



In this Issue

■ Tritium Supply for Karlsruhe

■ ITER Engineering Design Activities

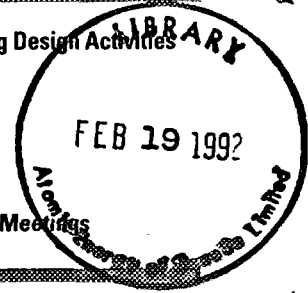
■ Lower Hybrid Current Drive for TdeV

■ CCFM Update

■ Divertor Cooling Code

■ Plasma Physics Meetings

.SN 0835-488X



INTERNATIONAL

Tritium Supply for Karlsruhe

Ontario Hydro has contracted with Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK), Germany, to supply tritium to KfK from Canada. The tritium is to be used in the KfK Tritium Laboratory for research and development work for Europe's fusion programs. Much of this work will be tests of fusion fuels systems and their components, and research in tritium-materials interactions. Ontario Hydro will supply the tritium from its Darlington Tritium Removal Facility, where Ontario Hydro routinely extracts tritium from the heavy water in the moderator and heat transport systems of its CANDU nuclear power reactors.

Under the agreed terms, KfK may take delivery of up to 200 grams of tritium in total, over a period of seven years. The tritium will be supplied as a metal tritide, formed by adsorption of gaseous tritium on metal getter beds. Tritium is regenerated by heating the getter beds.

It is expected that during the course of tests and experiments at the KfK Tritium Laboratory, some of the tritium supplied will become diluted with deuterium and/or ordinary hydrogen (protium). The agreement makes provision for Ontario Hydro to take back diluted tritium for eventual processing and recovery of the tritium content. The Canadian Fusion Fuels Technology Project

(CFFTP) will be responsible for take-back arrangements, if by mutual agreement, the take-back option is exercised.

The arrangement also provides for the monitoring, security and supervision of use of tritium after delivery to KfK, and for regulation of its movements and sub-

sequent destinations. The contract also complies with the agreement signed in July 1991 between the European Atomic Energy Community (Euratom) and the Government of Canada, regarding the export of tritium from Canada to Europe for the European Fusion Program.

CCFM - CENTRE CANADIEN DE FUSION MAGNETIQUE

CCFM Update

In 1992, some of the planned experimental programs on TdeV (Tokamak de Varennes) include:

- Plasma biasing experiments.
- Divertor operation, including cryogenic pumping of the closed divertor chambers.
- Boronization studies.

Plasma biasing. For the first half of 1992, the primary goal is to increase plasma biasing voltage on TdeV to several hundred volts. In 1991, biasing the plasma to more than 200 volts through the divertor plates proved difficult because of electrical insulator breakdown. Modifications to the TdeV divertor plates, including improved insulators, have been scheduled for March. Increases in biasing voltage may help open the way to exploring H-mode physics.

Divertor operation. One cryogenic pumping station, installed in the upper divertor chamber in 1991, has proved effective in pumping hydrogen and impuri-

ties, including water vapour and carbon monoxide, out of the plasma. Three more pumping stations will be installed in the upper divertor in summer 1992 to increase overall pumping capacity. Goals of divertor pumping experiments are to explore:

- plasma density control through divertor pumping.
- the possibility of helium 'ash' removal from plasmas with divertors.
- plasma impurity control.

The 1993 TdeV operations schedule calls for installation of four more cryogenic pumping stations in the lower divertor chamber. They will be important during operation with the longer plasma pulses (5 - 10 seconds) obtainable during the first operation phase of the radiofrequency plasma current drive.

More information: Réal Décoste or Brian Gregory, CCFM (see Contact Data).

Radiofrequency Plasma Current Drive and Plasma Heating System for TdeV

Lower Hybrid Current Drive System.

A 1.3 megawatt radiofrequency (RF) plasma current drive and heating system is currently being built and installed on TdeV (Tokamak de Varennes). It will launch lower hybrid (LH) plasma waves into the TdeV plasma to drive toroidal plasma current. Launching of lower hybrid waves in tokamaks is a proven way of driving plasma current.

This lower hybrid current drive (LHCD) system is designed to drive 200 kA of plasma current (70% of TdeV max. current) for 30 seconds without assistance from the normal ohmic current drive transformer.

The LHCD system has some interesting features, including a highly directional two-row waveguide antenna, capable of launching two independent LH waves into the plasma, and a very fast control system. The entire LHCD system, including control systems and the antenna was designed by the CCFM Radiofrequency Systems Group, led by Yves Demers.

Experimental Objectives

The three main purposes of the new LHCD system are to:

- Operate TdeV with long plasma pulses (up to 30 seconds duration) at high RF power density, for reactor-relevant studies of plasma-wall inter-

action, impurity control, transport and divertor operation.

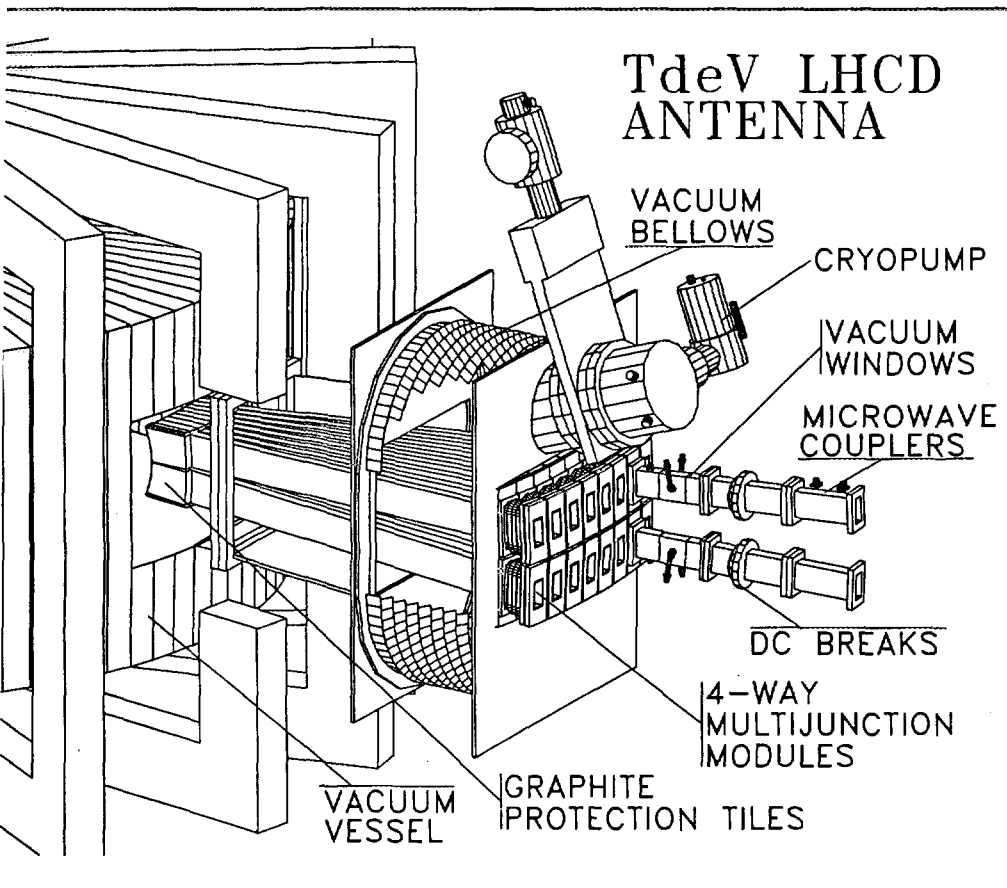
- Provide auxiliary heating of TdeV ohmic plasmas. This will benefit several research aims, such as helping to explore access to H-mode and other high confinement plasma regimes.
- Open new areas of research for TdeV by using the LHCD to explore topics such as:
 - ▶ plasma current profile control.
 - ▶ physics of lower hybrid current drive.
 - ▶ stabilization of 'sawtooth' oscillations and other MHD modes in the plasma.
 - ▶ recharging of TdeV ohmic heating transformer between high density plasma shots.

Maximum RF power density in the TdeV plasma will be about 1 MW/m³, comparable to RF densities postulated for ITER and other next-step fusion machines.

System description

Two klystron RF amplifiers, rated for 30 second pulses, each generate 650 kW (max.) of RF power at 3.7 GHz. About 1.1 MW (max.) of RF power can be delivered to the plasma, after transmission losses.

The antenna for launching the RF into the plasma is a rectangular array of waveguide launch elements. Two horizontal rows of eight individual waveguide antenna components, called multijunctions, are placed one above the other. A multijunction is a section of RF waveguide, divided vertically in the E-plane to create four slim radiating elements at the waveguide mouth, which is the RF launch point. At its mouth, the antenna is thus an array of 64 individual radiating elements. This



ITER Engineering Design Activities (EDA) Agreement

It is expected that in early 1992, an Agreement will be signed covering the Engineering Design Activities of the ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) collaboration.

The ITER collaboration is an international effort, providing a focus for design and construction of a large (about 1,000 megawatt of fusion power), tritium-burning fusion reactor intended to demonstrate the technological and scientific feasibility of fusion energy.

The Parties to the ITER collaboration are the European Community, USA, Japan, and the Russian Federation. Canada participates in ITER through the European Community.

Under the ITER EDA Agreement, detailed engineering design and supporting R&D of the ITER fusion reactor would be undertaken. A design concept for the ITER reactor was produced during the ITER Conceptual Design Activities (1988 - 1990).

The EDA Agreement will have a duration of six years; it governs the way that the Parties will collaborate and contribute resources to the ITER EDA. A draft of the Agreement and its associated Protocol # 1 were initialled November 14, 1991 in Moscow by the Parties' negotiators.

Personnel and EDA Sites

The likely nominee for Director of the ITER EDA is Paul-Henri Rebut (European Community).

The responsibility for EDA design work is expected to be split among three sites, with the R&D work to be conducted at the Parties' home institutions:

- San Diego, USA: Project Integration Site.
- Japan Atomic Energy Research Institute (Naka Establishment): External fusion reactor design.
- Garching (Max Planck Institute), Germany: Internal fusion reactor design.

The likely nominee for Garching EDA site leader is Ron Parker (USA), and for San Diego EDA site, Valerie Chuyanov (Russia). Naka EDA site will have a leader from the European Community, not yet named.

On January 1, Thomas R. James was named as US ITER Technical Director, in the Office of Fusion Energy - US Department of Energy.

CCFM to Host Plasma Physics Meetings

Centre canadien de fusion magnétique (CCFM) will host two meetings on plasma physics in 1992, under the auspices of the International Atomic Energy Agency (IAEA). Both meetings are to be held in Montréal.

June 15-17, 1992: IAEA Technical Meeting on Advances in Theory and Modelling of Thermonuclear Plasmas. CCFM Coordinator: Magdi Shoucri (514) 652-8723.

September 1992: IAEA Technical Committee Meeting on Tokamak Plasma Biasing. CCFM Coordinator: Alain Boileau (514) 652-8706.

Information on the meetings can be obtained from the CCFM coordinators named above, or from V.V. Demchenko, IAEA, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

JET Tritium Burn



Dr. Paul-Henri Rebut, Director of JET, in discussion with Alan Gibson (right) and Barry Green (left) in the JET control room shortly before the November 1991 JET tritium experiment, in which about 1.8 MW of fusion power were generated in the JET torus.

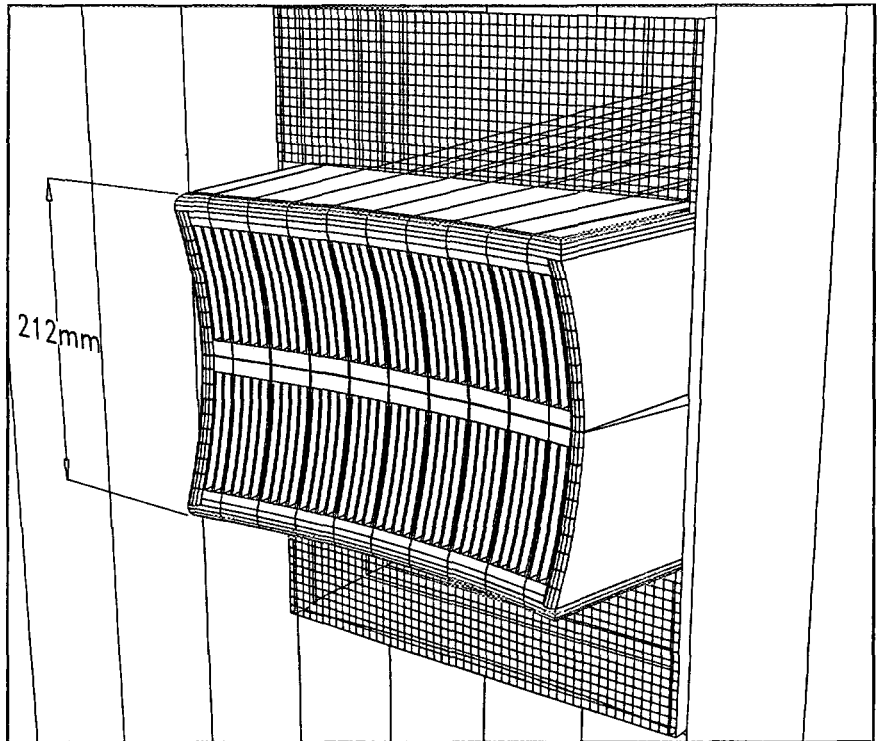
Status

At January 1992, construction of the RF system is about half complete - fabrication of the multijunction antenna system is in progress at present. Klystrons and their peripheral equipment are being installed. Two multijunction antenna elements have been fabricated for testing.

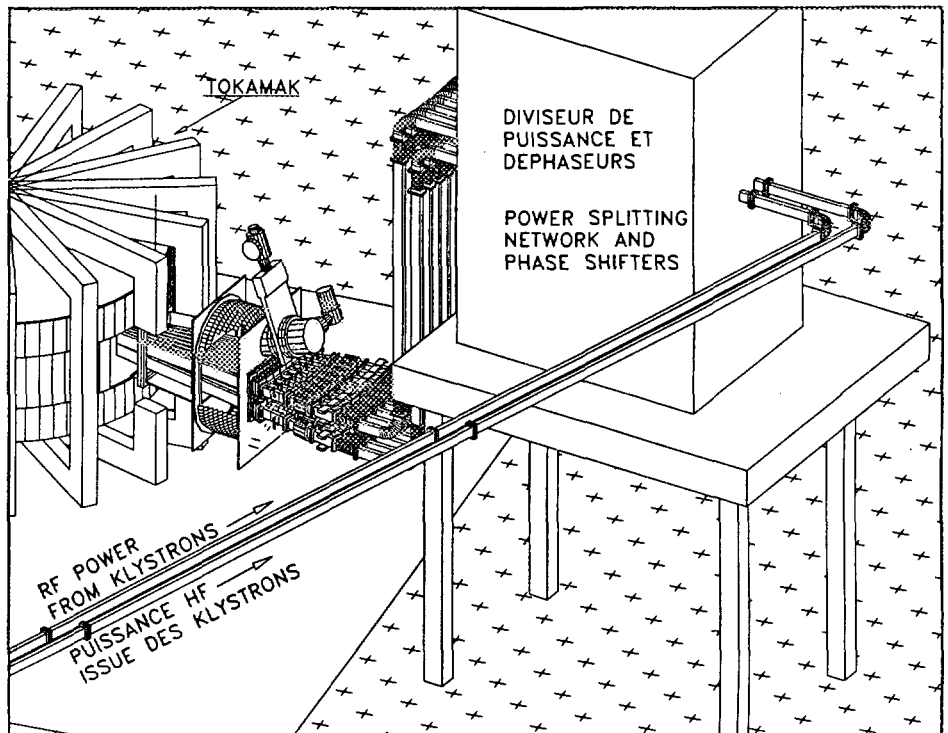
The multijunction elements and prototypes of high power microwave line components, fabricated by Apollo Microwaves inc. (Dorval, Québec), will be brought in February 1992 to the TORE SUPRA tokamak at the Cadarache site of Commissariat de l'Énergie Atomique (DRFC), France, for high power bench testing. These tests are made under a general collaboration on LHCD between CCFM and CEA (DRFC) at Cadarache. The collaboration has already led to exchange of computer simulation codes, scientific information and personnel between the two institutions.

After demonstrating the design's high-power capability, the complete antenna system will be fabricated. It will be installed on TdeV at the beginning of 1993. The microwave emitter and transmission line will be commissioned on dummy loads during the autumn of 1992. Operation on TdeV plasmas is planned for spring 1993. Initial goals are to increase the plasma duration to 5-10 seconds from the present 2 seconds, by the end of the first year of LHCD operation. Improved cooling to the TdeV divertor plates, scheduled for 1994, will allow plasma pulses up to 30 seconds long, using LHCD, by late 1994.

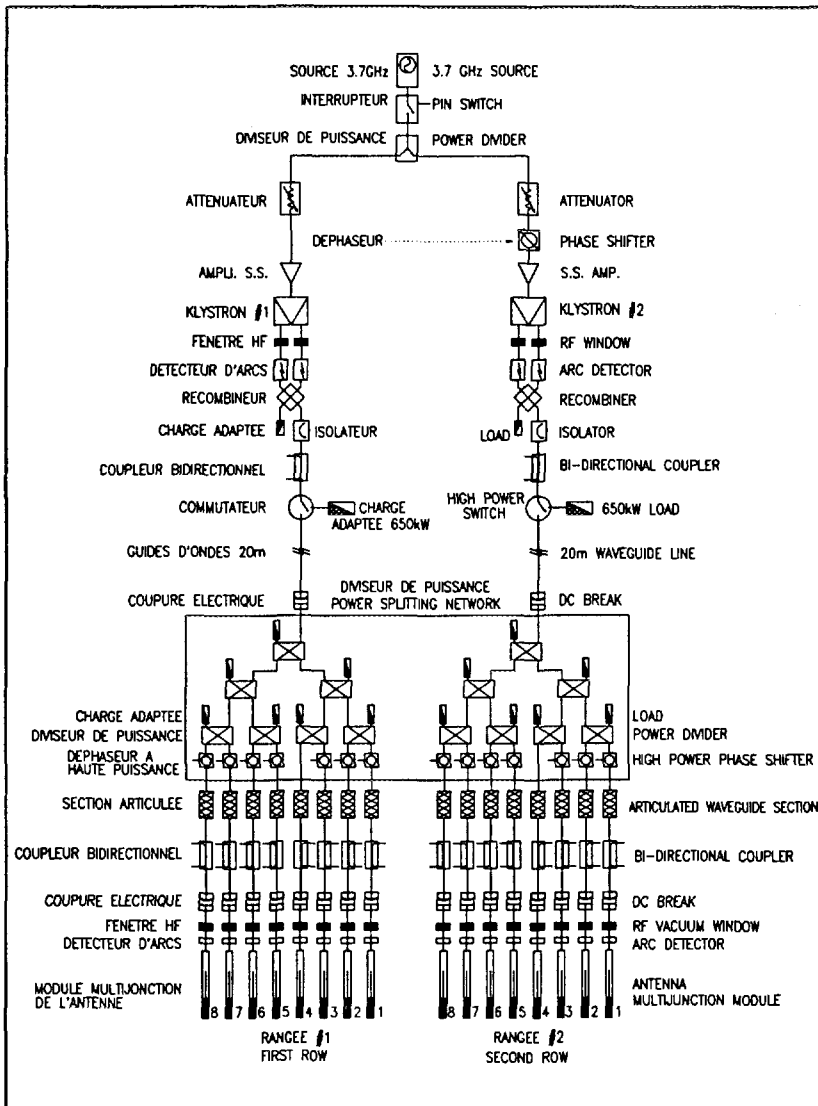
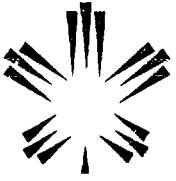
Further information from Yves Demers (514) 652-8692, or Réal Décoste (514) 652-8729.



LHCD antenna viewed from inside the TdeV plasma chamber. At left and right ends of each row, unenergized waveguide slots flank the rows of energized multijunctions. Graphite tiles protect the antenna from plasma impact.



LHCD system inside the tokamak cell. Klystrons are in a separate room. Each klystron feeds one bank of high-power phase shifters, through the waveguide lines shown.



Schematic diagram of the complete TdeV LHCD system.

The LHCD control and protection system uses a number of dedicated digital processors, permitting complex control and protection schemes and excellent operational flexibility. For example, the fast digital signal processors in the RF power amplitude and phase feedback loops enable the system to respond within 50 microseconds to changing plasma parameters, and to protect LHCD components from arcs and potentially damaging reflected RF power.

Lower Hybrid Plasma Waves

LH waves can be excited inside a tokamak plasma by a phased array of radiating elements located close to the plasma surface. The diagram of the antenna mouth shows how the LHCD antenna is shaped to fit the TdeV plasma edge contour. As the LH waves propagate, energy and momentum are transferred from the electromagnetic RF field to the plasma electrons creating a small population of very fast electrons. The net toroidal motion of these fast electrons constitutes the driven toroidal current in the plasma. The fast electrons are ultimately slowed by collision with plasma particles, so that the RF energy ultimately becomes plasma heat energy.

permits fine control of LH wave propagation in the plasma.

Each row of multijunctions is fed independently by one of the klystrons, via a dedicated phase-variable power splitting network. Phasing between the multijunctions in each row can be finely and rapidly varied, even during a tokamak shot, to affect the way that the launched LH waves propagate in the plasma. The independent antenna rows can launch two independent LH waves, a feature which should be useful in ex-

periments on plasma current profile control.

For good mechanical strength and to minimize RF losses, multijunctions are fabricated from GLIDCOP alloy, a dispersion of alumina in copper. Novel techniques for brazing the GLIDCOP antenna were developed in collaboration with Vide et Traitement Canada of Boucherville and CP tech of St.-Laurent. Other local suppliers, especially personnel from MPB Technologies, were heavily involved in design and construction of the LHCD system.

The wave number k_{\parallel} of the excited LH wave parallel to the magnetic field is determined by the phasing and geometry of the antenna array. Practically, this means that control of antenna phasing provides control of the contour of the RF-driven current in the plasma cross section, and control over the portion of the electron energy distribution with which the LH waves will couple. The fine and rapid control afforded by the TdeV antenna and its control system is an important experimental asset.

Divertor Cooling Code

A computer code package for performing tokamak divertor thermal hydraulic calculations has been completed at the Chalk River Laboratories of AECL Research Company. Divertors are among the most intensely heated components inside a tokamak; consequently, proper cooling of divertors in a tokamak fusion power reactor is an important fusion R&D issue.

The new code is intended to aid internal design of high power research tokamaks such as the Next European Torus (NET) and ITER. The code, which runs on personal 386-type computers, was designed by Stan Yin and colleagues of the Thermal Hydraulics Branch at AECL Chalk River. It addresses thermal hydraulics calculations for water-cooled divertor designs. Included in the code are a complete package of CHF (Critical Heat Flux) and pre-CHF heat transfer correlations in smooth and swirl flows, pressure

drop calculations, auto-graphics features for tabulation and plotting of physical parameters, and tables of thermodynamic properties of compressed water and saturated water/steam. The code may be of interest to workers at other fusion reactor design sites.

Design of the code was jointly funded by NET, the Canadian Fusion Fuels Technology Project (CFFTP) and AECL Research. The contract included other thermal analyses for NET reactor divertor concepts, particularly single- and two-phase flow predictive methods for the NET reactor divertor cooling channels.

Further information from Stan Yin, AECL Chalk River (613) 584-3311 ext. 4809, or Antonio Cardella, NET Team, Garching, Germany 89-3299-4260.

National Fusion Program

Director, Dr. David P. Jackson

The National Fusion Program (NFP) coordinates and supports fusion development in Canada. NFP was established to develop Canadian fusion capability, in industry and in research and development centres. NFP develops international collaboration agreements, and assists Canadian fusion centres to participate in foreign and international projects.

NFP is managed for Canada by Atomic Energy of Canada Limited. Federal funding is provided by the Department of Energy, Mines and Resources through the Panel on Energy Research and Development.

'FusionCanada' Bulletin

'FusionCanada' is available free to interested persons. It is published four times each year, in French and English editions. Write to NFP Office, 'Bulletin Subscriptions' (see Contact Data). Please specify French or English edition, (or both if desired), and number of copies if several are required.

Editors are invited to freely use or reprint items from 'FusionCanada'. Please credit 'FusionCanada' and National Fusion Program of Canada. Please also send to the NFP office a copy of the publication, or a proof or copy of the printed piece.

Contact Data

National Fusion Program

National Fusion Program
ALCL Research
Chalk River Laboratories
Chalk River, Ontario
Canada K0J 1J0

Telephone (613) 584-3311
Program Office: ext. 3174
Fax: (613) 584-4243

Dr. David Jackson
Director - National Fusion Program
ext. 3175

Dr. Charles Daughney
Manager - Magnetic Confinement
ext. 3247

Dr. William Hotslander
Manager - International Program
ext. 3241

Dr. Gilbert Philips
Manager - Fusion Fuels
ext. 4321

**Ce Bulletin est aussi
disponible en français**

CCFM
Centre canadien de fusion magnétique

CCFM
1804, montée Ste-Julie
Varenes, Québec
Canada J3X 1S1

Dr. Richard Bolton
CCFM Director-General
(514) 652-8701

Dr. Réal Décoste
CCFM Director-Operations
(514) 652-8715

Dr. Brian Gregory
CCFM Director-Research
(514) 652-8729

Secretariat: (514) 652-8702
Fax: (514) 652-8625

CFFTP
Canadian Fusion Fuels Technology Project

CFFTP
2700 Lakeshore Road West
Mississauga, Ontario
Canada L5J 1K3

CFFTP Program Manager
Dr. Donald Dautovich
(416) 855-4700

Enquiries: (416) 855-4701
Fax: (416) 823-8020

FusionCanada Office

Macphee Technical Corp.
307-1315 Lawrence Ave., East
Toronto, Ontario
Canada M3A 3R3

Telephone: (416) 444-4988
Fax: (416) 444-4246



**Printed in Canada
on recycled paper**

FusionCanada

Bulletin du Programme national de fusion

Numéro 16, janvier 1992



Dans ce numéro

■ Du tritium pour Karlsruhe

■ Accord EDA d'ITER

■ LHCD pour TdeV

■ Nouvelles du CCFM

■ Programme de calcul du refroidissement des déflecteurs

■ Congrès sur la physique du plasma

ISSN 0835-4898

NOUVELLES INTERNATIONALES

Du tritium pour Karlsruhe

Ontario Hydro a signé avec le Centre de recherches nucléaires de Karlsruhe (KfK), en Allemagne, un contrat d'approvisionnement en tritium canadien. Le laboratoire du tritium du KfK utilisera ce tritium pour ses travaux de R-D dans le cadre des programmes de fusion européens : essais des systèmes de combustibles thermonucléaires et de leurs composants et recherche sur les interactions entre le tritium et les matériaux. Le tritium fourni par Ontario Hydro est produit par l'usine de détritiation de Darlington où Ontario Hydro traite l'eau lourde utilisée dans les circuits modérateurs et caloporteurs de ses réacteurs nucléaires CANDU.

En vertu du contrat, le KfK recevra 200 grammes au maximum de tritium au cours d'une période de sept ans. Le tritium sera fourni sous forme de triture métallique obtenu par adsorption du tritium gazeux sur des lits sorbeurs métalliques. Le tritium est libéré par chauffage.

Durant les essais et les expériences du laboratoire de tritium du KfK, une partie du tritium fourni sera diluée par du deutérium ou de l'hydrogène ordinaire (protium). Le contrat stipule qu'Ontario Hydro reprendra et purifiera le tritium dilué. Le CFFTP (Projet canadien sur la technologie des combustibles thermonucléaires) sera chargé de prendre les dispositions voulues si, par accord mutuel, l'option de reprise est utilisée.

Le contrat comporte également des dispositions concernant le contrôle et

la supervision de l'utilisation du tritium livré au KfK, la radioprotection et la réglementation des mouvements du tritium et de sa destination. Le contrat se conforme avec l'accord signé en juillet 1991 par Euratom

(Communauté européenne de l'énergie atomique) et par le gouvernement du Canada concernant l'exportation de tritium canadien à destination de l'Europe pour les programmes de fusion européens.

CCFM CENTRE CANADIEN DE FUSION MAGNETIQUE

Nouvelles du CCFM

Les programmes expérimentaux sur TdeV (Tokamak de Varennes) prévus pour 1992 comprennent :

- des expériences de polarisation du plasma
- le fonctionnement en mode déflecteur, en particulier le pompage cryogénique des chambres des déflecteurs fermés
- des études de boration

Polarisation du plasma. Au cours de la première moitié de 1992, l'accent sera mis sur l'augmentation à plusieurs centaines de volts de la tension de polarisation du plasma de TdeV. En 1991, la polarisation du plasma au-delà de 200 volts à l'aide des plaques de déflecteur s'est révélée difficile en raison d'un problème d'isolateurs électriques. La modification des plaques de déflecteur de TdeV, en particulier l'installation d'isolateurs améliorés, est prévue pour mars. L'augmentation de la tension de polarisation pourrait permettre d'aborder l'étude de la physique du mode H.

Fonctionnement avec déflecteurs. Une unité de pompage cryogénique installée dans la chambre du déflecteur supérieur en 1991 s'est révélée efficace pour extraire l'hydrogène et les impuretés du plasma

(y compris la vapeur d'eau et le monoxyde de carbone). Trois autres unités de pompage seront installées dans le déflecteur supérieur durant l'été 1992 pour accroître la capacité de pompage globale. Les expériences de pompage dans les chambres des déflecteurs visent à étudier :

- le contrôle de la densité du plasma par pompage des déflecteurs
- l'extraction de l'hélium, la «cendre» de la fusion, par les déflecteurs
- l'extraction des impuretés du plasma.

Le calendrier d'exploitation de TdeV pour 1993 prévoit l'installation de quatre unités de pompage cryogénique dans la chambre du déflecteur inférieur. Ces unités joueront un rôle important durant le fonctionnement avec les impulsions plus longues (de 5 à 10 secondes) que l'on peut obtenir au cours de la première phase de fonctionnement avec l'entraînement de courant par haute fréquence.

Pour plus de renseignements, s'adresser à Réal Décoste ou à Brian Gregory au CCFM (voir liste des contacts). Centre canadien de fusion magnétique



Système haute fréquence d'entraînement de courant et de chauffage du plasma pour TdeV

Système d'entraînement de courant à l'hybride inférieure.

Un système haute fréquence (HF) d'entraînement de courant plasma et de chauffage de 1,3 MW est en cours de construction et d'installation sur TdeV (Tokamak de Varennes). Ce système servira à exciter dans le plasma de TdeV des ondes à la fréquence hybride inférieure (HI) pour entraîner le courant plasma toroidal.

On cherche, avec ce système d'entraînement à l'hybride inférieure (LHCD), à obtenir un courant plasma de 200 kA (70 % du courant max. de TdeV) pendant 30 secondes, sans l'aide du transformateur d'entraînement ohmique normal.

Le système LHCD comporte certaines caractéristiques intéressantes,

en particulier une antenne à deux rangées de guides d'ondes directionnels, capables d'envoyer deux ondes HI indépendantes dans le plasma, et un système d'asservissement très rapide. L'ensemble du système HF, incluant le système d'asservissement et l'antenne, a été conçu par le groupe Systèmes haute fréquence du CCFM sous la direction de M. Yves Demers.

Objectifs expérimentaux

Voici les trois principaux objectifs du nouveau système LHCD.

- Utilisation de TdeV en impulsions longues (jusqu'à 30 secondes) avec une densité de puissance HF élevée, pour procéder à des études d'interactions plasma-paroi, de contrôle et de transport des impuretés et à

des expériences de fonctionnement avec déflecteurs dans des conditions plus proches de celles prévalant dans un réacteur.

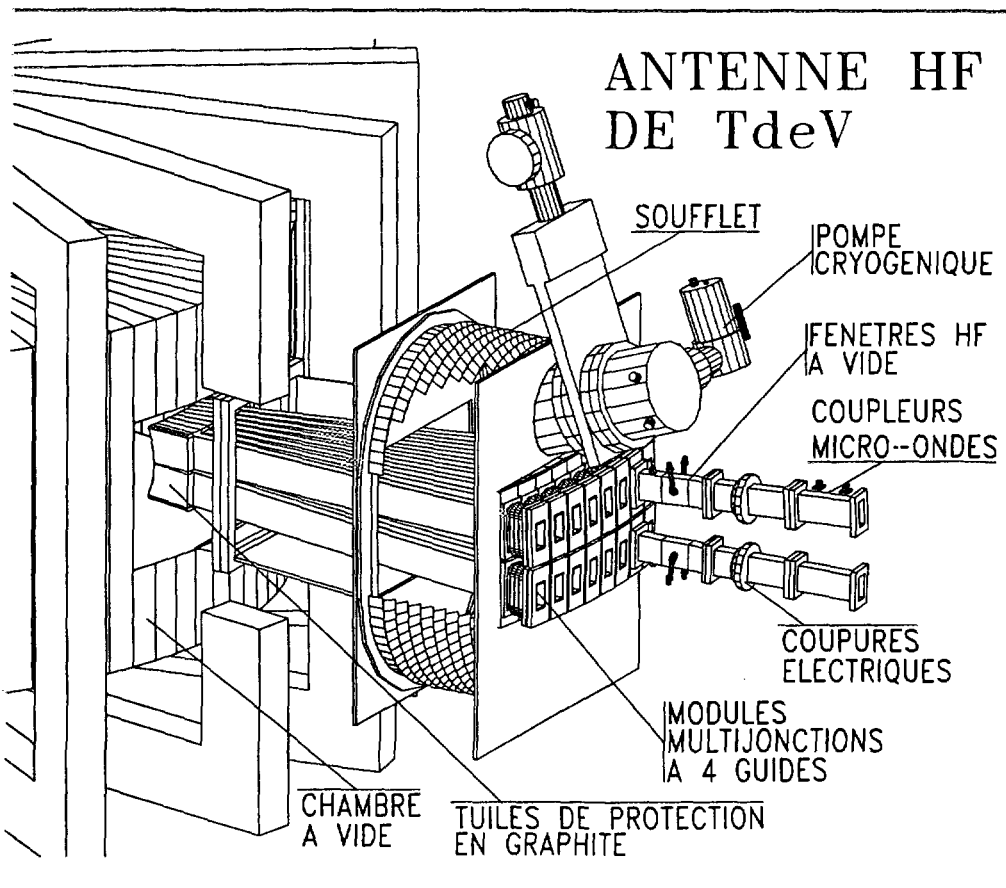
- Chauffage auxiliaire des plasmas ohmiques de TdeV, dans le but d'accéder au mode H et à d'autres régimes plasma à confinement élevé.
- Élargissement de la recherche avec TdeV, en utilisant le système LHCD pour étudier les questions telles que :
 - ▶ le contrôle du profil de courant plasma.
 - ▶ la physique de l'entraînement de courant à l'hybride inférieure.
 - ▶ la stabilisation des oscillations «dents-de-scie» et d'autres modes MHD du plasma.
 - ▶ la recharge du transformateur de chauffage ohmique de TdeV entre tirs de plasma de haute densité.

La densité de puissance HF maximale dans le plasma de TdeV sera de 1 MW/m³ environ, comparable aux densités HF prévues pour ITER et d'autres machines de la prochaine génération.

Description du système

Deux chaînes d'amplification HF comprenant un klystron produisent chacune une puissance HF de 650 kW (max.) pendant 30 secondes à 3,7 GHz. Compte tenu des pertes de transmission, la puissance HF transmise au plasma est de 1,1 MW (max.) environ.

L'antenne servant à injecter la puissance HF dans le plasma est une matrice rectangulaire d'éléments de sortie de guides d'ondes. Elle est constituée de deux rangées horizontales superposées comportant chacune huit éléments d'antenne appelés multijonctions. Une multijonction est une section de guide d'ondes HF divisée verticalement dans le plan E de façon à créer quatre fentes rayonnantes minces à la sortie du guide d'ondes, point d'in-



Accord sur les études techniques d'ITER (EDA)

Un accord devrait être signé au début de 1992 concernant les études techniques du projet ITER (projet international de réacteur expérimental).

Le projet ITER constitue un effort international de conception et de construction d'un grand réacteur thermonucléaire à tritium (puissance de fusion de 1000 mégawatts environ) destiné à démontrer la faisabilité technologique et scientifique de la production d'énergie thermonucléaire.

Les participants au projet ITER sont la Communauté européenne, les États-Unis, le Japon et la Fédération russe. Le Canada participe aussi au projet en association avec la Communauté européenne.

L'accord EDA lancera les travaux de conception technique détaillée du réacteur ITER et les travaux de R-D connexes. Un modèle conceptuel du réacteur a été produit au cours de la phase des études conceptuelles, de 1988 à 1990.

L'accord aura une durée de six ans. Il régira la collaboration entre les participants et les apports de chacun aux études techniques d'ITER. Une première version de l'accord, et du protocole n° 1 qui lui est associé, a été signée le 14 novembre 1991 à Moscou par les négociateurs.

Personnel et lieux des études techniques

La personne choisie pour le poste de directeur des études techniques d'ITER sera probablement M. Paul-Henri Rebut (Communauté européenne).

La responsabilité des travaux de conception dans le cadre des études techniques devrait être répartie entre trois centres, la R-D étant effectuée par des laboratoires des différents signataires :

- San Diego (É.-U.) : centre d'intégration du projet.
- Institut de recherches sur l'énergie atomique du Japon (Établissement Naka) : conception extérieure du réacteur.
- Garching (Allemagne - Institut Max Planck) : conception interne du réacteur.

Le responsable choisi pour le centre de Garching sera probablement M. Ron Parker (É.-U.) et celui choisi pour le centre de San Diego, M. Valerie Chuyanov (Russie). Le centre de Naka sera dirigé par un responsable de la Communauté Européenne dont le nom n'est pas encore connu.

Le 1^{er} janvier, Thomas R. James a été nommé directeur technique d'ITER pour les É.-U. au Bureau de l'énergie de fusion du ministère de l'Énergie des États-Unis.

Le CCFM va accueillir des congrès sur la physique du plasma

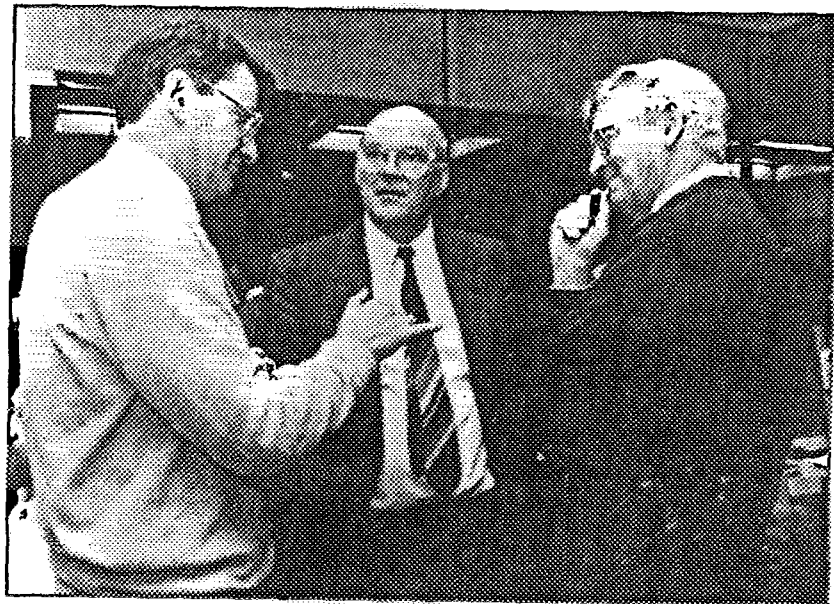
Le Centre canadien de fusion magnétique (CCFM) accueillera en 1992 deux congrès sur la physique du plasma sous les auspices de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Ces deux congrès auront lieu à Montréal.

Du 15 au 17 juin 1992 : Congrès technique de l'AIEA sur les progrès de la théorie et de la modélisation des plasmas thermonucléaires. Coordonnateur du CCFM : Magdi Shoucri (514) 652-8723.

Septembre 1992 : Réunion du comité technique de l'AIEA sur la polarisation des plasmas tokamak. Coordonnateur du CCFM : Alain Boileau (514) 652-8706.

On peut obtenir des renseignements sur ces congrès en s'adressant au coordonnateur du CCFM ci-dessus ou à V.V. Demchenko, AIEA, C.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche).

Combustion du tritium au JET



M. Paul-Henri Rebut, directeur du JET, discute avec Alan Gibson (à droite) et Barry Green (à gauche) dans la salle de commande du JET, peu de temps avant l'expérience avec le tritium de novembre 1991. Au cours de cette expérience, le tore du JET a produit environ 1,8 MW de puissance thermonucléaire.

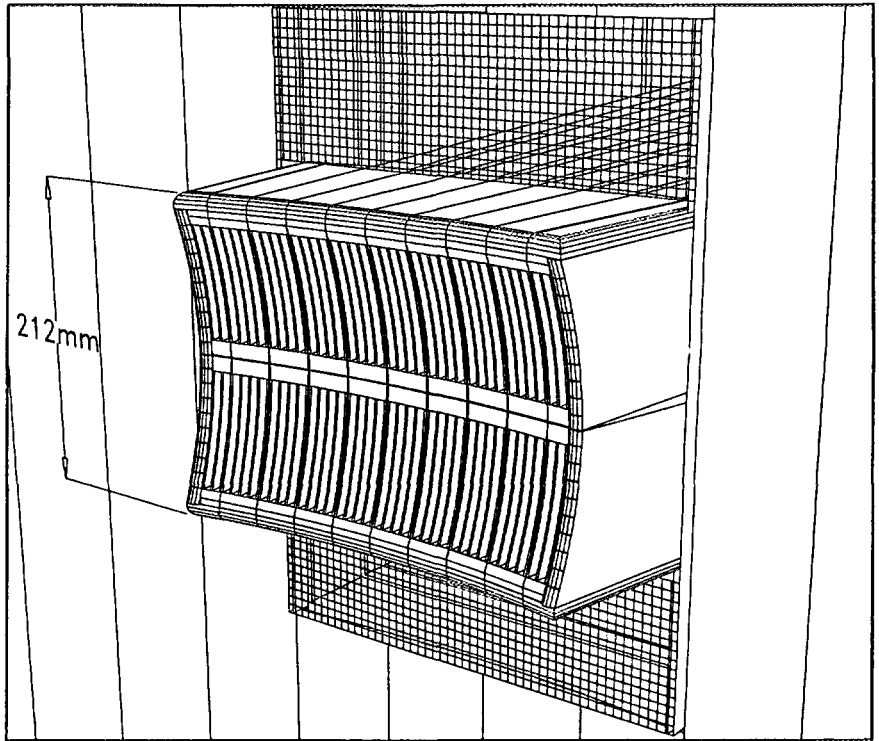
Situation

En janvier 1992, la construction du système HF est arrivée à mi-chemin et la fabrication du système d'antenne à multijonctions est en cours. On installe actuellement les klystrons et le matériel périphérique. Deux éléments d'antenne à multijonctions ont été fabriqués à des fins d'essai.

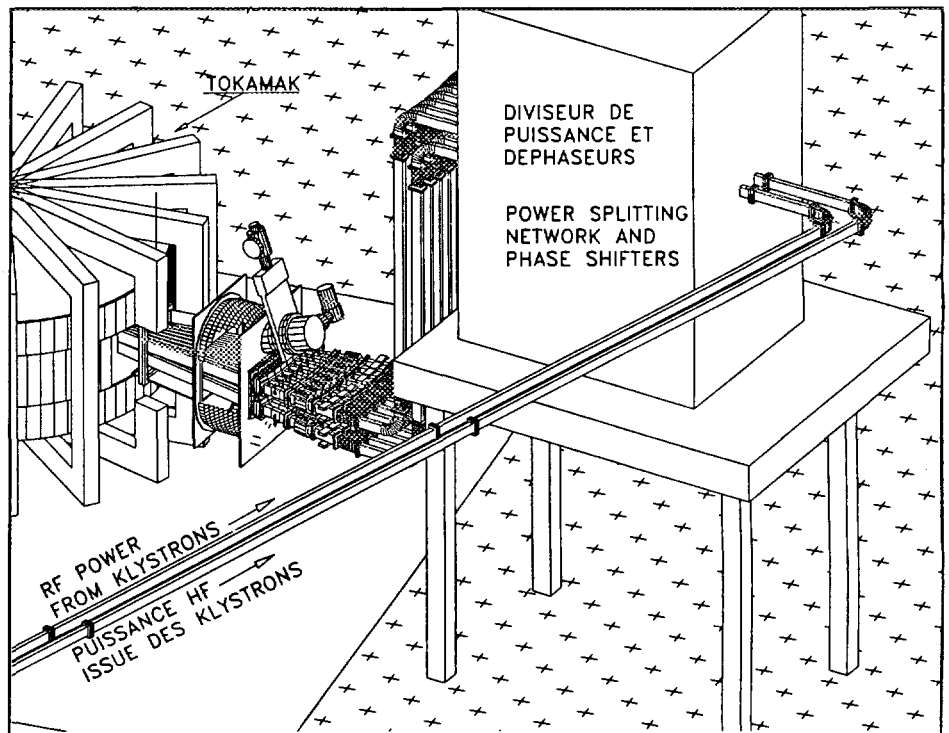
Les éléments à multijonctions et les prototypes des composants des guides d'ondes à haute puissance, fabriqués par Apollo Microwaves Inc. (Dorval, Québec) seront essayés en février 1992 au centre d'études de Cadarache, en France, dans les laboratoires d'essais haute puissance de TORE SUPRA. Ces essais auront lieu dans le cadre de la collaboration générale sur le système LHCD entre le CCFM et le Département de recherches sur la fusion contrôlée (DRFC) du CEA. Cette collaboration a déjà abouti à des échanges de codes de simulation sur ordinateur et de renseignements scientifiques, ainsi que de personnel, entre les deux centres.

Après avoir démontré la capacité de fonctionnement en puissance de l'antenne, on fabriquera le système d'antenne au complet. Ce dernier sera ensuite installé sur TdeV au début de 1993. L'émetteur d'ondes HF et la ligne de transmission seront mis en service en utilisant des charges fictives au cours de l'automne 1992. L'utilisation avec les plasmas de TdeV est prévue pour le printemps 1993. On commencera par prolonger la durée des plasmas, de deux secondes à l'heure actuelle à 5 à 10 secondes, au cours de la première année de fonctionnement avec le système LHCD. L'amélioration du refroidissement des plaques de déflecteur de TdeV, prévue pour 1994, permettra d'obtenir des impulsions de durée maximale de 30 secondes en utilisant le système LHCD à la fin de 1994.

Pour plus de renseignements, s'adresser à Yves Demers (514) 652-8692, ou à Réal Décoste (514) 652-8729.



L'antenne LHCD vue de l'intérieur de la chambre à plasma de TdeV. Des fentes de guide d'ondes non alimentés encadrent chaque rangée de multijonctions. Des tuiles en graphite protègent l'antenne contre les effets du plasma.



Système LHCD à l'intérieur de la cellule du tokamak. Les klystrons se trouvent dans une salle séparée. Chaque klystron alimente des déphaseurs à haute puissance par l'intermédiaire des guides d'ondes montrés.

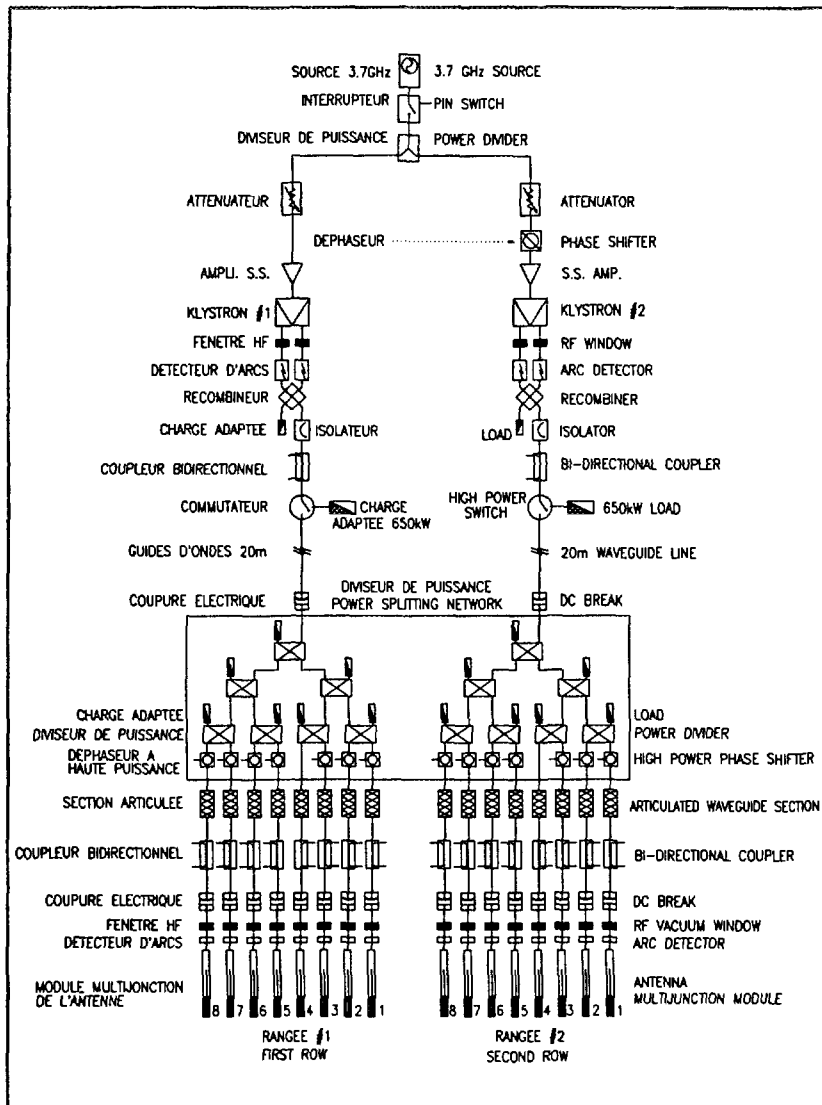


Schéma de principe du système LHCD complet de TdeV.

jection de la puissance HF dans le plasma. La sortie de l'antenne comporte donc une matrice de 64 fentes rayonnantes, qui permettent de contrôler avec précision la propagation des ondes HI dans le plasma.

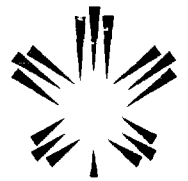
Chaque rangée est alimentée indépendamment au moyen d'un klystron par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance balancé à phase variable. Il est possible de faire varier rapidement et avec précision la phase des multijonctions de chaque rangée, même durant un tir tokamak, de façon à modifier la propagation des ondes HI dans le plasma. Les deux rangées peuvent injecter deux

ondes HI indépendantes, caractéristique qui devrait être utile lors des expériences sur le contrôle du profil du courant plasma.

Pour assurer une bonne résistance mécanique et minimiser les pertes HF, les multijonctions sont fabriquées en alliage GLIDCOP, constitué d'une dispersion d'alumine dans le cuivre. Les techniques originales de brasage de l'antenne en GLIDCOP ont été mises au point en collaboration avec Vide et Traitement Canada (Boucherville) et CP Tech (St-Laurent). D'autres fournisseurs locaux, en particulier le personnel de Les Technologies MPB, ont participé à la

conception et à la construction du système LHCD.

Le système d'asservissement et de protection du système LHCD comporte un certain nombre de processeurs numériques spécialisés permettant des manoeuvres complexes d'asservissement et de protection et une excellente souplesse d'exploitation. Par exemple, les processeurs rapides de signaux numériques, placés dans les boucles de réaction d'amplitude et de phase des circuits de puissance HF, permettent au système de réagir en moins de 50 microsecondes aux variations des paramètres du plasma et de protéger les composants du système LHCD des arcs et des réflexions de puissance HF dangereuses.



Ondes plasma à l'hybride inférieure

On peut exciter des ondes HI au sein du plasma tokamak à l'aide d'une matrice d'éléments rayonnants à phase variable placée à proximité de la surface du plasma. L'illustration de la sortie de l'antenne LHCD montre sa forme adaptée au contour du plasma de bord de TdeV. Durant la propagation des ondes HI, l'énergie et la quantité de mouvement sont transférées du champ électromagnétique HF aux électrons du plasma, créant une petite population d'électrons très rapides. Le déplacement toroidal net de ces électrons rapides constitue le courant toroidal entraîné du plasma. Ces électrons rapides sont ralentis par les chocs avec les particules du plasma, réalisant le transfert de l'énergie HF au plasma sous forme d'énergie thermique.

Le nombre d'onde k_y de l'onde HI excitée (parallèlement au champ magnétique) dépend de la mise en phase et de la géométrie de la matrice de l'antenne. Il en résulte pratiquement que le contrôle de la phase de l'antenne permet de contrôler le profil du courant entraîné dans la section du plasma et l'énergie des électrons avec lesquels les ondes HI se couplent. La rapidité et la précision de commande autorisées par l'antenne de TdeV et par son système d'asservissement offrent d'importants avantages expérimentaux.

Programme de calcul du refroidissement des déflecteurs

Les laboratoires de Chalk River d'ÉACL-Recherches viennent de terminer l'élaboration d'un programme de calcul d'hydraulique thermique pour les déflecteurs de tokamak. Les déflecteurs sont parmi les composants internes de ces machines les plus échauffés et leur refroidissement convenable fait donc l'objet d'un important effort de recherche et de développement.

Réalisé par Stan Yin et ses collègues du département d'hydraulique thermique de Chalk River, le nouveau programme d'ordinateur vise à faciliter la conception interne des tokamaks de recherche de grande puissance, tels que le NET et le réacteur expérimental ITER. On peut l'utiliser avec les ordinateurs individuels de type 386 pour exécuter les calculs d'hydraulique thermique des déflecteurs refroidis par eau. Très complet, il permet les corrélations de transfert de chaleur à flux thermique critique ou précritique pour les écoulements laminaires et turbulents, les calculs de perte de charge, avec des fonctions de traitement graphique automatique pour la tab-

ulation et le traçage des courbes de paramètres physiques, et des tables de propriétés thermodynamiques de l'eau sous pression et de l'eau/vapeur saturée. Ce programme pourrait intéresser des chercheurs d'autres centres de fusion.

Le projet de programme a été financé conjointement par le NET, le CFFTP et ÉACL-Recherches. Le contrat stipulait d'autres analyses thermiques pour les déflecteurs du réacteur NET, en particulier des analyses d'écoulements mono et diphasiques pour les canaux de refroidissement des déflecteurs du réacteur NET.

Pour plus de renseignements, s'adresser à Stan Yin, ÉACL, Chalk River, (613) 584-3311 poste 4809, ou à Antonio Cardella, équipe NET, Garching (Allemagne) 89-3299-4260.

Le Programme national de fusion

Directeur, M. David P. Jackson

Le Programme national de fusion (PNF) coordonne et soutient le développement de la fusion au Canada. Le PNF a été créé afin de développer le potentiel canadien dans le domaine de la fusion, dans l'industrie et dans les centres de recherche et de développement. Il élabore des ententes de coopération internationales et aide les centres canadiens de fusion à participer à la réalisation de projets étrangers et internationaux.

Le PNF est administré pour le Canada par l'Énergie Atomique du Canada Limitée. Le financement fédéral est assuré par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, par l'entremise du Comité interministériel de la recherche et du développement énergétiques.

Le Bulletin "FusionCanada"

"FusionCanada" est publié gratuitement chaque trimestre, en français et en anglais, à l'intention des personnes qui s'intéressent à la fusion. Pour l'obtenir, on est prié d'écrire au bureau du PNF, en indiquant sur l'enveloppe la mention "Abonnements au Bulletin" (voir liste des contacts) et en précisant dans quelle(s) langue(s) on désire le recevoir, de même que le nombre d'exemplaires souhaité.

Les rédacteurs sont invités à utiliser librement ou à reproduire des articles de "FusionCanada". Nous leur demandons, cependant, de mentionner le fait que ces articles proviennent de "FusionCanada" et du Programme national de fusion du Canada, ainsi que de transmettre au bureau du PNF un exemplaire, une épreuve ou une copie de leur publication.

Liste des contacts

Programme national de fusion

Programme national de fusion
L'Énergie Atomique du Canada Limitée
Laboratoires nucléaires de Chalk River
Chalk River, Ontario
Canada K0J 1J0

Téléphone : (613) 584-3311

M. David Jackson
Directeur - Programme national de fusion
Poste 3175

M. Charles Daughney
Directeur - Confinement magnétique
Poste 3247

M. William Holtslander
Directeur - Programme international
Poste 3241

M. Gilbert Phillips
Directeur - Combustibles thermonucléaires
Poste 4321

Bureau de Programme
Poste 3174

Fax : (613) 584-4243

CCFM
Centre canadien de fusion magnétique

CCFM
1804, montée Ste-Julie
Varenes, Québec
Canada J3X 1S1

M. Richard Bolton
Directeur général du CCFM
(514) 652-8701

M. Réal Décoste
Directeur de l'exploitation du CCFM
(514) 652-8715

M. Brian Gregory
Directeur de la recherche du CCFM
(514) 652-8729

Secrétariat : (514) 652-8702
Fax : (514) 652-8625

CFFTP
Projet canadien sur la technologie des combustibles
thermonucléaires

CFFTP
2700 Lakeshore Road West
Mississauga, Ontario
Canada L5J 1K3

Directeur du CFFTP
M. Donald Dautovich
(416) 855-4700

Téléphone : (416) 855-4701
Fax : (416) 823-8020

Rédacteur de "FusionCanada"

MACPHEE Technical Corp.
307-1315 Lawrence Ave., East
Toronto, Ontario
Canada M3A 3R3

Téléphone : (416) 444-4988
Fax : (416) 444-4246



Imprimé au Canada
sur papier recyclé

This Bulletin is also
available in English.