HAL
open science

LES ANNEAUX DE COLLISIONS A ÉLECTRONS ET POSITRONS D'ORSAY

Pierre Marin

▶ **To cite this version:**

Pierre Marin. LES ANNEAUX DE COLLISIONS A ÉLECTRONS ET POSITRONS D'ORSAY. Journal de Physique Colloques, 1969, 30 (C2), pp.C2-7-C2-12. 10.1051/jphyscol:1969201 . jpa-00213665

HAL Id: jpa-00213665

https://hal.science/jpa-00213665

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

JOURNAL DE PHYSIQUE *Colloque C 2, supplément au n° 5-6, Tome 30, Mai-Juin 1969, page C 2 - 7*

LES ANNEAUX DE COLLISIONS A ÉLECTRONS ET POSITRONS D'ORSAY

P. MARIN

Ecole Normale Supérieure — Faculté des Sciences, Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, Orsay

Résumé. — Description brève de l'anneau ACO.

— Les phénomènes nouveaux mis en évidence sur le comportement des faisceaux circulant dans la machine.

— Les performances réalisées à ce jour : luminosité, durées de vie des faisceaux, bruit de fond.

— Les expériences réalisées ou en cours.

— Perspectives futures pour l'amélioration des caractéristiques de la machine et expériences projetées.

— Intérêt de l'Anneau de Collisions d'Orsay comme banc d'essais pour les anneaux électron-positron multigev.

Abstract. — After a brief description of the ring, a short survey is given of the new phenomena found in the behaviour of the beams. The performance achieved is then presented : luminosity, lifetime of the beams, background, etc... A short account of the high energy physics experiments, which have been made in the past two years with ACO, is then given, as well as future scope for various improvements of the ring performance and new experiments in preparation. Some considerations on a bigger electron-positron colliding-beams project, using the 2.3 GeV Orsay linac as injector, are briefly outlined.

Le Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire est engagé depuis plus de six ans dans un programme de recherche sur et avec les anneaux de collisions électron-positron : *sur* les anneaux de collisions, si l'on considère ceux-ci comme accélérateurs de type nouveau, par eux-mêmes objets de recherche ; *avec* les anneaux de collisions, si ceux-ci sont utilisés comme outil de recherche en physique des particules fondamentales. Dès 1962, le laboratoire mettait en place deux collaborations : l'une avec un groupe de Frascati (Italie) pour l'étude à Orsay du petit anneau expérimental à focalisation faible « AdA » d'énergie maximale 200 MeV ; l'autre avec un groupe d'orbiticiens de Saclay pour la construction d'un anneau à focalisation forte d'énergie maximale 500 MeV, à fonctions séparées : ACO.

Depuis deux ans, cet anneau est utilisé pour des recherches en physique des particules. Toute la période 1962-1968 a été jalonnée d'une série de résultats importants. Les études sur AdA ont conduit à deux résultats d'intérêt majeur : — la réalisation des premières collisions faisceau-faisceau dans un anneau et leur observation au moyen du Bremsstrahlung

$$e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^- + \gamma ;$$

— la mise en évidence du premier effet collectif des particules, à savoir la perte de paires de particules d'un même paquet par effet Touschek.

Le projet et la construction d'ACO ont duré trois ans et demi, durée relativement courte en regard de la difficulté des problèmes à résoudre. Fin 1965, dès le premier essai, un petit faisceau d'électrons était stocké dans la machine. La figure 1, qui est une vue de dessus de l'anneau, fait apparaître les huit aimants à 45° à indice $n = \frac{1}{2}$, les quatre triplets de quadrupôles, la cavité RF, les amenées des faisceaux d'électrons et de positrons, et le système d'injection. La figure 2 représente une vue déjà un peu ancienne d'ACO.

I. Caractéristiques actuelles des faisceaux et de la machine. — Nous décrirons rapidement celles de ces caractéristiques qui sont importantes du point de vue de la physique.

1° Dimensions transverses des faisceaux. — Pour un faisceau de section circulaire, l'aire $4\pi\sigma_r^2$ est de 4 mm² à l'énergie 500 MeV et varie comme E^2, chacune des dimensions horizontale et verticale variant comme E.

2° Longueur des paquets. — Pour des intensités ne dépassant pas une vingtaine de mA par paquet circulant dans la machine et pour des valeurs modérées

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphyscol:1969201

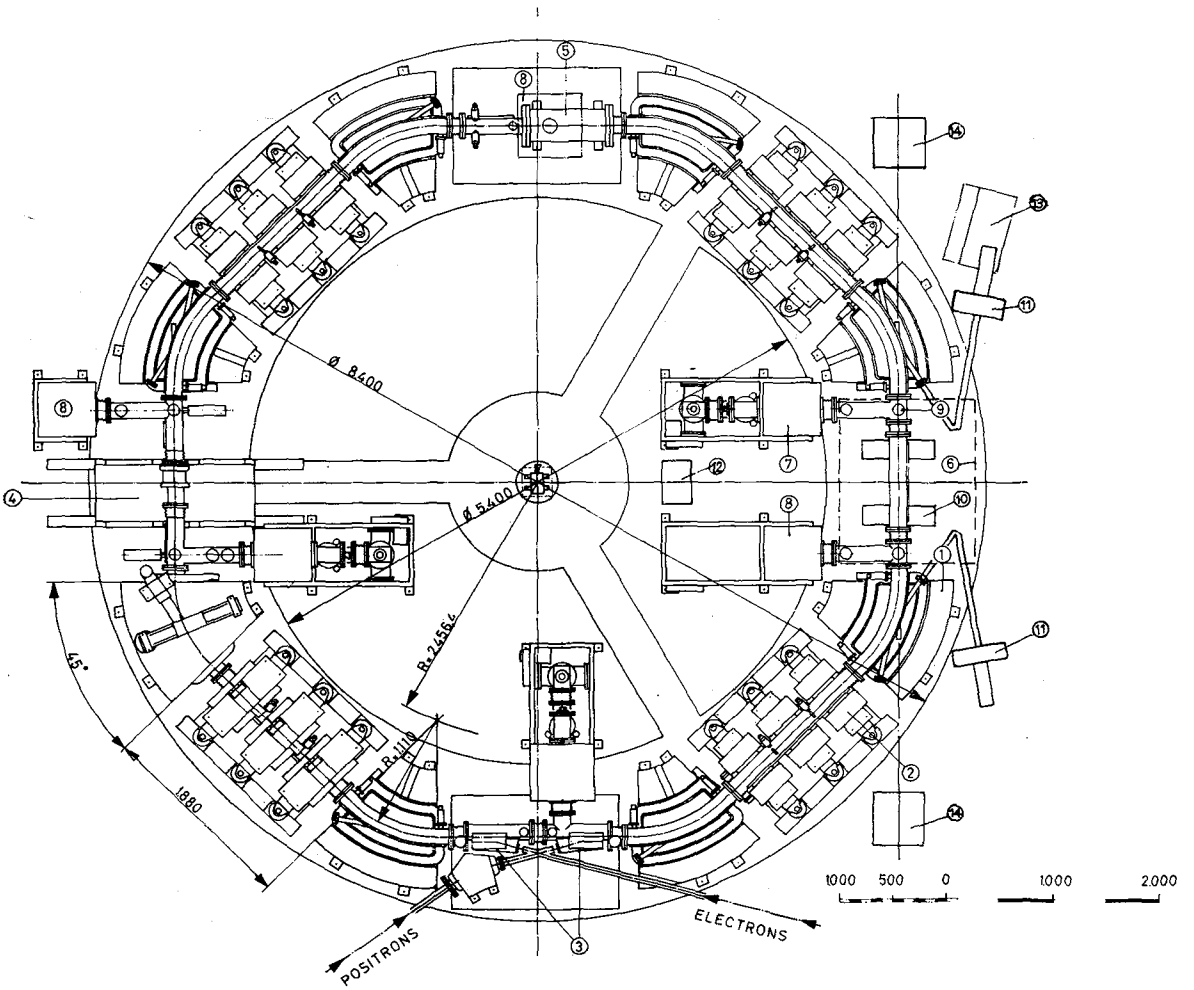

FIG. 1. — Vue de dessus de l'anneau ACO : **1** aimants, **2** quadrupôles, **3** inflecteurs, **4** cavité RF, **5** perturbateur, **6** dispositif expérimental, **7** bâtis de pompage, **8** pompes ioniques, **9** électrode, **10** pompes à évaporation de titane, **11** microphotomètres, **12** électronique expérimentale, **13** purificateur du gaz des chambres, **14** compteurs sandwich.

de la tension RF, la longueur des paquets ne dépasse pas 20 à 25 cm pour des énergies comprises entre 200 et 500 MeV, ceci grâce à la très faible valeur du coefficient de compression des quantités de mouvement.

3° LUMINOSITÉ. — C'est le paramètre de proportionnalité entre le taux de comptage et la section efficace que l'on mesure :

$$\frac{dn}{dt} = L\sigma . \qquad (1)$$

On a :

$$L = \frac{N^+ N^-}{S} \times \frac{f}{h} \qquad (2)$$

où N^+ et N^- sont les nombres de particules dans chaque faisceau, S : l'aire de la section commune des faisceaux, h : le nombre de paquets remplis ($h \leqslant$ à l'harmonique de la RF), f : la fréquence de rotation des particules. La luminosité varie en γ^4 et atteint la valeur 2×10^{28} cm^{-2} s^{-1} à 520 MeV.

4° DURÉE DE VIE DES FAISCEAUX. — Pour les luminosités indiquées plus haut, les durées de vie varient de 10 à 25 heures entre 300 et 520 MeV. Elles sont principalement limitées par les interactions avec le gaz résiduel. La pression statique moyenne dans la chambre est de 2 à 3 $\times$ 10^{-10} torr. La pression statique dans la section expérimentale est de 6×10^{-11} torr. A 520 MeV, et pour un courant total de 35 mA

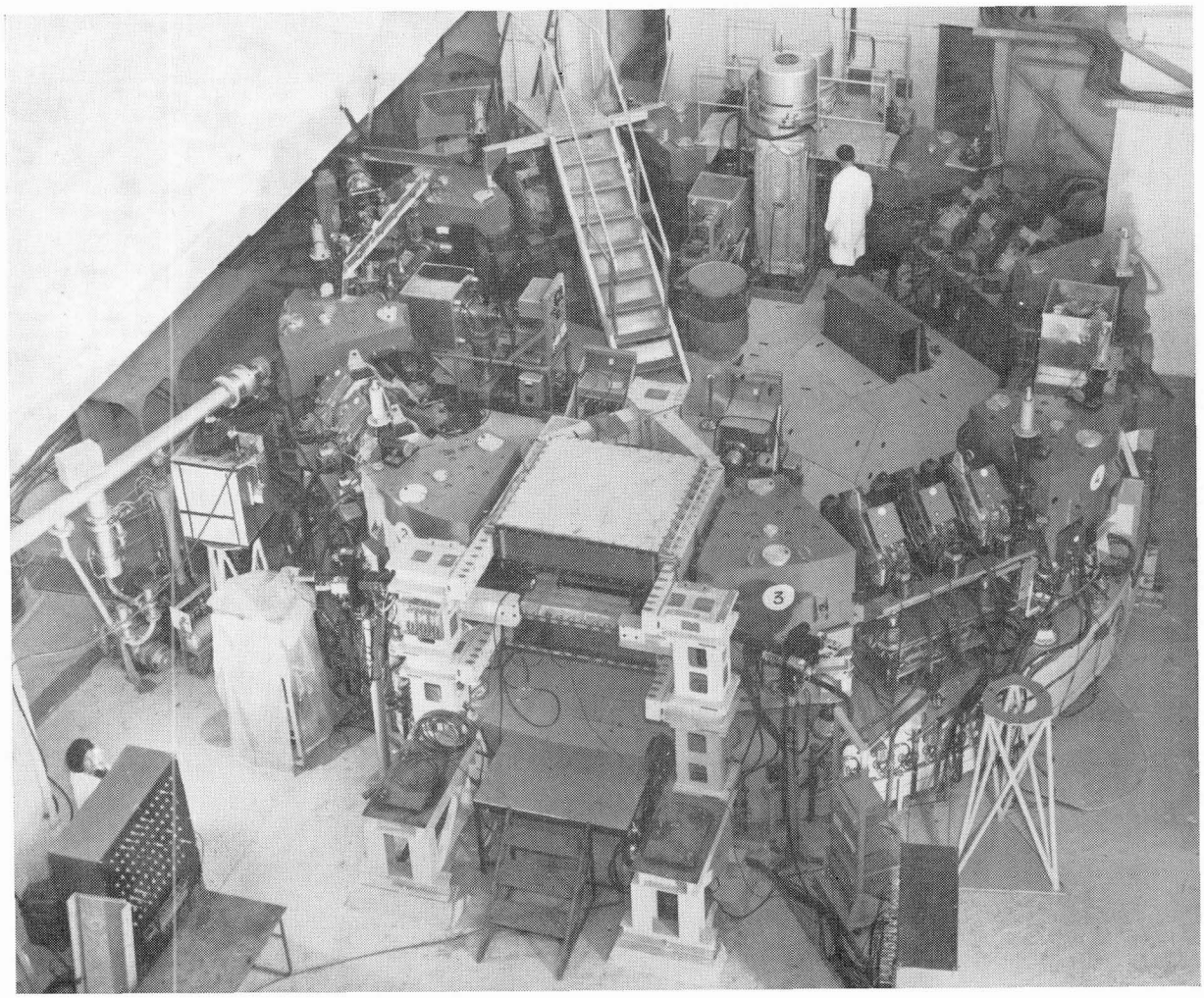

FIG. 2. — Vue générale d'ACO.

la pression au même endroit monte à la valeur $2{,}5 \times 10^{-10}$ torr par suite du dégazage par la lumière synchrotron.

5° REMPLISSAGE DE L'ANNEAU. — Toutes les opérations de remplissage de l'anneau en positrons, puis en électrons, la montée en énergie, le démarrage des expériences de physique s'effectuent en une heure environ. Les longues durées de vie obtenues permettent des durées de comptage de l'ordre de 5 à 10 heures.

II. Les expériences de physique avec ACO. — 1° NORMALISATION DES SECTIONS EFFICACES. — La formule (2) montre que la luminosité des faisceaux peut être calculée à partir du nombre d'électrons et de positrons dans chaque faisceau et de la section commune des faisceaux. La connaissance de ces grandeurs n'est cependant pas suffisamment précise. On préfère utiliser une réaction de section efficace connue et donnant un taux de comptage important pour la normalisation. On a alors :

$$\frac{\mathrm{d}n_1}{\mathrm{d}t}\bigg/\frac{\mathrm{d}n_2}{\mathrm{d}t} = \frac{\sigma_{\text{à mesurer}}}{\sigma_{\text{connue}}}.$$

La normalisation que nous effectuons avec ACO est obtenue à partir de la détection du Bremsstrahlung faisceau-faisceau simple ou double émis à zéro degré. Les photons sont détectés par deux sandwichs plomb-scintillateur. Ils peuvent être étalonnés par des photons monochromatiques obtenus à l'aide d'un système de « tagging » utilisant un scintillateur placé dans le

champ de chacun des aimants adjacents à la section expérimentale. La figure 3 indique schématiquement l'ensemble du système de normalisation.

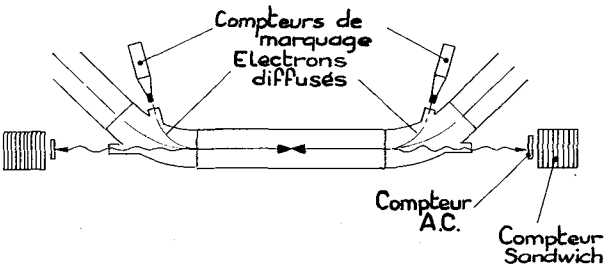

FIG. 3. — Système de normalisation des sections efficaces.

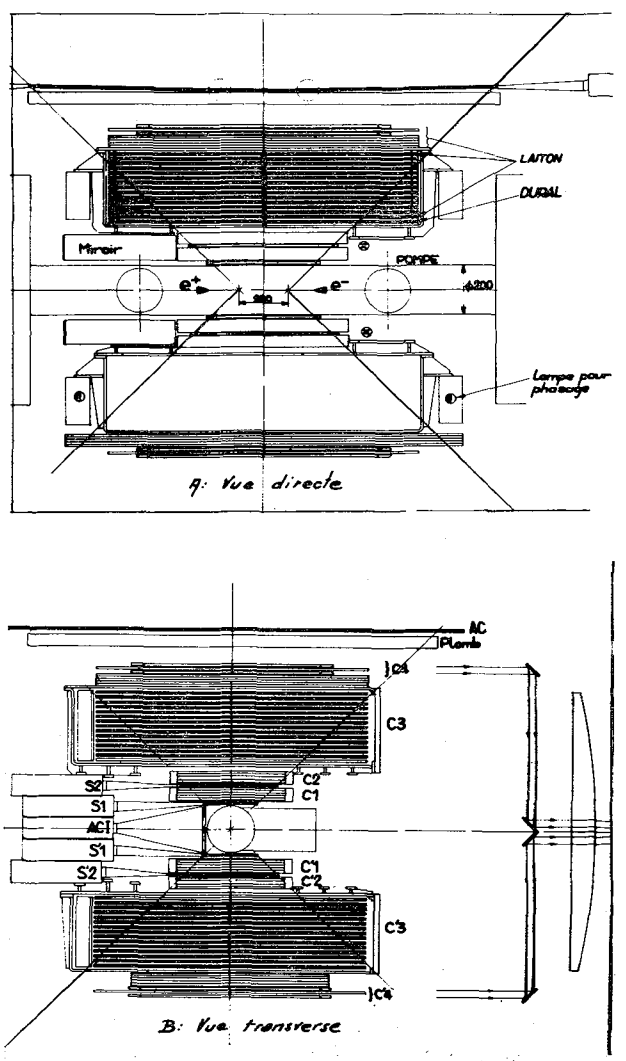

FIG. 4. — Schéma du premier dispositif expérimental : A. vue directe ; B. vue transverse.

2° LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL. — La figure 4 montre une vue schématique du dispositif qui comporte essentiellement des chambres à parois minces pour la mesure des angles d'émission des particules et des chambres à plaques épaisses pour la discrimination des événements π, μ ou e.

Les prises de données d'une durée de six semaines en mars et avril derniers et de trois semaines en novembre ont permis de détecter environ le nombre d'événements suivant :

	$e^+ e^-$	$\pi^+ \pi^-$	$\pi^+ \pi^- \pi^0$	$K_0^1 K_0^2$
ρ^0	1 900	850		
ω^0	2 500	1 900	230	
φ^0	1 400	40	50	150

On peut, à ce point, remarquer que les anneaux de collisions ont largement dépassé le stade de la détection de quelques événements par jour !

Les événements d'annihilation en deux pions ont conduit à déterminer de façon précise la largeur totale du méson ρ^0 et sa largeur partielle de désintégration dans le mode $e^+ e^-$ (Fig. 5). Les événements

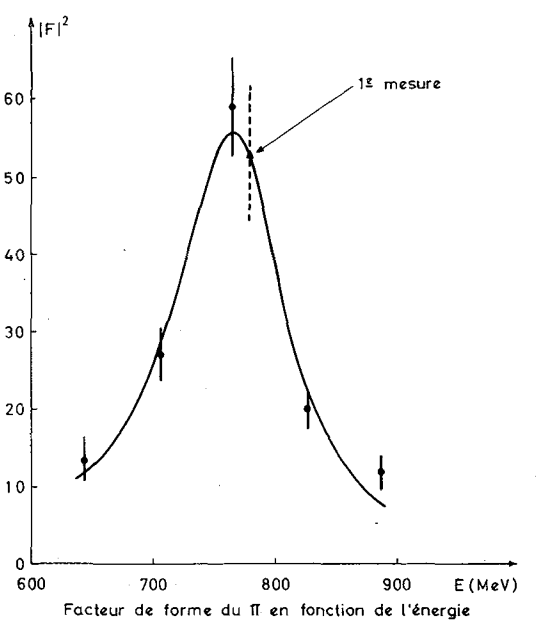

FIG. 5. — Annihilation $e^+ e^-$ en $\pi^+ \pi^-$ sur le méson ρ^0.

d'annihilation en $\pi^+ \pi^- \pi^0$ sur le ω^0 et ceux d'annihilation en $K_0^1 K_0^2$ sur le φ^0 ont conduit aux courbes d'excitation (Fig. 6-7) qui ont permis une détermination des largeurs partielles de désintégration de ces deux mésons en $e^+ e^-$. Ces expériences ont conduit

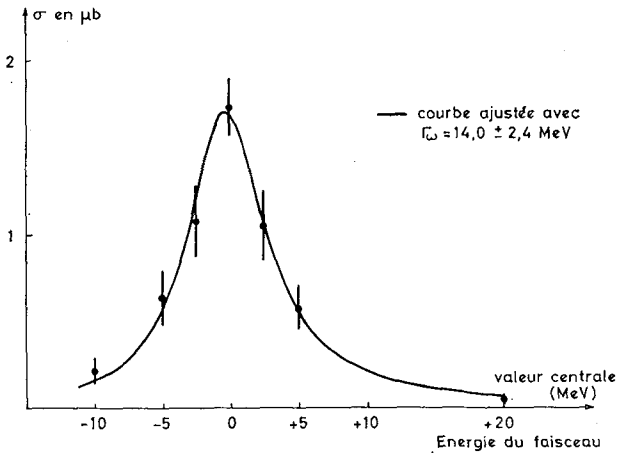

FIG. 6. — Annihilation $e^+ e^-$ en $\pi^+ \pi^- \pi^0$ sur le méson ω^0.

à des résultats importants : la détermination de l'angle de mélange des mésons ω^0 et φ^0 ; une bonne vérification de la première règle de somme de Weinberg.

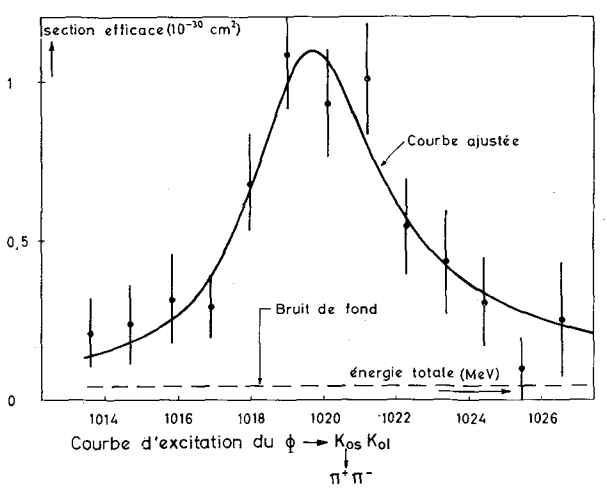

FIG. 7. — Annihilation $e^+ e^-$ en $K_0^1 K_0^2$ sur le méson φ^0.

D'autres données, notamment les paires $\pi^+ \pi^-$ sur le ω^0 et les paires $e^+ e^-$ sur le φ^0 sont actuellement évaluées et conduiront à des résultats intéressants.

3° LES PROJETS FUTURS SUR ACO. — Ils concernent :

a) *Des études de faisceaux.* — Une ouverture de la chambre à vide de l'anneau, la première depuis dix-huit mois, devrait permettre de vérifier l'influence des nombreuses électrodes sur le comportement des faisceaux, en particulier i) *sur l'instabilité transverse* qui conduit à l'éclatement d'un paquet de particules au-delà d'un certain seuil I_s :

$$I_s = aEL\,\Delta\nu$$

où E est l'énergie du faisceau, L la longueur des paquets, $\Delta\nu$ l'étalement des nombres d'onde bétatron dans le faisceau ; ii) *sur l'allongement des paquets* avec le nombre de particules stockées, phénomène différent de celui dû à la diffusion multiple des particules.

Par ailleurs, la recherche de plus fortes luminosités s'effectue dans deux directions : d'une part, par l'accroissement incohérent de la section des faisceaux et le stockage de courants plus forts de positrons et d'électrons, d'autre part, par l'étude d'autres points de fonctionnement de la machine.

b) *De nouvelles expériences de physique.* — L'étude de l'annihilation $e^+ e^-$ en $K^+ K^-$ sur le φ^0 doit être faite avec un appareillage comportant de petites chambres à étincelles et des scintillateurs qui arrêteront les K de basse énergie (15 à 20 MeV) ; l'étude de la désintégration du φ^0 en 3 pions et en η_0-γ sera faite à l'aide d'un nouvel appareillage à chambres cylindriques de très grand angle solide, actuellement en préparation ; enfin, l'installation d'un champ magnétique longitudinal de quelques milliers de gauss dans la section expérimentale devrait permettre une analyse en quantité de mouvement facilitant beaucoup certaines expériences.

LE PROJET D'UN ANNEAU MULTIGEV A ORSAY

Encouragés par l'amélioration progressive des performances d'ACO et par le succès des premières expériences de physique faites depuis deux ans avec l'anneau, nous avons été amenés à considérer les problèmes de la construction et de l'utilisation d'un anneau multigev au Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire.

Du point de vue des performances, le problème est d'atteindre, dans un domaine d'énergie de 1 à 2 ou 3 GeV, des luminosités de l'ordre de 10^{33} cm^{-2} s^{-1}, c'est-à-dire de 10^4 à 10^5 fois plus grandes que dans ACO. Ce bond important peut être obtenu d'une part, à cause de l'augmentation de l'énergie des faisceaux qui diminue l'effet de charge d'espace faisceau-

faisceau proportionnellement à l'énergie, à la fois sur les électrons et sur les positrons, d'autre part, grâce à l'insertion de sections, dites à faible β, qui comprimment les faisceaux mais diminuent localement les effets d'interaction, les faisceaux étant séparés partout ailleurs dans la machine.

Du point de vue de la physique, une étude a été menée récemment par un groupe de physiciens du laboratoire. Elle a abouti aux conclusions suivantes : la partie de physique concernant l'électrodynamique quantique devrait être la plus simple à faire, tant en ce qui concerne les taux de comptage que les

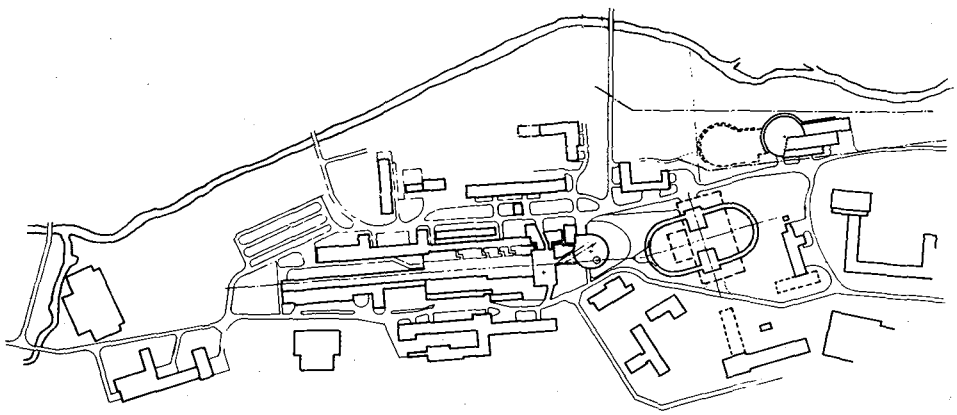

FIG. 8. — Implantation d'un anneau multigev auprès de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay.

De nombreux problèmes, à la fois technologiques, expérimentaux et théoriques, devraient être résolus pour parvenir à de telles performances. Le laboratoire possède de ce point de vue trois atouts importants, à savoir : une équipe ayant déjà une bonne expérience dans ce domaine ; un petit anneau pouvant être utilisé comme banc d'essai pour l'étude des nombreux phénomènes qui sont déjà observés ou le seront dans les mois et les années qui viennent, au fur et à mesure de l'amélioration de ses performances ; un injecteur adéquat : en effet, la réalisation de l'extension de l'accélérateur qui vient d'être récemment terminée devrait permettre de disposer de flux de positrons à l'énergie 1,6 - 1,7 GeV, suffisants pour réaliser des vitesses d'injection de l'ordre de 10 ampères/heure dans un anneau multigev.

La figure 8 représente une implantation possible d'un tel anneau en bout de l'accélérateur linéaire.

problèmes de détection ; la physique des hadrons, qui consiste surtout dans la mesure des facteurs de forme des baryons et des résonances dans la région temps, est extrêmement intéressante. Les moyens de détection devraient être considérables (champ magnétique de 10 à 15 000 gauss dans un volume de diamètre de 3 mètres pour séparer les différentes quantités de mouvement, mosaïque de détecteurs, etc...).

Compte tenu des connaissances actuelles sur les anneaux, et des extrapolations envisagées, un tel projet devrait être conçu plutôt comme un programme à développement par étapes que comme une machine que l'on construit d'emblée pour atteindre ses performances limites. Il serait souhaitable, tant pour la construction que pour l'exploitation de cet anneau, qu'une collaboration soit réalisée avec d'autres laboratoires comme cela a déjà été le cas à d'autres occasions.