

Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Buchi sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF (suite)

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **47 (1921)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36589>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

	aux bandages	à la jante	aux sabots de frein
Aux automotrices du B.L.S.			
sans surcharge, environ	151°	65°—70°	220°
avec surch. d'env. 80% env.	243°	157°	480°
Aux automotrices du M.O.B.			
sans surcharge, environ	176°—200°	80°—90°	300°
av. surch. d'env. 15% env.	220°	110°	450°

On se rend compte par ces chiffres que les températures des bandages dues au freinage mécanique peuvent présenter un sérieux danger au point de vue de leur déboîtement de la roue lorsqu'ils ont été posés avec le serrage habituel.

D'autre part, la température considérable des sabots de frein exerce certainement une influence défavorable sur le coefficient de frottement entre bandage et sabot, et il ne paraît pas exclu que des risques pourraient en résulter lorsque la température des sabots dépasserait notablement celles que nous avons enregistrées aux essais ce qui peut, dans certains cas, assurément arriver.

Nous ne remarquons qu'en passant qu'aux températures de 450°—500°, que les sabots de frein peuvent atteindre, la résistance à la rupture de la fonte est déjà sensiblement inférieure à sa résistance normale.

Les essais et les études entrepris ont permis de tirer des conclusions intéressantes et utiles et d'établir certaines règles de nature à augmenter la solidité de la liaison entre bandage et jante, d'empêcher le déboîtement des bandages et de diminuer ainsi les dangers qui peuvent en résulter pour le service de l'exploitation,

Si l'on rappelle que la longueur d'exploitation totale des chemins de fer des cinq continents est d'environ 1 200 000 km., que l'ensemble des kilomètres-voyageurs effectués annuellement sur ce réseau très étendu peut être évalué au chiffre respectable d'environ 550 000 000 000 et que pour ce faire il faut environ 135 milliards de kilomètres-bandage par an, on se rend compte, combien il est important que les bandages des roues présentent une solidité et une sécurité suffisantes.

Rapport

des experts Rothpletz, Rohn et Buchi

sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF

(Suite.)¹

E. Conditions statiques de la maçonnerie dans la galerie.

La plus grande largeur de la galerie s'élève à 1 m. 60, la hauteur est de 2 m. Les rayons de courbure de l'intrados de la galerie sont les suivants :

calotte	0,8 m.
pieds-droits	3,0 »
radier	2,0 »
point de transition entre les pieds-droits et le radier	0,4 »

¹ Voir *Bulletin technique* du 16 avril 1921, page 88.

L'épaisseur du béton des profils normaux¹ I, II et III dont il a été fait usage est de :

type I	type II	type III	
0,14 m.	0,25 m.	0,35 m.	pour la voûte et les pieds-droits,
0,14 m.	0,20 m.	0,30 m.	pour le radier.

Le type projeté N° IV, profil circulaire, n'a pas été exécuté et aucun profil n'a été armé ; seul l'enduit a été muni d'une armature en fer pour qu'il fût étanche et adhérerait mieux au béton de la galerie.

La pression intérieure que doit supporter la galerie est de 4,5 atm. au maximum.

Pour l'appréciation des conditions statiques intérieures et extérieures du revêtement en béton, le mode d'exécution des travaux et l'assiette du tube de béton dans la roche qui l'entoure sont d'une importance capitale.

En ce qui concerne l'exécution des travaux, on peut admettre que les pieds-droits et la voûte, jusqu'à sa clef ont été établis d'une manière continue et d'une seule coulée. La clef de voûte a été bétonnée un à trois jours plus tard, et le radier bien après (un à trois mois). Les joints des deux côtés du radier pour le raccordement de ce dernier avec les pieds-droits aboutissent dans l'intrados 0,3 m. au-dessus du niveau de la ligne médiane du radier, et forment, extérieurement, un angle de 70° par rapport à l'horizontale. Ce mode d'exécution a pour effet de ne permettre à ces joints de supporter que de faibles efforts de traction. Les deux joints de la clef de voûte, où le damage a changé de direction, sont aussi des points faibles. (Fig. 4).

Quant à l'assiette du tube de béton dans la roche, il faut de nouveau prendre en considération le mode d'exécution ainsi que, tout particulièrement, la déformation des surfaces d'appui. Au sujet du mode d'exécution, il y a lieu d'admettre que le radier adhère bien, tandis que la liaison de la voûte avec la roche dépend surtout de la qualité des injections de ciment. Le béton des pieds-droits a pu être très bien appliqué jusqu'à 1,2 m. à peu près au-dessus du radier, mais moins parfaitement, cependant, que celui du radier même. Les injections n'ont été pratiquées que dans la voûte de la galerie, et la voûte joint probablement mieux, par conséquent, que les pieds-droits. La déformation de la gaine rocheuse peut être plastique ou élastique, autrement dit, elle peut consister en un écrasement ou déplacement durables de la couche, ou bien en une modification passagère, qui disparaît au moment où la surcharge cesse. Nous avons déjà examiné les conditions géologiques de la galerie. Cette dernière est, notamment dans son dernier tiers, située dans une roche feuilletée et tendre, sujette, par conséquent, aux déformations plastiques.

Les profils choisis par les organes des chemins de fer fédéraux prouvent que le revêtement en béton était, avant tout, destiné à résister à la pression extérieure. La pression intérieure n'a été envisagée qu'indirectement, en ce sens qu'on a attaché une grande importance à un bétonnage adhérent partout. En d'autres termes, on a pensé

¹ Voir ces profils à la page 89 de notre N° du 16 avril.

que le revêtement en béton, s'il s'appliquait bien à la roche, trouverait en elle un appui en quelque sorte absolument fixe, ce qui devait rendre impossible la formation de fissures ayant une certaine gravité. Il est notoire que, soumises à une forte pression intérieure, les galeries de ce genre se fendillent quand la roche est crevassée, quelque bonne qu'elle puisse être d'ailleurs ; mais, jusqu'à ce jour, on estimait, assez communément, qu'il était possible de remédier à cet inconvénient à l'aide d'injections de ciment ou d'autres procédés. Or, dans le cas où la pression inté-

Nous avons déjà dit que la qualité du béton ne peut pas être considérée comme irréprochable et cela pour diverses raisons. Mais dès que le tube de béton ne joue plus le rôle de corps résistant, mais agit comme simple revêtement, la pression étant trop élevée, la résistance à la traction insuffisante et l'assiette inégale, la qualité du béton n'est pas déterminante pour la formation des fissures.

Les conditions statiques du tube n'ont, de toute évidence, été influencées que fort peu par des variations de température et le retrait du béton. La température est, en

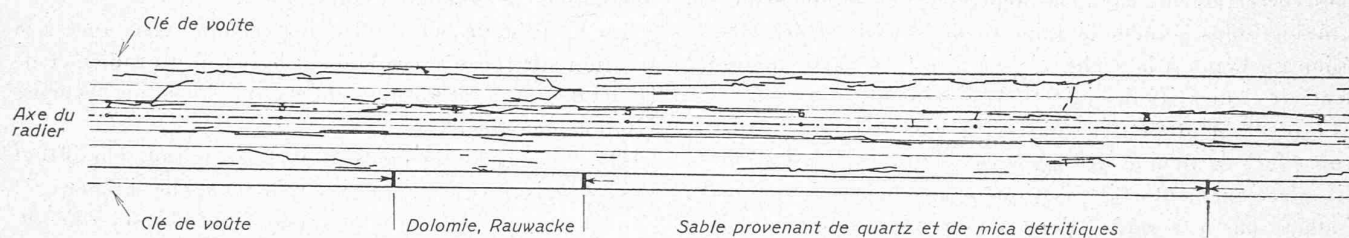


Fig. 7. — Relevé des fissures entre les hectomètres 7,2 et 7,9, après le sixième remplissage. — 1 : 400.

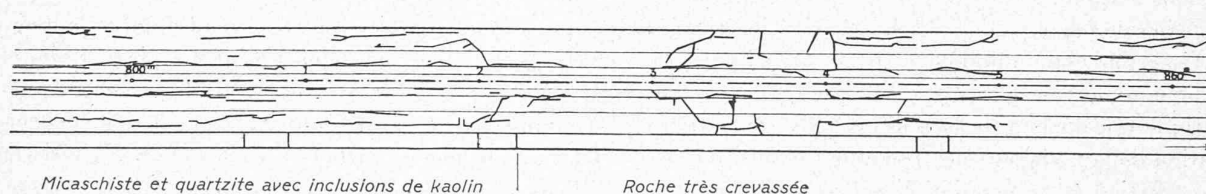


Fig. 8. — Relevé des fissures entre les hectomètres 7,9 et 8,6, après le sixième remplissage. — 1 : 400.

rieure est déterminante et où la gaine rocheuse du revêtement cède, dans une certaine mesure, il est clair que le béton n'est pas en état de résister au travail d'extension qui résulte de la pression intérieure et doit se fissurer à tel point qu'aucune réparation ne peut rendre la galerie suffisamment étanche.

A supposer que la pression intérieure soit prédominante et que la gaine rocheuse soit sujette à se déformer, le profil circulaire — qui, d'ailleurs, n'a pas été exécuté — ne correspondra à l'état d'équilibre des charges intérieures et extérieures que si ces dernières sont absolument de même nature que la pression intérieure de l'eau, c'est-à-dire sont réparties uniformément et s'exercent radialement. A pression intérieure plus faible et pression extérieure uniforme, ce tube de béton, s'il avait été établi d'une façon continue, aurait probablement offert à la traction une résistance suffisante pour supporter la pression intérieure sans mettre de façon appréciable l'enveloppe rocheuse à contribution. Mais, dès que l'assiette du tube n'est pas absolument régulière, la forme circulaire ne satisfait plus, elle-même, à la ligne de traction de la pression intérieure et à la réaction de l'enveloppe rocheuse. Même dans la meilleure des roches, des injections de ciment bien faites sont donc d'une importance primordiale pour empêcher les perturbations locales de la ligne de traction. Elles jouent aussi un grand rôle quant à et pour la répartition des tensions dans le revêtement.

effet, extraordinairement égale dans la galerie de Ritom ; elle est toujours de 5° C. à peu près. Quant au retrait du béton, s'il s'était produit, il aurait dû, vu la continuité du travail, provoquer en premier lieu des fissures transversales ; or, il n'a pu en être constaté. Ce peu d'influence du retrait est sans doute dû principalement à la grande humidité qui règne sans cesse dans la galerie (humidité de la montagne et sources). On sait que le béton se retire surtout quand il se durcit à l'air sec et chaud, tandis que, s'il prend dans l'eau, il a une tendance à se gonfler. En raison de cette circonstance, il n'est guère vraisemblable que le revêtement en béton se soit séparé de la roche d'une façon sensible par suite de retrait. Les injections de ciment pratiquées longtemps après le bétonnage s'opposent aussi à l'influence du retrait.

La direction des travaux de l'usine a représenté graphiquement les fissures observées, dont la longueur totale est de 2800 m. environ pour une longueur de galerie de 900 m. en chiffre rond. Les fissures sont, presque exclusivement, longitudinales. Jusqu'à l'hm. 3,00 on en rencontre peu, elles se trouvent presque toutes dans les joints du radier avec les pieds-droits. Plus loin, en descendant, on voit également prédominer, et de beaucoup, les fissures longitudinales au pied de l'ouvrage, mais il s'en présente aussi des deux côtés du sommet. C'est vers son extrémité inférieure que la galerie est le plus fissurée ; même là, cependant, elle est demeurée absolument intacte par en-

droits. Le fond du château d'eau est, sur toute son étendue, séparé de la surface cylindrique de l'enveloppe. (Fig. 7 et 8).

En se basant sur les faits dont il vient d'être question, on peut juger *statiquement* le revêtement bétonné de la galerie comme suit : Au point de vue des forces intérieures le tube de béton est statiquement trois fois indéterminé, ou deux fois seulement, si l'on admet la symétrie parfaite tant de la construction que de la charge. Les réactions d'appui, par contre, ne peuvent guère être évaluées correctement, car elles dépendent entièrement de la mesure dans laquelle la gaine rocheuse cède et de l'adhésion du béton à la roche, c'est-à-dire tout particulièrement, de l'efficacité des injections de ciment.

Le revêtement bétonné des types exécutés est soumis à un effort de flexion dès que l'enveloppe rocheuse cède soit plastiquement soit élastiquement ou que le béton n'adhère pas à la roche. Pour nous rendre compte aussi simplement que possible de la distribution des tensions, nous avons admis, quand la roche est sujette à céder, que les réactions d'appui, c'est-à-dire les pressions extérieures sont réparties de façon analogue à la pression intérieure : nous envisageons donc uniquement la pression intérieure et nous ne nous sommes pas préoccupés de l'indétermination statique qui dépend de la relation existant entre la déformation de la roche et celle du béton ; la position des lignes de traction et de pression n'est pas modifiée de ce fait.

Dans ces conditions, le tube encadré par la roche déformable est statiquement indéterminé deux fois.

Si, d'autre part, on considère l'enveloppe rocheuse comme indéformable et qu'on n'admette d'adhésion parfaite que pour le radier et pour la voûte, chaque pied-droit peut être envisagé comme résistant seul ; si les joints des pieds-droits avec le radier ou avec le sommet de la voûte peuvent supporter des efforts de traction, il y a trois valeurs surabondantes à déterminer.

Si l'on admet que les joints des pieds-droits avec le radier ne peuvent transmettre que des efforts de cisaillement dans la direction des dits joints, le problème, que l'enveloppe rocheuse soit déformable ou non, est une fois indéterminé.

Enfin, que l'enveloppe rocheuse soit déformable ou non ou que les pieds-droits adhèrent ou non, le problème est déterminé dès que l'on admet que les joints des deux côtés de la clef de voûte ne peuvent, eux aussi, supporter que des efforts de cisaillement.

En conséquence, nous avons examiné les cas suivants :

I. Le tube de béton possède une certaine résistance à la traction sur toute son étendue, résistance qui cependant ne saurait être que faible (état initial à faible pression intérieure). Une partie de la pression intérieure est transmise à l'enveloppe rocheuse sous forme de charge radiale uniformément répartie, autrement dit la réaction de cette enveloppe est uniforme et symétrique à la pression intérieure. L'enveloppe rocheuse est donc considérée comme plastiquement ou élastiquement déformable.

a) Tout le corps en béton est supposé élastique, la ligne de traction de la pression intérieure donne presque exactement un cercle ;

b) Comme il est admis que le radier est la partie du corps en béton qui adhère le plus parfaitement à l'enveloppe rocheuse, le béton du radier est considéré comme non élastique relativement à l'autre béton ;

c) Etant données les injections qui ont été pratiquées dans le sommet, l'hypothèse *b* a été étendue à la partie du revêtement en béton qui forme la clef de voûte et a une largeur de 60 cm. en chiffre rond.

II. Le tube de béton offre une certaine résistance à la traction sur toute son étendue ; le béton du radier et de la clef de voûte est absolument fixe ; l'enveloppe rocheuse est indéformable.

III. Les joints des pieds-droits avec le radier n'offrent pas de résistance à la traction ; en revanche, ils peuvent transmettre des efforts transversaux que, le cas échéant, l'enveloppe rocheuse au bas des pieds-droits concourt à supporter. Une transmission d'efforts de pression par ces joints est considérée comme impossible vu que les fissures qui se sont produites en très grand nombre le long de ces joints indiquent un déplacement des pieds-droits et de la voûte par rapport au radier. Ici le radier est considéré comme partie constituante de l'enveloppe rocheuse et il en est de même du béton de la voûte. La résistance de l'enveloppe rocheuse le long des pieds-droits est considérée comme uniformément répartie, c'est-à-dire comme réduction de la pression intérieure, ou faute d'injection suffisante, a été complètement négligée (*sic*).

IV. Les données admises pour les joints des pieds-droits avec le radier sont étendues à deux joints approximativement radiaux et qui se trouvent des deux côtés de la clef de voûte, autrement dit, la voûte et le radier sont considérés comme sous II, tandis que les joints supérieurs et inférieurs ne supportent que des efforts transversaux.

Dans tous les quatre cas, on a négligé la faible influence du poids propre ainsi que de la charge d'eau. Les lignes de traction et les lignes de pression qui ont été tracées, mais qui n'ont point été jointes au présent rapport, montrent que les plus grands efforts de traction auxquelles l'intrados est soumis dans I *a*, I *b* et I *c* se trouvent assez exactement pour la partie inférieure dans les joints des pieds-droits avec le radier et pour la partie supérieure dans le voisinage de la clef de voûte. Dans le cas II où l'on suppose que la roche n'est point sujette à déformation, mais que les pieds-droits n'adhèrent pas absolument, on a des efforts de pression dans l'intrados des deux côtés de la clef de voûte. Ce cas est par conséquent invraisemblable, et il y a lieu de conclure à une déformation de l'enveloppe rocheuse. Le cas III dans lequel on admet des fissures dans les joints de la partie inférieure indique de grands efforts de traction des deux côtés du sommet de la voûte. Dans le cas IV, l'intrados entre les joints du radier et du sommet n'est soumis qu'à un effort de pression.

Les fissures observées, ainsi que les recherches statiques démontrent d'une manière indiscutable que le tube

de béton a cédé à la *pression intérieure*. Il est tout naturel que, par suite de cette déformation et des efforts de traction qui en résultaient dans le corps de béton, ce soient, en première ligne, les joints des pieds-droits avec le radier, lesquels n'offraient qu'une très faible résistance à la traction, qui aient dû s'ouvrir. Ces fissures correspondent toutes à la position des joints de travail. Si les fissures supérieures ne se sont pas produites dans le sommet de la voûte lui-même, mais bien des deux côtés de cette dernière, c'est parce que ledit sommet adhérerait mieux à cause des injections de ciment. (A suivre.)

Concours pour l'étude des plans d'un bâtiment d'internat à l'Ecole cantonale d'agriculture, à Cernier.

(Suite.)¹

N° 9, *Auroriens*. — Le plan régulier de ce projet limité en surface et en hauteur, présente une bonne proportion générale. Les dégagements, largement éclairés, ont une surface raisonnable et suffisante. Les divers services, orientés favorablement, sont judicieusement groupés en un plain-pied, un rez-de-chaussée et un étage. Au plain-pied, contenant une classe et le laboratoire de chimie, l'aménagement ample et clair du réfectoire et de la cuisine est excellent; cette dernière et ses dépendances, reléguées sur la face postérieure, avec cour de service, sont placées favorablement, à tous les égards. Le réfectoire du personnel est insuffisamment éclairé et aéré. Bon emplacement du local de nettoyage avec entrée directe de l'extérieur. (Fig. 11 à 14).

Au rez-de-chaussée, claire disposition des salles d'études (trop longues, 10 m.) et de l'aula, avec vestiaires en «double». Au premier étage, les dortoirs sont presque tous tournés vers le sud-est, mais le groupement et la disposition des lits laissent à désirer. Les lavabos «en double» sont conçus de manière commode; toutefois, il y aurait lieu d'augmenter leur profondeur. La seconde étape, bien comprise, consiste en la construction de l'aile droite, réalisable sans état transitoire disgracieux.

L'aspect d'ensemble est d'une masse proportionnée, cependant le détail de l'architecture n'est pas au point, notamment en ce qui concerne le rapport des vides et des pleins. La toiture, sans être volumineuse, couronne bien l'édifice, tout en étant d'une grande simplicité. Les deux pignons des extrémités pourraient être supprimés sans inconvénient. Le cube de construction est modéré (12 908 m³). (A suivre.)

¹ Voir Bulletin technique du 16 avril 1921, page 91.

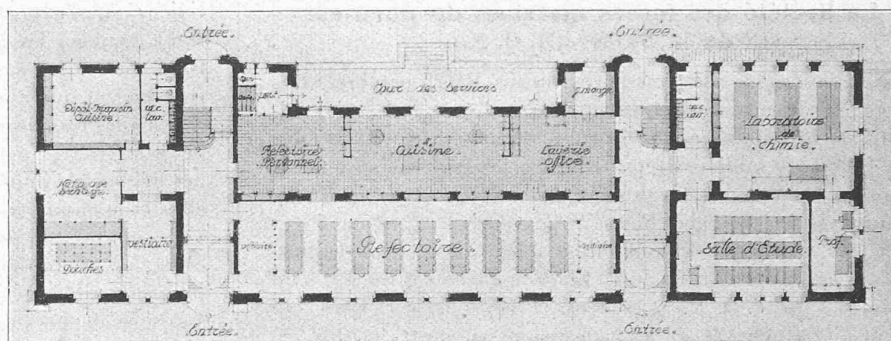


Fig. 11. — Plan du rez-de-chaussée inférieur. — 1 : 500.

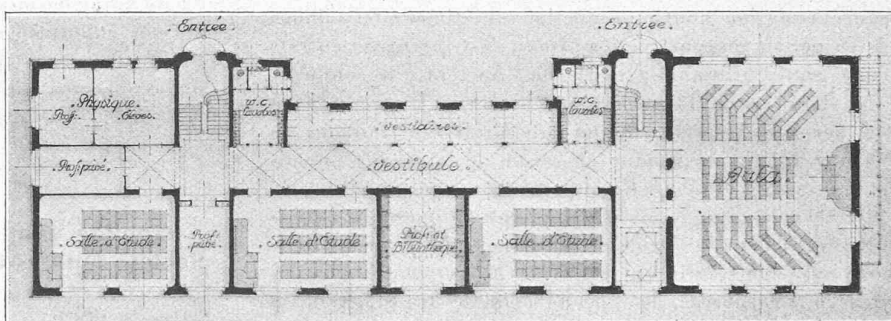


Fig. 12. — Plan du rez-de-chaussée supérieur. — 1 : 500.

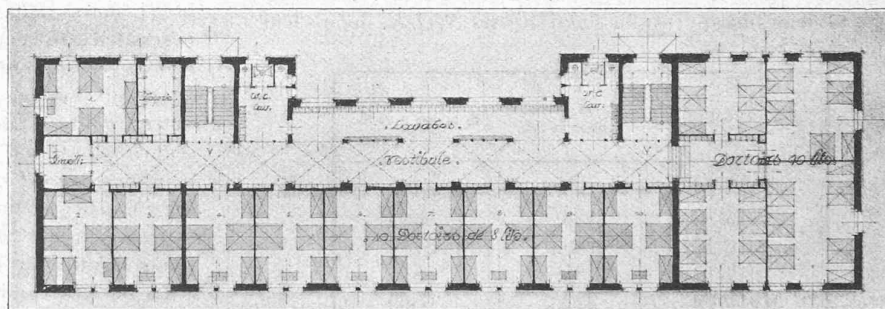


Fig. 13. — Plan du 1^{er} étage. — 1 : 500.

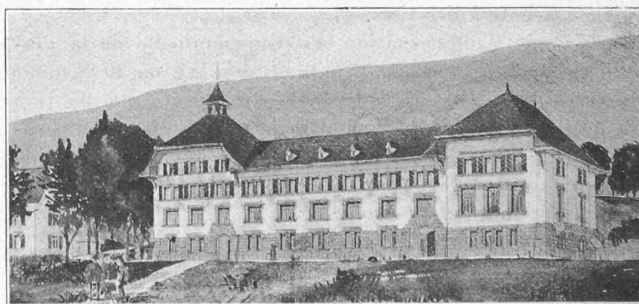


Fig. 14. — Perspective.

3^{me} prix: projet «Auroriens»,
de MM. J.-M. Debely et G. Robert, architectes,
à La Chaux-de-Fonds.