

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 27 (1901)

Heft: 19

Artikel: Le chemin de fer électrique Berthoud-Thoune

Autor: Imer, Georges

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22146>

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: 25.01.2026

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

Bulletin Technique de la Suisse Romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES. — PARAÎSSANT DEUX FOIS PAR MOIS

Rédacteur en chef et Editeur responsable : E. IMER-SCHNEIDER, Ingénieur-Conseil, GENEVE, Boulevard James-Fazy, 8

SOMMAIRE : Le chemin de fer électrique Berthoud-Thoune, par M. Georges Imer, ingénieur. — Concours pour le Musée de Genève : Rapport du jury sur le concours définitif. — Chronique : Société suisse des Ingénieurs et Architectes (Adresse à son Président, M. Alfred Geiser). — Arrêt automatique des trains de chemin de fer. — Trains électriques rapides en Allemagne. — Tunnel du Simplon : Bulletin des travaux du mois d'août 1901. — Graphique de l'avancement des travaux. — SUPPLÉMENT : Bibliographie : Rapport sur l'Inspectorat technique des installations électriques. — Mises au concours. — Annonces.

LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE BERTHOUD-THOUANE

Dans sa séance du mois de juin 1900, la Société « The institution of mechanical engineers » a entendu la lecture d'une intéressante étude de M. le prof. C. A. Carus-Wilson, de Londres, sur le système de traction électrique par courants polyphasés et, en particulier, sur la ligne Berthoud-Thoune qui est une des premières sur lesquelles ce système de traction a été appliqué et sur laquelle M. Carus-Wilson a fait une série de mesures relatives à l'énergie consommée au moment de la mise en marche. C'est cette étude, publiée dans le n° 3 des « Proceedings of the institution of mechanical engineers » de 1900, que nous nous proposons de résumer à l'intention des lecteurs du *Bulletin* en l'illustrant de clichés mis à notre disposition par la Société sus-mentionnée.

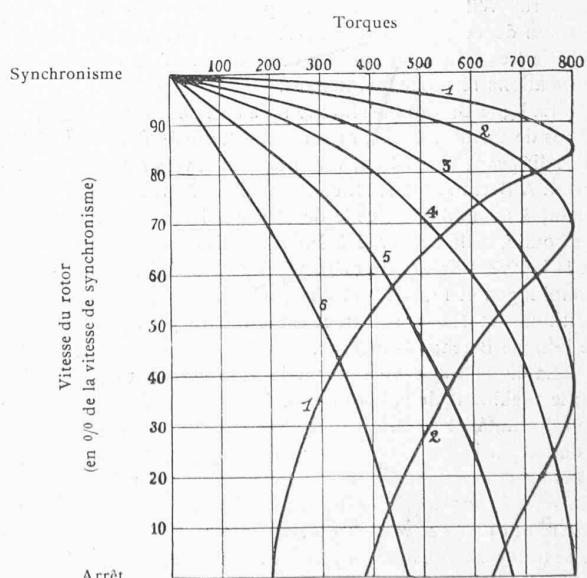
Sans vouloir discuter complètement la question de savoir dans quels cas la vapeur pourrait le plus avantageusement être remplacée par l'électricité pour la traction des trains, discussion qui entraînerait beaucoup trop loin, M. Carus-Wilson commence par relever quelques particularités de ces deux modes de traction. Avec la vapeur on est obligé, pour rester dans les limites d'une exploitation économique, de faire de longs trains et, par conséquent, si la circulation est faible comme c'est en particulier le cas pour les lignes secondaires, de n'en faire circuler qu'un petit nombre à de longs intervalles les uns des autres. Avec la traction électrique, au contraire, la pratique a démontré qu'on peut, sans sortir des limites d'une exploitation économique, diminuer la capacité de transport des trains et multiplier leur nombre. Il n'en résulte pas seulement, à l'avantage de la traction électrique, une augmentation des facilités de transport, mais encore une amélioration du service sous le rapport de la ponctualité provenant de ce que le personnel est occupé d'une manière plus uniforme, en supposant toujours, bien entendu, qu'il s'agit de lignes à faible circulation.

Une autre cause de manque de ponctualité dans le service est le ralentissement dans la vitesse des trains lorsque surviennent des moments de presse et que la charge de ceux-ci augmente subitement dans de fortes proportions. Les retards dus à cette cause seront surtout forts sur les lignes présentant de fortes pentes et comme ces à-coups dans la circulation peuvent se produire sur toutes les lignes, la question des variations de la vitesse par rapport à la charge est très importante dans l'étude d'un mode de traction.

A cet égard, les moteurs enroulés en série, tels qu'on les emploie généralement pour la traction par courant continu, présentent aussi une forte diminution de la vitesse lorsque la charge augmente. Ainsi, il n'est pas rare que la vitesse d'une voiture portant sa charge maximale ne soit que les 40 % de la vitesse à vide. Aussi, lorsque les voitures en circulation deviennent insuffisantes, on ne peut pas, à moins que leur équipement moteur n'ait été calculé pour cela, leur atteler des voitures qu'elles remorqueraien, mais on est obligé d'augmenter le nombre des voitures

automotrices en circulation et, comme chacune de celles-ci doit être conduite séparément, il se produit une augmentation proportionnelle des frais d'exploitation. Si l'on fait usage d'un système au moyen duquel un seul conducteur peut commander tous les moteurs d'un train formé de plusieurs voitures automotrices, c'est le prix du matériel qui se trouve augmenté.

La traction par courants polyphasés présente par contre sur ce point de réels avantages, la vitesse des moteurs à courants polyphasés ne variant que peu par suite de variations de la charge. C'est ainsi, par exemple, que la vitesse des moteurs de 65 HP des voitures de la ligne Berthoud-Thoune, marchant à pleine charge, n'est que de 1,8 % inférieure à la vitesse de synchronisme avec les génératrices. On peut caractériser la façon dont se conduisent à cet égard le moteur à courant continu et le moteur à courants polyphasés en disant que la charge augmentant, ce dernier maintient constante la vitesse par une augmentation correspondante de l'énergie consommée, tandis que le moteur à courant continu économise l'énergie aux dépens de la vitesse. Cette indépendance de la vitesse par rapport à la charge n'est, bien entendu, que relative, comme on s'en rend compte en examinant la fig. 1, dans laquelle les courbes 2, 3, 4 etc. représentent la vitesse du moteur lorsque des résistances croissantes sont intercalées dans le circuit de l'induit. En examinant cette figure on constate : 1° Que c'est lorsque la résistance additionnelle est nulle, c'est-à-dire lorsque le moteur travaille dans les conditions d'économie les plus avantageuses, qu'il présente ce caractère d'une vitesse ne s'abaissant que très peu pour des charges croissantes; 2° Que l'effort que peut développer un moteur à courants polyphasés présente un maximum qui ne peut d'aucune façon être dépassé. Si la charge dépasse cette limite, la vitesse diminue et le moteur



Variation de la vitesse d'un moteur à courants polyphasés par rapport à la charge.

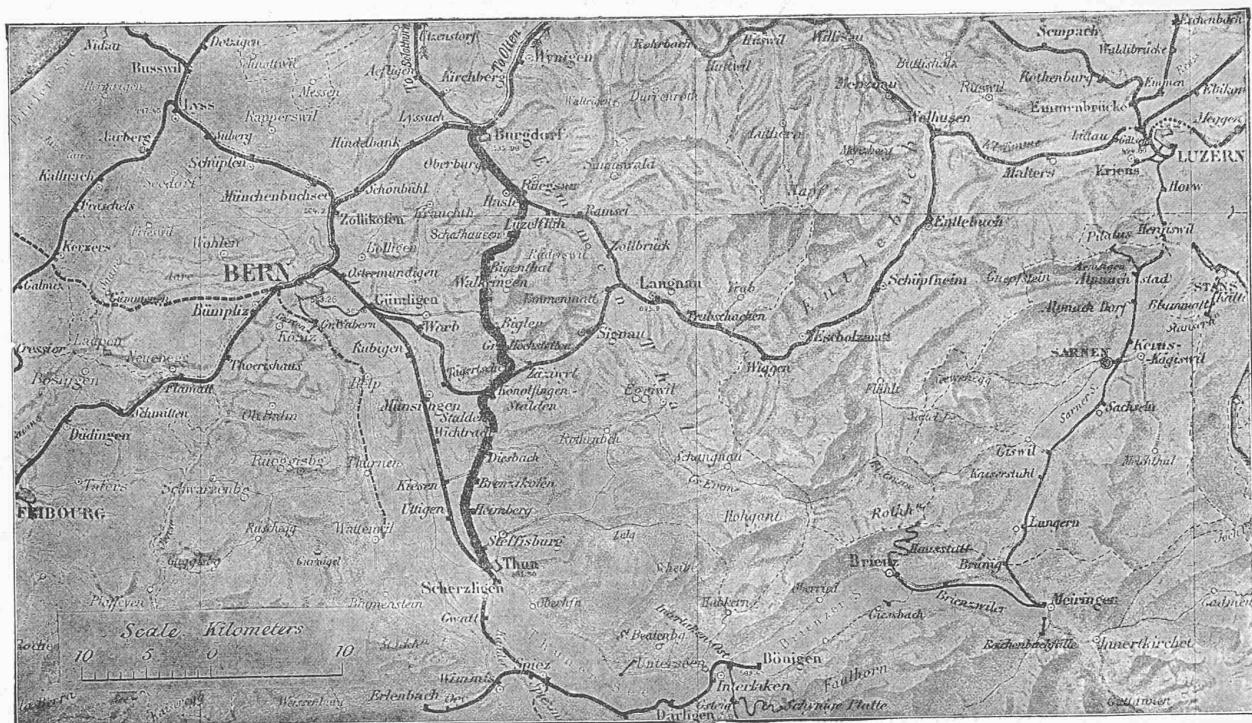


Fig. 2

bientôt s'arrête. Ceci constitue une infériorité du moteur à courants polyphasés à l'égard du moteur à courant continu qui, lui, peut être surchargé jusqu'au moment où l'isolation devient insuffisante. On constate enfin sur la figure en question que la vitesse à laquelle le moteur à courants polyphasés développe son effort maximal varie lorsque la résistance additionnelle du circuit de l'induit varie et qu'il y a une valeur de cette résistance additionnelle pour laquelle cet effort maximal est développé précisément lorsque l'induit est au repos, ce qui permet donc d'obtenir facilement des moteurs leur effort maximal au moment du démarrage.

Ces considérations forment la partie théorique de l'étude de M. Carus-Wilson dont la partie pratique est formée par la description de la ligne Berthoud-Thoune et le rendu compte des expériences faites par lui sur cette ligne. C'est cette partie que nous allons résumer maintenant.

La ligne Berthoud-Thoune relie entre elles trois lignes de chemin de fer, rayonnant autour de Berne et se dirigeant vers Olten, vers Lucerne et vers Interlaken. A Berthoud, elle rencontre la ligne de Berne à Olten, à Konolfingen, celle de Berne à Lucerne et, à Thoune, celle de Berne à Interlaken. La longueur de la ligne est de 40 kilomètres (25,7 de Berthoud à Konolfingen et 14,6 de Konolfingen à Thoune); entre Berthoud et Hasle, son tracé est le même que celui de la ligne Berthoud-Lucerne.

La ligne l'est à voie normale et présente une pente maximale de 2,5 pour 100. La bonne utilisation du matériel électrique a été sérieusement compromise par l'admission d'un maximum aussi élevé. Dans les circonstances actuelles, une voiture à moteur de 32 tonnes (armée de 4 moteurs de 65 HP) peut remorquer sur cette pente maximale une voiture de 12 tonnes, tandis que si ce maximum n'avait pas, par exemple, excédé 1 pour 100, la même voiture à moteur aurait pu en remorquer cinq; on aurait ainsi pu ajouter, dans les cas exceptionnels, jusqu'à quatre

voitures supplémentaires. Chaque train consiste généralement en une voiture à moteurs et une voiture remorquée offrant ensemble près de 100 places assises. Le courant est produit à Spiez, à la tension de 4000 volts par les génératrices; il y est ensuite transformé en courant à 16,000 volts et amené, par une ligne primaire formée de trois fils de cuivre aériens de 5 mm de diamètre, à des transformateurs placés le long de la ligne à des intervalles d'environ 3 kilomètres où sa tension est abaissée jusqu'à 750 volts. De là le courant est conduit à une ligne secondaire, formée de deux fils aériens en cuivre de 8 mm de diamètre, sur laquelle se fait la prise du courant au moyen de trolley amenant le courant à deux des bornes des enroulements inducteurs, la troisième borne de ces enroulements étant reliée aux rails. Les induits des moteurs sont pourvus de contacts glissants, permettant d'intercaler des résistances additionnelles dans les circuits des induits.

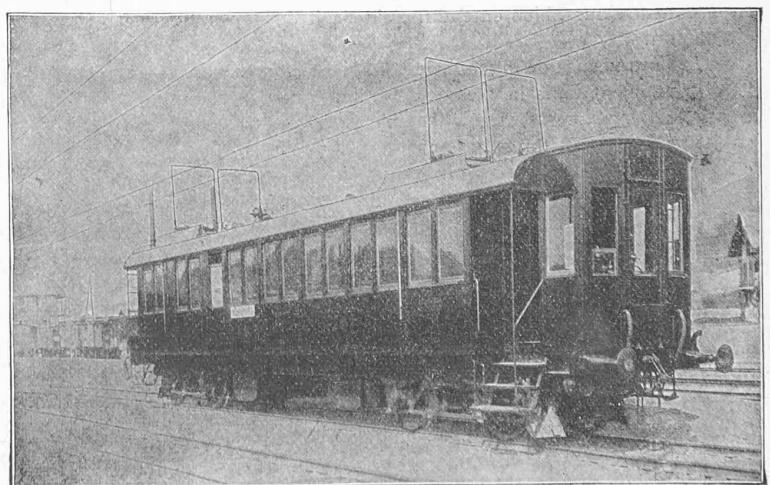


Fig. 3

Les voitures motrices (fig. 3) sont formées d'un châssis, de 15 m de long et de 2 m de large, porté par deux bogies dont les axes sont distants de 9,45 m. L'écartement des roues de chaque bogie est de 2,20 m. La voiture vide, avec son équipement complet, pèse 32 tonnes et contient 66 places assises. Chaque bogie est pourvu de deux moteurs accouplés aux essieux moteurs et les mettant en mouvement au moyen d'un engrenage dont le pignon

trouvé nécessaire de réduire la vitesse par un engrenage de telle sorte qu'elles peuvent en réalité remorquer 70 tonnes sur les plus fortes pentes de la ligne avec une vitesse réduite de moitié. Le poids total du train est alors de 100 tonnes. Le poids mort est donc très grand et l'on peut se demander si l'usage de locomotives spéciales pour le transport des marchandises est avantageux sur une pareille ligne et s'il n'eût pas été meilleur de combiner



Fig. 4.

a 28 dents et la roue portée par l'essieu 83, ce qui donne un rapport de réduction de 2,96. Les voitures qui ne sont pas munies de moteurs pèsent 12 tonnes. Chaque voiture est pourvue d'un tachygraphe Peyer et Fararger fournissant automatiquement des relevés de la vitesse du train tel que celui reproduit aux fig. 4 et 5. On y remarque que la mise en marche ne s'est pas faite avec une accélération constante au départ de Berthoud. La cause de cette irrégularité est une pente de 1 pour 100 combinée à cet endroit avec une forte courbe. Les moteurs sont des moteurs à courant

le service des marchandises avec celui des voyageurs. L'équipement électrique de la ligne a été projeté et exécuté en entier par la maison Brown, Boveri et C°, à Baden. M. Carus-Wilson rapporte enfin une série d'expériences qui ont été faites sous sa direction et dont le but était d'obtenir des données permettant de comparer la traction par courant polyphasé avec la traction par courant continu au point de vue de l'énergie employée pour la mise en marche.

Il résulte de ces expériences qu'une voiture du chemin de fer



Fig. 5.

triphasé à huit pôles de 65 chevaux destinés à être alimentés à une tension de 750 volts par un courant d'une fréquence de 40. Ils sont à inducteur fixe et induit mobile. L'enroulement de l'inducteur comprend 51 tours pour chaque phase; la résistance de l'enroulement d'une phase est de $0,71 \Omega$ à chaud. L'enroulement de l'induit a 8 tours par phase et la résistance à chaud de l'enroulement d'une phase est de $0,0153 \Omega$. Lorsque l'induit tourne synchroniquement avec la génératrice, il fait 600 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de la voiture de 39 kilomètres par heure. Les quatre inducteurs de chaque voiture sont placés en parallèle sur le circuit amenant le courant. Les 4 induits sont reliés à 4 rhéostats indépendants placés sous la voiture et commandés simultanément.

Le service des marchandises est fait au moyen de locomotives d'une puissance de 300 chevaux et dont la fig. 6 montre le truc et les moteurs. Ces locomotives peuvent remorquer, à pleine vitesse sur la plus forte pente de 2,5 pour cent, un train d'un poids maximal de 50 tonnes. La locomotive à elle seule pesant près de 30 tonnes, il ne resterait, si l'on faisait marcher les trains à cette vitesse, que 20 tonnes disponibles pour le reste du train, aussi a-t-on

Berthoud-Thoune arrivait en 28 secondes à une vitesse de 37 km à l'heure en employant 41,5 watts-heure par tonne, tandis que des voitures du chemin de fer élevé du Sud, à Chicago, sur lesquelles ont été faits des essais très complets et qui sont munies de moteurs à courant continu, arrivaient à la même vitesse en 30 secondes en consommant 34,7 watts-heure par tonne; ou bien encore les voitures à moteurs à courants alternatifs atteignaient, en 30 secondes, une vitesse de 38,6 km à l'heure (24 milles) en consommant 45,1 watts-heure par tonne, tandis que les voitures

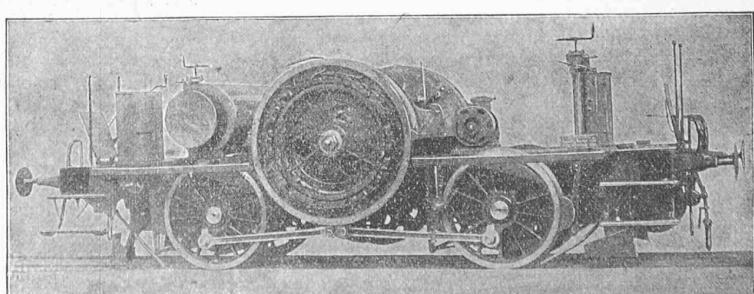


Fig. 6

à moteurs à courant continu atteignaient cette vitesse en 37 secondes avec une consommation de 39,5 watts-heure.

On voit donc que, pour l'énergie dépensée au moment de la mise en marche, la traction par courant continu présente un léger avantage en ce qui concerne l'énergie dépensée, mais qu'en revanche le temps nécessaire pour atteindre une vitesse élevée est plus grand que dans le cas de la traction par courants polyphasés. Les courbes relevées dans les essais montrent en outre que le maximum de l'effort développé par les moteurs est plus grand aussi dans le cas de la traction par courant continu.

Georges IMER, ingénieur.

Concours pour le Musée de Genève

Rapport du Jury sur le concours définitif, soit concours au deuxième degré

A Monsieur le Président du Conseil administratif de la Ville de Genève.

Conformément à l'article 9 du règlement du concours définitif, le jury a l'honneur de vous adresser un rapport succinct et motivé sur ses opérations.

Le jury, composé de : MM. Ch. Piguet-Fages, président; Léo Châtelain, vice-président; J. Mayor, secrétaire; F. Bluntschli; Camille Favre; J.-E. Goss; Ch. Melley; Louis Dunki, s'est réuni le 21 juin à 9 heures du matin au Bâtiment électoral, à Genève, pour procéder au jugement du concours définitif.

Tous les membres du jury étaient présents.

Après avoir constaté que les cinq concurrents avaient satisfait aux exigences de l'art. 3 du programme concernant les pièces à présenter au concours, le jury a pris connaissance des mémoires accompagnant les cinq projets, puis s'est constitué en sous-commissions qui se sont réparties les projets, par voie de tirage au sort, afin de procéder à l'examen détaillé des locaux, de leur agencement en plan, et à la vérification des surfaces et cubes, avec mission de rapporter sur cet objet devant l'ensemble du jury dans une visite subséquente.

M. Melley a été désigné comme rapporteur général pour consigner les différentes observations présentées pendant cette dernière opération et les grouper dans le rapport que nous avons l'honneur de vous présenter.

Projet 1 : 250

Malgré les modifications de détail apportées à la distribution, ensuite des observations du jury au premier concours, l'ensemble de ce projet n'a pas gagné.

La nouvelle disposition adoptée pour les vestibules d'intérieur est loin d'être préférable à l'ancienne; l'ensemble ne tient pas et manque d'ampleur. La surface est encombrée par une première rampe d'accès qui ne laisse qu'un espace tout à fait insuffisant devant l'entrée. Les trumeaux latéraux sur l'axe du vestibule seraient d'un fâcheux effet. L'escalier secondaire est tout à fait insuffisant.

La cour centrale a été un peu augmentée, mais pas dans des proportions suffisantes.

L'éclairage de la partie inférieure de la façade principale, sur saut-de-loup, serait tout à fait mauvais; il y a plusieurs couloirs sombres au rez-de-chaussée et des salles éclairées par des cloisons vitrées, qui diminuent les surfaces d'exposition, sans assurer un éclairage convenable.

La disposition des lieux d'aisance sur la façade principale, avec jours pris dans l'entre-axe des colonnes au rez-de-chaussée et au premier étage n'est pas admissible.

La façade n'a pas du tout le caractère d'un musée. La concentration des vides dans la partie basse des faces avec un plein au-dessus, bien que motivée par la présence des salles réservées aux beaux-arts dans le haut, est mal étudiée. Il y a manque complet d'harmonie entre le haut et le bas et le bâtiment a tout à fait l'air d'avoir été enterré du côté de la façade principale. Le soubassement de cette façade manque de fermeté et le motif central n'est pas heureux.

La façade principale dans son ensemble est très inférieure à celle du premier projet qui présentait quelques dispositions intéressantes, d'un caractère beaucoup plus monumental, qu'on ne retrouve en aucune façon dans le nouveau projet.

Le détail manque d'intérêt et de caractère.

Somme toute, c'est un projet absolument différent de celui qui a été primé au premier concours et qui lui est très inférieur.

Projet Disque rouge et jaune

L'auteur de ce projet a bien tenu compte de l'observation du jury en ce qui concerne l'escalier principal qui a été traité avec plus d'ampleur. Par contre, la nouvelle disposition adoptée pour les escaliers secondaires est moins heureuse; elle fournit un joli motif d'angle en façade, mais au détriment des locaux affectés aux collections qui trouvaient là d'excellents emplacements dans la précédente étude.

Les galeries sur cour ont été abaissées d'un étage pour mettre le Musée des beaux-arts plus à portée du public. Cette modification, assez motivée du reste, a sensiblement diminué la surface disponible qui ne répond plus aux exigences du programme.

Les murs du corps de bâtiment sur la rue de l'Observatoire ont un développement d'épaisseur tout à fait abnormal et nullement motivé, la hauteur de ce corps de logis restant la même que celle des autres parties de l'édifice.

La cour est trop petite. Certaines parties en coupe présentent des porte-à-faux de murailles mal étudiés et très difficiles à construire.

L'éclairage du premier étage est défectueux, avec jours placés trop bas et lanternes trop petites. Il en est de même des locaux en contre-bas de la rue de l'Observatoire qui ne recevraient qu'une lumière très insuffisante.

Certains locaux du bas sont encombrés de pilastres très étendus qui les rendent tout à fait impropres à l'exposition des collections qu'ils devraient recevoir.

La brisure des axes des avant-corps latéraux et de la salle de la bibliothèque serait d'un fâcheux effet.

Le plan contient des locaux qui ne sont pas demandés au programme, ainsi le « panthéon genevois », par contre, d'autres locaux n'y figurent pas. Le groupement n'est pas logique et la distribution mal ordonnée. Même en tenant compte que des surfaces totales attribuées aux collections, on n'arrive pas aux superficies prévues au programme et dans ses annexes.

Les locaux pour l'administration et les conservateurs sont très mal placés à l'étage supérieur. Plusieurs pièces adjacentes n'ont pas d'emploi déterminé et ne sont du reste pas éclairées, alors qu'il eût été facile d'ouvrir des jours sur la cour au-dessus des vitrages des salles de peinture. Les ateliers sont insuffisants comme surface et éclairage.

Les façades sont étudiées avec plus de soin et intéressantes, d'un joli caractère un peu vieux, et bien pondérées comme masses et proportions des pleins et des vides, mais manquant d'originalité.

Il y a progrès incontestable sur le projet primitif, surtout pour les avant-corps latéraux de la façade principale qui sont moins étriqués. La porte d'entrée n'est pas suffisamment indiquée.

Certains éléments décoratifs sont mal étudiés, entre autres le groupe de figures central qui repose partiellement sur des balustrades ajourées.

L'ensemble forme un joli projet, bien présenté, mais qui ne répond plus suffisamment aux données du problème posé.

Projet Jean

Ce nouveau projet est bien conforme à l'esquisse du premier concours et ses auteurs ont tenu compte, dans la mesure du possible, des observations faites par le jury.

La cour postérieure, d'une utilité discutable, a été diminuée, ce qui a permis d'augmenter sensiblement les dimensions du hall central qui est en meilleures proportions.

La forme donnée à l'escalier principal est capricieuse et peu pratique; les escaliers latéraux manquent d'axes.

Les salles extérieures sont trop profondes pour être bien éclairées, et les galeries sur cour trop étroites pour pouvoir utilement servir à l'exposition.

L'éclairage des salles de peinture, coupé par un terrasson trop étendu, laisse beaucoup à désirer; le plancher reçoit toute la lumière directe, tandis que les parois restent dans l'ombre.

La distribution des locaux est bonne et répond bien aux exigences du programme comme surface et comme groupement.

Si le plan a gagné, il n'en est pas de même de la façade. Le projet primitif était sombre et dans un bon caractère. Les toitures étaient variées et agréables comme silhouettes, qualités qui font défaut dans l'étude définitive.

L'adjonction des frontons circulaires, lourds et peu décoratifs, aux avant-corps des façades latérales, n'est en aucune façon motivée. Ce double motif est désagréable d'aspect et s'agence mal avec la toiture.

La façade postérieure est encore la meilleure, malgré la forme discutable des clochetons sur cour, et ses avant-corps avec trumeaux sur l'axe.

La décoration n'est pas à l'échelle, c'est de l'architecture lourde, sans grâce, et manquant totalement de simplicité.

Ce projet est consciencieusement étudié, mais sur une base trop