Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 55 (1964)

Heft: 6

Artikel: L'électronique rapide dans la physique nucléaire des hautes énergies

Autor: Verweji, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916694

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: 09.07.2025

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

A) Anforderungen an Apparate und Installationen

a) *Richtige Bauart der Apparate:* die Strahlenquelle (Röntgenröhre, radioaktives Nuklid) muss darin so eingeschlossen und abgeschirmt sein, dass das Bedienungspersonal bei sachgemässem Verhalten keine unzulässigen Strahlendosen erhalten kann.

b) *Richtige Abschirmung der Räume,* in denen starke Strahlenquellen installiert sind und betrieben werden, gegen Nebenräume, in denen sich Personen aufhalten.

c) *Richtige Einrichtung der Laboratorien,* in denen mit offenen radioaktiven Strahlenquellen umgegangen wird. Es werden je nach Art und Menge der gehandhabten Nuklide 4 Labortypen (Typ A = Hot Labor, Typ B, Typ C, Typ D) unterschieden mit abgestuften Vorschriften.

d) *Richtige Beseitigung der radioaktiven Abfälle.* Diese Abfälle dürfen nicht mit Kehricht und Abwasser beseitigt werden, sondern sind an einen zentralen, vom Eidg. Gesundheitsamt geschaffenen und betriebenen Stapelplatz abzuliefern.

B) Anforderungen an die Arbeitsdisziplin.

a) *Abstand* von der Strahlenquelle ist der billigste Strahlenschutz!

b) *Abschirmungen* (Blei, Bleiglas, Beton u. a.) halten die Strahlung auf oder schwächen sie wirksam ab.

c) *Zeit:* Man beschränke jede Strahlenexposition auf eine möglichst kurze Dauer!

d) *Sauberes Arbeiten*: Man vermeide peinlichst jede Zerstreuung radioaktiver Stoffe!

Die heutige Situation im Bezug auf die Strahlenbelastung der Bevölkerung braucht in keiner Weise als alarmierend bezeichnet zu werden. Es sind aber grosse Anstrengungen nötig, damit bei der unaufhaltsam wachsenden Zahl von Anwendungen ionisierender Strahlen in Industrie, Medizin und Forschung die Strahlenbelastung der beruflich exponierten Personen und diejenige der Gesamtbevölkerung genügend tief gehalten werden kann. Wesentliche Verbesserungen im Bezug auf Arbeitsmethoden und Arbeitsdisziplin sind vor allem bei der Anwendung von radioaktiven Leuchtfarben dringlich. Missbräuchliche und fahrlässige Anwendung von Strahlenquellen, wie sie da und dort leider noch vorkommen und zu einer übermässigen Bestrahlung einzelner Personen führen, müssen unbedingt verschwinden.

Zu den allerwichtigsten Postulaten des Strahlenschutzes für die Gesamtbevölkerung, nicht nur der Schweiz, sondern der Erde, gehört die Forderung nach einer dauernden Einstellung oder wenigstens einer strikten Rationierung der oberirdischen Kernwaffenversuche. Eine stetige Zunahme dieser Versuche könnte auch ohne Atomkrieg zu einer Situation führen, die vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus als bedenklich bezeichnet werden müsste. Die strahlenbiologischen Konsequenzen eines grossen Atomkrieges wären — ganz abgesehen von den unvorstellbaren direkten Zerstörungen — mit keiner Phantasie auszumalen: seine Vermeidung ist heute das dringlichste Gebot der Selbsterhaltung der Menschheit.

Adresse des Autors:
Dr. *G. Wagner,* Chef der Sektion Strahlenschutz des Eidg. Gesundheitsamtes, Bern.

L'électronique rapide dans la physique nucléaire des hautes énergies

Version réduite d'une conférence donnée à la 27e Journée de la haute fréquence de l'ASE, le 24 octobre 1963 à Neuchâtel,

par *H. Verweij,* Genève

539.1.08

Le CERN dispose de deux accélérateurs de particules nucléaires: un synchro-cyclotron accélérant des protons à une énergie de 600 MeV et un synchrotron à protons de 28 GeV. Dans les faisceaux sortant de ces machines des expériences sont exécutées. La détection de ces particules est faite par différents moyens, une des méthodes la plus utilisée est la combinaison d'un scintillateur et d'un photomultiplicateur. Le passage d'une particule chargée par un médium luminescent (scintillateur) peut créer un flash de lumière dans cette matière. Ce signal lumineux est converti dans une impulsion de courant électrique par le photomultiplicateur. En formant des combinaisons de ces compteurs (scintillateur et photomultiplicateur) on peut mesurer le nombre de particules passantes, le temps de vol d'une particule, sélectionner des particules, etc. Dans la plupart des cas, la mesure consiste en la détermination d'un intervalle de temps de l'ordre de la nanoseconde (10^{-9} s). Les méthodes de mesure les plus appliquées sont la coïncidence retardée et la conversion temps-en-amplitude. Une gamme d'instruments électroniques est utilisée dans les expériences et a été développée au CERN.

Der CERN verfügt über zwei Teilchenbeschleuniger: ein Synchro-Zyklotron, welcher die Protonen mit einer Energie von 600 MeV beschleunigt, und ein Protonen-Synchrotron, von 28 GeV. In den aus diesen Maschinen herausströmenden Strahlen werden Experimente ausgeführt. Die Teilchen werden mit verschiedenen Mitteln aufgespürt: eine der am meisten verwendeten Methoden ist die Verbindung eines Szintillations-Zählers mit einem Photozellenvervielfacher. Der Durchgang eines geladenen Teilchens durch ein lumineszierendes Medium (Szintillator) kann darin einen Lichtstrahl auslösen. Dieses Lichtsignal wird durch den Photozellenvervielfacher in einen elektrischen Stromstoss umgewandelt. Durch Kombinationen dieser Zähler (Szintillations-Zähler und Photozellenvervielfacher) wird es möglich, die Zahl der vorbeigehenden Teilchen sowie die Flugdauer eines Teilchens zu messen, oder eine Auswahl der Teilchen zu treffen, usw. In der Mehrheit der Fälle, besteht die Messung im Festlegen einer Zeitspanne von ungefähr einer Nanosekunde (10^{-9} s). Die am meisten verwendeten Messmethoden sind die verzögerte Koinzidenz und die Zeit-Amplitude-Umwandlung. Eine ganze Reihe von elektronischen Geräten wurde für die Versuche durch den CERN entwickelt und verwendet.

Comme vous le savez, le CERN dispose de deux accélérateurs de particules nucléaires: un synchro-cyclotron accélérant des protons à une énergie de 600 MeV et un synchrotron à protons d'une énergie de 28 GeV. Les faisceaux de particules sortant de ces machines et dans lesquelles les expériences sont exécutées, sont très intenses, en particulier ceux du synchroton à protons. Cette machine est capable de donner une impulsion de protons d'une durée de 250 ms contenant $8 \cdot 10^{11}$ protons, une fois par trois secondes.

La détection de ces particules de haute énergie est faite par différents moyens. Les plus appliqués sont aujourd'hui:

a) la combinaison d'un scintillateur ou radiateur et un photomultiplicateur;
b) la chambre à étincelles;
c) la chambre à bulles;
d) l'émulsion photographique;
e) le détecteur à semi-conducteur;
f) la chambre de Wilson.

L'ordre dans lequel ils sont donnés représente approximativement l'ordre de leur fréquence d'application.

C'est principalement dans ceux mentionnés sous a) et b) que la technique d'impulsion rapide se manifeste.

Pour ce discours, j'aimerais seulement parler de la combinaison scintillateur ou radiateur et photomultiplicateur, de son utilisation et de son électronique rapide associée.

Quand des particules chargées passent par un médium luminescent, comme par exemple le polystyrène avec une solution solide d'une substance fluorescente organique, elles peuvent exciter quelques atomes dans cette substance. En retournant à leur état normal ces atomes excités émettent de la lumière et on peut observer une scintillation dans la matière.

Le photomultiplicateur convertit le signal lumineux dans un courant électrique. Les photons créés dans le scintillateur sont transmis, souvent par l'intermédiaire d'un guide de lumière, à la photocathode d'un photomultiplicateur et peuvent libérer des électrons de la photocathode. Ces photoélectrons sont multipliés dans le multiplicateur d'électrons du photomultiplicateur. Pour un tube avec quatorze étages de multiplication, le gain est de l'ordre de 10^8.

L'impulsion de courant sortant du collecteur du tube est environ 50 mA. Le temps de montée est de l'ordre de 3 ns et est déterminé par les fluctuations dans le temps de transit des photoélectrons. Son temps de décroissement est principalement fixé par le scintillateur et est environ 10 ns. Je vous donne ce détail parce que nous en aurons besoin plus tard.

Je veux encore mentionner un autre principe, selon lequel une particule chargée peut créer des photons. Cet effet est connu comme la radiation Cerenkov et est aussi souvent utilisée dans la physique nucléaire à haute énergie. Quand la vitesse de la particule dans une substance transparente est plus grande que la vitesse de la lumière dans ce médium ($n > 1$), un cône de lumière, axé sur la trajectoire de la particule, est émis. L'angle de ce cône dépend de la vitesse de la particule et de l'indice de réfraction du milieu transparent.

En formant des combinaisons de ces «compteurs» (scintillateur et photomultiplicateur) on peut mesurer par exemple: le nombre de particules passantes, le temps de vol d'une particule, selectionner des particules, déterminer un intervalle de temps entre deux particules relatives, la durée de vie d'une particule, etc.

32'626-631

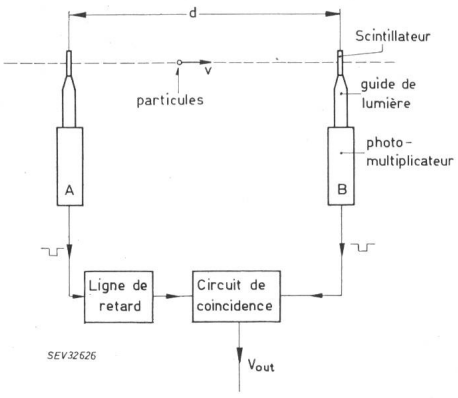

Fig. 1
Arrangement pour mesurer le temps de vol

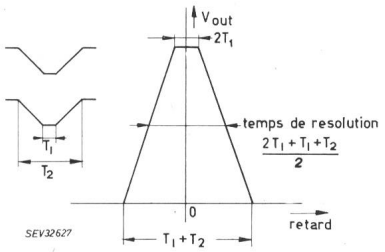

Fig. 2
Courbe de résolution

Dans la plupart des cas, la mesure consiste en la détermination d'un intervalle de temps. La durée de cet intervalle est souvent de l'ordre de la nanoseconde.

Le nombre de particules passantes est très élevé, et leur distribution dans le temps (pendant l'impulsion de la machine) est normale. Afin de ne pas avoir de pertes de comptage les circuits électroniques suivant les compteurs ont un temps mort de 100 ns, dans les cas extrêmes < 10 ns.

Ici nous avons touché les deux raisons principales pour lesquelles la technique des impulsions de nanoseconde est devenue indispensable dans la physique nucléaire à haute énergie; l'extrême courte durée des événements et l'abondance des particules dans les faisceaux.

Considérons maintenant la mesure du temps de vol. Une particule passe par des compteurs A et B (fig. 1), montés à une distance d. Le passage par B s'effectue à un temps d/v plus tard que le passage par A.

La vitesse v est proche de la vitesse de la lumière, par exemple des protons à 28 GeV ont une vitesse de 0,99948 c. Cela veut dire que dans 1 ns approximativement 30 cm sont parcourus.

La mesure du temps de vol nous donne la possibilité de déterminer exactement v. Les méthodes de mesures les plus utilisées sont la coïncidence retardée et la conversion temps en amplitude.

Dans la méthode de coïncidence retardée les deux impulsions sont transmises à un circuit de coïncidence. Ce circuit de coïncidence ressemble au circuit «and», connu dans la langue des ordinateurs. Un tel circuit donnera un voltage à la sortie quand les impulsions d'entrée se superposent dans le temps. Dans le canal A on introduit un retard d/v et en variant le retard A autour de cette valeur, une courbe de résolution (fig. 2) est obtenue.

Quand V_{out} dépasse 50 % du maximum, l'événement est compté. Alors la largeur à mi-hauteur de la courbe de résolution représente l'exactitude avec laquelle le temps de vol peut être mesuré et est appellée le temps de résolution.

Quand on fixe le retard à une valeur d/v on selectionnera seulement les particules répondant à la vitesse v, ce

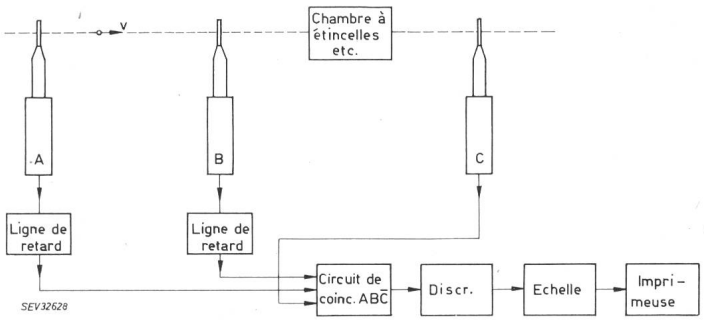

Fig. 3
Arrangement de base pour expériment

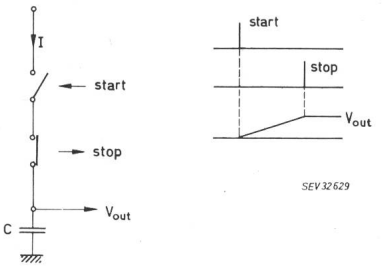

Fig. 4
Principe de conversion temps en amplitude

qui est une autre application du système et utilisée souvent en connexion avec une chambre à étincelles.

L'impulsion de sortie du photomultiplicateur a une longueur de ≈ 15 ns. Une coïncidence de deux impulsions de cette forme donnera un temps de résolution de 7,5 ns. Afin d'obtenir un temps de résolution plus court, et pour supprimer des effets dus aux variations statistiques en amplitude, on passe le signal par un circuit mise-en-forme, avant de le transmettre au circuit «and». Des valeurs jusqu'à 3 ns sont obtenues assez simplement et avec des techniques spéciales, comme passage-par-zéro, des valeurs plus basses que 1 ns ont été obtenues.

Nous avons discuté une coïncidence double: pour avoir une meilleure définition, on met souvent en coïncidence des signaux de plusieurs compteurs. On applique aussi le principe de l'anticoïncidence. Supposons que nous ne voulons pas enregistrer une particule qui passe non seulement par *A* et *B*, mais aussi par *C* (fig. 3). Il est convenu que le signal venant de *C* supprime le voltage de sortie du circuit de coïncidence. C'est ce qu'on appelle une anticoïncidence.

La fig. 3 donne l'arrangement de base pour beaucoup d'expériences. Le discriminateur d'amplitude supprime les signaux parasites et donne seulement une impulsion à l'échelle quand il y a une coïncidence réelle.

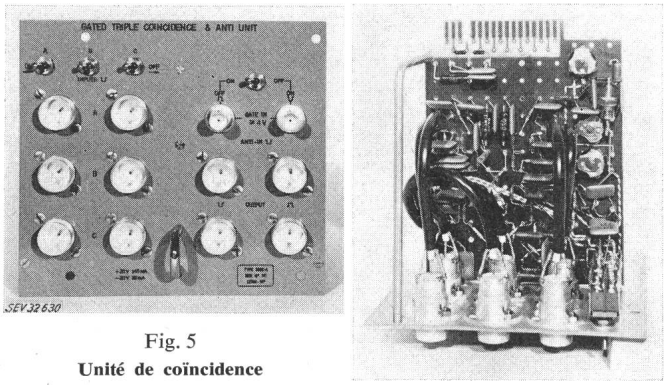

Fig. 5
Unité de coïncidence

Discutons maintenant le principe de conversion temps en amplitude. Dans un tel circuit l'intervalle entre le passage de la particule par les compteurs «*A*» et «*B*» est converti en voltage sur une capacité de stockage (fig. 4). Le signal «start» venant de *A* enclenche le courant *I*, qui commence à charger *C*. Le signal «stop» de *B*, déclenche le courant à son tour. Après l'arrivée d'une impulsion «stop», le voltage sur *C* est converti dans une impulsion avec une amplitude de crête proportionnelle au voltage sur *C* à l'instant du «stop» et transmis à un analyseur d'amplitude multicanaux.

Cette méthode donne la possibilité d'étudier le spectre d'énergie de plusieurs particules à la fois. Un désavantage est que le taux de comptage d'un tel système sera bas, limité principalement par le temps mort de l'analyseur qui est de l'ordre de 100 μs.

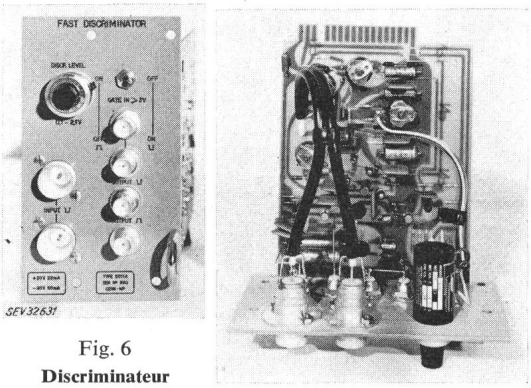

Fig. 6
Discriminateur

En plus de ces instruments de base, beaucoup d'autres sont nécessaires pour exécuter une expérience à présent. Le groupe électronique de la Division NP a développé une gamme d'instruments à cet effet. Tous les circuits sont transistorisés et montés sur des cartes standards. La carte est fixée à une plaque de front: une unité plug-in ainsi formée peut être mise dans une alimentation standard.

Deux exemples sont donnés dans les fig. 5 et 6, un circuit de coïncidence rapide et un discriminateur.

Le temps me manque pour discuter des détails sur ces instruments. Ils peuvent tous accepter un taux de comptage de maximum 10...100 MHz, pendant la durée d'une impulsion de notre synchrotron à protons. Afin de ne pas avoir un changement de sensibilité en fonction du taux, des couplages D.C. ou des circuits «clamping» sont essentiels.

Les recherches actuelles se dirigent vers des circuits capables de travailler sur des taux de 100 MHz ou plus et vers des circuits capables de mesurer un temps inférieur à 1 ns. Mais probablement qu'il faudra encore quelques années avant d'organiser une conférence sur les techniques des impulsions de picosecondes.

Adresse de l'auteur:
H. Verweij, ingénieur, Division physique nucléaire, CERN, Genève.

Einige Bemerkungen zur Frage der Beleuchtung von Autobahnen [1])

Von *J. Richter*, Bern

628.971.6 : 625.711.3

Das Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau (ASF) ist mit der Oberaufsicht über unseren Nationalstrassenbau betraut. Es hat vor allem die übergeordneten gesamtschweizerischen Interessen zu wahren und ist auch für den Erlass von Richtlinien verantwortlich. Im Rahmen seines Aufgabenkreises beschäftigt es sich seit einiger Zeit mit der Frage der Autobahnbeleuchtung. Sein Sachbearbeiter gehört auch als Vertreter des Amtes derjenigen Fachgruppe der Schweiz. Beleuchtungs-Kommission an, welche diese Probleme behandelt.

[1]) Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung der Schweiz. Beleuchtungs-Kommission am 15. November 1963 in Zürich.