

Construction d'un tunnel de service, au début de juin, à l'extrémité nord-est du terrain des anneaux de stockage. On aperçoit à l'arrière-plan une partie des bâtiments actuels du CERN.



4. Système de transport de faisceaux

B. de Raad

Le groupe chargé du transport des faisceaux a pour tâche d'étudier et de diriger la construction des tunnels de transport allant du synchrotron à protons aux anneaux de stockage et au hall Ouest d'expérimentation, ainsi que celle des aimants d'injection rapide qui envoient les faisceaux dans les anneaux de stockage.

Le tunnel de transport est équipé de quadripôles et d'aimants de déflexion de conception assez classique, semblables à ceux utilisés actuellement dans les lignes de faisceaux du PS. Cet équipement doit cependant répondre à des conditions particulières: les grandes distances sur lesquelles le faisceau doit être transporté, la géométrie compliquée des lignes de faisceaux ainsi que le degré élevé de stabilité et de souplesse que doivent assurer les aimants pour éviter les pertes de particules et conserver la qualité du faisceau.

La longueur totale des tunnels de transport est d'environ 1,5 km. Le système est réellement à trois dimensions, puisque le niveau des faisceaux des anneaux de stockage est de quelque 12 mètres plus élevé que celui du faisceau du PS (le nouveau terrain du CERN est d'environ 20 m plus élevé que le site initial). Ainsi, dans le plan vertical, le faisceau partant du PS monte d'abord pour enjamber la ligne du faisceau de l'injecteur du PS, continue horizontalement vers les anneaux de stockage, puis monte de nouveau sous un angle d'environ 6° , à proximité des anneaux, passant sous le tunnel de l'anneau pour être injecté de l'intérieur des anneaux. Ces changements de niveau compliquent non seulement la conception de la disposition du faisceau qui doit suivre un parcours incurvé à 3 dimensions, mais aussi les problèmes mécaniques relatifs à la mise en place et à l'alignement des aimants, qui doivent être aussi précis que dans les anneaux eux-mêmes. Signalons qu'en certains endroits, des aimants pesant quelque 18 tonnes devront être manipulés dans des tunnels en pente, sans l'aide de ponts-roulants, puis mis en place avec précision sur une pente de 6° .

Etant donné que les fluctuations, tant en position qu'en direction des faisceaux injectés dans les anneaux de stockage doivent être aussi faibles que possible, une très grande stabilité est exigée de tous les aimants de déflexion des tunnels de transport. Ceci implique une stabilité du courant dans les aimants supérieure à 10^4 . En outre, et notamment dans les lignes de faisceaux

communes aux anneaux et au hall Est (où la diversité actuelle des conditions d'utilisation des faisceaux du PS devra sans doute être conservée), il doit être possible de modifier rapidement les champs magnétiques. C'est pour cette raison que l'on a opté pour la construction laminée des aimants de déflexion et des quadripôles.

Des programmes de calcul électronique sur l'optique des faisceaux ont été exécutés et l'implantation des tunnels de transfert est maintenant en bonne voie. Elle est caractérisée par la mise en place de quadripôles de focalisation puis de défocalisation tous les 9 mètres, sur toute la longueur. Les aimants de déflexion sont intercalés entre les quadripôles. Le choix de l'ouverture des aimants est dicté principalement par les besoins de faisceaux des expériences du hall Ouest où on peut s'attendre à une utilisation complète du faisceau du PS amélioré. On a commencé à dresser les plans des alimentations des aimants.

Le système d'injection des anneaux de stockage est en principe analogue au système d'éjection rapide du PS; il existe cependant quelques différences importantes. L'aimant de déflexion rapide doit fonctionner sous ultravide et doit être étuvé. Ceci limite très sérieusement le choix des matériaux. L'aimant sera construit en ferrite, avec des conducteurs en titane et des isolateurs en céramique. La forme de l'impulsion doit être aussi rectangulaire que possible (à $\pm 2\%$ près). Il importe en particulier d'éviter toute variation lorsque l'impulsion principale est déclenchée, étant donné que ceci influencerait les protons passant dans l'aimant de déflexion pour la deuxième fois.

Un travail important a été accompli en vue d'obtenir la forme d'impulsion requise. On utilise un long câble d'accumulation avec intérieur en cuivre et extérieur en aluminium. Des aimants inflecteurs prototypes ont été construits et fonctionnent parfaitement.

5. Disposition générale

F. Bonaudi

La caractéristique principale du terrain disponible pour la construction des anneaux de stockage à intersections est sa forme allongée et étroite. Bien que la surface totale (environ 40 hectares) convienne parfaitement au projet sous sa forme actuelle, la largeur du terrain laissait

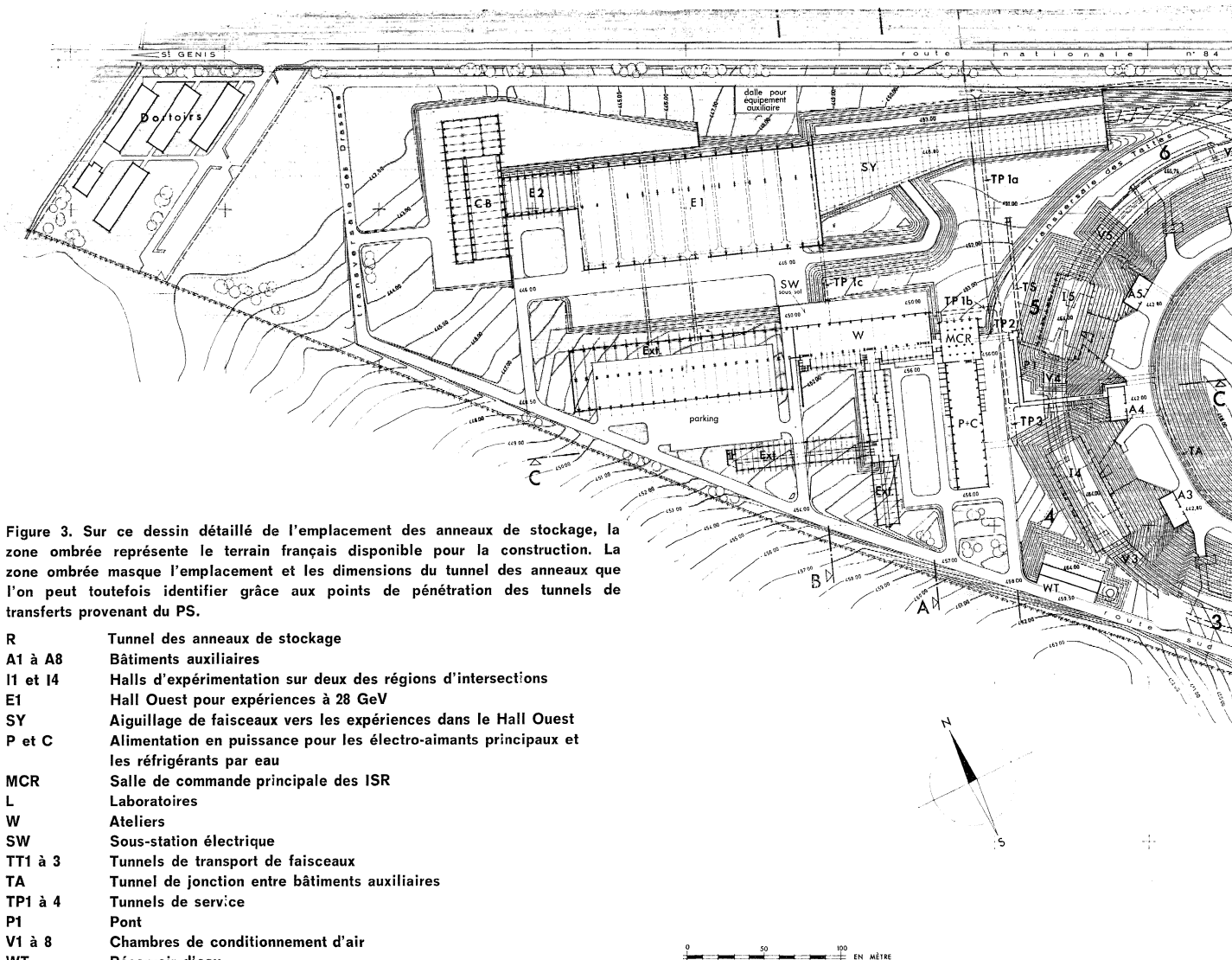


Figure 3. Sur ce dessin détaillé de l'emplacement des anneaux de stockage, la zone ombrée représente le terrain français disponible pour la construction. La zone ombrée masque l'emplacement et les dimensions du tunnel des anneaux que l'on peut toutefois identifier grâce aux points de pénétration des tunnels de transferts provenant du PS.

R	Tunnel des anneaux de stockage
A1 à A8	Bâtiments auxiliaires
I1 et I4	Halls d'expérimentation sur deux des régions d'intersections
E1	Hall Ouest pour expériences à 28 GeV
SY	Aiguillage de faisceaux vers les expériences dans le Hall Ouest
P et C	Alimentation en puissance pour les électro-aimants principaux et les réfrigérants par eau
MCR	Salle de commande principale des ISR
L	Laboratoires
W	Ateliers
SW	Sous-station électrique
TT1 à 3	Tunnels de transport de faisceaux
TA	Tunnel de jonction entre bâtiments auxiliaires
TP1 à 4	Tunnels de service
P1	Pont
V1 à 8	Chambres de conditionnement d'air
WT	Réservoir d'eau

Les bâtiments à l'étude comprennent : E2 – annexe au hall Ouest ; CB – zone pour grande chambre à bulles ; un nouvel injecteur pour le PS et le complexe de traitement des données et du restaurant sur la zone ISR.

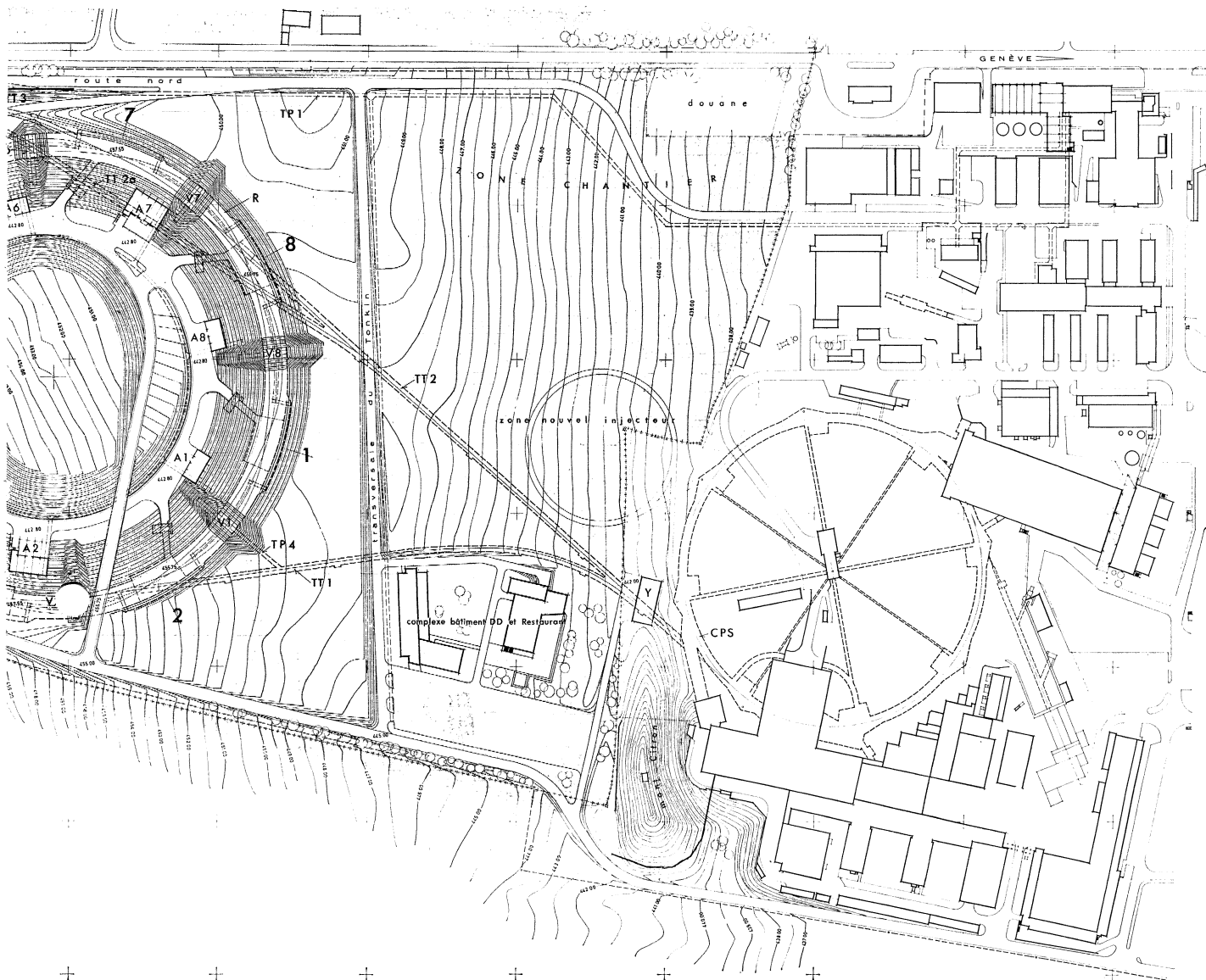
peu de liberté pour choisir l'emplacement des anneaux. L'emplacement adopté (voir fig. 3) répond tout juste aux exigences très strictes de l'injection (qui détermine la géométrie des tunnels de transport de faisceaux entre le PS et les anneaux) et aux besoins en matière de blindage et de routes d'accès de part et d'autre des anneaux.

Les anneaux de stockage seront logés dans un tunnel circulaire souterrain ayant un diamètre moyen de 300 m, une largeur de 15 m et une hauteur de 7 m. La largeur du tunnel est déterminée par le fait qu'il abrite les deux anneaux dont la géométrie (voir fig. 2) est telle que sur des distances considérables, ils sont placés assez loin l'un de l'autre. Des tunnels d'accès indépendants, équipés de portes blindées, mènent aux intersections où l'on peut effectuer les expériences de collisions de faisceaux. Une des intersections, I4, est logée dans un hall d'expérimentation (largeur 25 m, longueur 70 m, hauteur environ 16 m) qui est en fait un élargissement important du tunnel. Un autre hall d'expérimentation, à l'intersection I1, est conçu différemment: les anneaux le traverseront par un couloir blindé constitué de blocs amovibles, ce qui assurera un maximum de flexibilité autour de la région de collisions et permettra d'étendre les expériences au-delà de la largeur qui serait imposée par un hall comme le I4. Deux autres intersections (I2 et I8) bénéficieront également d'une largeur et d'une hauteur supplémentaires pour loger les expériences.

Le hall Ouest pour les expériences à 28 GeV, situé au-delà des anneaux, mesure 150 m de long et 65 m de large. La grande chambre à bulles à hydrogène proposée qui fait partie du programme d'améliorations du PS et d'autres grandes chambres seront logées dans un ensemble de bâtiments à l'extrémité de ce hall. Au cours des années 1968, 1969 et 1970, le hall Ouest servira essentiellement de zone de montage et d'essais pour tous les éléments des anneaux de stockage.

Le reste de l'ensemble des anneaux de stockage (salles d'équipements et de commandes, atelier, laboratoires et bureaux) est situé au sud-ouest des anneaux, comme indiqué à la figure 3.

Une exploration étendue du site des anneaux de stockage a été effectuée pour déterminer la stabilité du sol. Des échantillons ont été prélevés à différentes profondeurs et en divers points du site et transmis à des experts en mécanique des sols pour analyse. Les résultats de cette étude indiquent que des mouvements verticaux du sol pourraient se produire; ces mouvements, toutefois, ne sont pas jugés trop graves bien qu'ils puissent impliquer des réalignements de la machine plus fréquents qu'au PS. Le positionnement des aimants est basé sur la stabilité du sol dans une certaine mesure mais on a en outre prévu de faire reposer les aimants sur des séries de poutres en béton servant de supports



dans les anneaux. Cette solution, sans être trop coûteuse, devrait permettre de minimiser les effets des éventuels mouvements du sol.

Le programme de construction pour l'ensemble des bâtiments des anneaux de stockage est réparti sur trois ans (mi-1966 à mi-1969). La priorité est donnée au tunnel de l'anneau en raison de sa complexité et de son importance, et au hall Ouest dont le groupe chargé de la construction des anneaux aura besoin pour les travaux de montage et d'essais.

Les travaux préliminaires de terrassements, routes, drains, etc., sont commencés depuis l'an dernier. L'adjudicataire principal pour l'ensemble des travaux de génie civil a été choisi en mai 1966 et devrait entreprendre les travaux très prochainement.

6. Modèle d'anneau de stockage

M. J. Pentz

La décision de construire un «modèle» d'anneaux de stockage d'électrons et celle, prise ultérieurement, de construire les anneaux de stockage à intersections

avaient un facteur commun. C'est essentiellement l'augmentation importante de l'intensité du faisceau de protons accélérés dans le PS qui fit entrevoir la possibilité d'y ajouter une installation de collisions de faisceaux et qui amena aussi la Division de Recherche sur les Accélérateurs à décider de construire un modèle d'anneau de stockage.

Le modèle, baptisé CESAR (Anneau d'accumulation et de stockage d'électrons du CERN), fonctionne depuis trois ans. Il ne s'agit pas d'une réplique exacte des anneaux de stockage à intersections, mais d'un modèle conçu en vue d'obtenir des données expérimentales sur certains des phénomènes fondamentaux de l'accumulation des faisceaux qui sont indispensables au bon fonctionnement des anneaux de stockage à intersections.

Etant donné que les protons de 28 GeV circulant sur une orbite de 150 m de rayon ne perdent presque pas d'énergie par rayonnement synchrotronique, le processus de l'injection et de l'accumulation de plusieurs impulsions implique l'accélération de chaque impulsion injectée par un système h.f., comme décrit à la page 131. La situation est tout autre dans un anneau de stockage d'électrons de haute énergie, où une perte d'énergie considérable par rayonnement synchrotronique provoque le rétrécissement rapide des orbites des électrons. On peut alors tirer parti de ce rétrécissement de l'orbite pour déplacer chaque impulsion d'électrons injectés de manière à la