world's oxygen, and food for all aquatic life...valuable in oil exploration... they give fascinating insight into geological history.



Dinoflagellates, the grass



By J.P. Bujak and G.L. Williams

Dinoflagellates – minute sea plants – cannot be seen by the naked eye – but life as we know it would not be possible without them. They form the basis of the food chain for all aquatic life and produce much of the world's oxygen. Even their dead remains are crucial to man, since these are an important source of oil. These functions make them one of the most important groups of phytoplankton, but it is their intricate structure and critical position in the evolution of life that is most intriguing, and studies of both living and fossil dinoflagellates are helping to fill some of the gaps in our understanding of life.

These tiny organisms are particularly valuable in oil exploration, since they can be recovered in large numbers from small pieces of rock brought up in the drilling mud of exploratory wells. The rock fragments give a fascinating insight into the geological history of an area through studies of the lithology and associated microfossils.

Jonathan Bujak and Graham Williams, of EMR's Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, study dinoflagellates from east coast offshore wells, deep sea core holes and the eastern Arctic, at the Bedford Institute of Oceanography. Both attended Sheffield University in England, where they wrote theses on fossil dinoflagellates of southern England. Before coming to GSC, Bujak was with Robertson Research in Calgary and Mobil Oil Corp. in Dallas. Williams worked for Pan American Petroleum Corp. (now Amoco) and as a palynologist at the Research Centre, Tulsa. Williams is now head of GSC's Eastern Petroleum Geology Subdivision.

Figure 2.

Dinoflagellates are the notorious cause of red tides and paralytic shellfish poisoning. Red tides, and water of a soupy consistency, occur when dinoflagellates bloom and their concentrations reach several million individuals per litre (Fig. 1). The red colour is caused by their distinctive cell pigments. Toxins present in several species are concentrated by shellfish and may result in death when eaten by humans. Other marine dinoflagellates cause luminescence in the sea, as seen in a ship's wake or in the breaking surf at night.

Living dinoflagellates are unicellular algae generally ranging in size from 0.05 to 0.25 millimetres, possess two flagella which move them through the water, and have a variety of life-styles (Fig. 2). Most are planktonic, living in the surface waters of seas and lakes where they are an important part of the food chain, but a few are sand dwellers and some are symbionts or parasites. The majority are plant-like,

containing chromatophores used for photosynthesis. The remainder are heterotrophic and feed on other organisms. These dinoflagellates ingest their food either as whole particles or by absorbing dissolved material.

The life cycle of dinoflagellates is surprisingly complex and has several stages. All species have a biflagellate motile stage, but it lasts for only a few minutes in some groups. The two flagella are used for swimming. A motile colony may be formed when several individuals remain attached (Fig. 2).

It was originally thought that dinoflagellates only propagated asexually, but sexual reproduction has recently been observed in a few species. Approximately 10 percent of living species form cysts which are typically produced in the fall or after a dinoflagellate bloom (Fig. 3). These cysts sink to the bottom, forming seed beds, and can remain dormant for several years before release of the motile stage.

This release is called 'excystment'. The cysts may be inadvertently carried to other areas,

causing red tide outbreaks in previously unaffected regions.

The motile dinoflagellate wall (theca) is quickly destroyed by bacterial action after death, but the cyst is composed of highly resistant organic material and is often fossilized. The fossil record thus provides a somewhat distorted view of dinoflagellate development, since only cyst-producing species are represented. Nevertheless, a picture is now emerging of dinoflagellate evolution since the Late Triassic Period about 200 million years ago, when the earliest definite dinoflagellates occurred.

Fossil dinoflagellates were discovered in 1838 by the German microscopist Christian Gottfried Ehrenberg, who observed two types of micro-organisms in Upper Cretaceous flint chips. He immediately recognized one group as fossil dinoflagellates because of their similarity to modern forms; the other type, which had spherical bodies covered with spines, remained an enigma. In 1845, the British microscopist Gideon Mantell demonstrated that these spiny spheres were organic, and they became known as 'hystrichospheres'. Not until the 1960's were they shown to be dinoflagellate cysts (Fig. 4).

of the sea

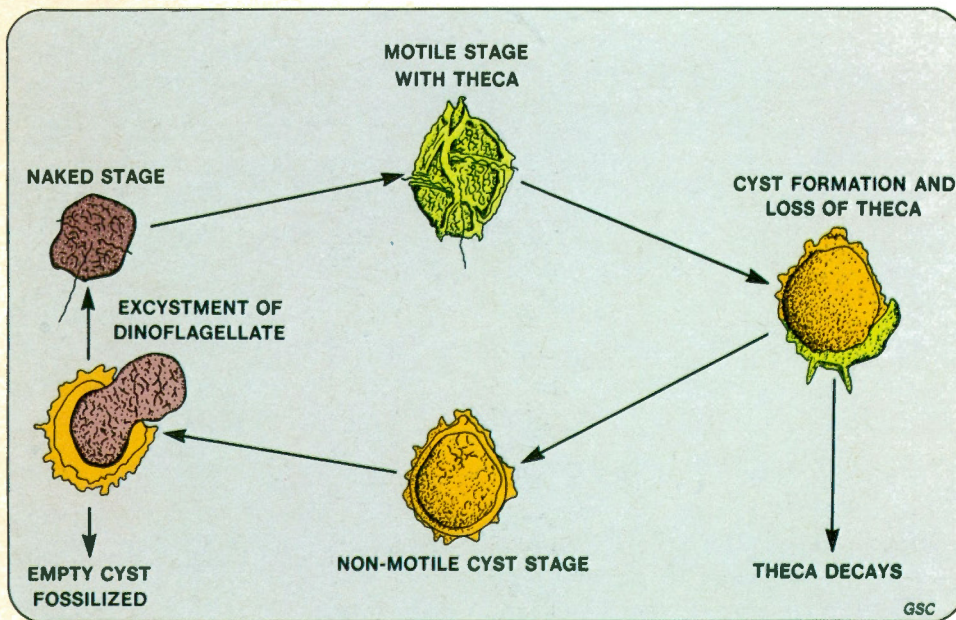


Figure 3.

Figure 2. Variations in the life-styles of some modern dinoflagellates: A. Single-celled, armoured (thecate) form. B. Amoeboid form, without theca or flagella, which feeds on ingested food particles. C. A motile colony. D. Non-motile filamentous form. The dinoflagellates shown in A, C and D contain chromatophores

Variations dans les modes de vie de certains dinoflagellés actuels. A. Forme unicellulaire cuirassée (à thèque). B. Forme amiboïde, sans thèque ni flagelles, qui ingère des particules alimentaires. C. Colonie de formes dotées de motilité. D. Forme filamenteuse sans motilité. Les dinoflagellés montrés en A, C et D contiennent des chromatophores

Figure 3. Simplified life-cycle of cyst-forming dinoflagellates
Cycle simplifié de dinoflagellés formant des kystes

Figure 4. Probable mode of formation of a hystrichosphere-like cyst (C) inside a motile dinoflagellate (A). The different colours represent latitudinal series of plates in the motile stage and their equivalent structures in the cyst

Mode de formation probable d'un kyste genre hystrichosphère (C) à l'intérieur d'un dinoflagellé doté de motilité (A). Les différentes couleurs représentent les plaques transversales caractéristiques du stade de motilité et les structures correspondantes dans le kyste

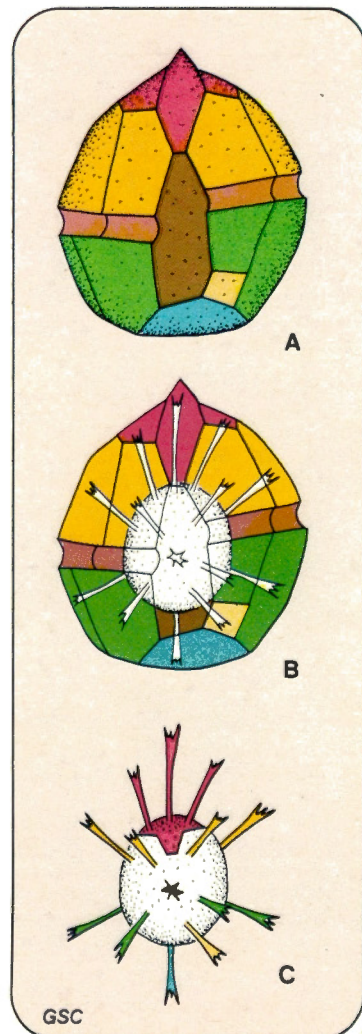


Figure 4.

The study of fossil dinoflagellates remained purely academic and attracted little attention until the 1950's, when their potential contribution to the search for oil and natural gas became evident. This contribution is twofold. They can be used both to date subsurface sediments and to indicate the environments in which the sediments were deposited.

The science of dating sediments with fossils is called biostratigraphy, and is based on the fact that sediments of a particular age are characterized by certain species (Fig. 5) which together are known as an assemblage. The first step in biostratigraphy is to determine the sequence of assemblages in a sedimentary succession of known age (the reference section). The assemblages in exploratory wells, or in any sediments which contain the fossils, are then dated by comparison with the reference section.

Ancient environments can be recognized from the type of dinoflagellates present in sediments, especially when the distribution of modern species is considered. For instance, some species with long horns are today found only in tropical oceans, whereas other species are restricted to temperate or to cold water environments. Similarly freshwater, brackish water, neritic and oceanic species can be distinguished. One example is the species *Hemicystridium zoharyi* which occurs today in tropical lagoonal environments and indicates similar conditions in southern England 50 million years ago.

Recent work comparing morphology, cell physiology and ultrastructure of living dinoflagellates shows that they probably had a long history before the Triassic when they did not produce recognizable fossils. Dinoflagellates are unusual in possessing a combination of primitive prokaryotic features, found in organisms without a nucleus such as bacteria, as well as more advanced eukaryotic features typical of all higher animals and plants with a nucleus. This has led to the theory that dinoflagellates diverged as a distinct group before the evolution of eukaryotes from prokaryotes, over 2500 million years ago. Analysis of the pigments in living dinoflagellates also suggests that the photosynthetic dinoflagellates acquired their chromatophores in a remarkable way, by the ingestion of small photosynthetic phytoplankton and the retention of their chromatophores for photosynthesis by the dinoflagellate.

Later dinoflagellate evolution involved the development of a protective cellulosic armour, called the theca, in the motile stage of many planktonic dinoflagellates. The theca is composed of several plates whose number and arrangement distinguish the four principal orders of living dinoflagellates. The Peridiniales (Fig. 6), with about 20 major plates arranged in

latitudinal series, are the most abundant group found as fossils. The Dinophysiales have nine plates. Their possible fossil ancestors are in Jurassic sediments 185 to 150 million years old, but are unknown from the Cretaceous and Cenozoic Periods (135 million years ago to the present). The Prorocentrales have only two major plates and are unknown as fossils. Dinoflagellates without a theca are called naked, or unarmoured, and include the fourth main order, the Gymnodiniales, which have possible fossil representatives in the Upper Cretaceous.

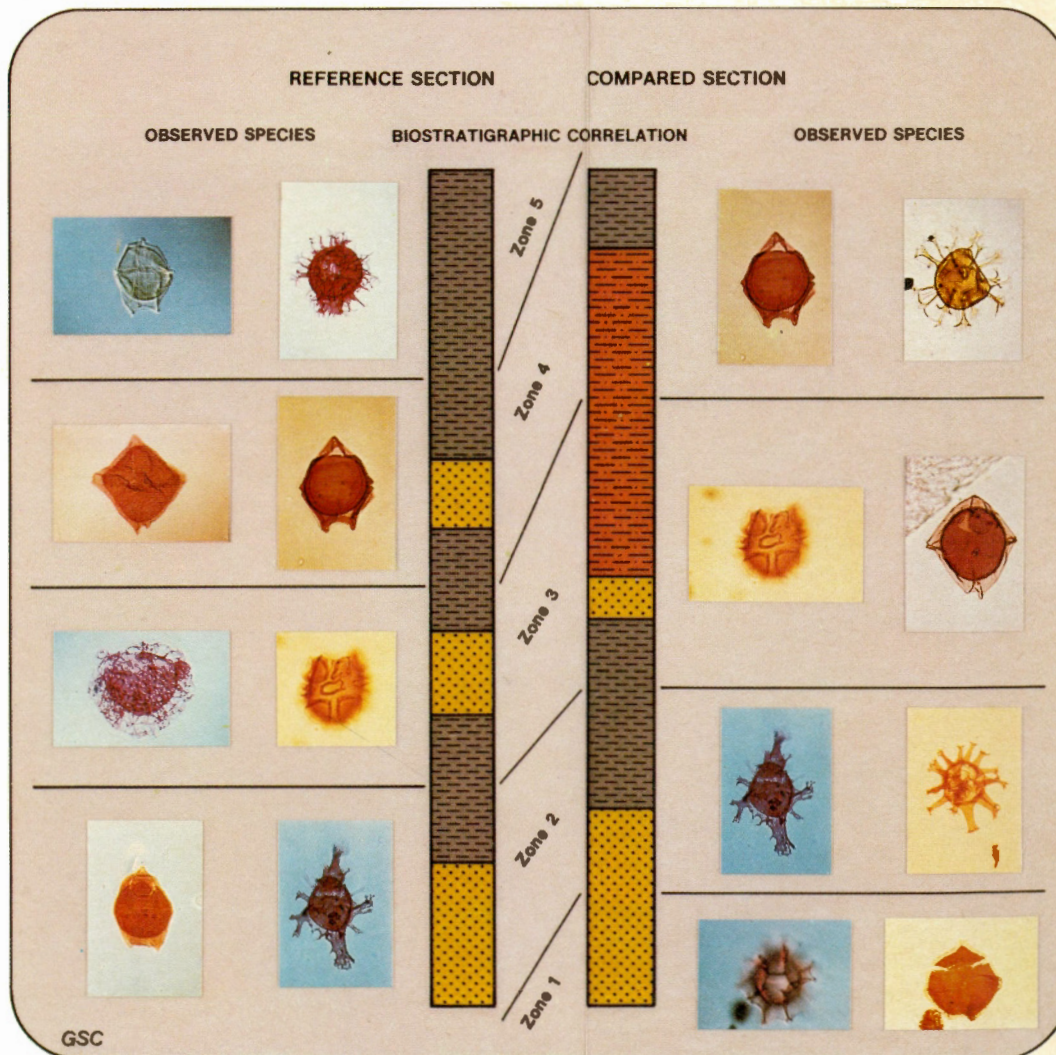
The fossil record indicates that the earliest thecate dinoflagellates had a large number of plates and that subsequent reduction in plate number occurred either by plate fusion or plate loss. This has led to the 'plate reduction theory' in which ancestral, unarmoured dinoflagellates, similar to the Gymnodiniales, developed a

cellulosic wall consisting of many thin plates (Fig. 7). Progressive decrease in the number of plates, and thickening of the wall, led to dinoflagellates with a regular plate arrangement such as the Peridiniales and Dinophysiales. This theory suggests that the Prorocentrales, which have only two major plates and a modified method of swimming, are the most advanced.

Paleontologists only have the opportunity to study the preserved walls of fossil dinoflagellates. The soft parts decay, but are important as one of the primary sources of oil. Although some fossil fuels such as coal may be formed from the remains of land plants, most oil is probably derived from marine algae such as dinoflagellates. These algae must undergo burial and heating for millions of years before they are converted into oil. The material is then said to be mature. This heating also changes the colour of

Figure 5. Dinoflagellates are particularly useful for correlating and dating exploratory wells. Fossils found at different levels can be correlated with those known to characteristically occur in rocks of a particular age

Les dinoflagellés sont particulièrement utiles pour mettre en corrélation et dater des puits d'exploration. Les fossiles découverts à différents niveaux peuvent être mis en relation avec ceux que l'on sait caractéristiques des roches d'un âge donné



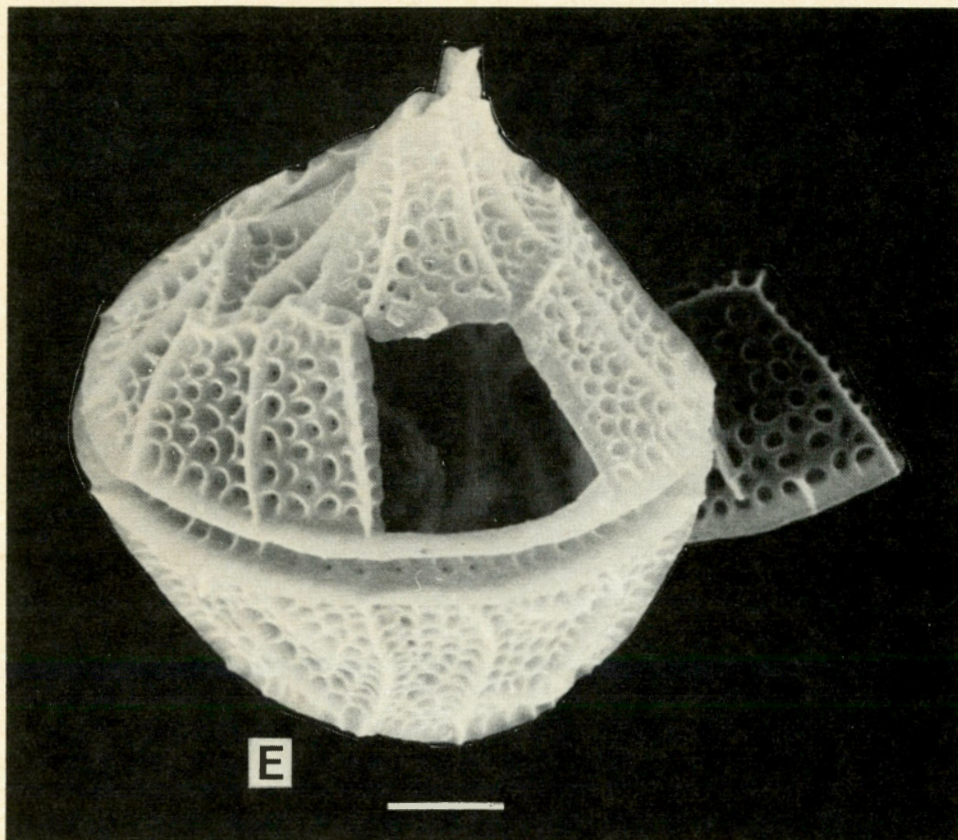


Figure 6. Scanning electron micrograph of *Peridinales*, a living dinoflagellate. The scale represents 10 microns

Photographie au microscope électronique à balayage de *Péridiniales*, un dinoflagellé vivant. L'échelle représente 10 microns

Les dinoflagellés, ces minuscules plantes marines, ne peuvent se voir à l'oeil nu; pourtant, sans eux, la vie ne serait pas telle que nous la connaissons. Ils forment la base de la chaîne alimentaire de toute la vie aquatique et produisent une bonne partie de l'oxygène de la planète. Même après leur mort, ils sont indispensables à l'homme, car ils constituent une importante source de pétrole. Aussi, les dinoflagellés représentent-ils un des groupes de phytoplancton les plus importants. Toutefois, ils nous fascinent surtout par leur structure complexe et par la place cruciale qu'ils occupent dans l'évolution, et l'étude des dinoflagellés vivants et fossiles nous aide à combler certaines lacunes dans notre compréhension de la vie.

Dans cet article, il est question de la formation, du cycle de la vie et de l'évolution des dinoflagellés; on y apprend aussi comment les paléontologues s'en servent pour découvrir des gisements d'hydrocarbures.

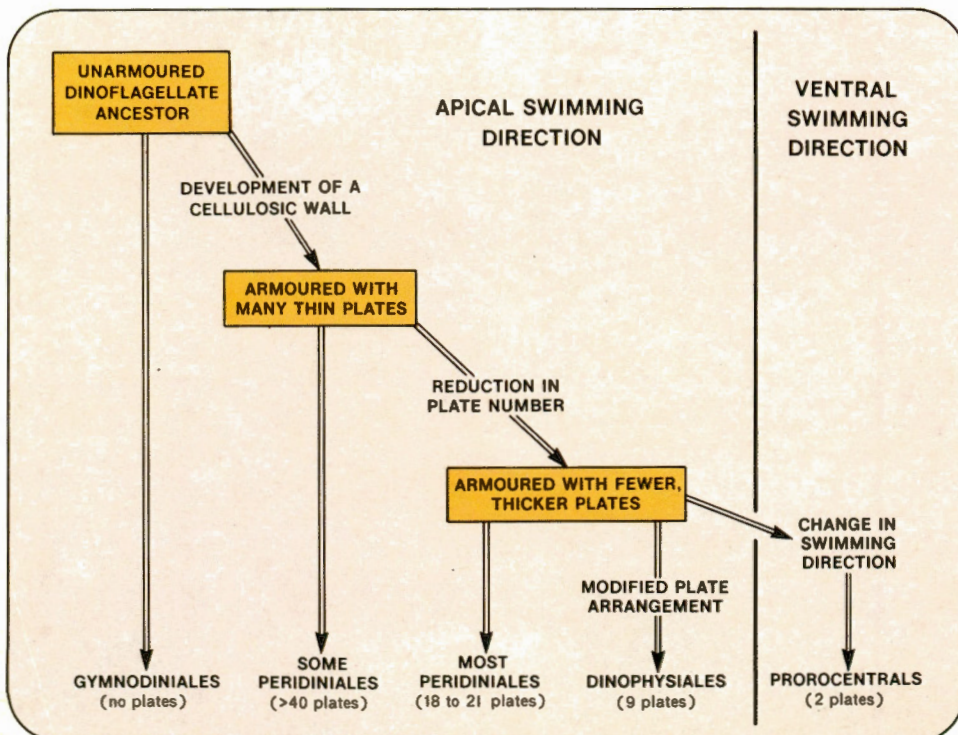
Cet article est disponible en français

organic-walled microfossils, including dinoflagellates, from colourless through yellow and brown to black. Paleontologists are thus able to assess whether the organic material in sediments is mature and if oil can be expected in an area.

Work on dinoflagellate evolution is still in its infancy, but both living and fossil species indicate that these tiny organisms hold a key position in the evolution of life. They may even represent a missing link between the most primitive organisms, such as bacteria and all higher life, including man. Future studies by both biologists and paleontologists promise dramatic advances in our understanding of dinoflagellate evolution and such exciting and diverse areas as genetics, aquaculture and oil generation. The innovative microscopists of the early nineteenth century never realized the new vistas they were opening up in their pioneer studies. □

Figure 7. Plate reduction theory of the evolution of armoured dinoflagellates from an unarmoured ancestor

Théorie de la réduction des plaques, qui sert à expliquer la transformation d'un spécimen nu en un dinoflagellé cuirassé



By Constance Mungall and Dorothy Harper

When SEASAT-A was hurled into a 800-kilometre-high orbit from a U.S. airforce base in California on June 26, 1978, Canada was participating in the experiment. It cost \$100 million to launch the 12-metre-long satellite, bristling with microsensors, and to harvest and interpret the constant stream of data that it poured back as it circled the earth 14 times a day. Of that, \$6.3 million was to come from Canada, for 110 projects proposed by the Departments of Environment, Communications, National Defence, Indian Affairs and Northern Development, EMR and Supply and Services, and by the National Research Council. The Canadian input, under the acronym SURSAT, for surveillance satellite, was coordinated by EMR's Canada Centre for Remote Sensing.

The satellite was to sweep across 95 percent of the ocean's surface every 36 hours for three years, monitoring day and night tides and currents, storm patterns, world shipping, the movement of ice and icebergs, as well as, on land, geological structures, crops, forests and water resources. Neither weather conditions nor dark of night would deter its ceaseless data collection.

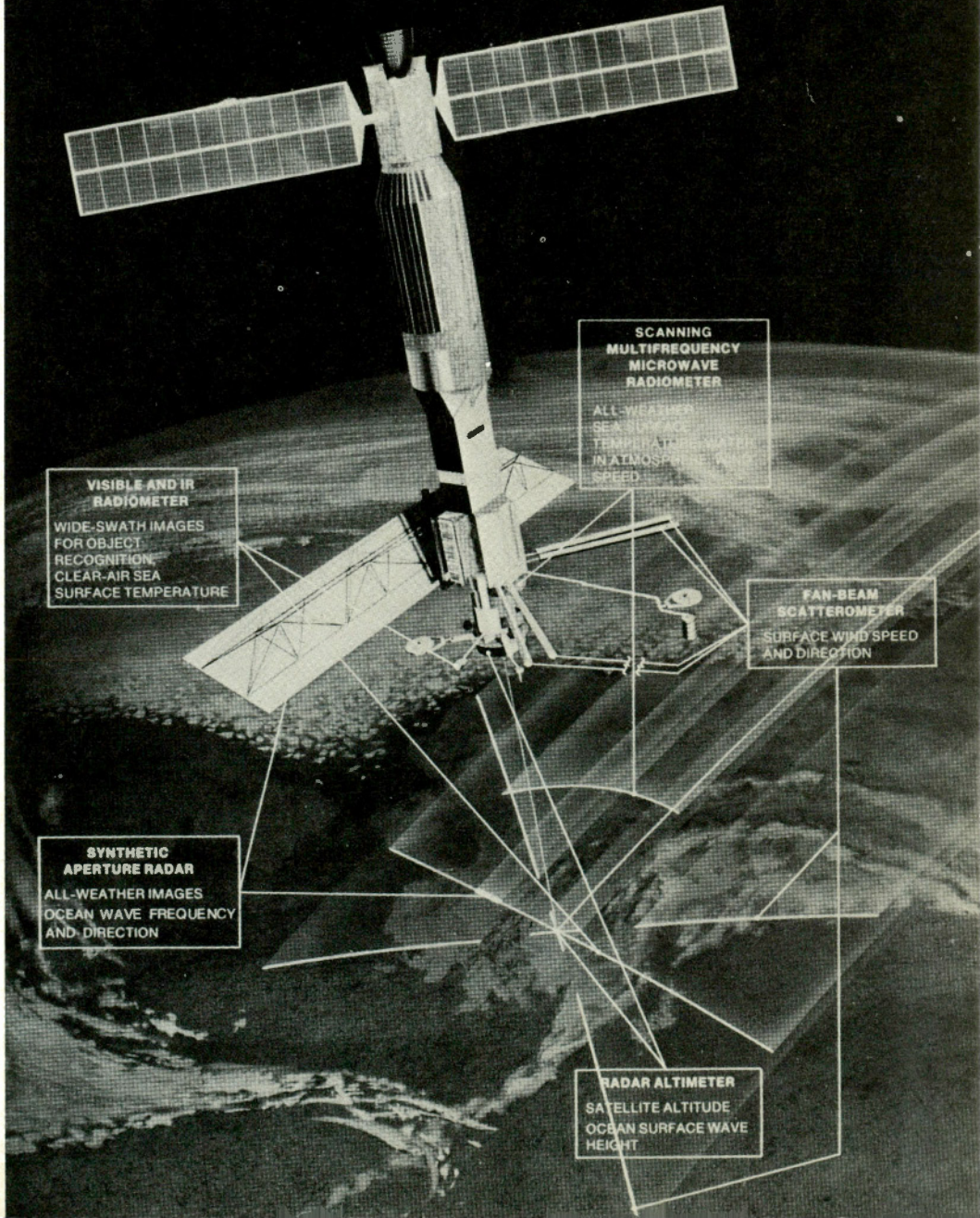
When SEASAT was prematurely silenced by a total power failure 106 days after launching, most of the questions asked by the Canadian participants had been answered. SURSAT without the U.S. satellite was '... like a dog with three legs. There is a limp, but the beast can still get around,' said Dr. Roy VanKoughnett, SURSAT project manager, now back with the National Research Council. He estimated that 75 percent of the information wanted had been collected. Of the projects that were badly served, most were focussed on specific sites not covered in the three months of data transmission, or they wanted data over a longer time period. One abandoned project would have monitored iceberg movement near oil rigs off Labrador coast, for instance.

SEASAT-A, showing its four different microsensors. The antenna panel of the Synthetic Aperture Radar, most important to Canadian experiments, measures approximately 12 m x 2.5 m

Le satellite SEASAT-A et ses quatre microcapteurs. Le tableau des antennes du radar à ouverture synthétique (SAR), qui est le plus important capteur du point de vue des expériences canadiennes, mesure environ 12 m par 2,5 m

A WATCHFUL EYE

'The need and industrial opportunity for Canada to take the lead in supporting Synthetic Aperture Radar is confirmed by participation in the first oceanographic satellite experiment.'



SURSAT was a 'proof of concept' mission, designed not so much to collect information as to study the feasibility of doing so. It was to see how microwave techniques could help survey the earth from space. Canada has a particular concern in this investigation, given its enormous, difficult-to-traverse terrain, its long coastlines, and the fact that parts are often covered by fog, cloud, snow and ice. The extension of offshore limits to 200 miles, and increasing oil and gas exploration and tanker traffic in the Arctic and off the east and west coasts, multiplied this concern. SURSAT involved a complete study of Canadian requirements for monitoring human activities and environmental phenomena in the ocean and Arctic for the next 20 years.

LANDSAT, launched by the U.S. in 1972, showed the benefits to be gained from a surveillance satellite orbiting the earth several times daily. But its sensors can pick up information only in daylight – short in winter – and not at all through the mists and fog often obscuring coastal areas and the north.

SEASAT traversed a path like LANDSAT's, but not quite so far north – the maximum latitude of data collection was 72°. And its radar eyes never closed during its three-month life.

SEASAT carried four microwave sensors: an altimeter to measure ocean wave heights and for geodesy; a scatterometer to measure ocean surface wind speed and direction; a radiometer to measure ocean surface temperature, and most important for surveillance and for the Canadian experiments, a one-channel Synthetic Aperture Radar (SAR). The SAR was the only system capable of providing radar images of, for example, reflections from icebergs, sea ice, ocean waves and ships.

Synthetic Aperture Radar: SAR

A microwave imaging system that illuminates the terrain below and to the side of an air- or space-craft carrying the instrument. Image detail in range is provided by pulsing and time delay, as in most radar systems. Image detail in the other direction is achieved by a combination of a large memory system and a computer to focus the array of data in memory. In this way, a small antenna can produce image detail available from simpler radar systems only by using a very large antenna aperture, hence the name, Synthetic Aperture Radar. On SEASAT, the SAR antenna of 11 m length, when combined with the required memory and computer, could do the imaging work of an antenna several kilometres long, a significant Canadian achievement.

It could detect objects 25 m or longer on the earth over a 100-km-wide swath. In some cases, where metal structures gave strong reflections, smaller objects like small fishing boats, power lines and roads could be detected. Signals could also be picked up from floating buoys equipped with radar reflectors. In a sequence of pictures of Vancouver Island and the Straits of Georgia, a small reflection was always picked up about halfway between the island and the mainland. It was puzzling because careful checking showed neither island nor buoys at this point. The mystery remained unsolved until it was realized that according to the B.C. Ferries timetable a ferry would be at that particular spot each time SEASAT passed overhead.

Data from the first three sensors were tape recorded on board the satellite and made available to experimenters via NASA. SAR data were not recorded on board, and reception facilities were established in Canada, the U.S. and Europe. In Canada, they included the satellite receiving station at Shoe Cove near St. John's Newfoundland, and a digital data processor.

Modification of the portable LANDSAT receiving station, already installed at Shoe Cove to accept SEASAT signals, cost \$1.5 million of the Canadian SURSAT investment. MacDonald Dettwiler & Associates (MDA) of Vancouver were contracted as the Canadian company to actualize the concept of the SURSAT project officers

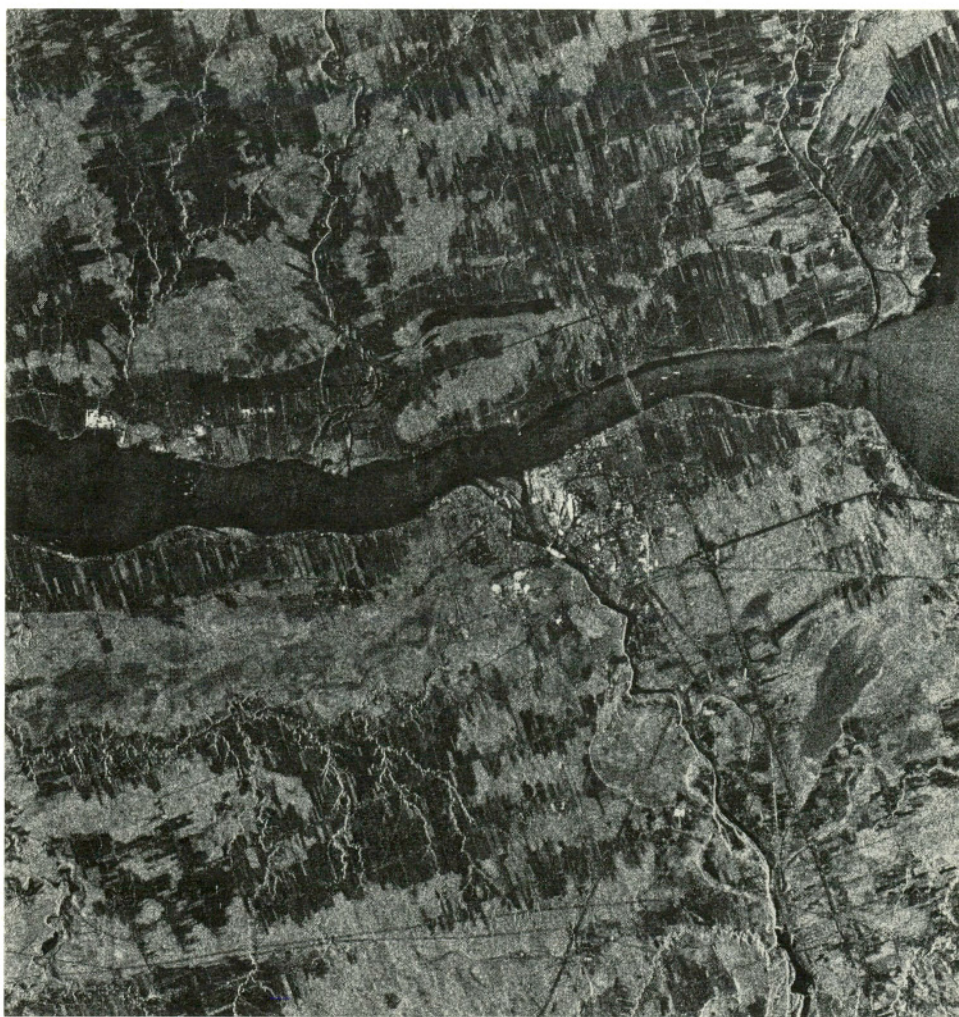


Figure 1. The first digitally processed image of a satellite radar scene. Covering an area 41 km by 38 km along the St. Lawrence River, including Quebec's Trois Rivières area, it shows how much detail can be derived by a digital system. Computer tapes recorded at Shoe Cove were processed in the Vancouver laboratories of MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd., who developed the instrumentation under contract to SURSAT.

Interpretation of a new type of scene is always difficult without experience, but streams are visible because their banks, perpendicular to the radar beam, send reflections back to the receiver. The water itself, particularly in the St. Lawrence, shows how sensitive radar methods are to surface texture – smooth water appears dark, rough water light. Rural and agricultural areas are distinct with the forested areas brighter than the fields. The bridge over the river is very clear and displays some detail of structure. Several ships are visible. The industrial area of the city and the Gentilly nuclear power station to the west of the city are easily differentiated.

and develop the software for digital conversion, into images, of the raw SAR data recorded at Shoe Cove. The MDA processor produced the first digital image of a satellite radar scene (Fig. 1). At tests in California recently, this system was judged by far the best SAR processor available.

To check the usefulness of satellite surveillance, CCRS fitted a long-range Convair 580 aircraft with one of the world's most up-to-date imaging radar systems, a four-channel SAR. During SEASAT-A's lifetime, the Convair flew several missions under the satellite during traverses of Canada, to record 'surface truth'.

An experiment to study weather and ocean conditions on the west coast, for instance, received a multitude of data in September and October 1978 from SEASAT, aircraft and ships. Information from the three sources was compared to determine which provides the best quality information cheapest and quickest.

SURSAT continued processing and evaluating the data for more than a year after SEASAT went dead at the end of October 1978. So much information was collected that some of it may never be processed.

Reports on SURSAT are being completed now, but a preliminary paper on SURSAT and the future of microwave remote sensing was given to the Sixth Canadian Symposium on Remote Sensing in May 1980. In it three SURSAT project leaders, VanKoughnett, Keith Raney of EMR's CCRS, and Ed Langham, Dept. of Environment, agree that producing high resolution images from spaceborne SAR with ground reception and near real-time processing is technically feasible, but that more experience is needed.

On the whole, they report, SEASAT's SAR worked as well or better than predicted as a constant, unblinking, eye in the sky. As the name implies, it was expected to be particularly suitable for oceanographic phenomena. However, the images not only showed ocean wave length and direction, but also indicated, unexpectedly, that it may be able to map ocean wind patterns and surface currents. It could see ships at sea and ocean pollution, including oil slicks, and could help search and rescue. To pick up surface objects like seismic lines or fishing vessels, however, it would need a finer resolution and a shorter wavelength.

On land, SAR is normally not considered accurate enough for mapping. On SEASAT, and processed by the MDA digital method, SAR produced cartographic-standard images, the preliminary paper reports. SAR was also valuable in wetland experiments, including waterfowl breeding near Humboldt, Sask., and an ecological test site near Neepawa, Man.

For flood mapping, SAR images of the Red River near Winnipeg were better than air photos, identifying the flood boundaries more clearly in both open and wooded areas.

SURSAT confirmed radar's value in surficial and structural geology. It discovered evidence of volcanic activity from previously hidden structural features at North Mountain in Nova Scotia's Annapolis Valley, for instance.

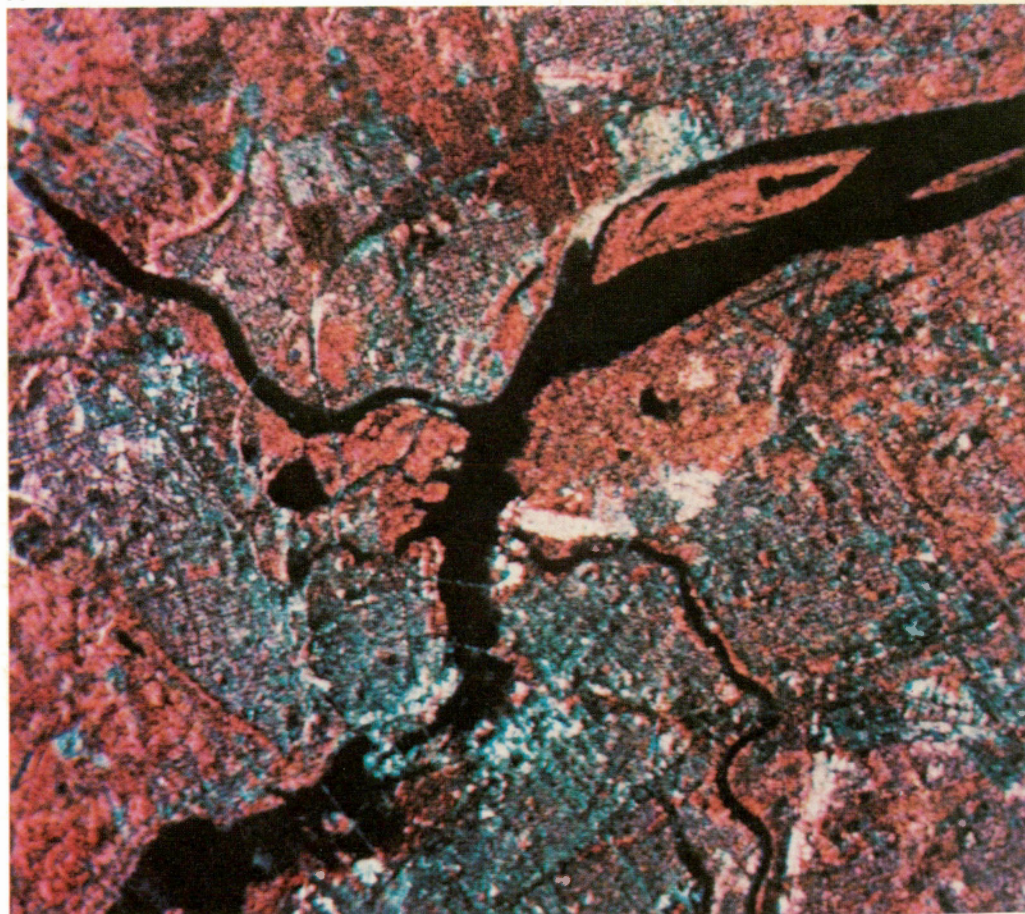
The main focus of the Canadian experiments, however, was on ice and related applications — 19 SURSAT projects were located in the Beaufort Sea, the Baffin-Labrador Seas, and the Gulf of St. Lawrence. SEASAT made 30 passes over the western Arctic between mid-July and early

Le programme SURSAT, dont l'exécution est coordonnée par le Centre canadien de télédétection de l'ÉMR, constituait la participation du Canada au programme expérimental américain SEASAT. Ces programmes visaient à déterminer si la surveillance spatiale tant des océans que des continents est techniquement réalisable et rentable. Cette question est d'importance capitale pour le Canada, en raison de sa vaste masse continentale, de la grande étendue de ses côtes, et parce que les régions du Canada sont souvent recouvertes de brouillard, de nuages, de neige et de glace. La nouvelle limite des eaux territoriales de 200 milles, la prolifération des travaux d'exploration pétrolière et gazière, et l'accroissement de la circulation des pétroliers au large des côtes du pays font également ressortir l'importance de ces programmes.

Le satellite, qui devait transmettre des renseignements nuit et jour pendant trois ans, quelles que soient les conditions atmosphériques, a cessé de fonctionner en 1978, à la suite d'une panne, trois mois seulement après son lancement. Toutefois, des rapports tout juste rendus publics indiquent que les renseignements recueillis pendant cette période ont prouvé l'utilité du programme. Les données spatiales fournies par le radar à ouverture synthétique et traitées numériquement se sont avérées un outil de surveillance précieux.

Cet article est disponible en français

A



October 1978, and airborne missions checked these out later.

During the summer melt, the airborne images are clearer, but during freeze-up, SEASAT SAR comes into its own. Ice types can be distinguished; hard multi-year pack ice, first-year and young ice, and even smooth second-year floes show up differently. This distinction is vital for Arctic shipping. It makes it possible for a navigator with a near real-time detailed ice map, provided weekly or twice weekly, to identify a passage through the youngest, softest ice.

The SURSAT project leaders quote a discussion paper by the Dept. of Communications, 'The Canadian Space Program; Five Year Plan (80/81-84/85),' recommending Canadian participation in an international satellite program using SAR sensors.

At present, no successor to the U.S. SEASAT is planned. The new U.S. oceanographic satellite to be launched, assuming Congressional approval, in 1986, will cost ten times as much as SEASAT-A. It will carry a new colour imaging device, a

coastal zone colour scanner for seeing chlorophyll in the ocean, plus all the SEASAT-A sensors — except SAR, the sensor most important to Canada. Canada will not participate substantively in this project.

However, Canada is participating, with initial funding of \$1.8 million, in the preparatory remote sensing satellite program of the European Space Agency (ESA). This will help Canada acquire the technological expertise needed to build a SAR. The sensing system itself, the SAR, could cost \$70- to \$90-million, about 10 percent of the ESA program.

Canada also has a further need, to ensure the availability of the SAR data that is vital to constant surveillance of the country to the 200-mile limit.

'The need and the industrial opportunity for Canada to take the lead in promoting a radar satellite has been identified,' says Dr. John Keys, EMR Assistant Deputy Minister (Science and Technology) and chairman of the SURSAT Review Board. 'We are therefore negotiating with other

countries about their participation in a proposed Canadian satellite.'

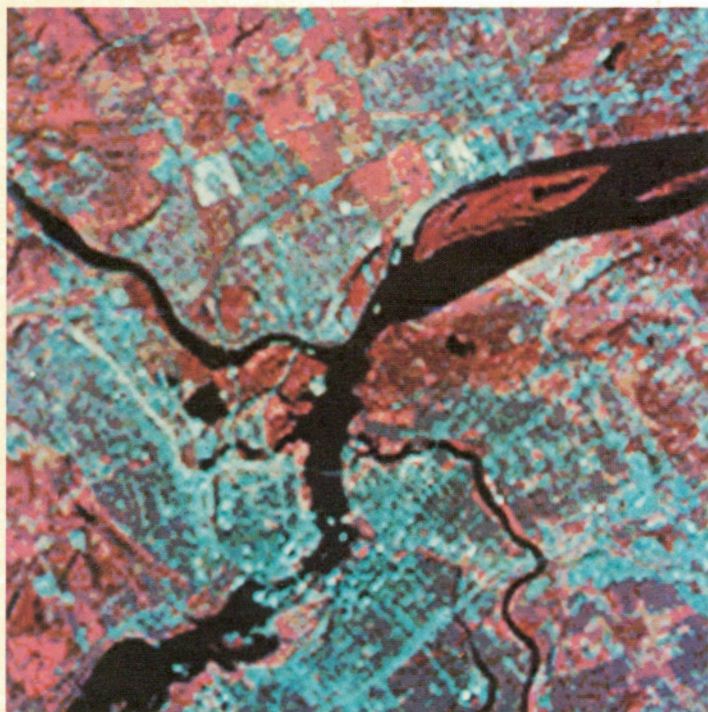
Such a program would meet the first requirement: ensure the availability of SAR data. It would also put Canada ahead in this technological area, and broaden the base of the nascent Canadian space industry.

'Canada has the capability to produce a satellite,' says Dr. Keys. 'If we went it alone, and derived all the industrial benefits, it could cost us about \$300 million for an operational system.'

A grant of \$1.7 million has been made for a study with NASA to define a Canadian-led satellite program, with a cooperative launching possible in 1988. The cost split between Canada and the U.S. is still being considered. □

Constance Mungall is the Editor of GEOS. Dorothy Harper, recently retired from the Physics Department of Bishop's University, is a freelance science writer and author of several books, including 'Eye in the Sky', an introduction to remote sensing.

B



a. Combination SEASAT/LANDSAT image of the Ottawa area. The intensity of a black and white SEASAT Synthetic Aperture Radar image is used to digitally modulate a colour LANDSAT image. b. LANDSAT MSS bands 4, 5, 7 image, 6 June 1978. c. SEASAT SAR image L band, 30 July 1978. Images MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd., Richmond, B.C.

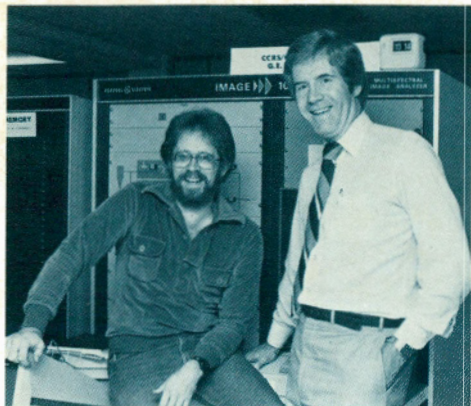
C



a. Image combinée SEASAT/LANDSAT de la région d'Ottawa. L'intensité des images en noir et blanc fournies par le radar à ouverture synthétique (SAR) de SEASAT permet de réaliser, par modulation numérique, le coloriage des images obtenues de LANDSAT. b. Image des bandes 4, 5 et 7 fournie par le balayeur multispectral MSS de LANDSAT le 6 juin 1978.

c. Image de la bande L fournie par le S A R de LANDSAT le 30 juillet 1978. Images MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd., Richmond, Colombie-Britannique.

Géologie et télédétection: un mariage réussi



W.D. Bruce (à gauche) a étudié la géologie aux universités de Brock et McMaster, où il a obtenu un doctorat. Jusqu'en 1976, il a enseigné la géomorphologie et la télédétection à l'Université McMaster; depuis lors, il a eu à assumer deux mandats importants au Centre canadien de télédétection (CCT): la mise en oeuvre de programmes géologiques en faisant appel aux données de la télédétection et la coordination des activités internationales du CCT dans les domaines où les systèmes d'information par la télédétection tiennent une place importante. Ses fonctions actuelles l'amènent à tenir un rôle de consultant en Afrique, en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est.

Paul Hession a étudié le génie civil au Collège militaire royal de Kingston et à l'Université McGill. Il a ensuite enseigné au Collège militaire royal les représentations graphiques en génie ainsi que les techniques de levés cartographiques. Après avoir oeuvré six ans au sein de la division de traitement des données d'IBM (Canada) Ltée, il est entré au CCT en 1979.

Il est actuellement chef de section, responsable de la mise en marché des produits et des services du CCT.

The use of remote sensing in geological exploration has been one of the application priorities of EMR's Canada Centre for Remote Sensing since 1976. Experiences with several Canadian exploration companies have shown that Landsat imagery can be processed to highlight the correlation between vegetation textures and geomorphology. The CCRS analysis package described in the example shows the usefulness of this methodology in the glaciated and heavily forested area of Annapolis County, Nova Scotia.

This article is also available in English.

Grâce aux scientifiques du Centre canadien de télédétection, Landsat est un outil de plus en plus précieux dans l'exploration géologique.

Par Paul Hession et W.D. Bruce

Les exemples les plus connus de l'application des données Landsat à la cartographie géologique de reconnaissance et aux programmes d'exploration minière sont ceux qui portent sur des régions au climat aride, comme celles du sud-ouest des États-Unis.

Dans de nombreuses régions du Canada, le soubassement rocheux est recouvert d'une moraine glaciaire, d'une végétation relativement dense et de terrains variés. Les levés faits dans ces régions doivent se baser en grande partie sur la morphologie et les structures de la surface, ainsi que sur les formes linéaires, qu'elles apparaissent dans la végétation ou dans la topographie. Les caractéristiques géomorphologiques et structurales sont importantes, car elles traduisent souvent, en surface, des particularités du lit rocheux. Confrontés à ces conditions uniques, les géologues canadiens ont dû faire preuve de beaucoup d'ingéniosité dans le traitement informatique des données Landsat (en plus des données fausses couleurs à petite échelle et des données radar à haute résolution), en vue de la cartographie des configurations structurales régionales et du terrain de la région qui nous intéresse ici, soit le comté d'Annapolis, en Nouvelle-Écosse.

Région d'étude

Le comté d'Annapolis a été sélectionné pour faire l'objet d'une étude visant à

évaluer l'apport possible des données de télédétection à la cartographie géologique, aux études structurales et aux programmes d'exploration minière. Des compagnies d'exploration, parmi lesquelles Eldorado Nucléaire Ltée et Noranda Inc., utilisent en effet de plus en plus les techniques de base décrites ci-après, en coopération avec le Centre canadien de télédétection (CCT), qui relève d'EMR.

Le comté d'Annapolis présente plusieurs conditions qui rendent possible ce type de démonstration. Premièrement, un accroissement des activités d'exploration au cours des derniers mois, dans cette région, a rendu nécessaire l'établissement de cartes géologiques détaillées et d'études des formes linéaires. De plus, les programmes de géologie superficielle requis nécessitent des données préliminaires pour l'établissement de cartes de base.

La région abonde en maints types de structures et de soubassements rocheux d'âge géologiques différents. En particulier, on retrouve des strates fortement plissées, datant du début au moyen Paléozoïque, qui sont percées par un batholithe de granite du Dévonien. Ces très vieilles roches sont adjacentes à des sédiments triasiques et à des écoulements de lave qui sont relativement moins déformés. La glaciation a modifié la topographie et elle a recouvert les plus vieilles roches d'un manteau composé de divers types de sédiments.

Le comté d'Annapolis est situé dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et couvre une superficie de 3 300 km² (Fig. 1). On peut diviser la région en trois secteurs distincts: la cuesta de la montagne du Nord, la vallée d'Annapolis et le plateau de la montagne du Sud.

La montagne du Nord est une cuesta continue, faite d'écoulements de basalte de 300 à 400 m d'épaisseur et de 5 à 8 km de large.

La largeur moyenne de la vallée est de 6 km et elle est drainée par la rivière Annapolis. Les dépôts superficiels sont constitués d'une moraine d'argile sablonneuse, de sédiments fluvio-glaciaires ainsi que de sédiments lacustres, alluviaux et marins, tous datant du Pléistocène.

Le plateau de la montagne du Sud forme la paroi sud de la vallée et s'élève brusquement à une hauteur de 220 m. La topographie et la morphologie de l'endroit portent à croire que ce plateau est le résultat du soulèvement d'un massif faillé, les failles étant recouvertes par le chevauchement. Le soubassement rocheux est composé de métasédiments plissés, du Paléozoïque moyen, et de granites du Dévonien, ces matériaux étant généralement trouvés sous forme de diaclases.

La végétation du comté est dominée par du bois tendre et par des groupements mixtes de bois franc et de bois tendre.

La méthode employée intègre des données multispectrales et des données à échantillonnage multiple, et elle comprenait quatre éléments. La première étape a consisté à interpréter visuellement un composé couleur Landsat (à une échelle de 1:1 000 000), établi à par-

tir des données des bandes 5,6 et 7 du MSS, prises en mai 1973 (Fig. 2). Cette image a permis de délimiter les principales fractures avant de procéder à une analyse plus détaillée.

Ensuite, le Système d'analyse des images du Centre canadien de télédétection (système CIAS) a été mis à contribution. Il a été utilisé pour créer une série de documents destinés à aider l'interprétation photogéologique visuelle. Les bandes magnétiques compatibles pour ordinateur ont été obtenues pour deux dates différentes de passage, dans le but d'évaluer l'effet des saisons sur l'interprétation géologique. Les dates retenues pour les passages de Landsat ont été mai 1974 et juillet de la même année. Les bandes magnétiques ont été ensuite soumises à des techniques d'accentuation des images numériques et d'extraction des informations. Les méthodes ont permis la préparation de données de sortie au 1:1 000 000, compatibles avec les cartes et permettant d'esquisser les caractéristiques linéaires, curvilignes et circulaires.

On peut obtenir des renseignements supplémentaires sur ce système et sa disponibilité en s'adressant au CCT.

Géologie superficielle

Une évaluation détaillée de la géologie superficielle s'avère de première importance avant même de tenter toute interprétation de la structure géologique d'une région. Lors de l'interprétation des images de la région étudiée, deux aspects importants de la géologie superficielle se sont révélés particulièrement utiles: les configurations et les textures des teintes d'une part, et la topographie de l'autre.

Les configurations et les textures des teintes multispectrales indiquent des ruptures linéaires dans la répartition de la végétation (Fig. 3 et 4). Ces ruptures représentent la direction de l'avance glaciaire dans la région. Les bois francs prédominent sur les drumlins et sur les crêtes les plus hautes de la moraine cannelée recouvrant la plaine. Ces régions de bois francs sont facilement reconnaissables par leurs teintes caractéristiques.

Évidences topographiques: bien que les données fausses couleurs révèlent peu

de détails topographiques, les données radar dans les bandes X (8 à 12 GHz) et L (1 à 2 GHz) peuvent, par contre, fournir un aperçu synoptique intéressant du terrain. Ces données constituent en effet un excellent outil pour la subdivision des régions physiographiques. Les données infrarouge et radar ont donc permis de repérer facilement des caractéristiques topographiques de petites dimensions et des formes de terrain telles que des drumlins, eskers et kames ainsi que le degré de dissection. Les images Landsat ont de plus révélé qu'elles contenaient une certaine quantité d'information topographique qualitative.

Géologie structurale

Les informations sur la structure géologique de la région du comté d'Annapolis, fournies par l'interprétation des images Landsat, découlent principalement des données géomorphologiques, de la topographie et de la végétation. On peut différencier quatre types de structures: les marques linéaires, indicatives des joints et des failles; les plissements des strates inclinées; les principaux contacts lithologiques; et enfin les configurations concentriques, circulaires et elliptiques, qui laissent supposer la présence de dômes ou de cellules de convection dans le granite.

Chaque type de structure est défini en étudiant premièrement les classes individuelles de texture qui sont reliées à la végétation et qui apparaissent sur les images traitées par ordinateur.

Les images ayant servi à l'interprétation des détails linéaires et de la texture, ont été spécialement créées afin d'accentuer ces caractéristiques structurales. L'interprétation subséquente des images ne requiert alors que l'utilisation des techniques habituelles de photogéologie visuelle, sans devoir recourir à un équipement sophistiqué.

Cette méthode est particulièrement efficace pour l'identification des structures linéaires. Celles-ci apparaissent sur l'image comme des groupes de pixels colinéaires, créant ainsi des contrastes dans la configuration ou dans la texture de l'image. Cette extraction donne les meilleurs résultats par une inspection visuelle oblique de la carte thématique, à partir de différentes orientations. Cependant, il est important de se rappeler

que les images Landsat ont une tendance inhérente à souligner les linéaments nord-est/sud-ouest; ce phénomène peut avoir un effet critique pour certaines applications. Les groupements circulaires et elliptiques de pixels abondent sur des cartes de thèmes spécifiques. Ces regroupements, de diamètres de cinq km ou plus, sont en outre concentriques, quatre ou cinq bandes pouvant être emboîtées les unes dans les autres. Les grands axes des ellipses sont généralement orientés vers le nord, bien que certains dévient de cette direction.

Toutes ces configurations ne sont pas complètes, puisque certaines sont partielles et tronquées par des formes entièrement annulaires, ce qui laisse supposer un développement séquentiel. Comme ces regroupements circulaires sont restreints aux zones de soubassement rocheux de granite, leur origine semble être reliée aux mécanismes qui ont présidé à la mise en place de la masse granitoïde elle-même, à l'époque du Dévonien. Les formes de ces regroupements et leur corrélation laissent fortement croire qu'ils sont la traduction, en surface, des cellules individuelles de convection à l'intérieur d'un plus grand batholithe, tronquées à quelque niveau médian par l'érosion. En conséquence, la foliation primaire et les linéaments d'écoulement des minéraux doivent être contrôlés par la géométrie du flux de convection à l'intérieur de ces cellules, de manière similaire à l'alignement des minéraux à l'intérieur des dômes de sel.

Conclusion

Les conclusions générales que l'on peut tirer de cet exemple sont de deux ordres. Les premières portent sur la géologie et ont trait à l'acquisition de nouvelles connaissances de nature géologique. Les secondes portent sur les progrès actuels de méthodes efficaces pour l'utilisation des images prises par satellite et du traitement numérique dans les programmes d'exploration géologique conventionnelle.

Géologie

Cette application des données Landsat a contribué de façon concrète à comprendre davantage la géologie et l'évolution tectonique de la région étudiée. Elle a démontré que les granites du batholithe de la montagne du Sud sont caractérisés par des structures primaires et secondaires étendues. Avant la présente étude,

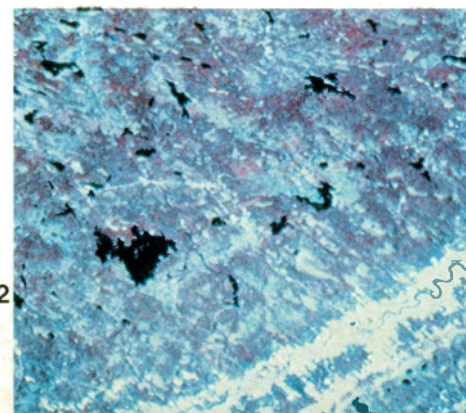
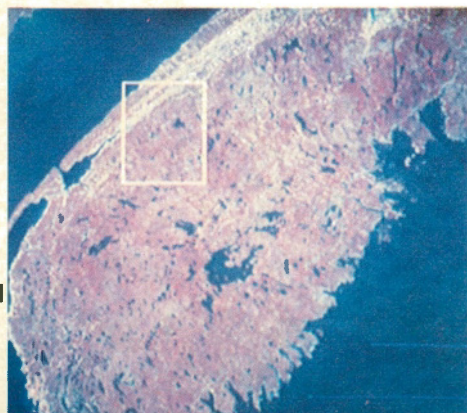


Figure 1 Le comté d'Annapolis, en Nouvelle-Ecosse (délimité)
Annapolis County, Nova Scotia (outlined)

Figure 2 Composé Landsat standard, en fausses couleurs
Standard false colour composite Landsat image

on croyait que la région, qui est magnétiquement "calme", ne possédait pas de structure interne.

On sait maintenant que les structures internes du batholithe comprennent une série de cellules circulaires et elliptiques, lesquelles ont une corrélation directe avec la topographie et le drainage local. De très fortes indications semblent étayer l'hypothèse selon laquelle ces cellules représenteraient des cellules de convection formées à l'intérieur du granite, pendant l'intrusion du batholithe et en tant que mécanisme direct de ce processus. Les études actuellement entreprises sur le terrain, à la suite de cette découverte, ont déjà permis d'amasser des preuves qui permettent de lier la géométrie des cellules à la nature cristallographique du terrain, indicative de la structure du soubassement rocheux. En outre, des résultats indépendants semblent indiquer qu'une minéralisation de l'étain et de l'uranium est associée à des configurations circulaires semblables qu'on retrouve dans d'autres parties de la région. De fait, cette région est maintenant devenue une zone d'exploration active.

En plus de la découverte des formes cellulaires, des informations de nature tectonique furent aussi trouvées, et elles indiquent que l'histoire de la déformation de la région a été séquentielle et épisodique. Les ensembles de roches plus jeunes (comme le basalte de la montagne du Nord) se caractérisent par des fractures simples et plus récentes. Quant aux ensembles de roches plus âgées, leur structure est plus complexe et elle est intégrée au niveau de la région, ce qui représente plusieurs épisodes de déformation.

Méthode

Un logiciel d'application à la géologie (LANDSAT/Géologie) est disponible. Il fonctionne en utilisant le système d'analyse des données du CCT (système CIAS). Plusieurs compagnies d'exploration ont d'ailleurs beaucoup utilisé ce programme. La nature et la portée des résultats cités dans le présent article peuvent être considérées comme caractéristiques des résultats obtenus dans les études de propriété qui sont effectuées dans une variété d'environnements géologiques.

D'ailleurs trois sociétés canadiennes, MacDonald, Dettwiler & Associates Ltd., Dipix Systems Ltd. et OVAAC8 International Ltd., sont en mesure d'effectuer ce genre d'analyse sur une base commerciale. La clé du succès dans ces applications des données Landsat demeure la reconnaissance de l'importance de la végétation en tant qu'indicateur sensible et, comme toujours, le facteur humain ultime que représente le géologue/interprète.

Ce programme a permis d'approfondir la compréhension de la géologie complexe d'une région de la Nouvelle-Écosse que plusieurs efforts précédents avaient en vain tenté de percer. La découverte des structures cellulaires primaires et des structures linéaires secondaires est un apport concret à cette meilleure compréhension. En outre, le fait que ces structures auparavant inconnues puissent indiquer un potentiel minéral, tel que cela a été démontré ailleurs, illustrent l'ampleur de la contribution de ce type d'analyse aux activités d'exploration, particulièrement dans des terrains marqués par la glaciation et recouverts de végétation. □

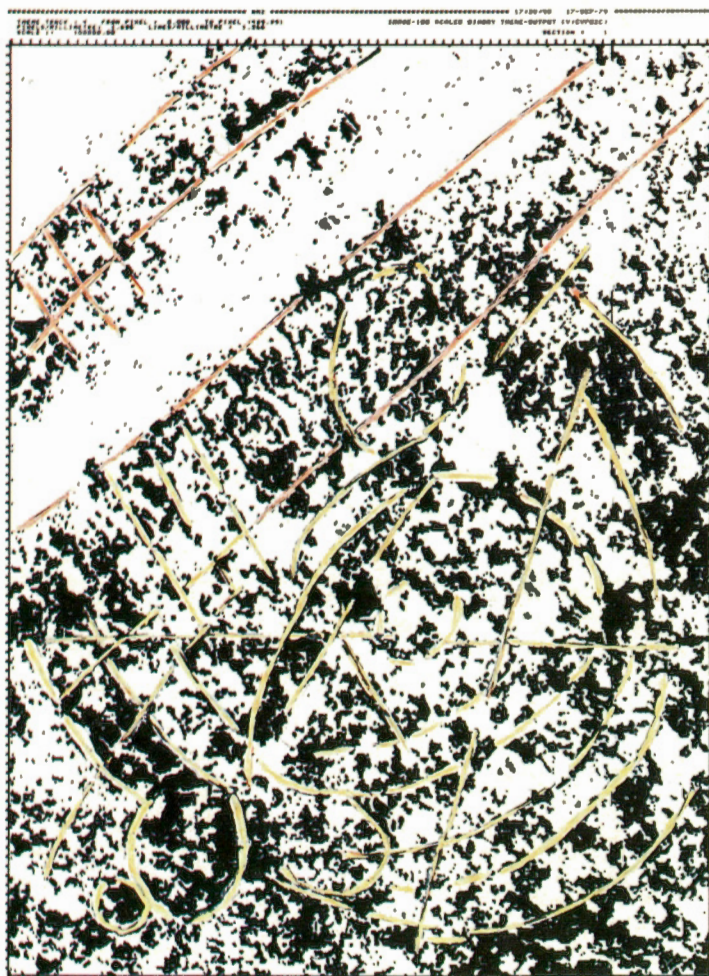


Figure 3 Carte de la texture des bois francs utilisés pour identifier les détails linéaires et les structures circulaires

Selected linear features and circular patterns mapped from hardwood textures



Figure 4 Carte de la texture des bois tendres utilisés pour identifier les détails linéaires et les structures circulaires

Selected linear features and circular patterns mapped from softwood textures

Space Storms and OUR MIDNIGHT SPLENDOUR

By John K. Walker

Lightning, thunder, and the northern lights have stirred the wonder and the imagination of humankind since we first developed a consciousness about ourselves and our world. They have become symbols for archetypal feelings in every culture. On a scientific level, the aurora borealis and associated magnetic storms also help to advance our understanding of basic plasma physics and the region in the upper atmosphere surrounding the earth for thousands of miles, dominated by the earth's magnetic field, and called the magnetosphere.

We still have a great deal to learn about the magnetosphere and the mechanisms that cause the midnight splendour of the aurora borealis. The power in a modest boreal arc is several times that of the Pickering nuclear generating station. It's unlikely that we could harness it, but a knowledge of the dynamics may be used to develop practical energy sources like controlled fusion.

There are other, more immediate uses for this information. Geophysicists working in quite different fields, who nevertheless experience data distortions because of magnetic storms, can better understand and control those distortions with a knowledge of the magnetosphere. This knowledge can also help predict the state of the upper atmosphere and the reentry of space craft, as with Skylab in 1979.

The plasma in the earth's magnetosphere, like that in the recently discovered magnetospheres of Mercury, Mars, Jupiter and the sun, consists of an extremely complex interacting system of magnetic and electric fields and charged particles which are trapped and confined about the planet or star.

Dr. Walker has been involved in several campaigns in the Arctic, including the International Geophysical Year and the International Magnetospheric Study. He joined EMR's Earth Physics Branch in 1962, with degrees in both engineering and physics from the University of Saskatchewan, completed his PhD. studies at the University of Alberta in 1972, and returned to set up the Churchill chain of stations for the IMS to complement rocket investigations of aurora and magnetic storms.

Figure 1. A cutout of the earth's magnetosphere showing the dynamics of the encounter with the solar wind

Vue en coupe de la magnétosphère illustrant l'interaction du vent solaire

A DYNAMIC MAGNETOSPHERE

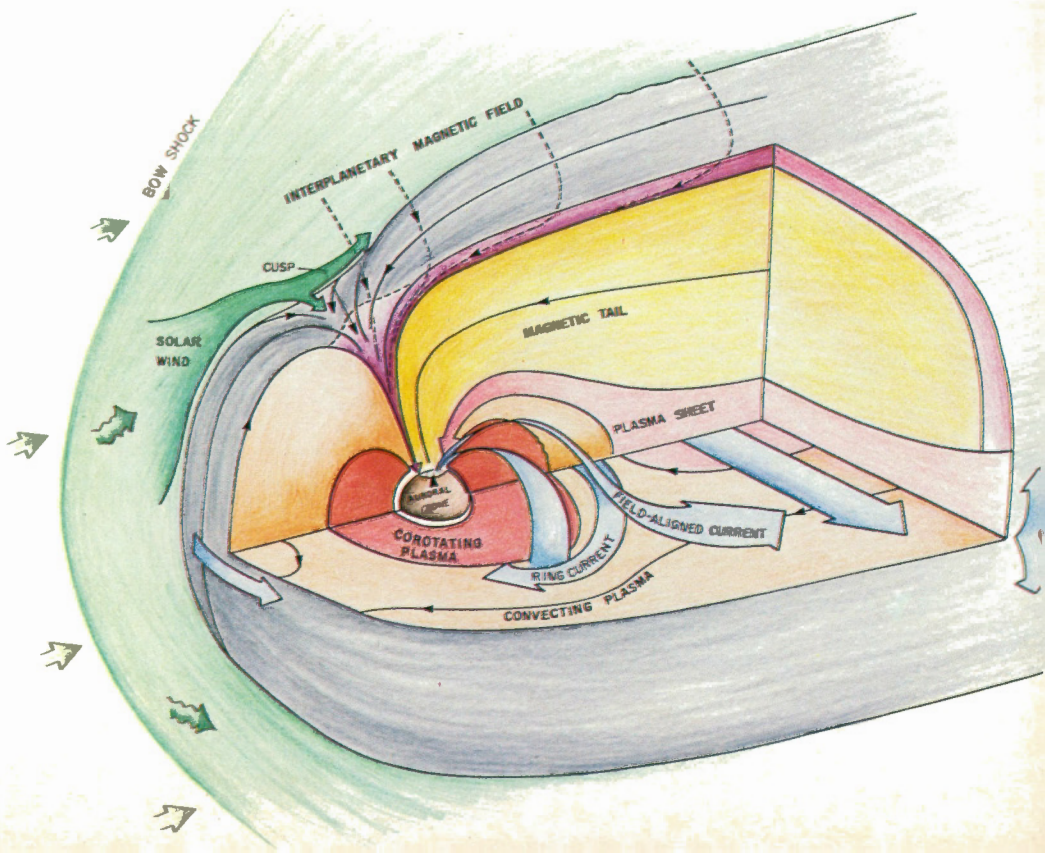
The earth's magnetosphere extends into space until it is balanced by the expanding magnetosphere of the sun. The sun's magnetic field is not dipolar like that of the earth's but is in the form of a spiral, which usually has four sectors. The magnetic field direction alternates from sector to sector, first pointing away from and then towards the sun. Solar magnetic fields are strongly coupled or 'frozen' into the outward streaming solar plasma and cause a 'solar wind'. Some sectors include active solar regions and sun spots and are very dynamic. The sectors rotate with the sun and as they sweep by the earth, the solar winds in the active sectors instigate turbulence in the magnetosphere, causing auroras and magnetic storms.

When the solar wind encounters the earth's magnetosphere, the collision of the two great forces produces a standoff shock at about 14 earth radii (R_e), about 90 000 km in space, and deforms the magnetosphere to the shape of a comet. The earth's magnetic field is compressed on the sunward side by the solar wind but stretched far out in an anti-sunward tail from the front of the magnetosphere, which is typically at 10 R_e , trailing 500 R_e downstream. At the front, northern and southern slots or 'cusps' are formed where the earth's magnetic field lines

change from closed loops on the sunward side to the cometary tail configuration on the night side. (Fig. 1).

The solar magnetic field direction is generally in the ecliptic plane or northward. But during solar disturbances this field is often southward and merges with the earth's field at the front of the magnetosphere. Some of the solar plasma pours down the cusp and is funnelled by the earth's magnetic field directly onto the upper atmosphere along the day-side edge of the polar cap about 150 km above it. (Fig. 2). This energetic solar plasma excites and ionizes the upper atmosphere, and it emits a faint aurora. The rest of the solar plasma apparently passes across the mouth of the cusp and into a plasma sheet in the tail of the magnetosphere. Convection of this plasma across the polar magnetic field lines induces an electric field into the polar ionosphere which causes large currents and magnetic disturbances above the polar cap.

Plasma leaks out of the plasma sheet by moving towards and then around the earth's inner co-rotating dipole field or by continuing downstream and out the open tail of the magnetosphere. While the plasma is being convected about in the plasma sheet some of the particles are funnelled by the magnetic field onto the



The northern lights are not only a source of wonder and a stimulus to the imagination. They are associated with magnetic disturbances in the polar cap and the auroral zone, which affect the weather, spacecraft, magnetic surveys, pipelines and power lines.

night-side polar atmosphere where they cause a diffuse aurora. Convection in the plasma sheet again induces an electric field onto the ionosphere, which drives large currents because of the enhanced conductivity of the auroral ionosphere.

These currents change to intense field-aligned currents, some of which cause plasma instabilities high above the polar atmosphere. They in turn, by some unknown process, energize the auroral particles which upon striking the upper atmosphere are revealed as an auroral arc. An auroral arc is typically 1 km wide and perhaps 1000 km long and may have rays, folds and curls in its structure. The current flowing in an arc may be 1 megampere (MA), dissipating approximately 10 gigawatts (GW) of power, which heats the upper atmosphere.

The aurora is the footprint of activity in the magnetosphere.

We know that a magnetic substorm usually follows the breakup of several arcs (Fig.3), but we don't know what triggers an auroral breakup and the subsequent substorm, nor do we know the source of the current. The magnetic perturbation of a substorm is a few hundred nanotesla, about the same magnitude as the magnetic field of some ore deposits. A magnetic storm may be several times larger and lasts much longer, usually between several hours and a few days. Storms are probably the superposition of substorms, large convection currents and ring currents. The power in a storm, involving multiple arcs, is hundreds of times that of the Pickering nuclear power station, but there is no known method of trapping it.

Magnetic storms occur every few months, extending into southern Canada. They fill the sky with aurora, disrupt the ionosphere, cause winds in the upper atmosphere and induce currents in the earth. The perturbed ionosphere disrupts radio communications, and the induced currents may also blow telephone and power line circuits. Weather, magnetic storms, sunspots and the solar 27-day, 11-year and 22-year cycles seem to be interrelated. World drought patterns have a 22-year cycle, which also coincides with the 22-year solar cycle.

INTERNATIONAL MAGNETOSPHERIC STUDY

Because both aurora and magnetic storms are such complicated dynamic phenomena many simultaneous measurements both from the ground and in space are needed for their analysis.

A coordinated and combined International Magnetospheric Study (IMS), of the nature and basic laws governing auroral and magnetic storms extended from 1976 to 1979. It involved numerous spacecraft and ground based arrays of instruments including magnetic observatories. (Fig. 4). It incorporated over 1000 individual space, auroral and magnetic storm research programs.

The only accessible lands that the auroral zones cross are southern Greenland, northern Canada and Alaska; they also touch northern Scandinavia, the USSR

and the coast of the Antarctic. Each of these regions was equipped for the IMS with at least one meridian line of temporary magnetic observatories crossing the auroral zone. The U.S. and EMR's Earth Physics Branch for Canada jointly coordinated several lines of magnetic observatories, one crossing Alaska and the Northwest Territories, and one along the auroral zone linking it to other north-south lines through Churchill and Edmonton. Almost all the original lines are still being operated by the respective countries; the Churchill and Edmonton lines are closed. The still-active lines are used to improve magnetic activity forecasts, and real-time data are also available from the Space Environment Laboratory in Boulder, Colorado, before being deposited for international exchange by the World Data Centres (WDC).

For the first time, during IMS, it was possible to control our space experiments. We could predict solar and magnetic activity, satellite orbits, and their intersections with interesting regions of the magnetosphere. We were lucky. A number of interesting coincidences were

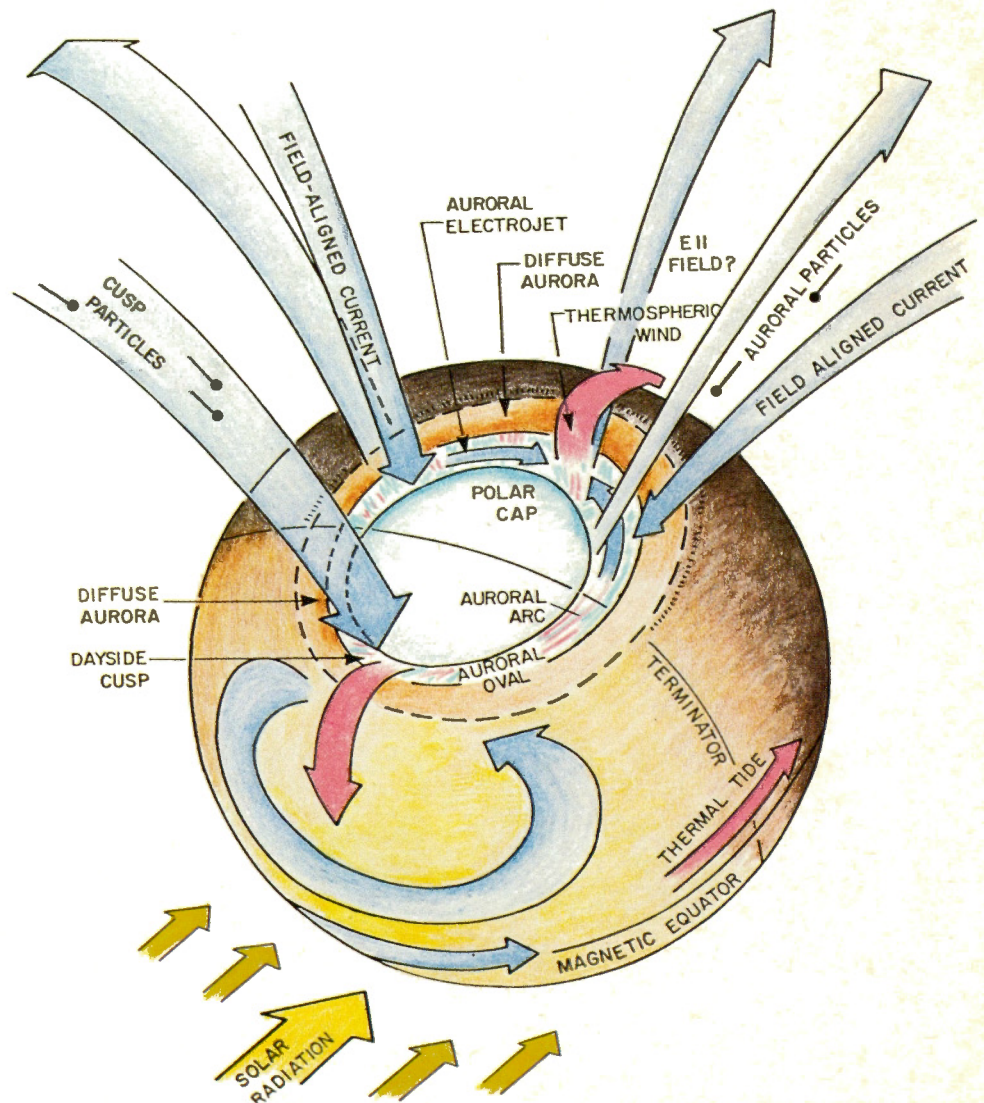


Figure 2. Projection of the auroral zone, cusp region and polar cap during a solar disturbance
Projection de la zone aurorale, du cône polaire et de la calotte polaire au cours d'une perturbation solaire



Figure 4. The auroral zone and the distribution of IMS magnetic stations. Stars are stations with real-time telemetry facilities

La zone aurorale et la répartition des stations magnétiques EIM. Les étoiles indiquent l'emplacement des stations munies de matériel de télémétrie en temps réel

observed, and the preliminary analyses were presented at international meetings.

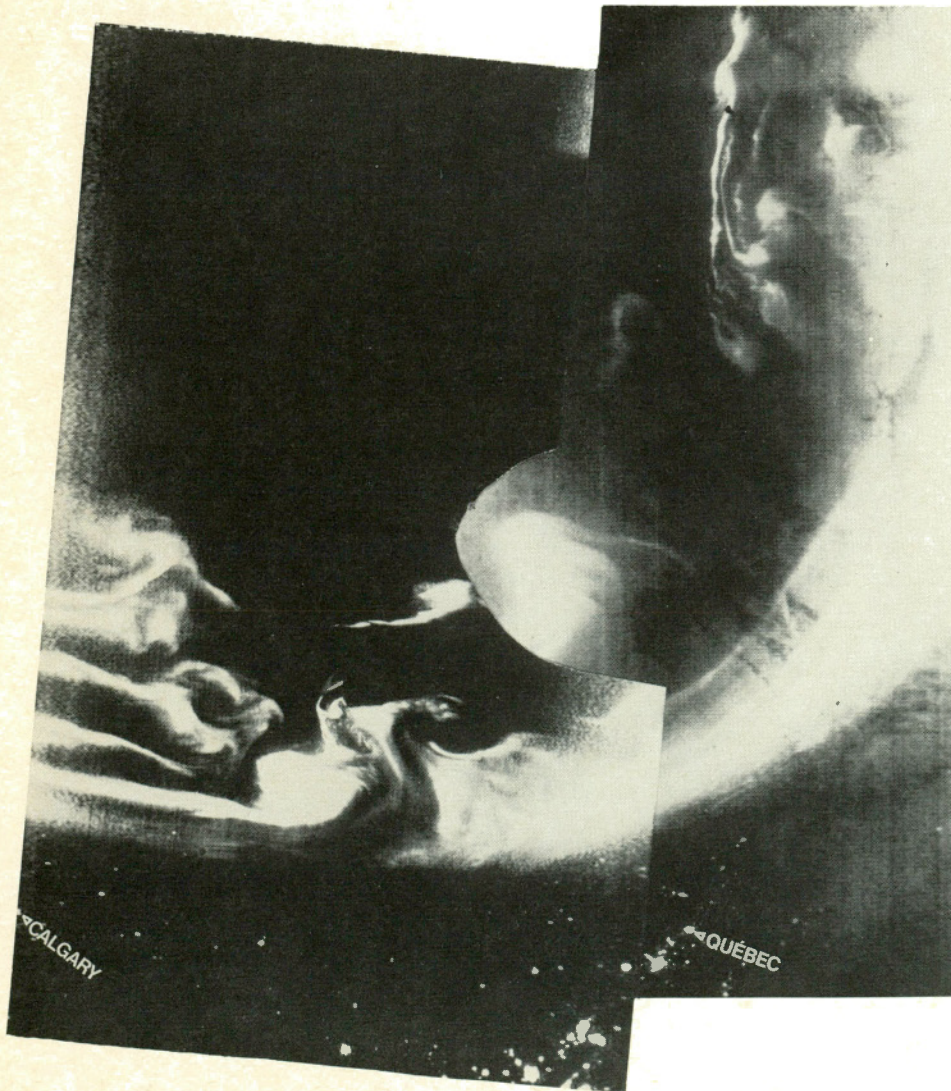
Data from rockets and low-altitude satellites, such as the aging Canadian ISIS II, complement the ground-based magnetic and auroral observations.

The magnetometers that measure these disturbances in the earth's magnetic field must have a large dynamic range to measure the variations during large magnetic storms but be very sensitive in order to follow small rapid pulsations. A magnetic variometer developed by the Earth Physics Branch and manufactured by EDA Ltd. of Ottawa is being used at most of the magnetic stations in North America and many in Europe.

Data from the temporary IMS magnetic stations have also helped magnetic surveys (see Dawson and Newitt, Geos Summer 1980), high-latitude directional drilling and induction explorations. Improved forecasts of geomagnetic storms are also used to reduce satellite, communication and power line outages and optimize magnetic surveys and corrosion monitoring in pipelines.

Differential electrical charging of spacecraft during magnetic storms sometimes causes their erratic behaviour and failure, so better understanding of the space environment will contribute to design criteria for more reliable communication satellites.

Finally, the coordinated study of a hot confined plasma, its dynamics and instabilities, as in IMS, will bring us knowledge that cannot be obtained in a laboratory. We can apply that knowledge to hot plasmas for controlled fusion, a possible energy source, and to studies of the magnetospheres of the sun and other planets. □



L'aurore boréale, ce phénomène qui nous émerveille et qui stimule tant notre imagination, est liée à des perturbations magnétiques qui, au-dessus de la calotte polaire, dans la zone aurorale, influent sur la météo, les engins spatiaux, les levés magnétiques et les installations de transport à grande distance, tels que les pipelines et les lignes de transport d'électricité.

Comme les aurores polaires et les orages magnétiques sont des phénomènes dynamiques très complexes, il est nécessaire de procéder simultanément à plusieurs mesures, tant à partir de la Terre que de l'espace, pour les analyser.

L'Étude internationale de la magnétosphère, une double recherche portant sur la nature et les mécanismes fondamentaux des aurores polaires et des orages magnétiques a été commencée en 1976.

Cet article est disponible en français

Figure 3. Composite picture of a large auroral display over central Canada from a U.S. meteorological satellite. Auroral substorm to the left. City lights from Quebec City to Calgary are visible

Le satellite météorologique a fourni l'image de ces vastes aurores polaires au-dessus du centre du Canada. On y distingue nettement les lumières des agglomérations urbaines, depuis Québec jusqu'à Calgary



New Metals from Swarf

A new CANMET technique – compacting under heat without oxidation – reclaims machine turnings and converts them to a superior product.

By Cyril Dixon

Tons of aluminum, iron and copper are lost each year in the form of machine turnings, called swarf. EMR scientists have developed the technology that could reduce this waste.

Machine swarf is produced in quantity in production machine shops, in metal and alloy billet making plants, and in integrated facilities for producing semi-finished metal products. In the order of 20 percent of the metal ends up as swarf during the various machining operations in the manufacture of finished metal parts. In some cases the loss could be as high as 80 percent.

To a recycler, swarf is easy to reclaim. Unlike obsolete scrap, such as old car bodies, it is relatively easy to segregate. In most cases, it is produced on the site in large quantities of a given alloy type, and thus can be directly recycled to the alloy making process. Usually it is remelted, but this process is energy intensive and is characterized by high oxidation losses because the swarf is finely divided.

Scientists in the Physical Metallurgy Research Laboratories (PMRL) of EMR's Canada Centre for Mineral and Energy Technology considered the tremendous savings if this metal could be recovered in

useful form by methods like direct rolling or extrusion. A survey of possible processes for recycling swarf without remelting showed substantial energy saving. For example, recycling by alternate processes would require only one third of the energy for steel and about two thirds for aluminum.

The next question was – can a useful product be produced by the non-melting route?

To answer this question PMRL carried out a program to produce steel sheet and aluminum rod from turnings without remelting.

Les chercheurs du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie à l'EMR ont mis au point une technique qui permettrait de recueillir des tonnes de limaille d'aluminium, de fer et de cuivre perdues chaque année sous forme de résidus de tournage. Ces déchets sont normalement refondus, un procédé qui consomme beaucoup d'énergie et qui entraîne une perte élevée par oxydation. Par la nouvelle méthode, les déchets sont récupérés et comprimés sous chaleur, pour ainsi être transformés en un produit de qualité supérieure.

Cet article est disponible en français.

*Typical piles of swarf, aluminum turnings produced as a by-product of metals manufacturing
Tas typiques de limailles, résidus d'aluminium sous-produits de la fabrication des métaux*

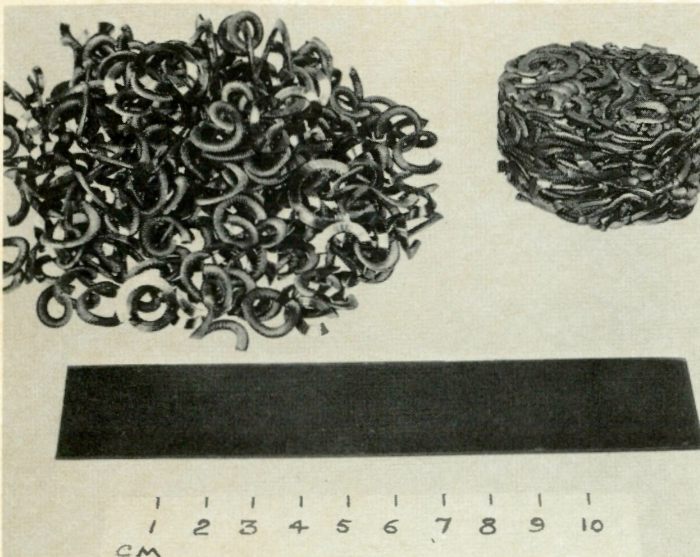
Turnings of a bar of AISI 1050 carbon steel, coated with machining fluid, were compacted in a steel die at room temperature and under pressure of 248 mega pascals (MPa) to produce cylindrical billets 51 mm in diameter by 51 mm high. These billets were coated with graphite to protect them from oxidation, heated to 1100°C in an atmosphere containing argon, then rolled into sheet 1.3 mm and 1.8 mm thick. No cleaning operations were necessary before conversion.

Some billets were hot forged at 1100°C before hot rolling to 7 mm thick sheet followed by cold rolling to 3 mm to 1.5

Table 1. Tensile properties of steel sheet

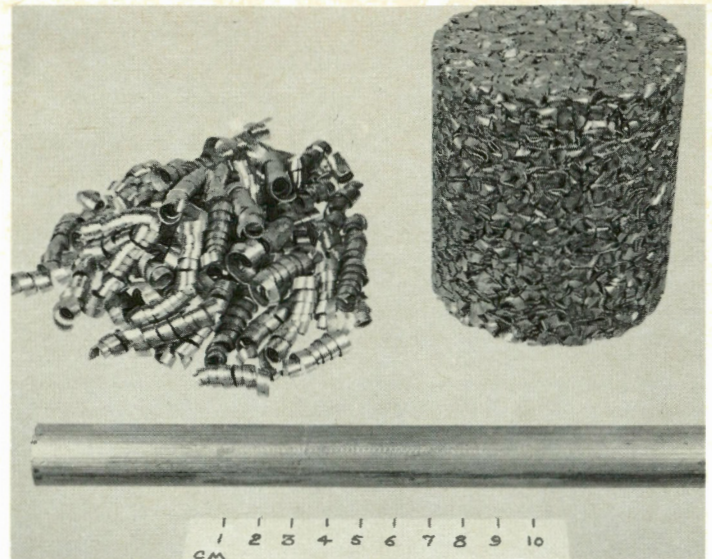
	Tensile Strength	Yield Strength	Elongation on 51 mm
Sample and Condition	(MPa)	(MPa)	(%)
Recovered scrap hot rolled	657	378	15
Recovered scrap cold rolled	1009	919	2
Recovered scrap cold rolled and annealed	480	324	20.5
Conventional as-rolled	723	413	20
Conventional annealed 790°C (1450°F)	635	365	23.7

Mr. Dixon is information officer in the Technology Information Division of EMR's Canada Centre for Mineral and Energy Technology.



Loose steel turnings, cold pressed billet and steel sheet
Résidus d'acier, billeterie comprimée à froid et feuille d'acier

Photos P. Smith



Loose aluminum turnings, cold pressed billet and extruded aluminum rod

Résidus d'aluminium, billeterie comprimée à froid et barre extrudée d'aluminium

mm thick. Several of these sheet specimens were annealed at 690°C for seven hours.

Tensile properties of the steel sheet are listed in Table 1 along with properties of conventional sheet of the same composition. The recovered scrap sheet compares favourably with the conventional sheet and spectrochemical analysis shows little or no loss of carbon or other alloying elements.

To convert aluminum turnings to extruded rod, turnings from a 6061 alloy bar were cleaned and compacted in a steel die at room temperature under pressures

up to 96 MPa to give cylinders 76 mm in diameter by 89 mm long. For extruding, several billets were placed end to end in an extrusion press chamber, heated to 450°C and extruded into rod 19 mm long and 9.5 mm in diameter.

The tensile and impact properties of the extruded rod listed in Table 2 with values for conventional 6061 aluminum alloy show the extruded material is even stronger than the conventionally produced aluminum alloy and has seven times the impact strength. Chemical analysis of the swarf sheet gave compositions within the limit for a 6061 alloy.

One of the original researchers, Dr. H.M. Skelly, believes that material with properties at least equal to and very possibly superior to conventional material can be produced by processing swarf without remelting. The process, in addition to conserving metal, is more energy efficient and produces less pollution than the present practice of remelting. It also eliminates the necessity of replacing alloying elements lost during remelting.

However, the recycled swarf does not have the same properties as the parent metal and could not supply the same market. To be economically feasible, new markets would have to be developed. Also, because of the cost of rolling and extrusion equipment, and because industries that produce swarf do not have that equipment, it is necessary to devise ways of processing the swarf with the existing facilities. □

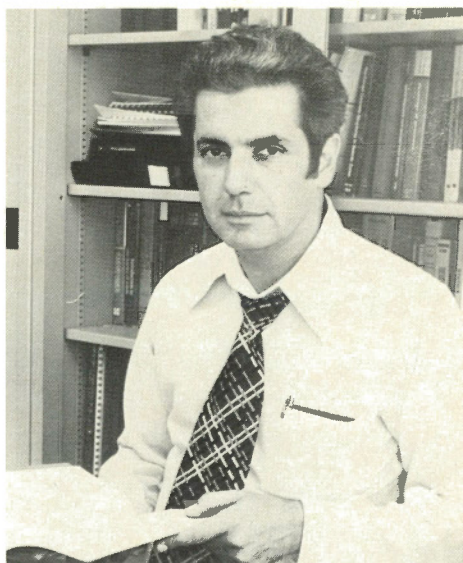
Table 2. Tensile properties of aluminum extrusions

Sample (fully heat treated)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength 0.2% offset (MPa)	Elongation on 4 x diameter (%)	Reduction in area (%)	Impact Strength (joules)
19 mm dia. rod, from scrap	331	291	18	41	84
9.5 mm dia. rod, from scrap	339	300	19	47	—
Conventional 6061	310	276	17	—	12

L'INGÉNIEUR EN STRUCTURES FACE AUX SÉISMES

Le Canada est une zone de risques sismiques. Comment ce risque est-il pris en compte dans la conception des bâtiments?

Après avoir obtenu son B.Sc. et son M.Sc. (génie aéronautique) de l'Imperial College de Londres, René Tinawi, qui est né et a été élevé en Egypte, a soutenu une thèse de Ph.D. en génie civil à l'Université McGill de Montréal. Il a travaillé à Canadair (Montréal) au département de Recherche et Développement, ainsi que dans un bureau de services informatiques. Il est actuellement professeur agrégé à l'École Polytechnique de Montréal, où il enseigne le calcul dynamique des structures ainsi que l'application de l'informatique au calcul des structures. Il a joué un rôle important dans l'organisation de la troisième Conférence canadienne sur le génie sismique (Montréal, 1979), et prépare un atelier de travail sur le calcul paraséismique des bâtiments.



Par René Tinawi

Le Code national du Bâtiment du Canada 1980 (CNBC) exige un degré de sécurité acceptable pour les bâtiments, tout en prévenant les défaillances catastrophiques de la charpente ainsi que les pertes de vie. A cette fin, les structures calculées selon les exigences du Code devraient être capables de résister aux séismes de faible intensité en ne subissant aucun dommage, aux séismes moyens sans que ceci n'entraîne des dommages importants et enfin de résister aux séismes violents sans s'effondrer.

Pour la conception d'une structure, ces exigences se traduisent alors par la nécessité d'avoir pour la structure en question une certaine rigidité, une résistance ainsi que de la ductilité. La rigidité empêche des déplacements trop grands qui pourraient causer des dégâts architecturaux importants aux bâtiments. La résistance est essentielle afin de s'assurer que les forces sismiques, lors d'un séisme moyen, sont reprises par la structure sans aucune plastification ou affaiblissement des membrures ou des connexions. Quant à la ductilité, c'est le critère le plus logique pour pouvoir construire un bâtiment qui puisse à la fois être économique et à l'abri d'une catastrophe sismique. Ce critère est justifié, pour l'Est du Canada, étant donné que les séismes importants y sont plutôt rares mais malheureusement violents. En effet, selon une déclaration de Kenneth Whitham, faite en 1975, alors qu'il était Directeur général de la Physique du globe, la Division de la sismologie d'EMR enregistre à peu près 200 à 300 séismes annuellement au Canada, dont 14% se produisent dans l'Est du Canada. De ces séismes, il y en a juste une quinzaine qui sont peut-être ressentis par le public chaque année. Par contre, au cours des 75 dernières années il y a eu six séismes de magnitude 7 ou plus, à l'échelle Richter, à travers le Canada. Trois d'entre eux se sont produits dans l'Est du Canada. Le plus important demeure celui du Saguenay, le 28 février 1925, dont la magnitude était de 7 et qui a été ressenti en Ontario, dans les Maritimes et au sud jusqu'à l'État du New Jersey. Fort heureusement, ce séisme n'a causé aucune perte de vie mais a sus-

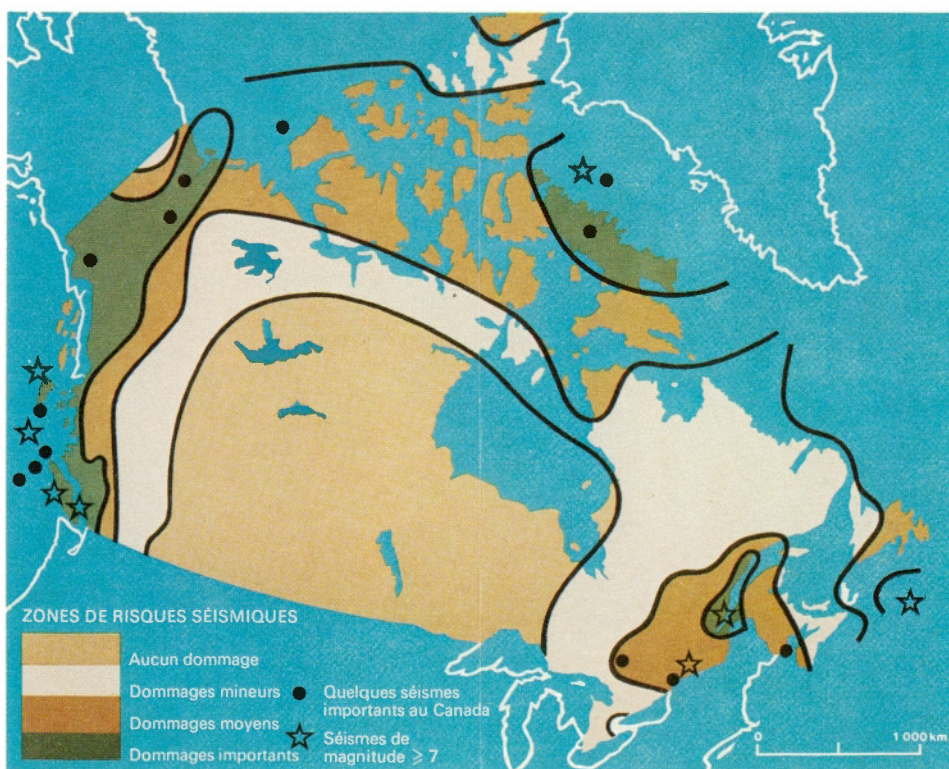


Figure 1

cité, selon Anne Stevens, une scientifique canadienne oeuvrant à EMR, un fort émoi dans la population.

L'échelle Richter, qui sert à quantifier l'énergie dégagée à l'épicentre d'un séisme, ne donne pas une indication directe des dégâts que ce séisme pourrait causer. En effet, les structures les plus proches de l'épicentre sont évidemment les plus affectées. Afin de représenter l'effet d'atténuation du sol, une autre échelle de I à XII a été proposée par Mercalli. Cette échelle représente l'intensité des dommages en un endroit donné et se base sur les récits des témoins oculaires et sur l'évaluation des dégâts causés. On peut donc, à partir des intensités, pour les périodes précédant 1899, et des accélérations enregistrées par la suite, dresser une carte des zones sismiques du Canada. Cette carte, établie par Whitham, W.G. Milne et W.E.T. Smith, représente les accélérations horizontales maximales dont la probabilité de dépassement est de 0,01 par an. On remarque que lorsque l'accélération dépasse de 6% la valeur de la pesanteur (g), la zone devient zone 3. Par contre, si on examine le tableau suivant, on remarque que plusieurs villes situées en zone 3 ont des accélérations qui peuvent atteindre presque 50% de la valeur de g.

Il convient donc que le calcul des forces sismiques tienne compte des accélérations statistiquement susceptibles de se produire une fois chaque cent ans. En effet, les deux méthodes de calcul proposées par le CNBC, la méthode statique et la méthode dynamique, se basent sur l'accélération locale A pour l'évaluation des forces sismiques.

Notons quand même que le calcul à partir du tableau précédent reste plus précis que les valeurs suggérées dans la figure 1 où, dans une zone donnée, les accélérations sont constantes.

VALEURS ESTIMÉES DES INTENSITÉS ET DES RAPPORTS DES ACCÉLÉRATIONS HORIZONTALES MAXIMALES AU SOL À L'ACCÉLÉRATION DE LA PESANTEUR, A ⁽¹⁾								
Localité	Probabilité de dépassement annuel							
	0.1		0.033		0.01		0.005	
	I	A	I	A	I	A	I	A
Fort McPherson	IV	0.006	VI	0.025	VIII	0.111	IX	0.264
Prince Rupert	IV	0.007	VI	0.027	VIII	0.113	IX	0.260
Victoria	V	0.01	VI	0.031	VIII	0.111	IX	0.234
Vancouver	IV	0.007	VI	0.022	VII	0.080	VIII	0.169
Calgary	II	0.001	II	0.002	III	0.004	IV	0.005
Toronto	IV	0.005	V	0.011	VI	0.027	VI	0.045
Ottawa	IV	0.009	V	0.02	VII	0.048	VII	0.079
Montréal	IV	0.008	V	0.016	VI	0.036	VII	0.056
Québec	V	0.012	VI	0.027	VII	0.071	VIII	0.124
La Malbaie	VI	0.032	VII	0.116	IX	0.495	XI	1.140
Saint-Jean	IV	0.007	V	0.017	VI	0.047	VII	0.085
Halifax	III	0.004	IV	0.008	V	0.021	VI	0.037
Colonne I	2	3	4	5	6	7	8	9

Code national du Bâtiment du Canada 1977
National Building Code of Canada 1977

CALCUL PAR LA MÉTHODE STATIQUE

Les provisions du CNBC 1980 concernant uniquement la force horizontale de cisaillement V appliquée à la base d'un bâtiment stipulent que celle-ci est calculée par la formule suivante:

$$V = \alpha AW$$

Cette équation représente d'une façon modifiée la deuxième loi de Newton puisque A est l'accélération (par rapport à g), W le poids du bâtiment et α représente une série de paramètres empiriques où $\alpha = \frac{0,5}{\sqrt{T}}$ KIF. T est la période naturelle du bâtiment (égale à $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{W}{gk}}$

où k est la rigidité). K est un coefficient compris entre 0,7 et 3 qui permet de différencier entre les divers types de structures et qui prend aussi en compte la présence ou l'absence de ductilité. Le coefficient de priorité I, habituellement égal à l'unité, peut être augmenté à 1,3

pour les structures conçues en vue d'assurer les services publics après un séisme. Le coefficient de fondation F dont la valeur est de 1 pour le roc peut atteindre 1,5 pour les sols mous.

La valeur de V représente la force statique équivalente appliquée à la base d'un bâtiment. La distribution de cet effort à chaque étage se fait en proportion de la hauteur ainsi que du poids à chaque niveau. La figure 2 montre pour un bâtiment de 27 étages l'application de la formule statique du CNBC où A = 0,04, K = 1, I = F = 1 et où la période naturelle a été estimée à 2,4 secondes. A partir de ces forces, l'effort du cisaillement à chaque niveau ainsi que les moments, les déplacements et les glissements peuvent être facilement évalués.

CALCUL PAR LA MÉTHODE DYNAMIQUE

La méthode dynamique doit remplacer la méthode statique lorsque la structure étudiée est trop compliquée ou importante pour qu'on se fie à la méthode statique qui demeure toujours empirique. De plus, il est possible que la méthode statique nous donne des résultats qui pourraient être sous-estimés dans certains cas. Mais dans le cas contraire, lorsque la méthode dynamique avantage l'ingénieur, le CNBC requiert que l'effort à la base soit au moins équivalent à 90% de celui obtenu par la méthode statique.

Pour les besoins du calcul dynamique, ce dernier est basé sur le concept du spectre moyen de réponse. Ceci veut dire tout simplement que lorsqu'un système est soumis à un séisme dont on connaît l'accélération maximale, on peut, à l'aide du calcul dynamique, connaître sa réponse maximale. Or, on sait que pour un même séisme les systèmes avec différentes périodes réagissent diffé-

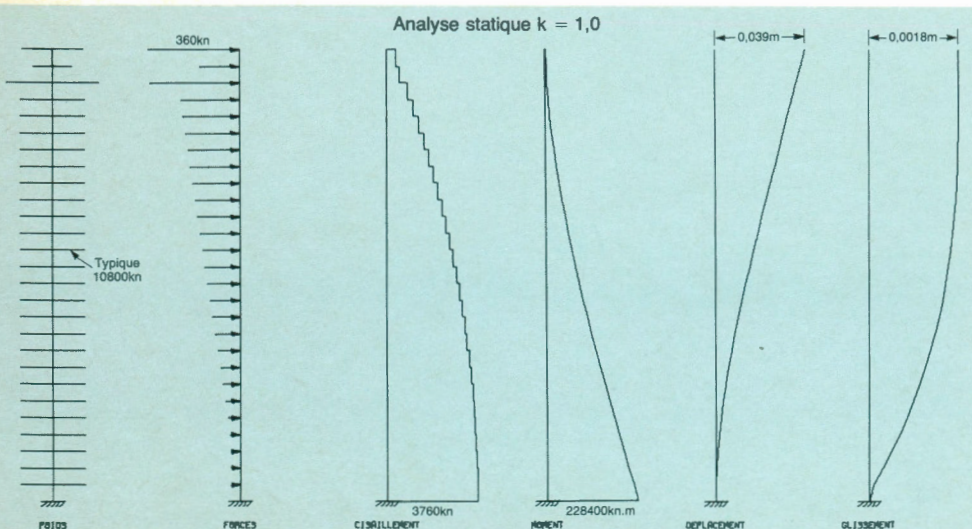


Figure 2 Résultats de la méthode statique pour un bâtiment de 27 étages à Montréal
Results of the static method for a 27 storey building in Montreal

remment. Par contre, ce qui nous intéresse, c'est la réaction d'une structure à plusieurs séismes et non l'inverse. A cette fin, G.W. Housner, un savant américain du California Institute of Technology, a introduit le concept du spectre moyen pour une accélération maximale donnée.

Le CNBC se base sur cette technique pour déterminer la réaction moyenne d'une gamme de structures à différentes valeurs de T et à différents amortissements, afin d'évaluer la réponse maximale d'un système, possédant un seul degré de liberté, lorsque la base est soumise à une accélération nominale de $1g$. La figure 3 montre ce spectre moyen non seulement pour les déplacements S_d et accélérations maximales S_a mais aussi pour les vitesses maximales S_v du système. On remarque que la réponse est diminuée avec un rapport d'amortissement plus élevé. Il s'agit donc de choisir un amortissement et de calculer la période naturelle T du système. Supposons, à titre d'exemple, un système à un degré de liberté où le poids $W = 3kN$, et la rigidité $k = 9,52kN/m$. La période $T = 1,14$ secondes et pour un rapport d'amortissement de 3% on relève de la figure 3 les valeurs suivantes: $S_a = 1,36g$, $S_v = 2,4m/sec$ et $S_d = 0,43m$ et ceci pour une accélération à la base de $1g$. Or, si notre structure se situe à Québec par exemple, on multiplie ces valeurs obtenues par 0,071, en fonction du tableau 1.

Le principe de calcul dynamique se résume alors à utiliser ces valeurs de S_d , S_v ou S_a pour obtenir toujours des efforts statiques équivalents utilisant l'une ou l'autre des formules suivantes:

$$V = \frac{S_a W}{g} = \frac{2\pi S_v W}{gT} = \frac{4\pi^2 S_d W}{gT^2}$$

Pour l'exemple en cours on obtient $V = 0,29kN$.

On remarque que pour la partie gauche du spectre ($0,1 \leq T \leq 0,4$), V est proportionnel au poids W étant donné que S_a est constant. Lorsque $0,4 \leq T \leq 5$ la vitesse S_v est constante et V est proportionnel à $\frac{W}{T}$. Donc, plus la période est élevée, plus les efforts à la base diminuent. Lorsque T dépasse 5 secondes, la réduction de V devient encore plus importante étant donné qu'on se trouve dans la partie du spectre où S_d est constant.

On peut donc conclure que plus le système est flexible, plus les efforts seront faibles, mais par contre plus les déplacements seront grands. Si on revient à notre exemple, on a obtenu, lorsque $T = 1,14, \frac{V}{W} = 0,1$. Une réduction de T à 0,17 seconde avec le même poids nous donne alors $\frac{V}{W} = 0,3$ et par contre si $T = 6$ secondes, ce même rapport de $\frac{V}{W}$ devient 0,016. Ceci illustre clairement la réduction du rapport de $\frac{V}{W}$ avec la période.

Le concept de calcul dynamique, que nous venons d'exposer, ne tient pas compte de la plastification possible des connexions lors d'un séisme violent. L'ingénieur en structure devra donc accorder une attention toute particulière à la conception de ses connexions. Or, le Code national du Bâtiment permet une réduction des efforts obtenus si la structure est dotée d'une ductilité (capacité de se déformer sans s'effondrer).

L'ingénieur qui opte pour ce choix se trouve donc doublement avantage, d'une part parce que les efforts sont réduits, et d'autre part parce qu'il s'est assuré une protection contre l'effondrement.

Finalement, lorsque l'ingénieur doit étudier un système à plusieurs degrés de liberté, le calcul dynamique lui permet de transformer, par la méthode des modes normaux, ce système complexe en plusieurs systèmes à un seul degré de liberté chacun. L'application de la méthode spectrale pour chacun de ces systèmes à un seul degré de liberté nous donne tous les maxima correspondants. Or, l'addition absolue de tous ces maxima demeure très conservatrice dans un contexte séismique. Le CNBC recommande donc de prendre le radical de la somme des carrés des maxima comme étant la réponse probable.

Nous avons donné dans cet article un bref résumé des problèmes auxquels l'ingénieur se trouve confronté lorsqu'il en vient à effectuer le calcul des structures dans une zone séismique. Les contraintes dont il doit tenir compte sont souvent difficiles à concilier, parfois même contradictoires. Si la structure est trop rigide elle aura tendance à attirer des efforts plus importants et ses coûts seront par conséquent plus élevés. Si le bâtiment est trop flexible, les efforts diminuent mais les déplacements pourraient provoquer d'immenses dommages architecturaux.

D'autre part, un bâtiment qui n'est doté d'aucune ductilité représente un risque élevé lors d'un séisme violent. Par contre, une ductilité dans la structure a un double avantage: non seulement elle réduit les efforts, mais elle diminue aussi de manière considérable les risques d'écrasement. □

Because of seismic risks in Canada, structural engineers must design buildings to withstand minor earthquakes without damage and major earthquakes without collapse. The National Building Code of Canada is very briefly discussed, with examples to illustrate the use of static or dynamic methods for the analysis of buildings.

This article is also available in English.

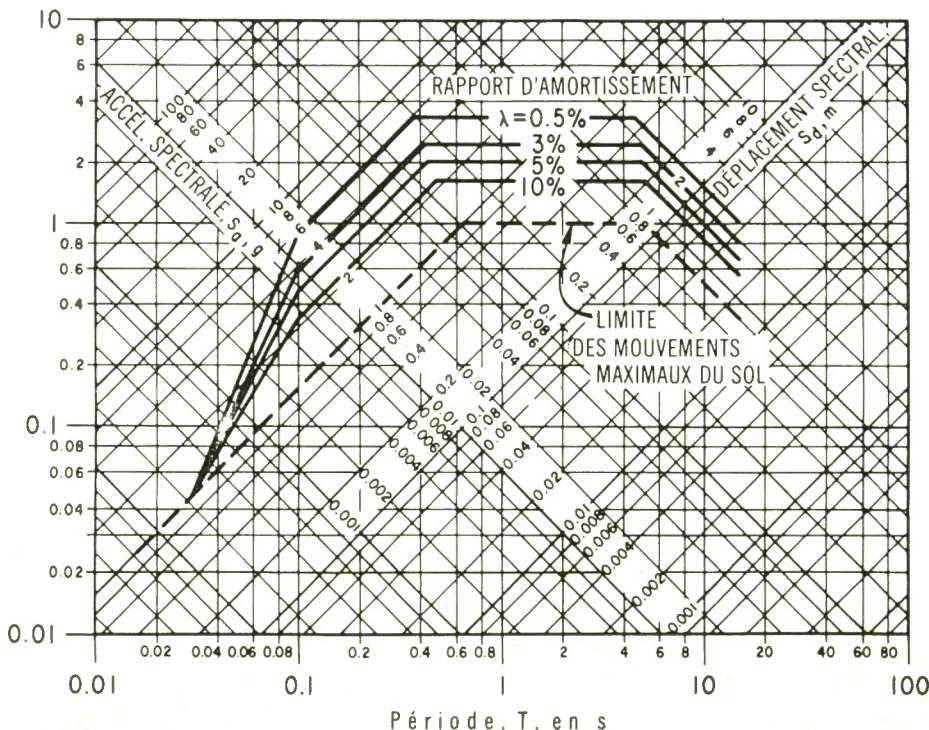


Figure 3 Limites des mouvements maximaux du sol et du spectre moyen de réponse élastique pour une accélération maximale du sol de $1,0g$. Code National du Bâtiment du Canada 1977

Peak ground motion bounds and elastic average response spectrum for $1,0g$ max. ground acceleration. National Building Code of Canada 1977

The objective of the Department of Energy, Mines and Resources (EMR) is to enhance the discovery, development and use of the country's mineral and energy resources and broaden our knowledge of Canada's landmass for the benefit of all Canadians. To attain this objective the department devises and fosters national policies based on research and data collection in the earth, mineral and metal sciences, and on social and economic analyses.

Le mandat du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) porte sur le développement des ressources minières et énergétiques du Canada. Le Ministère intervient dans les trois étapes majeures du cycle d'exploitation de ces ressources: leur découverte, leur mise en valeur et leur utilisation. A cette fin, EMR entreprend de vastes programmes nationaux d'étude et de compilation des données relatives aux sciences de la Terre, aux minéraux et aux métaux, tout en mesurant, par des analyses poussées, l'impact de ce secteur de l'économie sur le tissu socio-économique canadien.

RESORS

DEC 02 1980

DATE RECEIVED _____

DEC 02 1980

DATE CHECKED _____

DATE INDEXED 31/12/80