Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 49 (1958)
Heft: 14

Artikel: CERN : recherches fondamentales dans un cadre international
Autor: Iselin, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058537

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

oscillogrammes, et un facteur de correction correspondant doit être alors utilisé. Avec les notations de la fig. 4 le facteur k_1 peut être évalué à partir de l'oscillogramme comme suit:

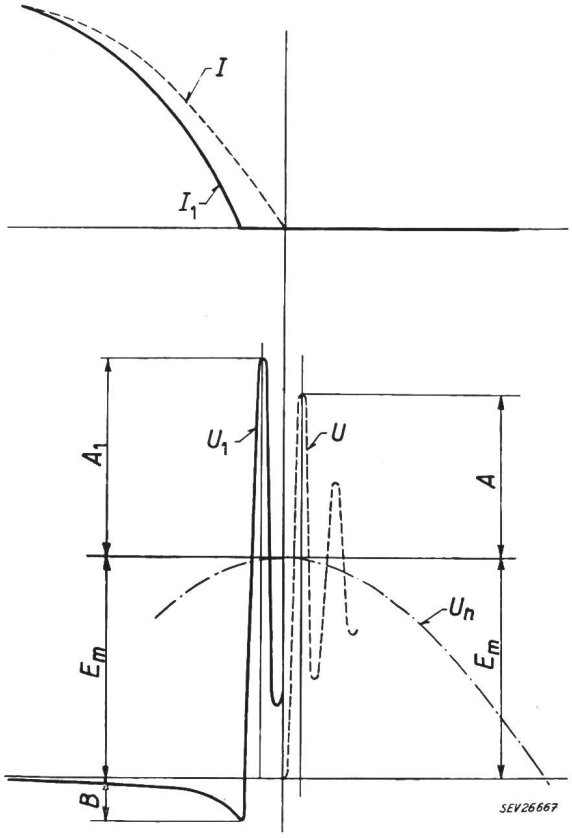


Fig. 4

Détermination du facteur d'amplitude propre d'un réseau, k_1, à partir d'un oscillogramme d'essai direct de court-circuit

Correction de l'influence de la tension d'arc

U_n tension de rétablissement à fréquence de service (prise comme constante); U tension transistoire de rétablissement propre au réseau; U_1 tension transistoire de rétablissement relevée par l'oscillographe; E_m valeur de crête de la tension de rétablissement à fréquence de service; B pointe de tension à l'extinction de l'arc; $A + E_m$ plus grande amplitude de la tension transistoire de rétablissement propre au réseau; $A_1 + E_m$ plus grande amplitude de la tension transistoire de rétablissement relevée par l'oscillographe; I courant de court-circuit lorsque les contacts sont fermés; I_1 courant dans l'arc;

$$k_1 = \frac{A_1 + E_m + B}{E_m + B} = \frac{A + E_m}{E_m} = \text{facteur d'amplitude propre du réseau}$$

$$k_1 = \frac{A_1 + E_m + B}{E_m + B} = \frac{A + E_m}{E_m} \qquad (6)$$

Cette formule a déjà été adoptée en principe par la CEI.

L'exposé ci-dessus peut en partie expliquer les différences qui existent entre les grands facteurs d'amplitude obtenus lors des essais effectués avec des modèles réduits de réseau, des générateurs d'impulsion et les calculs d'une part, et lors des essais directs de court-circuit d'autre part. Les effets dus à la réactance subtransitoire décrits plus haut ne peuvent apparaître dans le cas d'essais effectués sur modèles réduits ou avec un générateur d'impulsion, mais seulement dans le cas d'essais directs sur réseaux à haute tension. Dès lors pour toutes les méthodes de détermination de la tension transitoire de rétablissement (modèles réduits, générateur d'impulsion, calculs ou enclenchement d'un transformateur à vide), exception faite des essais directs, une correction devra être effectuée. Ou inversement, si lors de l'essai direct d'un disjoncteur on doit reproduire un facteur d'amplitude déterminé par une méthode autre que la méthode directe, ce facteur sera mesuré, sur les oscillogrammes, en prenant comme base la tension de rétablissement à fréquence de service E_m au moment de l'interruption du courant. Pour évaluer E_m dans le cas d'une tension oscillant avec une seule fréquence propre on peut prendre sur l'oscillogramme cathodique, la valeur moyenne entre les enveloppes supérieure et inférieure de la tension transitoire de rétablissement, au moment de l'interruption du courant.

Ce qui a été dit sur le facteur d'amplitude doit être appliqué à la vitesse d'accroissement de la tension qui lui est proportionnel.

En des points d'un réseau éloignés de la source l'effet décrit est un peu moins sensible. Cependant, comme il est bien connu, il existe alors d'autres facteurs qui aménuisent les effets de la tension transitoire de rétablissement, comme par exemple les fréquences propres basses consécutives aux fortes capacités des conducteurs, l'amortissement du facteur d'amplitude par suite de la résistance d'onde de ces mêmes conducteurs etc.

Adresse de l'auteur:
Dr ès sc. math. *P. Baltensperger*, S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden (AG).

CERN — Recherches fondamentales dans un cadre international

Conférence donnée à la 73e Assemblée générale de l'ASE, le 29 septembre 1957, à Genève,
par *F. Iselin*, Genève

061.1(4) CERN : 539.14.001.5

I. Introduction

L'intérêt manifesté par l'Association Suisse des Electriciens et l'Union des Centrales Suisses à l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN) démontre éloquemment que dans l'avenir proche ou lointain les routes de la science et de la technique vont se rejoindre dans le domaine nucléaire.

Si nous nous permettons en ce moment de marquer une légère différence entre science et technique, c'est déjà pour indiquer que le CERN — comme nous le verrons encore plus loin — n'a pas pour mission de réaliser quoi que ce soit qui utilise l'Energie nucléaire comme base d'un système, que ce soit la fabrication de générateurs d'énergie ou de perfectionnements de piles existantes.

Le but du CERN peut se définir en un mot bien simple: *comprendre*. Il s'agit en effet d'expliquer, de comprendre le jeu mystérieux des forces qui lient les constituants de l'atome et d'établir les lois exactes de ces forces.

La science nucléaire a fait d'énormes progrès ces dernières années, cependant il reste — j'allais dire heureusement — beaucoup à expliquer et à découvrir. La nécessité absolue d'une compréhension complète des phénomènes nucléaires ne se discute pas et dans quelques années on verra l'énorme bénéfice pratique apporté à toute l'industrie nucléaire par les noyaux de savants actuels.

Des recherches pures d'une telle envergure ne pouvaient se réaliser que dans un cadre très vaste car elles nécessitaient la construction d'engins très coûteux. D'autre part, le désir souvent exprimé des savants pour une collaboration pratique et prolongée trouve enfin une réalisation qui leur permet d'espérer les meilleurs résultats. Outre les discussions privées qui préparèrent un terrain propice à la réalisation du CERN, il y a une dizaine d'années déjà, on peut citer l'influence des Louis de Broglie (France) et du Professeur Rabi (Etats-Unis) ainsi que celle de l'imposante organisation de l'Unesco.

En 1949, 1950, 1951, 1952 eurent lieu diverses conférences qui aboutirent à la signature d'une procédure de ratification pour la création d'un Conseil Européen de la Recherche Nucléaire ou CERN. En mai 1952, ce Conseil se réunissait en première séance officielle. 12 pays en font partie: ce sont tous les pays d'Europe, sauf l'Espagne, la Finlande et les pays à l'Est du rideau de fer. Comme siège de l'organisation, Genève fut choisie à l'unanimité pour sa position géographique et ses traditions internationales.

En 1953, le Conseil approuva un rapport qui décrivait les deux machines que l'on prévoyait de construire ainsi que les laboratoires. Ce rapport donnait également une estimation du coût de l'installation et des frais de fonctionnement. La tâche de préparation qui était celle du Conseil était terminée. Une Convention fixant l'établissement d'une «Organisation pour la Recherche Nucléaire» fut acceptée. Par sympathie, par raison d'euphonie et par habitude, le mot «CERN» fut conservé, le C étant compris pour «Organisation». Nous extrayons de la Convention l'Article II qui exprime entièrement le but recherché par la création du CERN:

Art. II

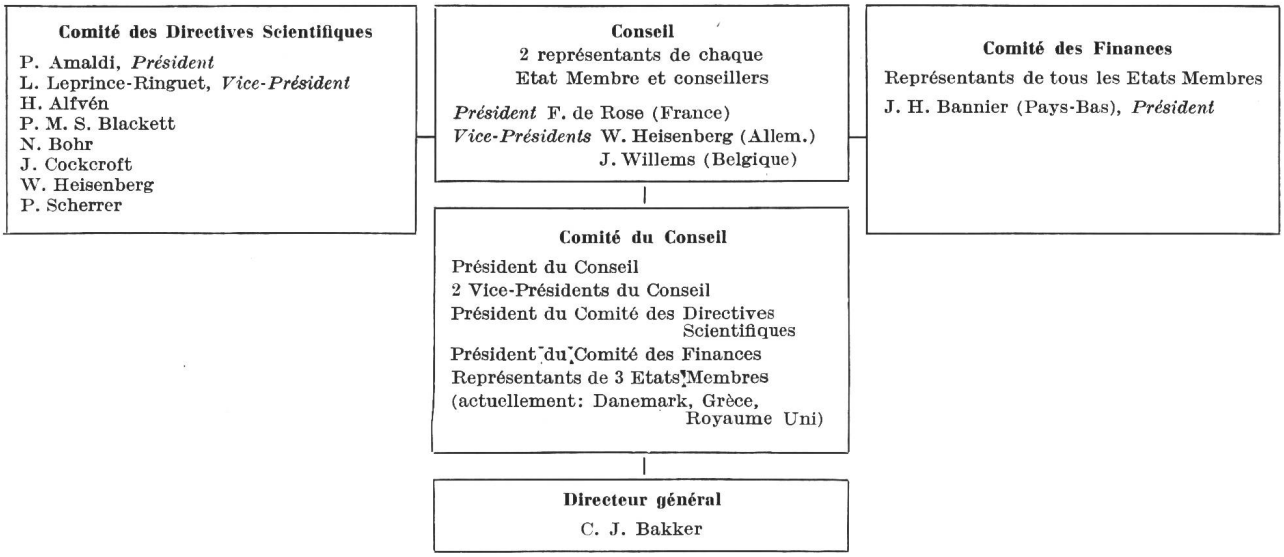
«L'organisation (donc le CERN) assure la collaboration entre Etats Européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci. L'organisation s'abstient de toute activité à fins militaires et les résultats de ses travaux expérimentaux et théoriques sont publiés ou, de toute autre façon, rendus généralement accessibles.»

Il est donc entendu que quiconque désire des renseignements concernant des travaux réalisés au CERN n'aura aucune difficulté à les obtenir, que cela concerne des travaux théoriques ou techniques, schémas d'appareils, etc.

II. L'organisation administrative

L'organisation administrative du CERN est indiquée aux fig. 1 et 2. Le Conseil comprend deux représentants de chaque nation et des conseillers.

Fig. 1
Organigramme de l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire
(au 31 janvier 1958)



Le Président actuel est Sir Ben Lockspeiser (Royaume Uni). Existent en outre:

1 Comité des Directives Scientifique,
1 Comité des Finances,
1 Comité du Conseil proprement dit.

Le Directeur du CERN en la personne du Professeur Bakker, d'Amsterdam, est le chef exécutif du CERN qui comprend 6 sections ou Divisions qui sont:

1. celle du Protons Synchrotron ou PS,
2. celle du Synchro Cyclotron ou SC,
3. la Division des Services Scientifiques et Techniques ou SST,
4. les Sites et Bâtiments ou SB,
5. la Division des Etudes théoriques (partiellement à Copenhague et Genève),
6. l'Administration.

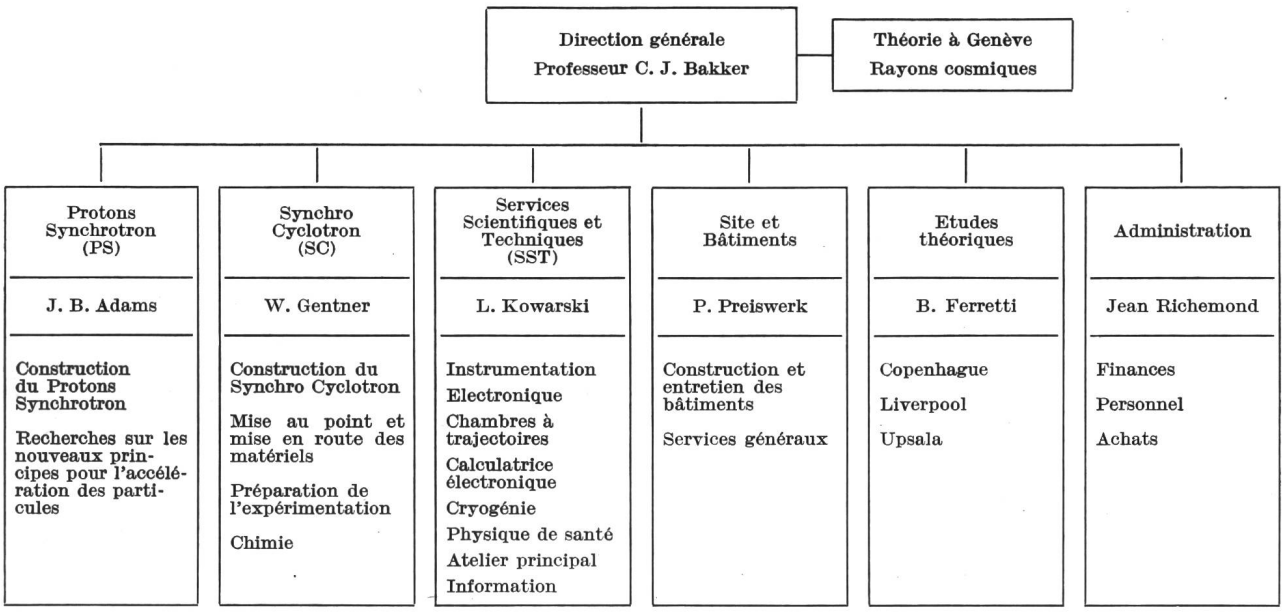


Fig. 2
Organisation interne au 31 janvier 1958

III. Les accélérateurs de particules

Pour atteindre les buts qu'il s'est fixés, le CERN a mis en chantier la construction de 2 grandes machines accélératrices de particules.

1 «Petite» de 600 MeV [1]), le Synchro Cyclotron (SC),

1 «Grande» de 25 000 MeV, le Protons Synchrotron (PS).

Le SC est en voie d'achèvement et l'on a pu lire dans la presse que la machine fonctionne maintenant déjà à l'intensité maximum. Le PS sera achevé en 1960 seulement vu l'immensité du travail à accomplir. La fig. 3 donne un aperçu de l'ampleur des travaux en cours.

1. Principe de fonctionnement des deux machines

Les deux machines sont assez différentes malgré le but commun poursuivi: l'accélération à de très hautes vitesses de particules ionisées (protons). Ces protons (noyaux d'hydrogène) sont accélérées à une vitesse v se rapprochant de la vitesse de la lumière, celle-ci étant la limite théorique possible (300 000 km/s). Par bombardement de ces protons extrêmement rapides sur une cible, on obtient un démantèlement du noyau bombardé. Les nouvelles particules qui prennent naissance alors, soit par exemple mésons μ, π, κ, soit le rayonnement obtenu, soit l'état énergétique des noyaux après le choc, permettent de tirer des conclusions sur la constitution de la matière et particulièrement sur les lois des forces qui régissent le noyau, ces lois n'étant pas encore connues ou du moins pas encore comprises entièrement.

Fig. 3
Vue aérienne du Cern (1957)

[1]) L'eV (électron-Volt) est l'énergie d'un électron ayant traversé un champs de 1 Volt. Or, 1 électron a une charge de $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Coulombs (As) donc 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ws (env. $4{,}5 \cdot 10^{-26}$ kWh).

Pourtant, il existe dans la nature même — et sans l'obtention d'aucun crédit — des rayonnements et des énergies équivalents et même bien supérieurs aux machines actuelles. Ce sont les *rayons cosmiques* qui bombardent la terre jour et nuit de manière irrégulière avec des énergies pouvant aller jusqu'à 50 fois celle du grand Protons Synchrotron. Mais la très faible densité de ce bombardement et la rareté du phénomène n'arrivent pas — même gratuitement — à compenser la régularité d'une source obéissante, réglable et périodique.

Les rayons cosmiques gardent quand même leur importance tout d'abord pour la connaissance qu'on se doit d'avoir sur eux et sur leur origine et ensuite pour les énergies énormes mises en jeu, irréalisables actuellement.

Le CERN a d'ailleurs un groupe «Rayons cosmiques» de la Division SST qui se trouve le plus souvent au Jungfraujoch à l'observatoire du Sphinx où une petite chambre de Wilson a été installée.

2. *Le Synchro Cyclotron (SC)*

Le SC (fig. 4) se compose d'un aimant entre les pôles duquel se trouve une chambre à vide de forme approximativement carrée. Le vide est obtenu par 3 pompes mécaniques et 2 pompes à diffusion; on obtient ainsi $6 \cdot 10^{-6}$ mm Hg.

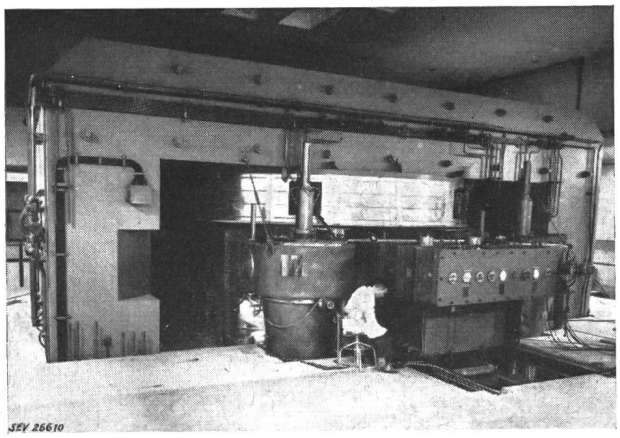


Fig. 4
Le Synchro Cyclotron (SC)

L'injection — ou l'introduction — des protons se fait au centre de la chambre à vide au moyen d'une source à cathode chaude du type à arc. L'intensité moyenne est de 0,2 μA. A l'intérieur de la chambre est placée une électrode accélératrice dénommée «Dee» connectée à l'extérieur à une source HF. Les protons prennent un mouvement en spirale accélérée sous l'influence du champ magnétique et de la HF appliquée au «Dee».

Les particules subissant une augmentation énorme d'énergie (donc de masse, selon la loi de la relativité) ont tendance à rompre le synchronisme avec la HF. Pour cette raison, celle-ci doit varier en décroissant à mesure que la vitesse des particules augmente. Au départ on a 28,7 Mc./s pour terminer à 16,6 Mc./s. Ce glissement de fréquence est obtenu par une capacité variable dans le circuit d'accord. Le processus se répétant périodiquement, une fois l'accélération terminée, les protons sont éjectés, la HF ramenée à la fréquence de départ, etc. La fréquence de répétition est de 55 c./s.

La capacité variable peut être réalisée sous forme d'une capacité rotative ou alors à l'aide d'un diapason. La solution diapason a été choisie et semble donner toute satisfaction après avoir quelque peu fait douter d'elle (vibrations harmoniques qu'il a fallu éliminer ainsi que la variation de capacité à obtenir de l'ordre de 10 à 1). Mais ici pas de problème de paliers comme on en rencontre dans les capacités rotatives. Voici encore quelques chiffres:

Poids de l'aimant: 2500 t
Diamètre des disques polaires: 5 m
Puissance dissipée dans les bobines: 1000 kW

Avec le SC, le CERN va donc pouvoir immédiatement disposer d'un outil de base très utile permettant d'étudier la plupart des particules étranges découvertes ces dernières années.

Les expériences faites servent également à mesurer des constantes nucléaires tout comme on mesurerait une résistivité, une dureté, etc.

3. *Le Protons Synchrotron (PS)*

Le PS (fig. 5) se distingue surtout — à part sa taille — de son voisin le SC par son système d'injection et son principe d'accélération. Il est formé par un grand tunnel circulaire de 200 m de diamètre. Les particules sont accélérées dans une chambre à vide de section elliptique d'environ 8 sur 15 cm circulant entre les pôles de 100 aimants. Ces aimants sont disposés sur un anneau de béton qui repose élastiquement sur le sol par des piliers d'acier (voir fig. 6, 7 et 8). Chaque aimant est formé lui-même de 10 blocs. Alternativement le champ magnétique agit dans un sens focalisateur vertical puis focalisateur dans le sens horizontal. Ce système à «gradients alternés» a été suggéré pour la première fois en Amérique en 1952 et permet une focalisation du faisceau de protons bien supérieure aux machines à gradients constants. La fig. 9 montre un des 100 aimants focalisateurs dans lequel est monté un élément de la chambre d'accélération.

Raccordé tangentiellement à l'anneau, un accélérateur secondaire, le «Linac» (ou «Linear Accelerator») injecte déjà les ions à 50 MeV dans la chambre à vide du PS, celui-ci ne pouvant accélérer des particules à partir de la vitesse 0. L'accélérateur linéaire doit son nom au fait que l'accélération se fait selon une ligne droite à travers une succession de cylindres sur lesquels on applique de la HF déphasée de manière correcte. Les ions se trouvent alors dans la chambre à vide où ils vont être accélérés à quelque 99 % de la vitesse de la lumière en 1 seconde. Tout proton touchant la paroi est perdu, or il faut 500 000 tours complets pour permettre aux cavités d'accélération réparties le long de la circonférence de porter l'énergie de 50 MeV à 25 000 MeV en augmentant simultanément le champ magnétique de 0 à son maximum. On voit donc l'importance de la stabilité de la construction, la rigoureuse exacti-

tude des systèmes électroniques de commandes et de mesure pour conserver les particules à de telles vitesses sur une distance d'environ $500\,000 \cdot 2\,\pi\,R$ = 320 000 km.

Les solutions raffinées utilisées, les calculs exacts des théoriciens et les exigences très sévères posées aux fabricants des tôles d'aimants, à ceux des ferrites pour les cavités d'accélération, aux entrepreneurs

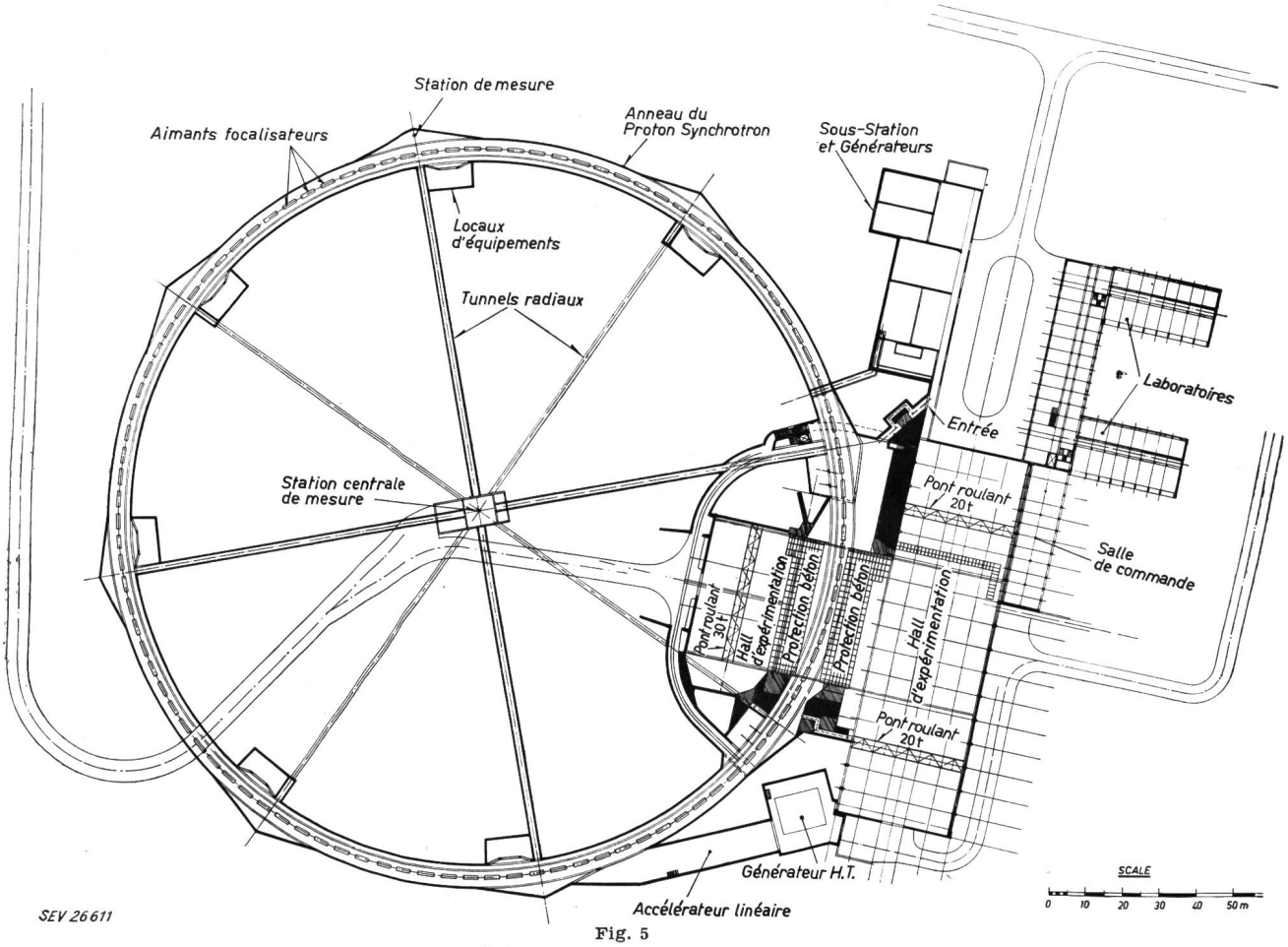


Fig. 5
Plan général du Protons Synchrotron (PS)

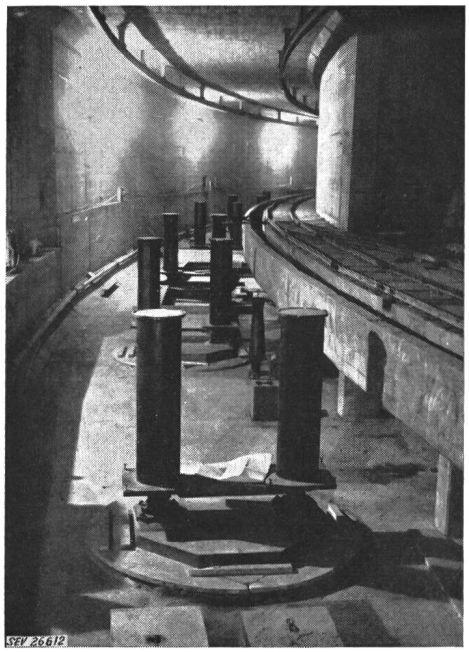


Fig. 6
Colonnes supportant l'anneau du PS (1957)

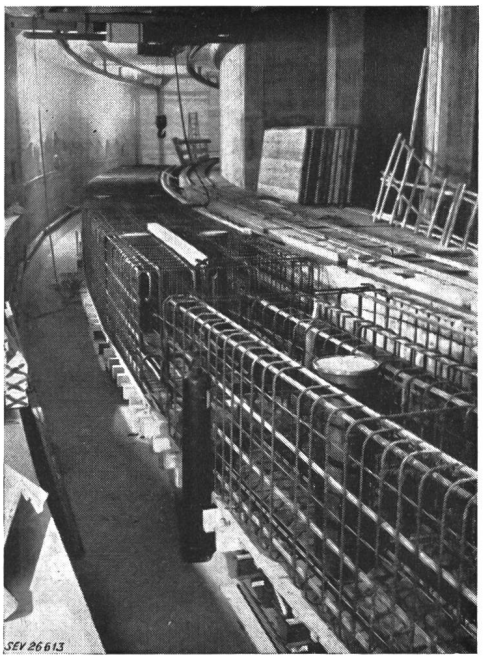


Fig. 7
Armature de l'anneau du PS (1957)

pour la qualité extrêmement régulière du béton ainsi qu'aux géologues, permettent de réaliser une machine «relativement» économique. Notons encore que la température ambiante du tunnel sera tenue constante par air et par eau, l'eau circulant dans des tuyaux enrobés dans l'anneau.

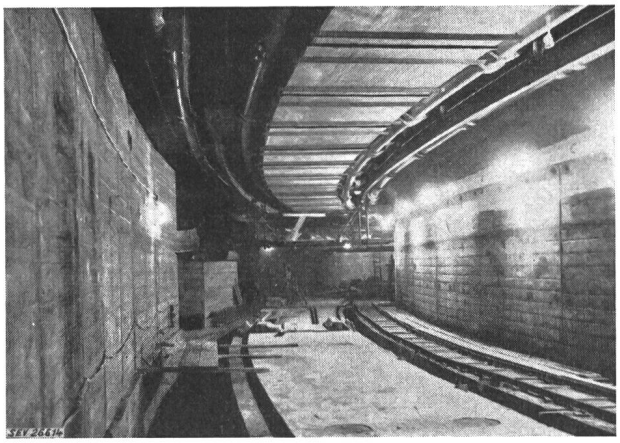


Fig. 8
Anneau terminé du PS (1957)

Le poids de l'aimant sera de 3200 t pour 25 GeV, contre 10 000 t pour 6 GeV pour une machine américaine à focalisation constante [2]). La science de l'«aller à la limite» — et avec sûreté — dans tous les domaines (magnétiques, géodésique, électronique et théorique) ainsi que les modèles étudiés en détails feront du PS une machine extraordinairement in-

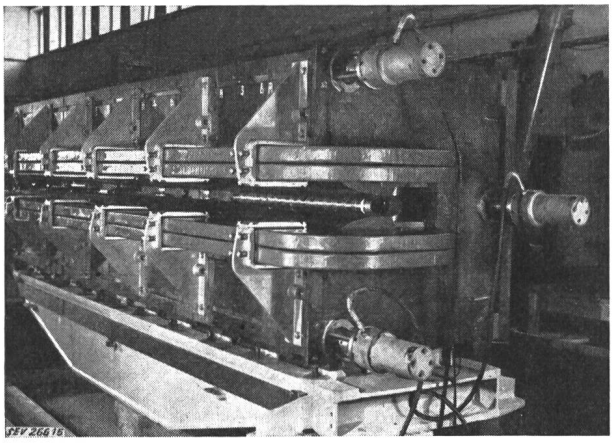


Fig. 9
Aimant focalisateur du PS (1957)
avec un élément de la chambre d'accélération

telligente. La fig. 10 montre l'intérieur du tunnel; on remarque l'anneau de béton sur lequel viendront les aimants, les cavités d'accélération et la chambre à vide. Le domaine des hautes énergies trouve donc ici un outil merveilleux qui permettra d'explorer toujours plus finement la structure interne des particules. L'obtention par exemple d'un anti-proton sera possible, l'expérience nécessitant l'emploi d'une énergie d'approximativement 6 MeV.

[2]) 1 GeV = 1 Gigaélectronvolt = 10^9 eV.

IV. Techniques générales

En dehors des 2 divisions SC et PS, la *Division des Services Scientifiques et Techniques* (SST) oriente ses efforts vers l'étude et le lancement des différentes techniques spécialisées appelées à contribuer aux travaux de recherche faits avec les accélérateurs. Citons: les *techniques du froid* (hydrogène liquide / azote liquide) pour l'utilisation des chambres à bulles dont nous allons parler plus loin, la construction de 2 *chambres de Wilson* pour une expérience sur les mésons κ, la *biochimie* ou l'étude du rayonnement sur l'organisme humain et surtout la protection de cet être humain contre les doses trop fortes de radiation, enfin la *construction d'appareils spéciaux* tels que le dépouillement automatique des photographies.

Fig. 10
Intérieur du tunnel du PS (1957)

Egalement sous l'égide du SST, nous verrons au printemps 1958 l'installation d'une *calculatrice électronique* digitale à mémoire sur cylindre magnétique et à noyaux en ferrite pour la mémoire rapide. Cette calculatrice est destinée à aider puissamment les théoriciens et d'autre part à digérer les quantités énormes de coordonnées de traces nucléaires qu'aura produit le dépouillement semi-automatique des photographies à l'aide de l'Instrument pour l'Evaluation Photographique (IEP).

Outre ces tâches techniques, le SST comprend tout le service *d'information scientifique* avec sa bibliothèque, ses services de photographie, de copies et de classement, ce qui — dans une telle organisation — n'est pas du tout une sinécure!

V. Introduction à l'instrumentation de base

1. Les échelles ou compteurs

Le but des échelles est le comptage du nombre des impulsions reçues pendant une certaine expérience. La rapidité maximum de comptage ou résolution étant leur principale caractéristique.

Les échelles à Flip-Flop (FF), combinaison de 2 lampes ou 2 transistors formant bascule électronique, permettent une très grande rapidité de comptage. On a atteint dernièrement 30 Mc./s avec des

transistors dans les laboratoires du Professeur Baldinger à Bâle. La limité étant donnée par le transistor surtout, par connexions à la suite l'un de l'autre de n FF, on peut compter ainsi jusqu'à 2^n. Les résultats sont obtenus sous la forme dite binaire, par exemple

$$\begin{array}{ccccc} 1 & 0 & 1 & = & 5 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\ 2^2 & 2^1 & 2^0 & & \end{array}$$

L'indication de la position des FF est réalisée par tubes à néon, ou par un voltmètre gradué de 0 à 9.

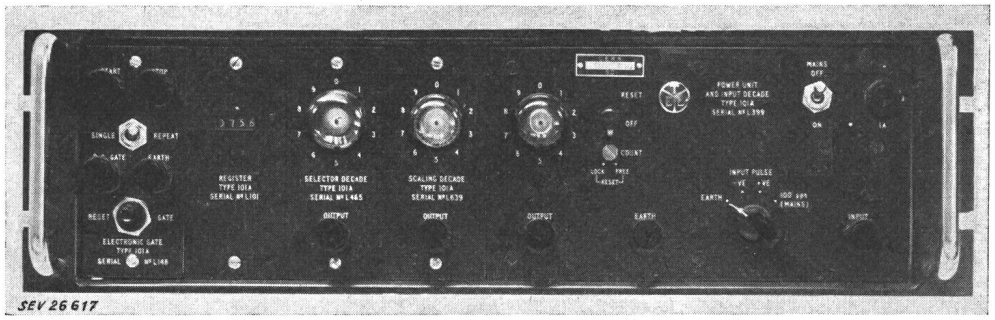


Fig. 11
Compteur à décatrons

Les échelles à *tubes à gaz* utilisant des lampes dites décatrons sont très utilisées lorsque la fréquence de comptage n'est pas trop élevée (3 kc./s environ). Le décatron comporte une enveloppe de verre, 10 électrodes principales, 20 électrodes secondaires (fig. 11). A chaque impulsion, le spot lumineux avance de 1 et il suffit de lire le chiffre en regard du spot pour déterminer le chiffre cherché. Chaque tube compte jusqu'à 10. Par connexion de n de ces tubes en série on peut compter jusqu'à 10^n.

Les échelles à *trochotrons* (fig. 12) sont basées sur le fait que les électrons émis par une cathode centrale (chauffée) et attirés par des anodes en cercle autour d'elle tournent sous l'influence d'un champ magnétique. Le mouvement de rotation n'a lieu que lorsqu'une impulsion d'une forme bien déterminée arrive sur les électrodes auxiliaires. Le faisceau d'électrons saute alors de n à $n+1$. Les trochotrons permettent des fréquences de comptage maximum de l'ordre de 10 Mc./s. Ce sont donc également des compteurs décimaux. L'indication de la position du chiffre est donnée par luminescence de l'anode frappée par les électrons ou dans d'autres types par un indicateur à néon séparé branché sur le trochotron.

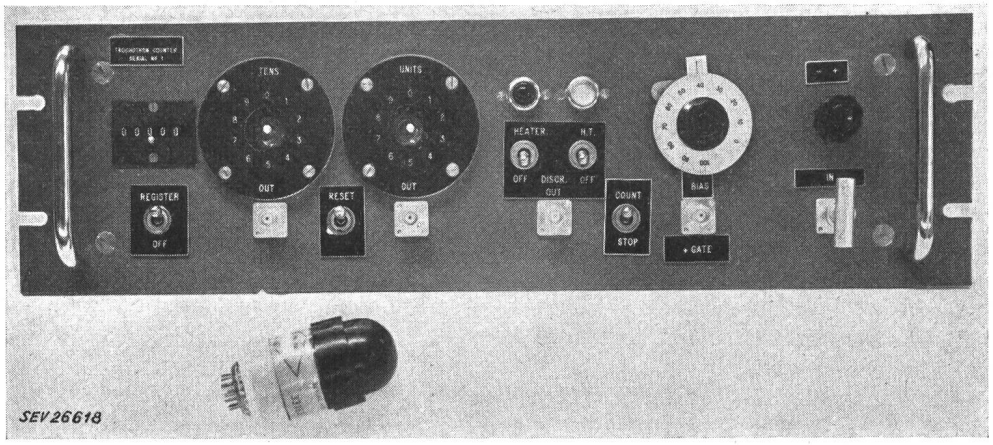


Fig. 12
Compteur à trochotrons

2. *Les détecteurs*

Outre les échelles et même avant elles puisque ce sont eux qui donnent les impulsions à compter, nous avons les *détecteurs*. Le détecteur est, comme son nom l'indique, un appareil permettant de détecter une particule, sa position dans l'espace tout d'abord et parfois son énergie. Citons entre autres le détecteur Geiger-Müller, le détecteur Cerenkov, le détecteur à scintillation, etc. Fig. 13 montre le principe de la détection d'une particule avec un scintillateur au plastic.

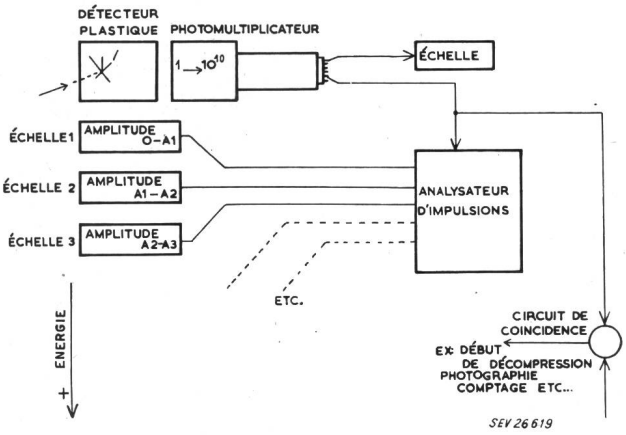


Fig. 13
Principe de la détection d'une particule avec un scintillateur au plastique

Une particule arrivant avec une vitesse v_0 pénètre dans le bloc de plastic, produisant une lumière. La lumière ainsi obtenue, et qui peut être très faible, est détectée par un photomultiplicateur (multiplicateur d'électron). L'impulsion de sortie obtenue peut alors être étudiée. La hauteur de cette impulsion est une image directe de l'énergie de la particule. Donc une analyse de toutes les impulsions reçues au cours d'une expérience permettra d'obtenir la répartition du nombre d'impulsions par groupe d'amplitudes ou d'énergie (fig. 14).

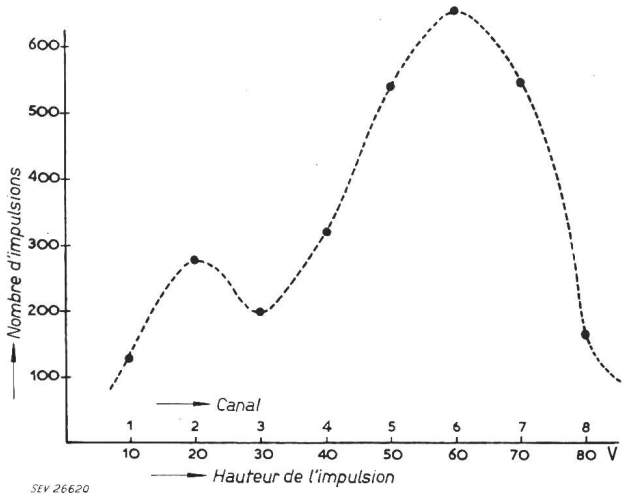


Fig. 14
Exemple d'une courbe obtenue à l'aide d'un analysateur d'impulsions
La hauteur de l'impulsion est une image directe de l'énergie de la particule

3. *Analysateur d'impulsion*

L'analysateur d'impulsion a pour but d'obtenir la courbe indiquée à la fig. 14. Les impulsions quelconques fournies à cet appareil de 0 à 100 V par exemple sont triées par canal; chaque canal étant par exemple de 1 V, on aurait donc ici à faire à un analysateur à 100 canaux. Les mémoires utilisées pour ces analysateurs varient de la ligne à nickel aux blocs de quartz en passant par la mémoire magnétique sous toutes ses formes (cylindres, ferrites). Le résultat est souvent présenté sous forme oscillographique soit digitalement en code binaire le plus souvent, soit également sous forme directe analogue $n = f(h)$ ou $h = f(n)$.

4. *Mesure de vitesse (temps de vol)*

Souvent dans une expérience nucléaire, il s'agit d'étudier un phénomène dans un temps extrêmement court, de l'ordre de la nanoseconde (millimicroseconde), par exemple, le temps de vol entre 2 points. Outre les délais nécessaires qui sont facilement réalisables par câbles coaxiaux, il s'agit de réaliser des circuits dits de coïndence. Comme son nom l'indique, un circuit de coïncidence donne une sortie s'il y a coïncidence entre les 2 signaux d'entrée. Le principe en est très simple, cependant la réalisation en est rendue délicate par les précautions à prendre pour conserver une rapidité extrême de temps de montée (rise time) de l'ordre de 1 ns [3]).

[3]) 1 ns (nanoseconde) = 10^{-9} = 1 mμs (millimicroseconde).

On est arrivé à mesurer actuellement des temps t de l'ordre de 10^{-10} s, par exemple si $v_0 = c = 300\,000$ km/s on obtient pour $l = 7{,}5$ cm $t = 10^{-9}$ s.

Comme autres appareils détecteurs de particules ou plutôt *visualisateurs de particules,* citons encore la chambre de Wilson et la chambre à bulles. Les deux permettent de voir et de photographier les traces des particules nucléares au moment précis où les circuits électroniques couplés à l'expérience déclarent: voici un «événement» intéressant, photographiez-le. La chambre à bulles, invention toute récente, due au Dr Glaser, des Etats-Unis, est en train de détrôner la chambre inventée par le Professeur Wilson du Cavendish Laboratory.

5. *Chambre Wilson*

Par une alternance de pressions et décompressions, une vapeur d'alcool contenue dans la chambre est mise en sursaturation, prête donc à se condenser. Dès que vient l'ordre «photographiez» donné par les circuits électroniques (coïncidence double, triple ou multiple) une brusque détente a lieu (augmentation brusque du volume de la chambre). La condensation se forme mais elle se forme d'abord sur les traces des particules ionisées qui viennent de la traverser. En effet, celles-ci en traversant la vapeur l'ont ionisée elle-même et si la photo est prise à la milliseconde juste, on verra les traces formées par une multitude de gouttelettes. Pour effacer les traces obtenues par une détente et préparer le cycle pour la photo suivante, il faut compter environ 5 min donc maximum environ 12 photos/heure.

6. *La chambre à bulles*

C'est une transposition sur le plan liquide de ce qu'était la chambre de Wilson sur le plan «vaporeux». Un liquide à très basse température tel que l'hydrogène liquide est comprimé en dessous du point d'ébullition. Dès qu'un phénomène intéressant est détecté on permet l'ébullition. Comme précédémment des bulles prennent naissance tout d'abord le long des traces ionisées et permettent la photographie de la réaction nucléaire.

Il y a évidemment, et tout comme la chambre de Wilson, des conditions critiques à remplir en ce qui concerne les pressions, les gradients de température, les synchronisations, etc. Dans tous les laboratoires nucléaires du monde on construit actuellement des chambres à bulles. Le CERN en construit actuellement une de 10 cm de diamètre pour se faire la main en vu d'une de 30 cm en projet. L'avantage énorme des chambres à bulles (hydrogène liquide, propane liquide ou autre) réside en deux points: le cycle de fonctionnement est relativement très court (3 à 5 s) donc permet environ 900 photos par heure, et la densité de matière étant beaucoup plus forte qu'une vapeur, la probabilité d'obtenir un choc nucleaire, donc un phénomène intéressant, est augmentée fortement.

De l'utilisation des chambres à bulles découlent deux besoins nouveaux. Tout d'abord une fabrication

d'hydrogène liquide régulière et ensuite un appareil semi-automatique de dépouillement photographique vu le nombre énorme de photos à analyser. Pour répondre à ces besoins, un bâtiment séparé a été prévu destiné à produire de l'hydrogène liquide. La production — déjà commencée — pourra être de l'ordre de 20 l/heure.

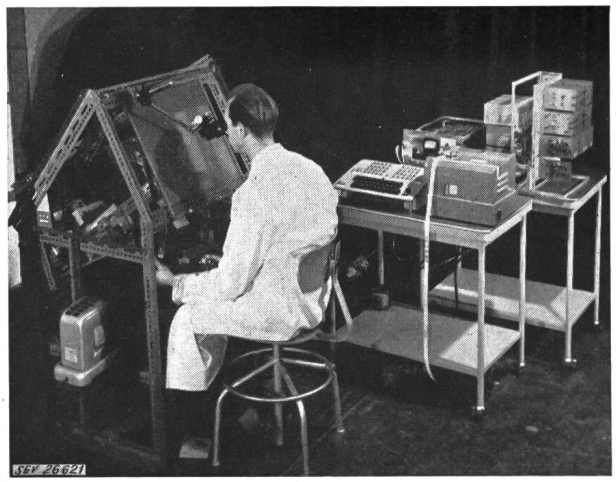


Fig. 15
Prototype de l'Instrument pour l'Evaluation des Photographies (IEP)

Dans le dépouillement photographique, le but primordial est l'obtention rapide des coordonnées des traces. Le calculateur électronique que le CERN va recevoir ces prochains mois fera alors à partir de ces coordonnées tous les calculs nécessaires en tenant compte des paramètres donnés. Cet Instrument pour l'Evaluation des Photographies (IEP) est en construction actuellement, il comporte une table de mesure légèrement transformée, un système de projection et une partie électronique entièrement à transistors. La fig. 15 montre le premier prototype. Les coordonnées sortiront sous forme binaire sur papier perforé avec une précision de 2,5 μm. Un premier projet bientôt terminé prevoit que l'opérateur suivra la trace photographique comme un conducteur d'auto suit une route. Un système entièrement automatique est également prévu.

VI. L'installation électrique générale

Après ce bref exposé de quelques types d'appareils, voici une rapide description de l'installation électrique générale du CERN. Une ligne à haute tension (130 kV) relie les usines du Valais à l'usine hydroélectrique de Verbois, puis à la France. La station de la Renfile près de Vernier, Genève, est intercalée dans cette ligne. Elle est composée de 2 transformateurs de 30 000 kVA qui abaissent la tension à 18 kV. De la construction, 3 câbles souterrains de 7000 kVA chacun transportent l'énergie au CERN. La sous-station du CERN comporte 4 transformateurs de 18 kV/380-220 V, 1 pour le SC, 1 à la centrale, 2 pour le PS. Un groupe Diesel de secours de 1100 kW (1500 PS) est installé en cas de panne du réseau. Des interconnexions de secours éviteront de gros dégâts en fournissant l'électricité aux organes vitaux (circulation d'eau de refroidissement, appareils de sécurité, etc.).

VII. L'administration et la division des Etudes théoriques

L'administration comporte 3 services principaux, le Service des Finances, le Service du Personnel et le Service des Achats.

Le Service des Achats a passé en 1956, 7900 commandes pour environ 30 millions francs suisses, les dépenses totales annuelles ayant été d'approximativement 40 millions. Cet argent, obtenu par les 12 nations membres, leur est demandé en fonction de leur revenu national, selon un barême fixé par une majorité de ²/₃ du Conseil. Actuellement, la répartition est la suivante:

Belgique	4,88 %	Pays-Bas	3,68 %
Danemark	2,48 %	Rép. Féd. allemande	17,70 %
France	23,84 %	Royaume-Uni	23,84 %
Grèce	0,97 %	Suède	4,98 %
Italie	10,20 %	Suisse	3,71 % [3]
Norvège	1,79 %	Yougoslavie	1,93 %

Autant qu'il est possible ce pourcentage doit s'adapter au personnel employé et aux commandes passées à l'extérieur. Un programme d'investissement a été prévu pour un bon fonctionnement de l'Organisation, ce programme est indiqué à la fig. 16.

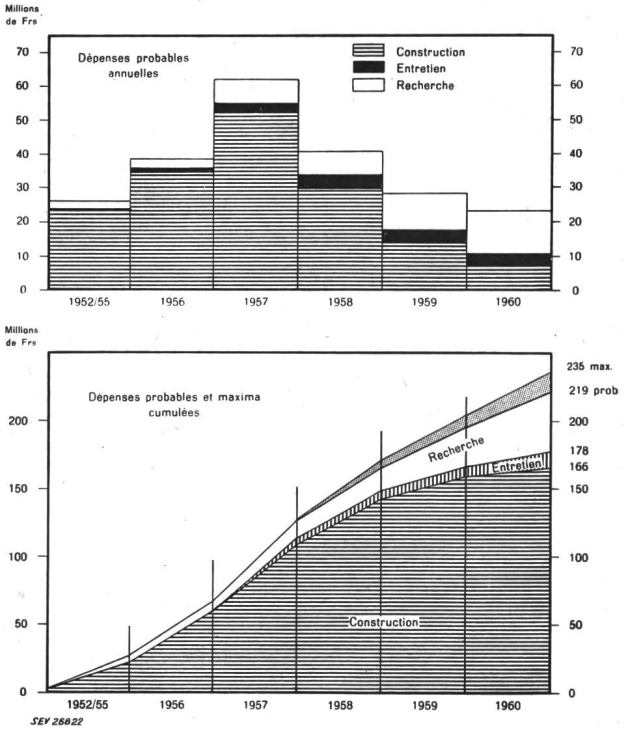


Fig. 16
Programme d'investissement graphique par année (francs suisses)

Le Personnel du CERN se compose d'environ 700 personnes dont environ

25 % personnel dirigeant et scientifique,
34 % personnel technique,
14 % personnel administratif,
20 % personnel auxiliaire,
5 % boursiers.

[3]) pour 1956 approximativement 1,5 million.

Notons encore la *Division des Etudes théoriques*, la moins chère du CERN qui ne coûte qu'environ $^1/_{20}$ du Proton Synchrotron. Il est clair que le matériel nécessaire n'étant que quelques kilos de matière grise, ce département doit jouir auprès du Comité des Finances d'une bienveillante sympathie. L'importance d'une division si qualifiée n'en ressort que mieux car c'est elle le vrai cerveau du CERN et doit l'être dans les années à venir. La grande renommée des savants qui y travaillent est la meilleure garantie pour un développement approfondi et rapide des recherches dans le domaine nucléaire.

VIII. Conclusion

Quelle sera la portée directe du développement du CERN sur l'avenir des centrales électriques, tout particulièrement les centrales suisses? Actuellement, seul un échange actif d'idées ainsi que de renseignements concernant l'instrumentation de base, la biochimie, les détecteurs, les compteurs serait, a première vue, utile. Cependant, il est certain que dans quelques années, ou moins, l'influence des recherches de base permettra des solutions toujours plus ingénieuses et économiques pour la création d'énergie. Le rendement faible des piles actuelles pourra certainement être amélioré et dans d'énormes proportions. L'avenir dira quand et comment.

D'autre part, une organisation d'une telle envergure aidera fortement à la création d'un esprit scientifique et technique dirigé vers l'énergie nucléaire. Un tel esprit est nécessaire et doit être inculqué pour que les piles qui seront construites ne manquent ni de cerveaux pour les diriger, ni de la main-d'œuvre qualifiée qui sera indispensable dans de tels centres.

Avant de terminer ces lignes, je voudrais exprimer — comme membre du CERN — que l'esprit de pionniers des grands savants de 1950 s'est maintenu et que leurs désirs d'une communauté de travail ont vu leur réalisation. Actuellement, anglais, allemands, français, italiens, suisses, yougoslaves, etc., les nordiques, les latins, tous travaillent amicalement pour percer à jour — chacun avec ses connaissances — ce grand monde des infiniments petits pour lequel nous nous passionnons tous.

Adresse de l'auteur:
F. Iselin, Ing. él. dipl. EPF, Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN), Genève 23.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Über neue Konzeptionen und Werkstoffe der Hochspannungstechnik

621.315.61 : 621.3.027.3

[Nach *A. Imhof:* Über neue Konzeptionen und Werkstoffe der Hochspannungstechnik. STZ Bd. 55(1958), Nr. 6, S. 93...120]

1. Übersicht

Es werden Anregungen gemacht zu neuartigen, ausserordentlich raumsparenden metallgekapselten Hochspannungsanlagen auch für die hohen Spannungsreihen (siehe Abschnitte 2 und 6). Diese Lösungen sind von grosser Bedeutung in Anbetracht der dringend werdenden Probleme, mit höheren Spannungen von z. B. 110 kV grosse Energien in die Zentren der Städte zu führen, wo an Freiluftstationen gewohnter Art nicht zu denken ist, ferner für die Anwendung in Kavernenanlagen. Das Bausystem nach Abschnitt 2 verwendet ausschliesslich in Giessharz eingebettete Apparate, die aneinander über besondere Fugen mit konstanter Oberflächen-Feldstärke unter Verwendung eines gasförmigen oder flüssigen Fugenfilmes gekuppelt sind. Die Sammelschienen sind in einen neuartigen Schichtstoff «Duresca» eingebettet. Das System nach Abschnitt 6 verwendet für die Isolation der einzelnen Apparate Gase, insbesondere Druckgase, für die Sammelschienen und die Feederleitungen aber wiederum völlig in «Duresca» eingebettete Schienen.

Abschnitt 3 beschreibt neue Isolierverfahren und Isolierstoffe mit hervorragenden Eigenschaften für die Hochspannungstechnik, insbesondere auch in Bezug auf die beschriebenen neuen Bauarten elektrischer Hochspannungsanlagen. Abschnitt 4 befasst sich mit dem Problem trockenisolierter Hochspannungssammelschienen und Verbindungsleitungen unter Verwendung von «Duresca», Abschnitt 5 mit «Duresca»-Messwandlern.

2. Eine neuartige, völlig metallgekapselte Hochspannungsanlage mit Giessharzeinbettung

Die Idee, Hochspannungsanlagen «gekapselt» zu bauen, führte schon zu vielen konstruktiven Vorschlägen. Sie erschöpfte sich aber in Teillösungen. Die einen verwenden anstelle von Freileitungsverbindungen Kabel, andere schliessen — dies allerdings verständlicherweise nur bei den untern Spannungsreihen — sämtliche Apparate und ihre Verbindungen metallisch ein. Herkömmliche Mittel, wie Durchführungen, Abstützungen, Isolierkanäle, Isolierschirme verschiedenster Form, Compound- oder Ölausgüsse, Gase und Druckluft werden angewandt, um von Pol zu Pol und von Pol gegen Erde zu isolieren. In diesem Zusammenhang werden auch Schalter mit Trennern kombiniert, wobei die Trenner als aus- und einrückbare Stecker ausgebildet sind. In den letzten Jahren wurden einzelne Konstruktionselemente solcher Anlagen in Giessharz eingebettet. Bis zu Spannungen von 20 kV (selten mehr) sind nach solchen Prinzipien Schrankanlagen entwickelt worden.

Fig. 1
Modell einer Hochspannungs-Fugenanlage
Zwei Feeder, Reihe 110 kV
Im zweiten Strang von unten sind die Fugenkupplungen sichtbar
(siehe auch Fig. 2)

Alle diese Lösungen machen — erzwungen durch die Isolationsprobleme — halt bei den untern Spannungsreihen. Sie wären bei höhern Reihen gar nicht denkbar. Sie sind im Grunde genommen technisch unschön, weil sie die Probleme nicht grundsätzlich genug anfassen.

Die folgenden Darlegungen befassen sich mit Vorschlägen zu einer neuartigen Konzeption im Anlagebau, die konsequent