Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 69 (1951)

Heft: 40: Sonderheft zur 62. Generalversammlung des S.I.A., Lausanne 5.-7. Okt. 1951

Artikel: Pivots pour turbines hydrauliques

Autor: Chappuis, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58929

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: 10.07.2025

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

Staumauern zusammen, für die sie vorliegende Probleme untersucht.

Alle diese Laboratorien und Institute unterstehen ausschliesslich der EPUL. Ueberdies verfügt die Schule für verschiedene Spezialgebiete, insbesondere für die Ausbildung der Ingenieur-Chemiker, über mehrere Laboratorien, die der Faculté des Sciences unterstehen.

Schlussbetrachtungen

Der vorliegende Bericht zeigt, dass die für den höheren technischen Unterricht an der EPUL verantwortlichen Behörden im Laufe der letzten Jahre die notwendigen Massnahmen zu treffen wussten, um diesen Unterricht der ständig fortschreitenden Entwicklung der technischen Wissenschaften anzupassen. Noch mehr: indem sie bestimmte Institute mit vollkommenen Einrichtungen versahen, nicht nur zu Unterrichtszwecken, sondern auch zu Untersuchungsarbeiten in Gemeinschaft mit den technischen Kreisen der Industrie, haben es diese Behörden der Schule ermöglicht, zum Fortschritt der technischen Wissenschaften einen bemerkenswerten Beitrag zu leisten. Damit hat die Schule der Stadt Lausanne ihre Anziehungskraft als Studienzentrum, sowie als Zentrum der Forschung, Dokumentation und Information gewahrt — Züge, die seit dem Beginn der Ecole d'Ingénieurs nicht aufgehört haben, sich auszuwirken.

In ihrer ununterbrochenen Entwicklung hat die EPUL mannigfache Hilfe empfangen, hauptsächlich durch Industrielle und Unternehmungen, die einsahen, wie wichtig eine erfolgreiche Tätigkeit der EPUL für das wirtschaftliche Leben des Landes ist. Diese Unterstützungen fliessen ihr aus Kreisen der ganzen Schweiz und sogar aus dem Ausland zu. Besser als jede andere Tatsache zeugen sie von der Qualität des erteilten Unterrichtes. Sie bedeuten eine Anerkennung der Professoren und ehemaligen Schüler, die sich in der Industrie und im nationalen Leben überhaupt angesehene Stellungen geschaffen haben.

Pivots pour turbines hydrauliques

Par J. CHAPPUIS, Ingénieur aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A.

DK 621.24 — 233.16

1. Introduction

Lors de la construction de turbines hydrauliques d'une certaine importance, l'ingénieur n'a pas seulement à résoudre des problèmes d'hydraulique pure mais nombre d'autres, relevant de domaines divers. Il y a celui très complexe et si discuté du réglage de la vitesse, ceux non moins délicats de l'étanchéité sur les arbres moteur, etc. Tous doivent satisfaire aux conditions particulièrement sévères du fonctionnement ininterrompu d'une centrale hydro-électrique. L'un de ces problèmes est posé par l'existence dans toute turbine à réaction de fortes poussées axiales augmentées, dans le cas d'un groupe à axe vertical, du poids des parties tournantes. Pour le résoudre, il a fallu développer des paliers de butée ou pivots capables de supporter en service continu des charges se chiffrant couramment par centaines de tonnes, et c'est de ces pivots que nous voudrions entretenir ici nos lecteurs.

Rappelons brièvement que, dans tout pivot moderne, la charge axiale est supportée par un film d'huile se mettant spontanément sous pression entre un anneau mobile solidaire de l'arbre du groupe et une série d'éléments fixes de construction particulière. La surface inférieure de l'anneau est absoluement lisse, elle constitue ce qu'on appelle *la glace* du pivot. Elle tourne dans un plan rigoureusement perpendiculaire à l'axe de rotation. Les éléments fixes sont généralement constitués par une série de segments reposant sur un anneau de base ou étant solidaires de ce dernier.

En marche normale, il n'existe aucun contact métallique entre les parties fixes et tournantes. L'anneau du pivot flotte littéralement sur une nappe d'huile. Cette nappe est normalement extrêmement mince puisque son épaisseur est de l'ordre de quelques centièmes de millimètres. Il ne s'agit donc que d'un film d'huile dont la présence est cependant indispensable à la bonne marche et à la conservation du pivot. La formation d'un bon film d'huile n'est toutefois pas la seule condition à remplir pour qu'un pivot donne entière satisfaction et nous résumons dans le paragraphe suivant les points essentiels qu'il y a lieu de considérer lors de sa construction.

2. Conditions à remplir

Les conditions essentielles à remplir sont les suivantes:

a) Il faut que le film se forme rapidement au démarrage, alors même que la vitesse est encore très faible, et qu'il subsiste sous les plus fortes charges. Sa rupture, même partielle, entraînerait un contact métallique entre la glace et la surface portante des segments, ce qui aurait pour résultat la destruction immédiate du pivot par grippage.

b) Un bon pivot doit pouvoir démarrer sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures particulières avant la mise en service du groupe. Nous pensons notamment à l'obligation de soulever le rotor du groupe ou au préchauffage de l'huile avant de pouvoir effectuer les premiers tours de machine.

c) Il faut aussi que l'arrêt puisse se faire sans danger, contrairement à ce qui se passe dans certaines installations où l'on n'ose pas arrêter les groupes de peur de provoquer un grippage au moment du ralentissement, alors que l'huile et les surfaces métalliques sont encore chaudes.

d) Il faut que la circulation d'huile ne produise pas une dangereuse émulsion entre l'huile et l'air, pouvant provoquer soit une rupture du film d'huile soit une augmentation de volume et un débordement dans les parties tournantes de l'alternateur.

e) Il faut que l'élévation locale de la température des pièces principales ne donne lieu à aucune déformation nuisible susceptible de modifier la forme du film d'huile et de provoquer éventuellement sa disparition.

f) Il faut enfin que la répartition des charges soit aussi uniforme que possible sur l'ensemble des segments, de manière que le fonctionnement de chacun d'eux corresponde bien aux conditions prévues. L'importance de cette dernière question croît avec la grandeur et la charge du pivot. En effet, une répartition irrégulière de la charge peut être la cause de vibrations capables de donner naissance à une corrosion de contact, par exemple dans l'emboîtage du pivot sur l'arbre du groupe, et ceci particulièrement sur des pivots de grandes dimensions.

3. Film d'huile

La théorie du film d'huile est connue depuis la fin du siècle passé, c'est-à-dire depuis les travaux publiés sur ce sujet par Osborne Reynolds. En fait, ce n'est qu'une vingtaine d'années plus tard que ces travaux ont été utilisés pour la construction de pivots et de paliers établis d'une façon scientifique; mais ils sont aujourd'hui universellement connus et utilisés en sorte que nous pouvons nous dispenser de donner un nouvel exposé théorique de la question. Ce qui importe cependant, c'est de savoir que l'épaisseur du film croît avec la vitesse et avec la viscosité de l'huile, tandis qu'elle décroît lorsque la pression spécifique sur les segments augmente. Lorsqu'on veut avoir un film d'huile dont l'épaisseur minimum ne tombe pas en dessous de certaines limites, il faut donc ou bien choisir une huile à forte viscosité, ou bien diminuer la pression spécifique, ce qui implique cependant une augmentation des dimensions générales du pivot.

Certains constructeurs cherchent à pousser les pressions spécifiques aussi haut que possible. Nous avons préféré construire nos pivots avec une pression spécifique plutôt faible. Ceci permet d'utiliser une huile plus fluide et assure en outre une énorme sécurité pendant les périodes de démarrage et d'arrêt, ainsi que nous le verrons plus loin. Ce choix est également très avantageux au point de vue du coefficient de frottement et de l'augmentation de température de l'huile dans son passage entre les parties fixes et la glace du pivot. Des expériences faites à grande échelle ont montré que dans deux pivots semblables, fonctionnant dans les mêmes conditions de charge et de vitesse, l'huile reste très sensiblement plus froide dans le pivot où la pression spécifique est la plus basse. Cette constatation est extrêmement intéressante car elle montre bien l'avantage considérable d'une pression spécifique relativement faible au point de vue sécurité.

4. Périodes de démarrage et d'arrêt

Le choix d'une pression spécifique très basse permet d'obtenir un film d'huile important ayant une température relativement faible et permet en outre de garnir les segments de métal anti-friction. De longues et minutieuses expériences

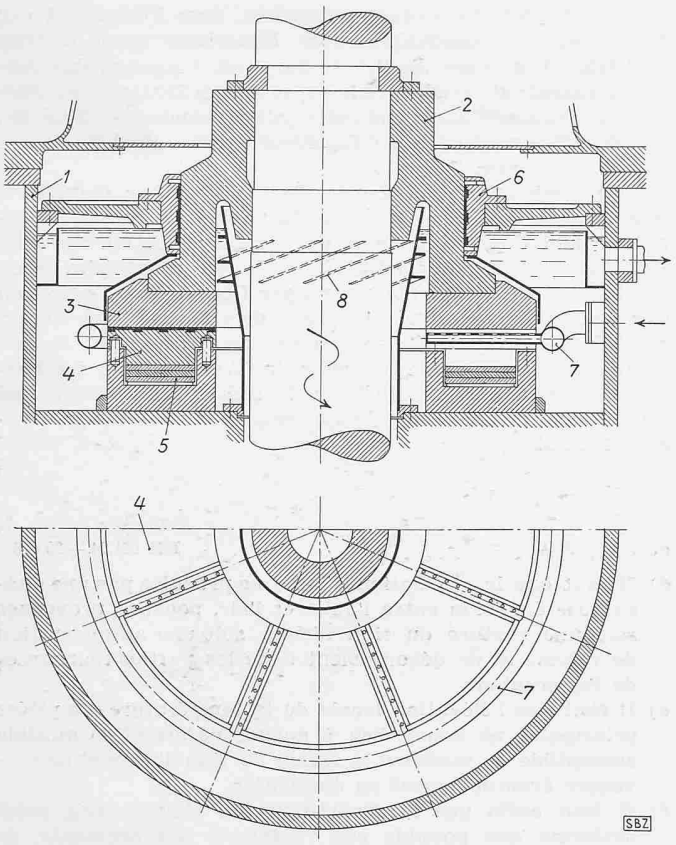

Fig. 1. Coupe d'un pivot à segments, charge 500 t, avec palier de guidage (Construction des Ateliers de Vevey)

1 Cuve du pivot, 2 Manchon d'entraînement, 3 Glace du pivot, 4 Segments, 5 Lames élastiques, 6 Paliers de guidage, 7 Tuyauterie de distribution d'huile, 8 Ailettes de refoulement

ont montré que le métal blanc pouvait être fixé d'une façon absolument sûre au métal sous-jacent et que seule une augmentation de température excessive pouvait donner lieu à un début de détérioration. Cette augmentation de température est calculable. Il est donc facile de profiter des qualités particulières du métal anti-friction pour obtenir l'énorme avantage d'une sécurité absolue lors du démarrage et des

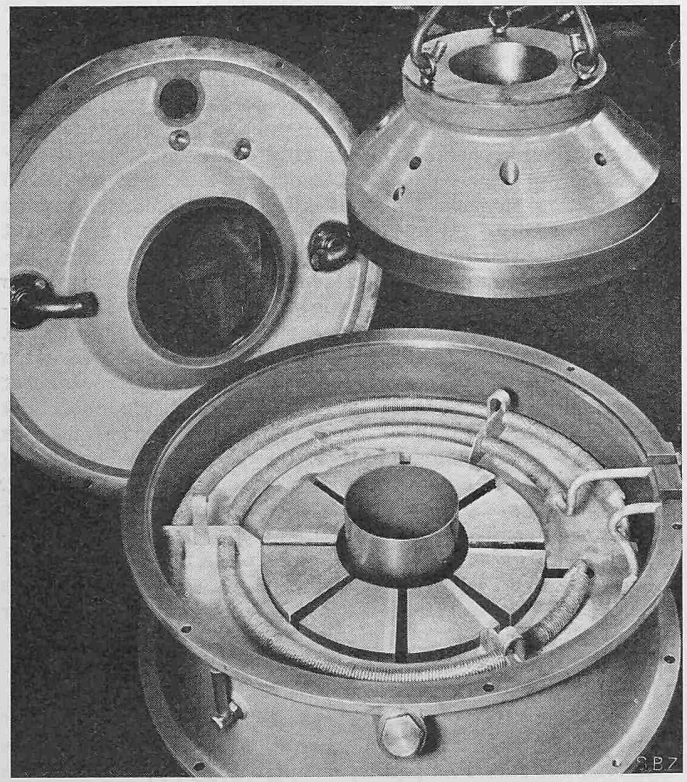

Fig. 3. Vue d'un pivot de petites dimensions

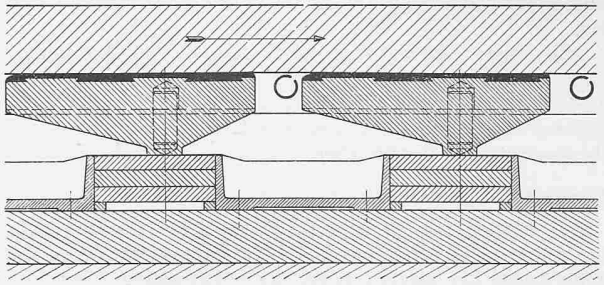

Fig. 2. Vue schématique développée des segments avec support par lames élastiques

arrêts de chaque machine, comme on la trouve dans tous les paliers porteurs ordinaires garnis de ce métal.

La figure 2 illustre un détail de construction du pivot VEVEY qui est particulièrement important en ce qui concerne les périodes de démarrage et d'arrêt. Chaque segment repose sur un jeu de lames élastiques assurant une excellente répartition des charges sur toute la périphérie et permettant aux segments de prendre la position inclinée correspondant aux meilleures conditions de marche du pivot. L'appui du segment sur les lames élastiques se fait sur une bande radiale étroite de la partie inférieure du segment. Des butées circonférentielles ont été placées aussi près que possible du plan de glissement afin de s'opposer à l'effort de frottement qui tend à entraîner les segments dans le sens du mouvement de rotation. On réduit ainsi presqu'à zéro le moment de renversement provoqué par l'effort de frottement qui est particulièrement important à l'instant du démarrage, c'est-à-dire lorsque le film d'huile n'est pas encore formé et que le frottement est encore métallique.

Des essais systématiques ont montré que le coefficient de frottement à l'arrêt atteint des valeurs comprises entre 0,14 et 0,20, quelles que soient les précautions prises pour réduire ce chiffre. Les valeurs les plus hautes sont atteintes avec des huiles très visqueuses, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer tout d'abord en pensant qu'une huile plus épaisse pourrait rester à l'arrêt en plus grande quantité entre les surfaces en contact. Ce coefficient de frottement est 50 à 100 fois supérieur au coefficient de frottement existant avec le film d'huile de marche normale, ce qui fait immédiatement comprendre que le problème du démarrage d'un pivot soit un des plus difficiles à résoudre.

Le principe de construction exposé assure un démarrage sans vibration, comme si le film d'huile normal se formait à l'instant même de la mise en marche. Les mêmes qualités de fonctionnement se présentent à l'arrêt, ce dernier étant très doux.

5. Circulation d'huile

Pour obtenir une bonne circulation d'huile dans un pivot dont la glace tourne à des vitesses de l'ordre de 20 m/s par exemple, il importe de prendre toutes précautions pour que cette huile puisse arriver suffisamment vite devant l'entrée du segment, c'est-à-dire pour éviter toute formation de poche d'air au moment où l'huile va pénétrer entre les surfaces portantes. Il est clair que le résultat sera d'autant plus facile à obtenir que l'huile sera plus fluide. Une huile visqueuse aura de la peine à circuler assez rapidement dans les espaces forcément restreints où elle est obligée de passer. Il peut en résulter des différences de niveau sensibles entre les parties intérieures et extérieures du pivot. Suivant les conditions de marche, cela peut donner lieu soit à un débordement, soit à une insuffisance d'alimentation des segments.

Dans un pivot de grandes dimensions construit en 1949 pour la centrale de Lavey et dont la construction est illustrée en principe par la figure 1, l'huile est amenée par une tubulure circulaire et une série d'embranchements radiaux devant l'entrée des segments. Chacun de ces embranchements projette l'huile froide sous la glace du pivot, ce qui oblige l'huile chaude sortant du segment précédent à s'écouler vers l'extérieur et vers le circuit de réfrigération prévu à cet effet. Ce balayage hydraulique de la glace est certainement le plus efficace et le plus sûr car il évite tout frottement mécanique sur la glace.

Il est intéressant de noter aussi que, dans ce pivot, le niveau d'huile ayant été imposé à une cote très élevée dans

la cuve, tout déversement à l'intérieur de l'alternateur a été évité en plaçant une série d'ailettes sur les parties fixes à l'intérieur des parties mobiles du pivot, de manière à refouler vers le bas l'huile qui aurait tendance à s'élever exagérément dans cette partie de la construction. Le résultat atteint a pleinement donné satisfaction.

6. Détails constructifs

Ainsi que nous l'avons rappelé, la corrosion de contact que l'on rencontre dans toute construction soumise à des vibrations joue un rôle considérable dans la destruction de certaines parties du pivot. Ceci est d'autant plus important que la machine est plus grande. Il est fréquent en effet de constater, lors de la revision d'une machine, que le manchon du pivot calé sur l'arbre de l'alternateur ne peut être extrait qu'en y appliquant des efforts démesurés qui sont loin d'être en rapport avec l'effort qu'il a fallu pour son montage. Dans certains cas, le démontage ne s'effectue pas sans grave détérioration à l'arbre de la machine, et ces détériorations sont uniquement la conséquence de la corrosion de contact qui provoque un grippage profond des différentes pièces lors des tentatives de démontage. Ce phénomène de la corrosion de contact a été étudié très en détail il y a quelques années et a fait l'objet de publications extrêmement intéressantes dans la revue «Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers», Londres 1939.

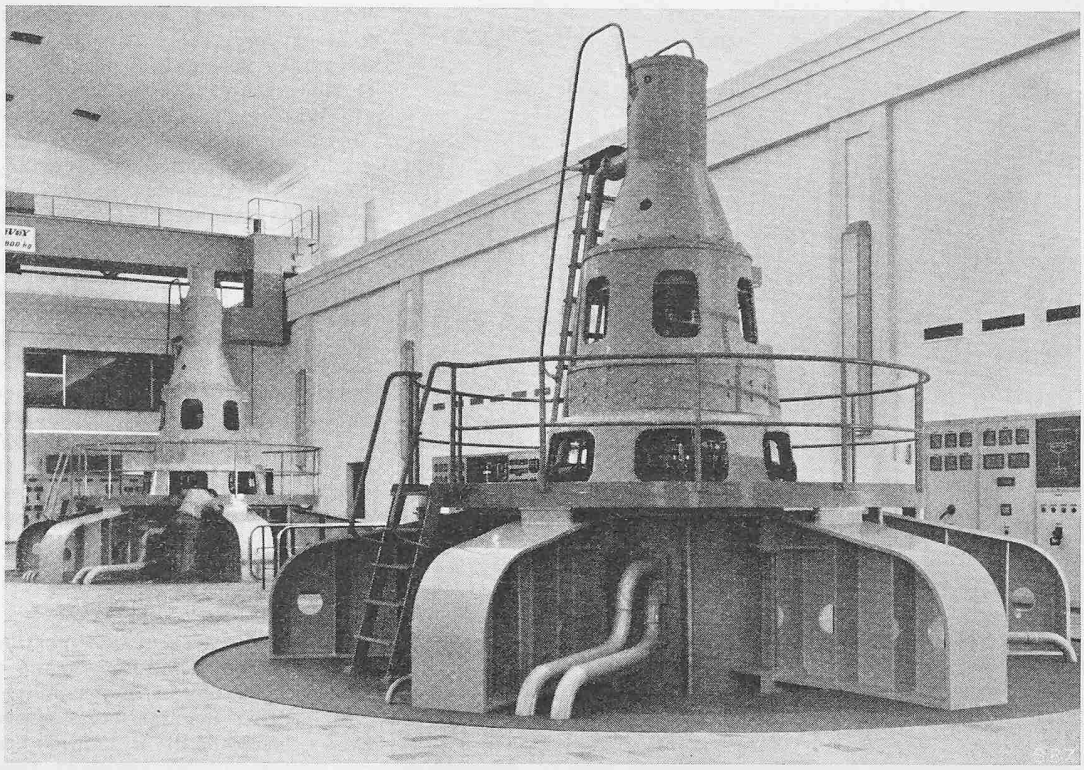

Fig. 4. Vue de la Centrale de Lavey. Sur le groupe de droite fonctionne un pivot du type décrit dans cet article et construit pour supporter une charge de 500 t. On remarquera au premier plan les deux tuyaux du circuit de réfrigération de l'huile du pivot
(Photographie obligeamment mise à disposition par la S. A. Brown, Boveri & Cie., constructeur des alternateurs)

Il résulte de ces études que cette corrosion se produit entre deux surfaces métalliques en contact étroit et qu'elle varie en importance suivant la nature des métaux considérés. Elle est due non pas, comme on pourrait le penser, à une variation de la pression spécifique agissant perpendiculairement aux surfaces de contact mais bien à de très légers déplacements tangentiels, d'ordre vibratoire, de ces surfaces. Il importe donc de construire les différentes pièces du pivot de manière à éviter la possibilité de déplacements semblables et de prévoir dans certains cas des emboîtements étudiés d'une façon particulière.

Ce qu'il faut avant tout, c'est obtenir une marche très stable et exempte de vibrations, c'est-à-dire une répartition aussi régulière que possible des charges. C'est là que le montage des segments sur des lames élastiques indépendantes permet d'obtenir des résultats absolument remarquables. Certains pivots construits suivant ce principe ne présentent aucune trace de détérioration, même après de nombreuses années de fonctionnement dans des conditions particulièrement difficiles.

Bien que les résultats obtenus par le pivot décrit par cet article donnent entière satisfaction, des études sont constamment entreprises afin de le perfectionner et d'augmenter ses performances tout en conservant une complète sécurité de marche.

Die Kantonale Landwirtschaftliche Schule Grange-Verney bei Moudon

DK 727.2 (494.45)

Architekt MARC PICCARD, Lausanne

Hierzu Tafeln 37/38

Auf Grund der guten Erfahrungen mit der Landwirtschaftlichen Schule in Marcelin oberhalb Morges beschloss der Kanton Waadt, bei Moudon eine zweite, ähnliche Schule zu errichten, und führte zu diesem Zweck einen Wettbewerb durch, aus welchem Arch. M. Piccard als Sieger hervorging. Die Ausführung der Bauten wurde dann allerdings zwischen ihm und einem in Moudon ansässigen Architekten aufgeteilt, und zwar in der Weise, dass dieser die um ein bestehendes Gut gruppierten Bauten und Umbauten ausführte, während Arch. Piccard einige hundert Meter südwestlich von diesen die selbständige Gebäudegruppe errichtete, die wir hier unsern Lesern zeigen können. Dass dies möglich wurde, verdanken wir dem Entgegenkommen von Kollege Piccard, der für die Photos gesorgt hat, obwohl der Bau und die Umgebungsarbeiten noch nicht ganz fertig sind. So steht denn auch die Einweihung der Schule am 12. Oktober noch bevor; auch in dieser Hinsicht kommt die der S.I.A.-Generalversammlung gewidmete Publikation zu guter Stunde.

Die klassische Waadtländer Landschaft, in welche die Bauten hineinkomponiert sind, bildet den herrlichen Rahmen, von dessen Schönheit die Photos auch etwas vermitteln sollen. Das Gelände ist auch im Kleinen bewegt; der Lageplan gibt die wichtigsten Höhenzahlen an, denen zu entnehmen ist, dass das Haupthaus (Internat) zwischen dem Niveau des Platzes vor dem Ess-Saal (561,28) und jenem der Wiese vor der Aula (564,95) vermittelt. Einen besonderen Reiz bietet noch die Zufahrtstrasse von Moudon her, indem sie im Einschnitt durch eine sanfte Kuppe verläuft. Der Besucher nähert sich durch eine Art «hohle Gasse», die ihm den Blick auf den Bau erst freigibt, wenn er schon ganz nahe ist. Hat er dann die Nordostseite abgeschritten und biegt er nun um die mit dem fröhlichen Hahn geschmückte Hausecke, so öffnet sich ihm der Durchblick unter dem Verbindungsbau hindurch (Tafel 37 oben), und er steht unmittelbar nachher im Zentrum der Anlage, das der kreisrunde «jardin de curé» schmückt, wo man sich auf die Mauer setzt und den Blick ins Tal der Broye schweifen lässt . . .

Dieser Verbindungsbau tritt mit seinem braunen Ton in deutlichen Kontrast zu den beiden massiven, hell-beige verputzten Häusern, da er aus Holz konstruiert und in Eiche verschalt ist. Die in den kantonalen Farben bemalten Läden tragen zur Auflockerung bei, und die fröhliche Note, die sie anstimmen, findet dann ihren stärksten Ausdruck in der Uhr mit der dekorativen Schmiedeisenarbeit, die in den glühendsten Farben bemalt ist: gelb-rote Aepfel zwischen saftgrünem Laub, ein feuriger Hahn mit fröhlich stilisierten