

SUR UN ACCÉLÉRATEUR COCKROFT ET WALTON DE 200 kV POUR LA GÉNÉRATION DE NEUTRONS

M. Pačić, K. Prelec, P. Tomaš, M. Varićak et B. Vošicki, Zagreb

Introduction. La possibilité d'obtenir des neutrons en bombardant des deuteron par des deuteron de faible énergie (M. L. E. Oliphant, P. Harteck, O. M. Rutherford, 1934) a donné lieu à la construction d'un certain nombre de petits accélérateurs, servant à la production de neutrons. Les accélérateurs permettant d'atteindre des énergies jusqu'à 200 keV sont très appropriés, puisqu'ils peuvent être construits avec des moyens relativement modestes et donnent des flux totaux assez importants. Les premiers générateurs de ce genre donnaient déjà un flux total de 10^8 neutrons par seconde (R. Ladenburg, R. B. Roberts, 1936; W. H. Zinn, S. Seely, 1937; C. M. Slack, L. F. Ehrke, 1937). La découverte du tritium permettait d'utiliser la réaction entre le tritium et le deutérium (réaction D-T) qui a un bien meilleur rendement en neutrons que la réaction D-D. Qui plus est, le rendement maximum est atteint pour une énergie cinétique considérablement plus faible que dans le cas de la réaction D-D. En effet, la section efficace maximum pour la réaction D-D est de 0,09 barn à 1 MeV, tandis que pour la réaction D-T elle est de 5 barns à 180 keV. L'interaction D-D libère 3,256 MeV, tandis que la réaction D-T libère 17,587 MeV. Lorsque l'énergie cinétique des particules est faible par rapport à l'énergie libérée, les neutrons produits sont pratiquement monoénergétiques, même lorsque la cible est épaisse. Il est possible de construire des générateurs donnant jusqu'à 10^{10} neutrons par seconde (R. A. Peck, 1955; C. Magnan, 1956), en utilisant la réaction D-T, une source d'ions à haute fréquence, ayant un bon rendement en ions monoatomiques, et des pompes à vide puissantes.

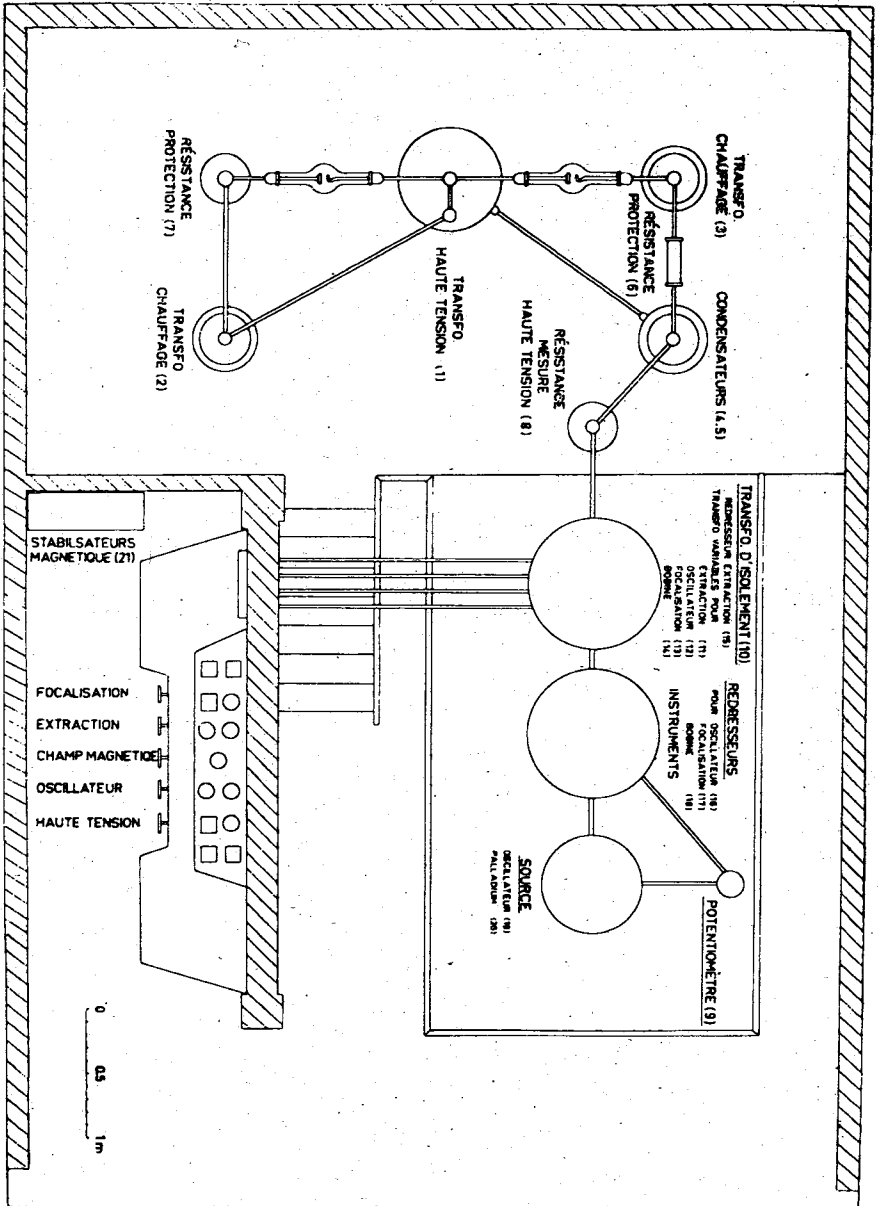
Le générateur de neutrons de l'Institut «Ruđer Bošković» a été construit dans le but d'obtenir, à bref délai et à peu de frais, une source puissante de neutrons monoénergétique. L'accélérateur a été prévu pour une tension de 200 kV et la possibilité d'utiliser la réaction D-D ou D-T.

Aperçu général. Les parties principales du générateur de neutrons que nous avons construit sont les suivantes:

Le générateur de haute tension continue (200 kV),
la source d'ions,

le tube accélérateur avec le dispositif de focalisation d'ions,
 la partie du tube reliée au sol,
 le dispositif de pompage,
 le dispositif de mise en marche et de contrôle.

Fig. 1. Disposition des différentes parties électriques du générateur de neutrons dans la salle.
 Les nombres entre parenthèses correspondent au schéma de principe représenté sur la Fig. 2.



La Fig. 1 montre la disposition des différentes parties du générateur de neutrons dans la salle. Le générateur de haute tension se trouve à gauche sur un lieu surélevé de la salle. Le tube accélérateur et les dispositifs électriques auxiliaires se trouvent sur une

plate-forme qui est à deux mètres du plancher de la partie basse de la salle. La partie reliée au sol du tube accélérateur ainsi que la cible se trouvent au-dessous de la plate-forme. Les dispositifs de

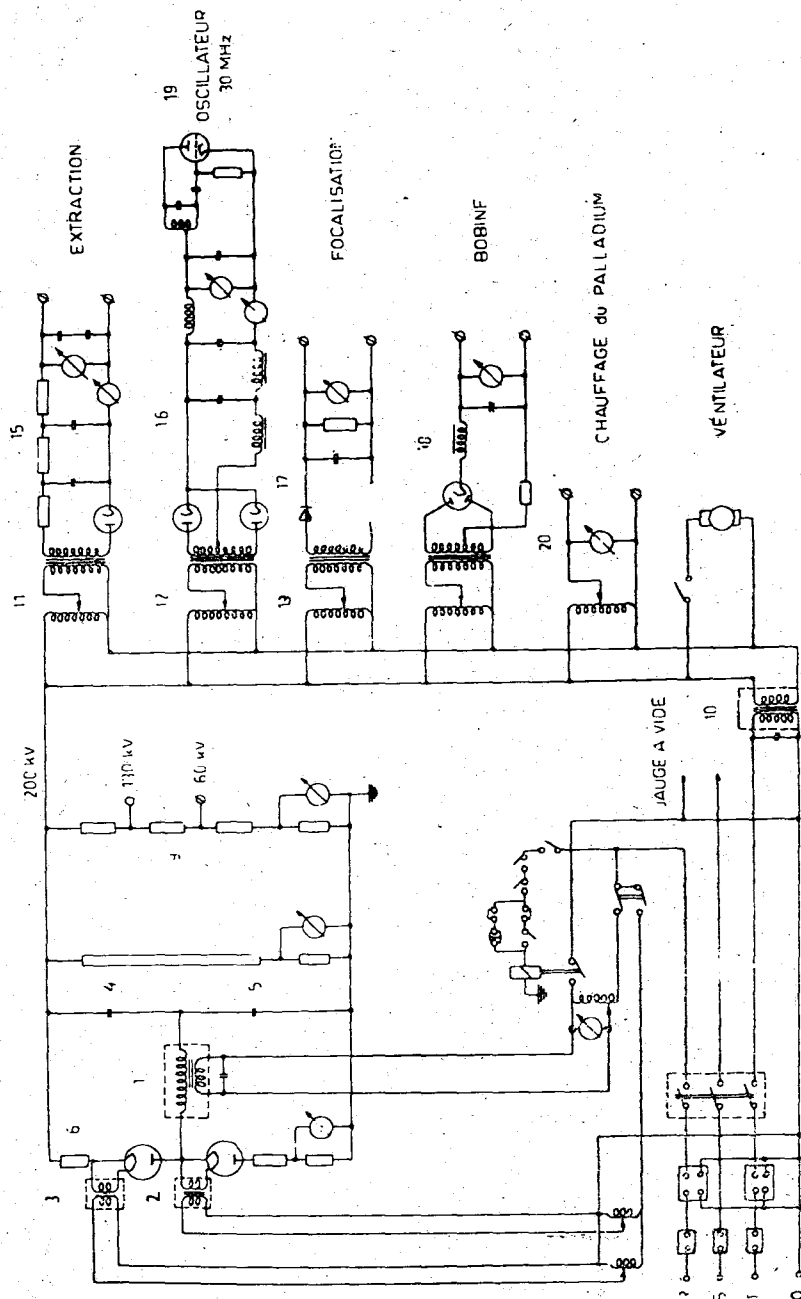


Fig. 2. Schéma de principe de l'installation électrique. La signification des nombres est donnée sur la Fig. 1.

contrôle et de mise en route se trouvent dans une cabine séparée par un mur du reste de la salle.

Générateur de haute tension continue. La haute tension continue est obtenue à l'aide d'un doubleur de tension (Greinacher,

De lon). Ce genre de générateur a été choisi à cause de sa construction relativement simple, de la facilité avec laquelle on peut régler la tension et de la puissance qu'il peut donner.

La haute tension alternative de 100 kV maximum est obtenue à l'aide d'un transformateur 220/100 000 V (*Fig. 2*), qui peut supporter dans le secondaire un courant de 20 mA. Les deux sorties du secondaire du transformateur sont isolées par rapport au sol.

La rectification de la tension alternative se fait à l'aide de deux kénotrons qui peuvent supporter une tension inverse maximum de 220 kV. La tension de 12,5 V nécessaire pour le chauffage des filaments des kénotrons est obtenue à l'aide de deux transformateurs 220/15 V, dont les secondaires sont isolés par rapport au sol pour une tension de 200 kV. Deux condensateurs, chacun d'une capacité de 28400 pF supportant une tension de service jusqu'à 150 kV, sont chargés à travers les kénotrons. En série avec chaque kénotron est placée une résistance de 320 k Ω environ, pouvant dissiper une puissance de 300 W.

La variation de la haute tension continue s'effectue en agissant sur la tension primaire du transformateur de haute tension. La tension continue est donnée par l'intensité du courant qui passe par une résistance de 200 M Ω , faite de 200 éléments de $1 \pm 0,01$ M Ω , 3 W. En parallèle avec le dernier élément, relié au sol, est connecté un milliampèremètre, qui se trouve sur le tableau de commande. Pratiquement la totalité du courant passe par l'instrument, étalonné en kilovolts. La résistance se trouve dans un tube isolant, rempli d'huile. Celle-ci est mise en circulation à l'aide d'une petite pompe à engrenage. L'huile passe par un serpentin en cuivre, refroidi à l'eau. La température de l'huile, à la sortie du tube dans lequel se trouve la résistance, ne dépasse pas 30° C.

Le générateur de haute tension continue peut supporter une tension de 200 kV pour un courant de 10 mA. Il donne normalement un courant de 2 mA. A ce régime son ondulation est de 0,1% ou 200 V pour une tension de 200 kV.

La *Fig. 3* montre une vue du générateur de haute tension.

Les dispositifs auxiliaires, nécessaires pour le fonctionnement de la source d'ions et de la focalisation du faisceau d'ions, sont placés dans trois têtes, isolées par rapport au sol, reposant sur des isolateurs de haute tension. L'alimentation de ces dispositifs s'effectue par l'intermédiaire d'un transformateur 220/220 V, dont le primaire est isolé du secondaire pour une tension de 200 kV. Le transformateur peut supporter une puissance de 2 kW. Sur ce transformateur est montée la première tête, dans laquelle se trouvent quatre transformateurs variables, un redresseur de 6 kV, pour l'extraction des ions de la source, ainsi que le transformateur pour le chauffage du tube de palladium. A l'aide des transformateurs variables il est possible de faire varier d'une manière continue: la puissance de l'oscillateur d'excitation du gaz dans le tube à déchar-

ge, la tension d'extraction, le courant de la bobine qui produit le champ magnétique dans le tube à décharge et la tension de focalisation principale du faisceau d'ions.

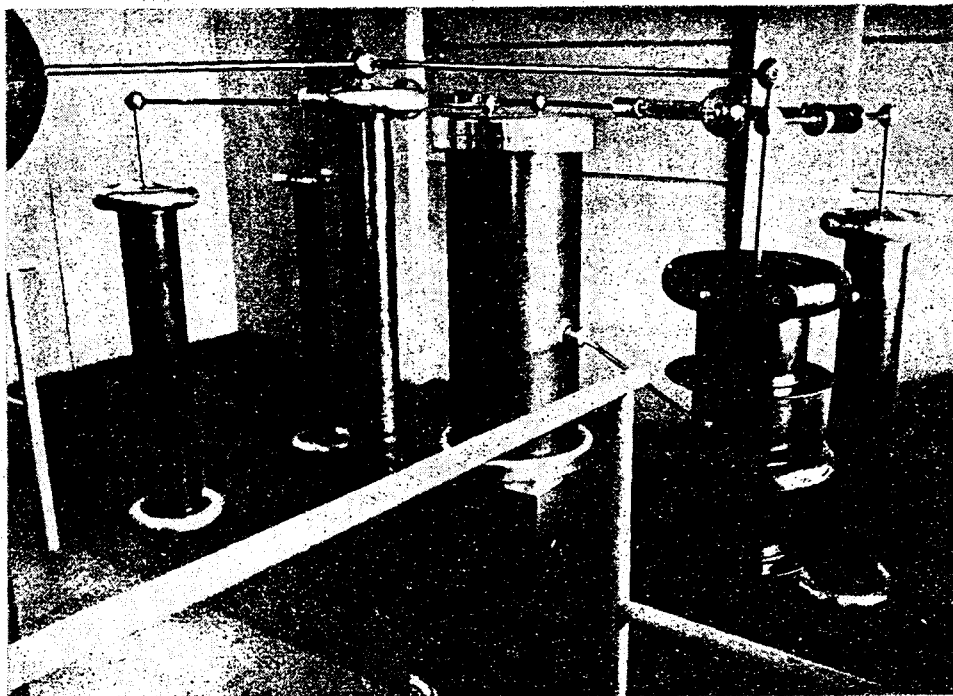


Fig. 3. Vue du générateur de haute tension.

Dans la deuxième tête, placée sur quatre tubes isolants, se trouvent les redresseurs: l'un de 2 kV, 500 mA pour l'oscillateur de la source, l'autre de 300 V, 100 mA pour la bobine donnant le champ magnétique de la source et le troisième de 30 kV, 2 mA pour la tension de la focalisation principale. Dans la même tête sont placés: le ventilateur qui sert à refroidir la triode oscillatrice et le tube à décharge de la source; les instruments pour la mesure de la tension et du courant du redresseur, servant à l'extraction d'ions; les instruments qui contrôlent l'alimentation de l'oscillateur; le voltmètre pour la mesure de la tension de focalisation et l'ampèremètre pour le courant de la bobine produisant le champ magnétique dans le tube à décharge. Ces instruments sont placés de telle manière qu'ils peuvent être lus à travers la fenêtre ménagée dans le mur de la cabine de commande.

La troisième tête, placée sur le tube accélérateur lui-même, contient la source d'ions, l'oscillateur et le tube de palladium. L'oscillateur est construit d'après le schéma «en trois points», la triode utilisée étant TB 2/500. La fréquence des oscillations électriques est de 30 MHz environ. La puissance à l'entrée de l'oscillateur

peut atteindre 500 W. La self du circuit oscillant est formée de quatre spires de tube de cuivre argenté et sert à l'excitation du gaz dans la source. La Fig. 4 montre, dans l'avant plan, le transformateur d'isolement, puis la seconde tête avec les instruments et, finalement, le tube accélérateur avec la troisième tête.

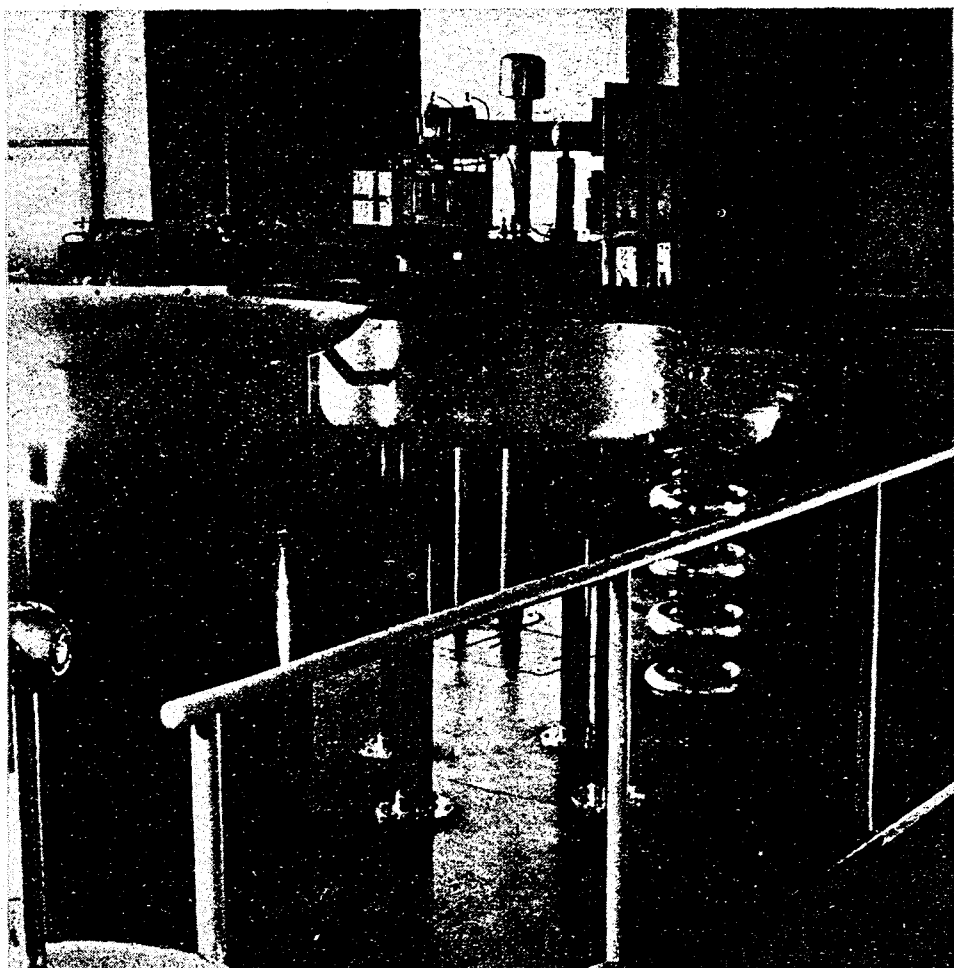


Fig. 4. Vue des installations électriques auxiliaires, montées dans les têtes. A gauche est le transformateur d'isolement, tout à fait à droite se trouve le tube accélérateur.

La source d'ions. A cause du grand pourcentage d'ions monoatomiques et de la faible dispersion des énergies des ions à la sortie de la source, nous avons choisi la source à haute fréquence représentée sur la Fig. 5 (P. C. Thonemann, J. Moffat, O. Roaf, J. Sanders, 1948; C. D. Moak, H. Reese, W. M. Good, 1951). Le deutérium nécessaire au fonctionnement de la source est produit par l'électrolyse de l'eau lourde, à laquelle il a été ajouté du sodium métallique.

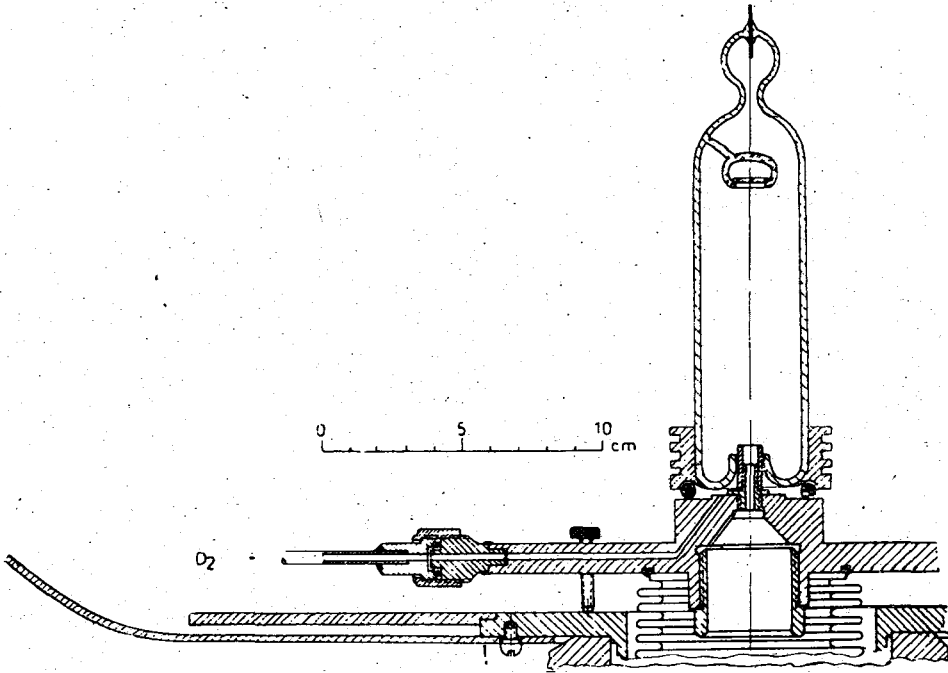


Fig. 5. Coupe de la source d'ions.

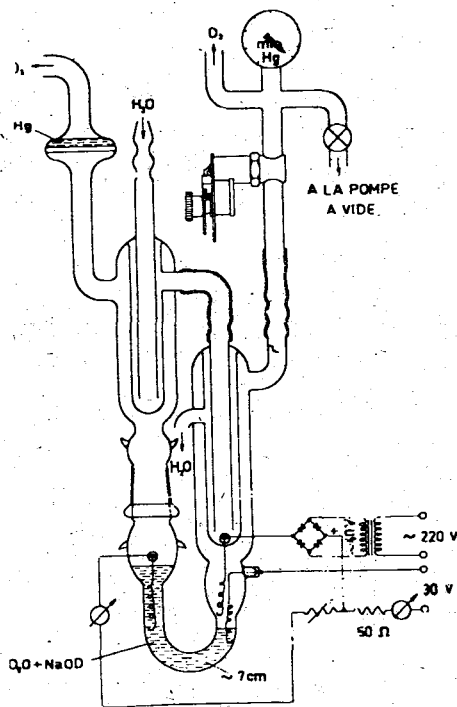


Fig. 6. Schéma de l'électrolyseur d'eau lourde.

Le dispositif d'électrolyse, représenté sur la *Fig. 6*, se trouve au potentiel du sol au-dessous de la plate-forme, dans un évier. On remarque la soupape, faite d'un filtre en verre fritté, recouvert de mercure, à travers lequel l'oxygène peut sortir mais l'air ne peut pas entrer. L'espace au-dessus de l'eau lourde est refroidi par deux réfrigérants qui servent à la condensation des vapeurs d'eau lourde. La cathode consiste en deux fils de platine scellés dans la paroi, l'un au-dessus de l'autre. Les fils sont recourbés de sorte qu'ils descendent verticalement dans l'eau lourde. Comme ils sont de même longueur, leurs bouts dans le vase atteignent des niveaux différents.

En régime normal seule l'électrode inférieure fonctionne. Lorsque la dépense en deutérium est grande, et que le niveau de l'eau lourde dans la branche cathodique s'élève, l'électrode supérieure, reliée à une source de potentiel plus élevé, que celle à laquelle est reliée l'électrode inférieure, commence aussi à fonctionner. La pro-

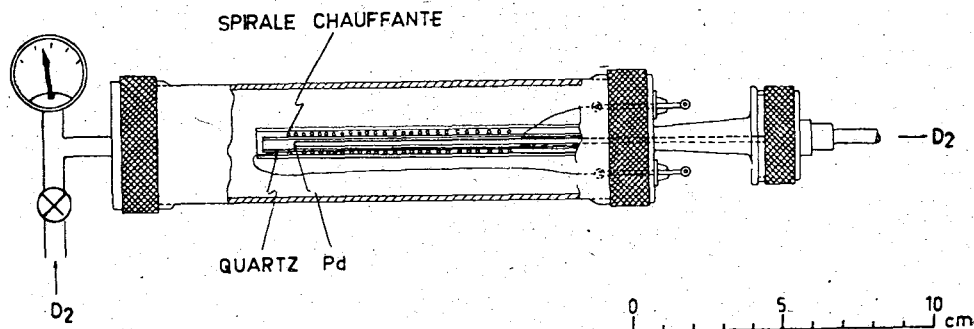


Fig. 7. Coupe du dispositif de purification du deutérium.

duction de deutérium s'accélère alors, ce qui a pour effet d'augmenter sa pression dans la conduite et le niveau de l'eau lourde ne monte plus. Lorsque la dépense de deutérium cesse, la pression dans la conduite augmente et le niveau de l'eau lourde baisse aussi longtemps que l'électrolyse ne cesse pas. Le deutérium est amené, à travers un robinet à aiguille, par une conduite en cuivre, puis en verre (à cause de l'isolement), jusqu'au tube de palladium, qui se trouve dans la troisième tête, sur le tube accélérateur. Le tube de palladium a une longueur de 60 mm, un diamètre de 3,2 mm et une épaisseur de paroi de 0,2 mm. En agissant sur le chauffage électrique du tube de palladium on règle la vitesse de diffusion du deutérium dans le tube à décharge de la source d'ion. Le récipient qui contient le tube de palladium et la résistance chauffante (*Fig. 7*), ainsi que la conduite qui relie l'électrolyseur avec la source, sont d'abord évacués à l'aide d'une pompe à palette et ensuite remplis de deutérium à pression atmosphérique.

La production de deutérium dans l'électrolyseur est réglée automatiquement, par le débit du tube de palladium. La vitesse de diffusion est fonction de la surface et de l'épaisseur de la paroi,

de la température absolue du palladium, ainsi que de la différence de pression des gaz de deux côtés de la paroi. Puisque dans notre cas la pression est constante, le débit ne dépend que de la température.

La pression du gaz dans le tube de décharge est de 10^{-2} mm Hg environ. La consommation de deutérium pour une tuyère de 2,5 mm de diamètre et de 25 mm de longueur, ménagée dans la sonde, est de 23 cm^3 par heure à température et pression normales. Le tube à décharge, d'un diamètre de 40 mm, est en verre Pyrex. Pour les courants de sonde supérieurs à 7 mA il est nécessaire de placer dans le tube à décharge, au-dessus de la sonde, un écran qui sert à arrêter les électrons secondaires émis par la sonde. A cet effet une lame de quartz, maintenue par des griffes en verre Pyrex, rend de très bons services.

Un tube bridé en laiton, à ailettes extérieures, est collé à l'Araldite sur le tube à décharge. La bride serre le joint torique en caoutchouc contre la plaque en acier doux sous-jacente. C'est l'atmosphère qui assure la pression de la bride sur le joint. Il est ainsi facile de changer le tube à décharge, la sonde ou le tube de quartz qui l'entoure. La sonde est faite en aluminium. Avant la mise en place du tube à décharge et du tube de quartz il faut les laver à l'acide fluorhydrique à 5 p. 100 puis les rincer à l'eau bidistillée. La sonde et le petit tube de quartz qui l'entoure ont été ensuite chauffés dans un four électrique pendant une dizaine de minutes: la sonde à 450° , le tube à 700° C environ.

Le Tableau I contient les données concernant le courant ionique I_c atteignant la cible, le courant I_s dans le tube de décharge entre l'anode et la sonde, la puissance d'entrée de l'oscillateur P_{osc} et la tension d'extraction V_{ex} .

Tableau I

I_c	100	250	500	1000 μA
I_s	1	2	4	8 mA
P_{osc}	40	60	80	120 W
V_{ex}	1,6	2,2	3,2	5 kV

Le tube accélérateur. Le tube accélérateur est construit à partir de quatre isolateurs en porcelaine, de diamètre intérieur 100 mm (Fig. 8). Sur chaque base des isolateurs est collé à l'Araldite une bride en acier doux. Les brides supportent les lentilles électrostatiques et les joints toriques en caoutchouc qui assurent l'étanchéité. La pression sur les joints ainsi que la rigidité mécanique sont assurées par des segments de piston, placés dans des gorges circulaires ménagées dans les brides.

Les lentilles ont été usinées au tour à partir d'une seule pièce d'acier doux. Avant d'être amenées aux cotes exactes les lentilles ont été dégazées par un chauffage prolongé à 900° C dans le vide.

quadrants métalliques isolés électriquement. Chaque quadrant est relié au sol à travers un microampèremètre qui se trouve sur le tableau de commande. Immédiatement audessus de la bride sur laquelle est attachée la cible se trouve un diaphragme isolé, également relié au sol à travers un microampèremètre (N. G. Sjøstrand, 1951). Les courants à travers ces microampèremètres

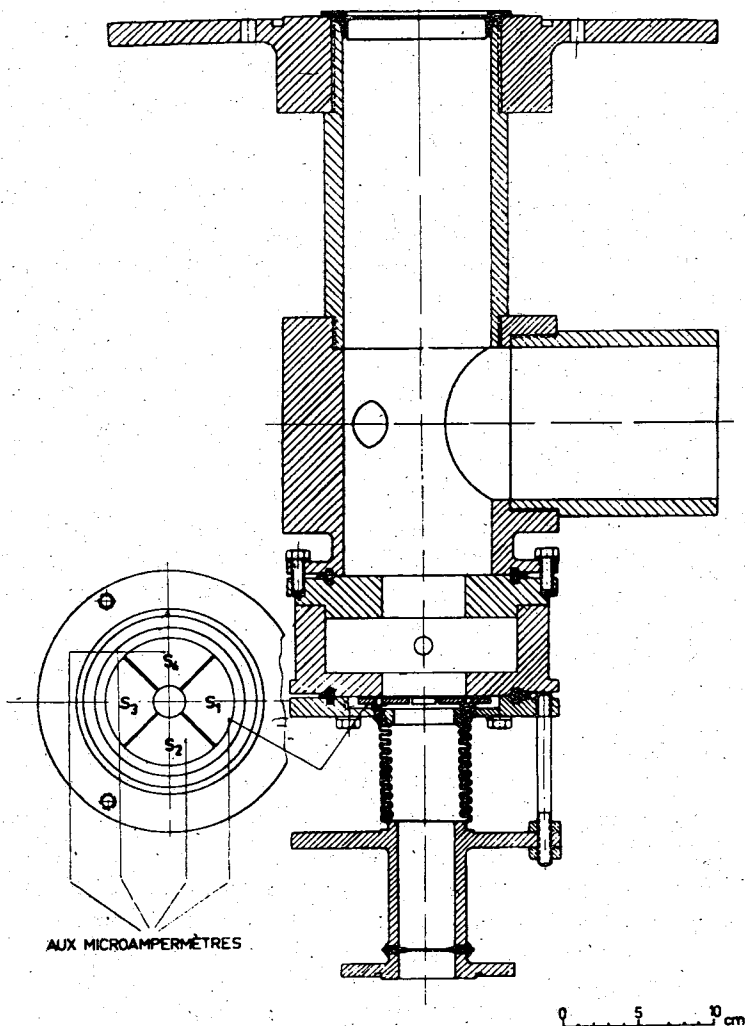


Fig. 9. Coupe axiale de la partie reliée au sol, entre le tube accélérateur et la cible.

doivent être aussi petits que possible pour que le faisceau soit bien centré et focalisé. Lorsque ce régime est atteint les quadrants et le diaphragme reçoivent moins de 10 p. 100 du courant de la cible.

Le branchement vers la cible peut être séparé du reste du tube par la petite vanne de King, de sorte que la cible peut être enlevée sans que l'air entre dans l'installation. La cible peut être

évacuée séparément et ce n'est qu'après cette opération que l'on ouvre la vanne de King.

La cible proprement dite est essentiellement un vase de Dewar, construit en acier doux, à l'exception de l'extrémité de la partie intérieure qui est en cuivre (Fig. 10). La cible est inclinée à 45° par rapport au faisceau ionique de sorte que la tache que fait le faisceau sur la cible est de forme elliptique.

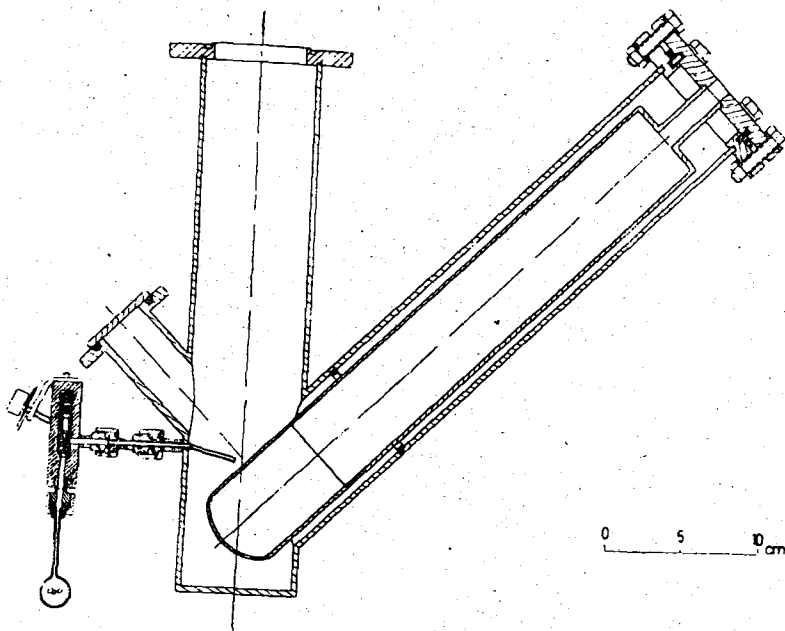


Fig. 10. Cible avec l'arrivée des vapeurs d'eau lourde, ainsi qu'avec une tubulure pour le compteur à scintillation. Le dispositif d'eau lourde est en réalité à 90° par rapport à la position représentée sur cette figure.

La cible est isolée du reste de l'installation, et elle est portée à un potentiel de -120 V par rapport au sol, afin d'empêcher les électrons secondaires d'atteindre la source d'ions. En absence de ce potentiel retardateur le courant de la cible augmente de 30 p. 100 environ. La cible est refroidie à l'air liquide que l'on verse dans la partie creuse de la cible.

L'eau lourde, servant à la formation de la couche de glace sur la cible, est amenée d'un petit récipient en verre, à travers un robinet à aiguille, par un tuyau mince de cuivre. La cible est prévue pour la travail avec des neutrons rapides, car une grande partie de neutrons formés ne traverse pas l'air liquide. Les pertes d'air liquide par échauffement spontané sont négligeables par rapport à l'échauffement produit par le faisceau ionique.

La densité maximum du courant ionique que la cible peut supporter en régime permanent et avec apport incessant d'eau lourde est de $430 \mu\text{A cm}^{-2}$. Le plus grand foyer que nous pouvons obtenir

peut supporter un courant de $500 \mu\text{A}$ environ. Le foyer ne se déplace pas sur la cible, sa position est parfaitement stable.

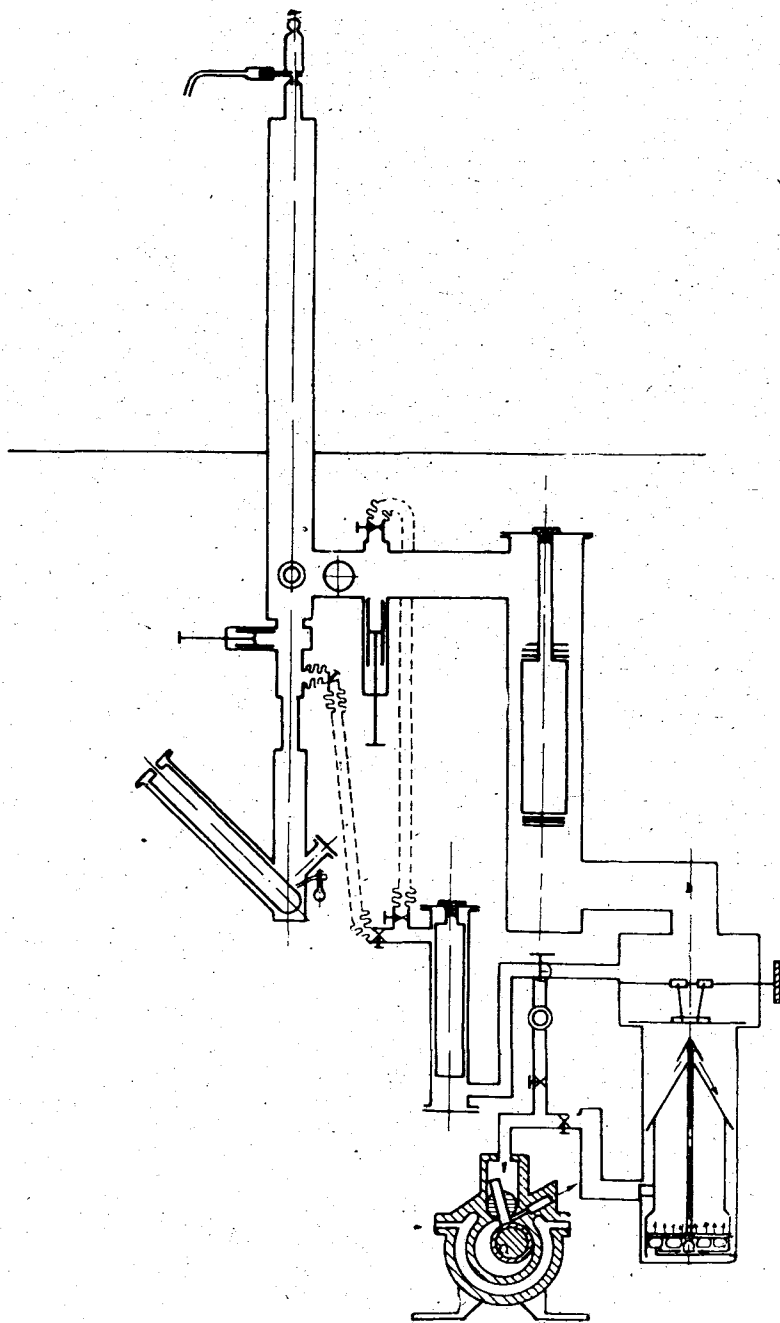


Fig. 11. Schéma des pompes à vide, des soupapes et de l'espace à évacuer.

L'obtention du vide. L'espace qu'il faut évacuer et les dispositifs qui servent à ce propos sont représentés sur la Fig. 11. Le vide

primaire est assuré par une pompe rotative à cylindre dont la vitesse de pompage est 13 l s^{-1} . Le vide secondaire est obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion à l'huile de silicones ayant une vitesse de pompage de 300 l s^{-1} . Les pompes sont reliées de sorte que la pompe rotative ne sert pas uniquement à faire le vide primaire pour la pompe à diffusion, mais aussi à évacuer l'ensemble de l'installation, ou certaines de ses parties, jusqu'à la pression de 10^{-2} mm Hg , sans qu'il soit nécessaire d'interrompre le fonctionnement de la pompe à diffusion.

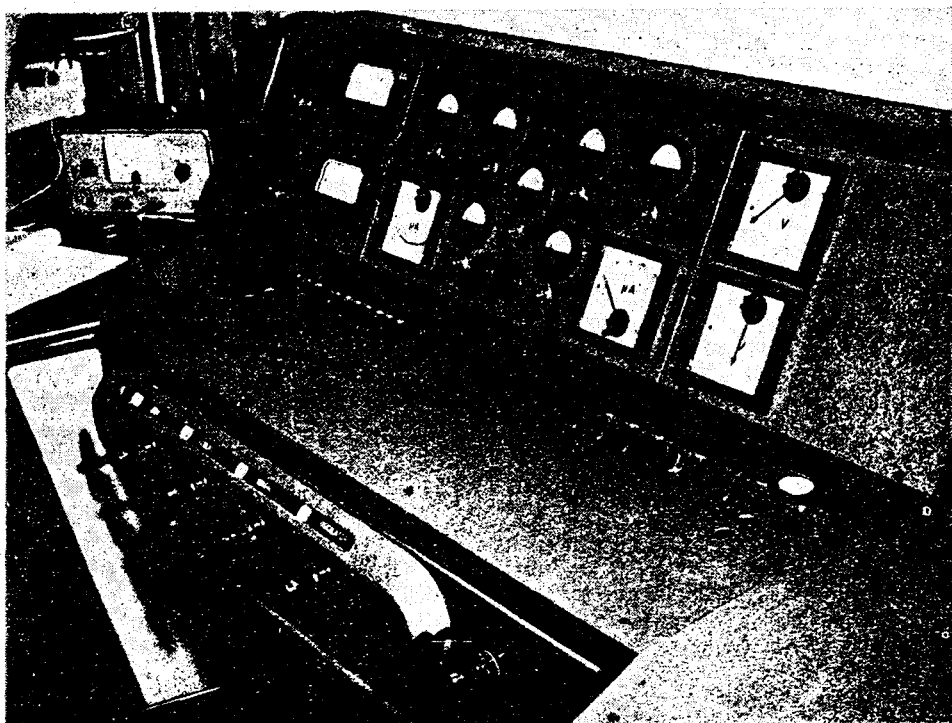


Fig. 12. Pupitre de commande.

L'installation a été construite en acier doux et en acier inoxydable. Les joints ont été faits à l'aide de brides standardisées du type déjà décrit et les différentes parties sont reliées aux pompes à l'aide de tubes métalliques souples.

Entre la pompe à diffusion et le tube accélérateur est placée une grande trappe à air liquide. Elle sert à la condensation des vapeurs, particulièrement des vapeurs d'huile de silicones de la pompe à diffusion.

Le vide primaire est mesuré à l'aide d'un couple thermoélectrique. Le manomètre peut être relié, à l'aide d'un robinet à trois voies, soit à la pompe à diffusion, soit à la conduite latérale, servant à l'évacuation de l'installation. La pression dans la partie reliée au

sol de l'installation se mesure à l'aide d'un manomètre à thermistance (M. Varićak, B. Saffić, 1957), et à l'aide d'une jauge à vide Penning. La pression dans l'installation en fonctionnement est de 10^{-5} mm Hg.

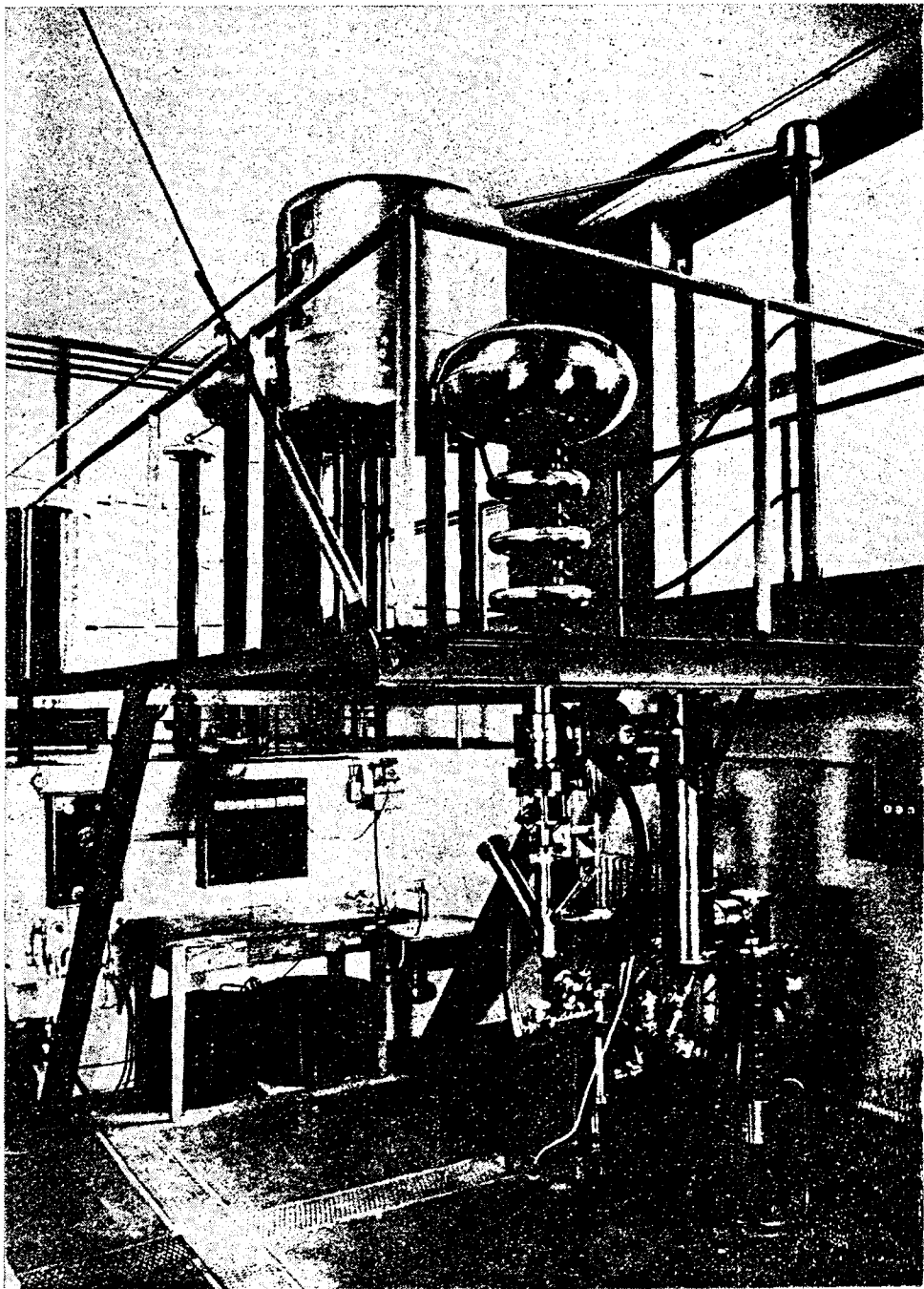


Fig. 13. Vue d'ensemble du générateur.

Avant le montage de l'installation chaque pièce a été examinée à l'étanchéité, jusqu'à la pression de 10^{-5} mm Hg, à l'aide d'un banc d'essai, sur lequel on peut brancher des pièces munies de brides standardisées (M. Varičák, 1955).

Dispositifs de mise en fonctionnement et de contrôle. La mise en fonctionnement du générateur et le contrôle de sa marche se font d'une cabine, séparée par un mur du reste de la salle. Dans cette cabine est placé le pupitre (Fig. 12), sur lequel se trouvent les dispositifs de commande et les instruments de contrôle qui peuvent être au potentiel du sol: instruments des jauges à vide pour la mesure du vide primaire et du vide secondaire; microampèremètres pour la mesure du courant de la cible, du diaphragme, des quadrants et de la haute tension; milliampèremètre pour la mesure du courant total donné par le générateur de haute tension; voltmètres pour le contrôle de la tension du secteur et pour la mesure de la tension primaire du transformateur de haute tension. Les instruments à la haute tension peuvent être observés de la place de commande. Le schéma de principe des connections électriques est représenté sur la Fig. 2. A la partie antérieure du pupitre se trouvent quatre manivelles qui permettent, par l'intermédiaire d'engrenages, de tubes d'aluminium et de tiges en matière isolante, d'actionner les parties mobiles des transformateurs dans la première tête. Une cinquième manivelle permet d'actionner le transformateur variable par lequel on règle la tension primaire du transformateur de haute tension. Dans le pupitre se trouvent deux transformateurs variables à l'aide desquels on peut régler la tension du primaire des transformateurs de chauffage des kénotrons.

L'alimentation de l'ensemble du générateur de neutrons s'effectue par l'intermédiaire de deux stabilisateurs magnétiques, supportant chacun 2 kW.

La mise en marche de l'installation ne peut être faite que suivant un ordre déterminé, le transformateur variable alimentant le transformateur de haute tension étant en position de tension minimum. En cas de surcharge, de manque d'eau de refroidissement ou d'arrêt des pompes à vide la haute tension est automatiquement coupée. Il n'est pas possible de s'approcher du générateur de haute tension sans soulever une barre qui coupe la haute tension et met l'installation au sol.

Une vue d'ensemble du générateur de neutrons est donnée sur la Fig. 13.

Les plans des transformateurs du générateur de haute tension ont été faits par Monsieur V. Bego. Toutes les autres parties du générateur de neutrons qui ne sont pas des articles industriels courants ont été conçues par les collaborateurs de l'*Institut »Ruđer*

Bošković» et de l'Institut de Physique et réalisées dans les ateliers de ces institutions. Nous sommes heureux de pouvoir remercier ici les techniciens et les ouvriers de ces Instituts pour la collaboration à la réalisation de ce générateur.

Nous remercions aussi plus particulièrement MM. K. J. Brostrøm de l'Institut for Teoretisk Fysik, Copenhague, N. G. Sjøstrand de l'Atomenergie AB, Stockholm et S. D. Winter du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, pour les précieux renseignements qu'ils ont bien voulu nous donner.

Institut »Ruđer Bošković«
et
Institut de Physique de la Faculté des Sciences,
Zagreb

BIBLIOGRAPHIE

1. M. L. E. Oliphant, P. Harteck, Lord Rutherford, O. M. Proc. Roy Soc. A **144**, 692, (1934).
2. R. Ladenburg, R. B. Roberts, Phys. Rev. **50**, 1190, (1941).
3. C. M. Slack, L. F. Ehrke, Rev. Sci. Instrum. **8**, 193, (1937).
4. W. H. Zinn, S. Selly, Phys. Rev. **52**, 919, (1937).
5. P. C. Thonemann, J. Moffatt, O. Roaf, J. Sanders, Proc. Phys. Soc. **61**, 483, (1948).
6. C. D. Moak, H. Reese, W. M. Good, Nucleonics, **9**, № 3, 18, (1951).
7. N. G. Sjøstrand, Appl. Sci. Res. B **2**, 227, (1951).
8. R. A. Peck, Rev. Sci. Instrum. **26**, 444, (1955).
9. M. Varićak, Glasnik Mat. Fiz. i Astr. **10**, 199, (1955).
10. C. Magnan, J. Physique Rad. **17**, 592, (1956).
11. M. Varićak, B. Saftić, 1957 (En préparation)

COCKROFT I WALTON AKCELERATOR OD 200 kV ZA DOBIVANJE NEUTRONA

M. Paić, K. Prelec, P. Tomaš, M. Varićak i B. Vošicki,
Zagreb

U Institutu »Ruđer Bošković« izgrađen je Cockroft i Walton akcelerator za ubrzavanje deuteronu, koji služe za dobivanje neutrona pomoću D-D i D-T reakcija.

Akcelerator se sastoji iz: visokonaponskog ispravljača od 200 kV, 10 mA u Delon-Greinerovu spoju; izolacionog transformatora 220/220 V, 2 kW, izoliranog na 200 kV, za napajanje uređaja, koji se nalaze na visokom naponu; visokofrekventnog izvora iona, s dovodom deuterija iz elektrolitske ćelije, filtriranog kroz užareni paladij; akceleratorске cijevi i pet elektroda, koje tvore četiri elektrostatske leće za fokusiranje snopa iona, a tako načinjene, da sprečavaju raspršenim ionima i elektronima pristup do stijene izolatora, što je važno za stabilnost ionskog snopa.

Srednji uzemljeni dio prostora, kojim prolaze ioni, nosi jedan ogranak za priključak na vakuumske sisaljke, preko velikog Kingova zasuna, i aksijalni otvor za priključak cilja preko malog Kingova zasuna. Isisavanje se vrši pomoću rotacione sisaljke brzine sisanja 13 l s^{-1} , i difuzione sisaljke sa silikonskim uljem, brzine sisanja 300 l s^{-1} . Pare silikonskog ulja kondenziraju se u velikoj stupici hladenoj tekućim zrakom. Uređaj se može isisati pomoću rotacione sisaljke uz odvojenu difuzionu sisaljku. Za vrijeme rada akceleratora tlak u cijevi iznosi 10^{-5} mm Hg . On se mjeri Penningovim i termistorskim manometrima.

Cilj je teški led ili apsorbirani tricij. Hlađenje cilja provodi se tekućim zrakom. U stalnom pogonu cilj iz teškog leda može izdržati gustoću ionske struje od $430 \mu\text{A cm}^{-2}$ kod 200 kV. Promjer snopa, kad je sapnica ionskog izvora promjera 2,5 mm, može se po volji mijenjati od 4 do 10 mm. Budući da cilj reže snop pod kutom 45° , to kod širokog snopa cilj može u stalnom pogonu izdržati ionske struje do $500 \mu\text{A}$. Tokom rada generatora snop na cilju ne mijenja svoj položaj. Fokusacija snopa kontrolira se neprekidno pomoću izoliranih kvadranata i dijafragme. Od ukupne ionske struje se manje od 10% gubi na tim kvadrantima i na dijafragmi.

Upravljanje i kontrola akceleratora vrši se s komandnog stola, koji se nalazi u posebnoj kabini, iz koje se mogu vidjeti i mjerni instrumenti na visokom naponu. Uređaj je osiguran i zaštićen od pogrešnih zahvata i poremećenja.

(Primljeno 7. XI. 1957.)