Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 65 (1939)
Heft: 6

Artikel: Réglage automatique de la puissance des moteurs Diesel
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49986

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: 12.07.2025

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

La place serait *partiellement* surélevée (toiture d'un garage utile dans ce quartier) au niveau que nécessite l'artère Riponne-Pont Bessières ; quelques gradins vaincraient la différence de niveau. La rue de la Madeleine conserverait son tracé et ses niveaux actuels. Elle pourrait être, en une étape ultérieure, détournée en direction est-ouest, de façon à avoir un second débouché. Le bâtiment [1] du fond de la place sera, nous n'en doutons pas, d'aspect très neutre, sans axe (il convient d'éviter qu'il ne devienne le petit de son gros et important voisin auquel il *devra céder le pas*). Son alignement sera logiquement *tel que tout le Palais de Rumine soit dégagé*, car c'est là une question de tact urbanistique, si l'on peut s'exprimer ainsi. Enfin, les statistiques ayant prouvé que la circulation Madeleine-Cité est peu importante, il conviendrait, pour mettre fin à des difficultés topographiques presque insurmontables si l'on conserve la rampe actuelle, de fermer la rue de l'Université par un escalier, d'ailleurs bien dans l'esprit du forum.

Les perspectives sur lesquelles figurent une façade du bâtiment au nord de la place, ainsi qu'une rangée de statues au sud de celle-ci n'ont aucune autre prétention que celle d'exprimer un principe.

MARC PICCARD.

[1] Un concours au sujet de ce bâtiment a été gagné, en 1937, par M. *J. Favarger*, architecte, L'auteur de cette note n'entend évidemment pas empiéter sur le domaine d'un confrère.
Voir *Bulletin technique* des 30 janvier, 13 et 27 février 1937. — *Réd.*

Le nouveau gazomètre de Genève. (Suite de la page 71.)

jusqu'au niveau supérieur de l'ouverture déversante.

Nous avons vu jusqu'ici les parties essentielles fixes de la construction, nous allons examiner quelques points essentiels de la partie mobile soit la cloche et les télescopes.

Cloche et télescopes.

Quand le gazomètre est entièrement développé, cloche et télescopes forment un cylindre à redans à 3 diamètres différents surmonté d'une calotte surbaissée (fig. 1).

La partie supérieure est absolument indéformable, alors que le reste des cylindres, et surtout la partie inférieure, sont plus élastiques.

Mais les trois parties travaillent ensemble comme si ces trois parties étaient soudées ensemble. Un calcul facile permet de démontrer la chose ; du reste si l'on suppose qu'il puisse se produire un déplacement angulaire de l'axe vertical de la cloche par rapport à l'axe vertical des deux télescopes, cela impliquerait que le poids des deux télescopes avec l'eau d'une tasse, soit un poids de 235 tonnes environ, serait suspendu en un seul point de la tasse de la cloche. Cette charge de 235 tonnes pourrait se répartir sur 2 points d'appui seulement qui seraient absolument incapables de supporter une charge pareille.

L'ensemble cloche-télescopes est soumis aux forces suivantes :

a) poids propre avec surcharge de sable : environ *550* tonnes ;

b) poussée totale du gaz répartie également sur la surface de la calotte et les deux anneaux de 0,50 m de largeur formés par les tasses et crochets : *550* tonnes ;

c) poussée du vent : environ *160* tonnes, répartie suivant les surfaces de la cloche et des télescopes ;

d) une surcharge dissymétrique de neige agissant sur une moitié de la surface de la calotte : environ *32* tonnes ;

e) enfin, ce qu'il ne faut pas oublier, la poussée totale du gaz sur les parois verticales est d'environ *1555* tonnes.

Il serait trop long de voir exactement comment ces différentes forces sont équilibrées ; en somme les charges dissymétriques, qui sont celles du vent et de la neige, sont équilibrées par les réactions des galets de guidage. Le poids est équilibré par la poussée du gaz dans le sens vertical, et la poussée du gaz sur les parois verticales s'équilibre elle-même. Les tensions que provoquent la pression du gaz dans les tôles de 3 mm d'épaisseur, qui sont les tôles courantes de la calotte et des manteaux verticaux, sont de 0,385 t/cm² pour les tôles de la calotte et 0,280 t/cm² pour les tôles des manteaux verticaux.

(A suivre.)

Réglage automatique de la puissance des moteurs Diesel.

Deux locomotives Diesel-électriques ont été commandées par la Compagnie *PLM* pour la ligne Paris-Menton. Il s'agit de locomotives d'essai, construites en vue de créer un type de locomotive permettant de conduire des trains express à grande distance sans changement de locomotive.

L'une de ces locomotives, qui a été mise en service au début de mai 1938, a été commandée à la *Cie de Fives-Lille* qui s'est assuré la collaboration de la *S. A. des Ateliers de Sécheron* pour l'exécution de l'équipement électrique et celle de la *Société suisse pour la construction de locomotives et de machines*, à Winterthour pour l'étude de la partie mécanique. Sécheron a fait toutes les études de la partie électrique et a fourni l'appareillage principal, ainsi que les arbres creux et les accouplements à pilons (système Meyfarth-Sécheron) pour la transmission du couple des moteurs de traction aux essieux. Les moteurs Diesel ont été construits d'après licence MAN par la *Société générale de constructions mécaniques*, à La Courneuve (Seine). La locomotive est du type 2Co2+2Co2 ; elle est donc composée de deux demi-locomotives accouplées, qui sont en principe identiques. La fig. 1 en donne une vue d'ensemble.

Cette locomotive est décrite dans le N° 10, 1938, du *Bulletin Sécheron* [1], d'où nous extrayons le chapitre suivant d'un intérêt plus général.

On sait que dans toute locomotive Diesel-électrique, des précautions doivent être prises pour éviter que les moteurs de traction demandent aux moteurs Diesel une puissance supérieure à celles qu'ils peuvent fournir. Si l'on veut atteindre ce but, tout en utilisant pleinement la puissance des Diesel, il faut avoir soin de *faire varier la vitesse du train (au rendement près) en proportion inverse de l'effort de traction*, qui lui, ne dépend en premier lieu que du profil en long de la ligne. Nous

[1] « La locomotive Diesel-électrique 262-AD-1 du *P. L. M.*, à réglage automatique de la puissance par régulateurs Sécheron », par S. Bérard, ing. E. P. Z.

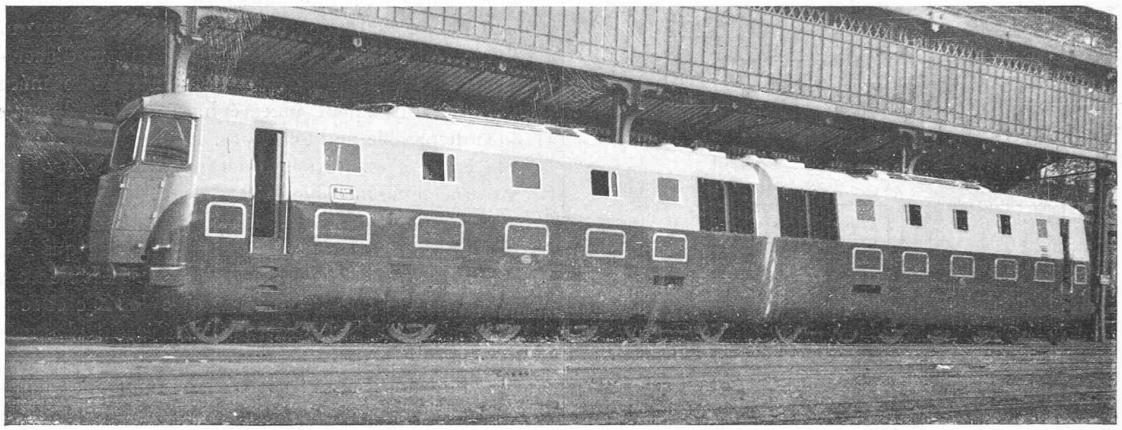

Fig. 1. — Vue d'ensemble de la locomotive Diesel-électrique 262-AD-1, du *P.L.M.*

ne nous étendrons pas ici sur tous les systèmes qui ont été réalisés ou proposés pour obtenir cette variation. En effet, dans le cas qui nous occupe, toute une catégorie de ces systèmes fut d'emblée éliminée du fait que le cahier des charges prescrivait que, même en cas de non-fonctionnement d'un cylindre du Diesel, les cylindres restants ne devaient pas être surchargés. Il est évident qu'une telle condition élimine tous les systèmes tendant à maintenir constante (par quelque moyen que ce soit) la puissance électrique fournie par la génératrice. En effet dans tous ces systèmes, les cylindres restants sont appelés à fournir un excédent de puissance pour compenser le déficit dû au cylindre en défaut.

Il faut préciser ici que lorsqu'on parle de la *surcharge* d'un Diesel il s'agit plus exactement d'un couple exagéré que d'une puissance proprement dite. En effet, il existe à toutes les vitesses un couple maximum, c'est-à-dire une injection maximum, à ne pas dépasser. Lorsque le couple résistant opposé au moteur dépasse ce couple maximum admissible on peut envisager deux cas : ou bien l'injection (quantité de combustible injecté par cylindre), et par conséquent le couple du moteur, augmentent au delà de la valeur limite pour équilibrer le couple résistant, ou, l'injection étant maintenue constante, la vitesse du moteur diminue sous l'effet de l'excédent de couple résistant et le moteur « cale ». Les deux cas sont nuisibles pour le moteur ; il faut donc absolument empêcher le couple résistant de dépasser le couple maximum admissible. En cas de non-fonctionnement d'un cylindre, c'est le couple moteur total qui décroît en proportion du nombre de cylindres actifs. Si l'on veut éviter de faire caler le moteur ou de le faire marcher avec une injection trop forte sur les cylindres restants, il faut réduire le couple résistant dans les mêmes proportions que le couple moteur. On voit d'emblée que seul un réglage agissant sur le couple résistant, c'est-à-dire sur la charge électrique du Diesel permet d'éviter toute surcharge en cas de non-fonctionnement d'un cylindre. Le régulateur de vitesse du Diesel par exemple ne satisfait pas à cette condition, puisqu'il n'agit que sur l'injection, tendant à la faire augmenter pour compenser la perte de couple, augmentation qui constitue justement la surcharge que l'on voudrait éviter.

Il faut donc un système dans lequel *l'injection reste constante* malgré un défaut de cylindre et où le couple résistant diminue automatiquement avec le nombre de cylindres actifs. Un tel système consisterait par exemple à faire agir le régulateur de vitesse du Diesel non plus sur l'injection, mais sur l'excitation de la génératrice, l'injection restant fixée à la main à la valeur voulue. Toutefois la gamme de réglage de l'excitation ne permettrait pas de maintenir dans tous les cas la vitesse du Diesel, en sorte qu'il faudrait compléter l'installation par un régulateur limiteur de vitesse agissant sur l'injection. Il faudrait en outre une commande à distance du levier d'injection. C'est pourquoi il a été jugé préférable, pour la locomotive qui nous occupe, de conserver le régulateur de vitesse normal agissant sur l'injection, mais de le faire en même temps agir sur l'excitation de la génératrice par l'intermédiaire d'un régulateur électrique, type *Sécheron-Simplex* (fig. 2 et 3). Les deux régulateurs se trouvent en quelque sorte en série. Le régulateur du Diesel cherche à maintenir constante la vitesse de ce dernier en faisant varier l'injection, et le régulateur électrique tend à supprimer ces variations d'injection en les remplaçant par des variations de charge obtenues en modifiant l'excitation. Grâce à cette combinaison les deux régulateurs se complètent dans leur action dans ce sens que la vitesse du Diesel est maintenue constante par réglage de la charge, tant que la gamme de réglage de l'excitation le permet, et par réglage de l'injection, dès que cette gamme ne suffit plus (par exemple lorsqu'on coupe l'excitation ou que l'on roule à très grande vitesse). On voit qu'en marche normale la *vitesse et l'injection (couple) restent constantes.* Il s'agit donc bien d'un *réglage à puissance constante*, qui a en outre l'avantage d'adapter automatiquement la puissance au nombre de cylindres actifs, du fait que ce n'est pas la puissance totale mais la puissance par cylindre qu'il

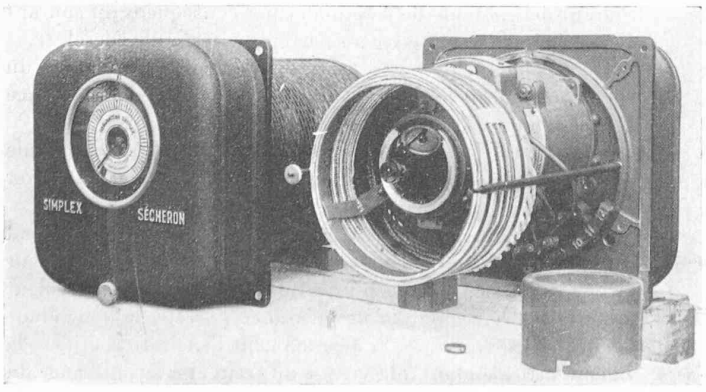

Fig. 2. — Régulateur électrique *Sécheron-Simplex.*
A droite : vue sur le rhéostat de réglage, avec protections enlevées.

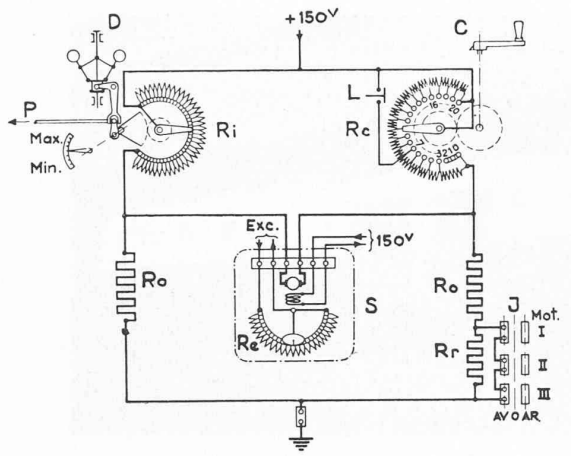

Fig. 3. — Schéma de principe de la régulation automatique d'un groupe Diesel-générateur.

Légende :

S = Régulateur de puissance Sécheron-Simplex agissant sur l'excitation de la génératrice.
Re = Rhéostat d'excitation.
Ro = Résistances fixes du pont de Wheatstone.
D = Régulateur de vitesse du Diesel.
P = Tringle de commande des pompes d'injection du Diesel, avec cadran indicateur du degré d'injection.
Ri = Rhéostat d'injection.
Rc = Rhéostat de commande.
C = Manivelle du tambour d'accélération.
L = Relais de limitation automatique de l'injection en cas de non-fonctionnement de la suralimentation.
Rr = Résistance pour la réduction de la puissance à $^2/_3$ en cas de mise hors-circuit de l'un des trois moteurs de traction alimentés par le groupe Diesel.
J = Contacts auxiliaires sur les tambours inverseurs.

maintient constante. Notons ici que cela exige une régulation individuelle à chaque Diesel, ce qui ne serait pas absolument nécessaire du seul point de vue de la commande de la locomotive à puissance constante. On pourrait en effet fort bien commander l'excitation des quatre génératrices par un seul régulateur, commandé par le levier d'injection de l'un des Diesel, mais seul ce Diesel se trouverait alors protégé et en outre le non-fonctionnement d'un de ses cylindres entraînerait une réduction de puissance des quatre Diesel.

Un autre avantage de la combinaison des deux régulateurs mécanique et électrique est que l'on peut sans autre mettre le régulateur électrique hors service et régler l'excitation directement à la main. Le régulateur du Diesel se charge alors à lui seul de maintenir la vitesse du Diesel en agissant sur l'injection. Cela est non seulement utile pour le cas d'avarie à l'installation de réglage automatique, mais aussi pour le démarrage où l'on n'a pas intérêt à marcher à puissance constante, mais plutôt à courant constant. C'est pourquoi l'on a prévu quelques crans de marche préliminaires de démarrage sur lesquels l'excitation est réglée directement, le régulateur électrique n'agissant pas.

Notons enfin qu'au point de vue de la protection des moteurs Diesel contre les surcharges le réglage automatique à puissance constante ne serait nécessaire que pour la puissance maximum de chaque régime de vitesse des Diesel. Pour les puissances intermédiaires on pourrait en principe se contenter d'un réglage direct de l'excitation c'est-à-dire de crans de marche à excitation constante, les régulateurs électriques n'agissant alors que comme limiteurs de puissance. Il est toutefois préférable, du point de vue de la conduite de la locomotive, de profiter des régulateurs électriques pour *marcher à puissance constante même aux puissances intermédiaires.* Ainsi, à l'exception des premiers crans de démarrage, on a pour chaque cran une puissance bien déterminée. Cela a en particulier l'avantage de permettre le choix automatique du régime de vitesse des Diesel par le tambour d'accélération, ce qui simplifie les manœuvres et empêche le mécanicien de marcher inutilement aux régimes rapides lorsque la puissance demandée ne l'exige pas. En réglage direct, c'est-à-dire avec crans à excitation constante, on n'a pas pour chaque cran une puissance bien déterminée, en sorte qu'on ne peut pas toujours imposer pour chaque cran une vitesse donnée des Diesel. C'est ainsi que dans la locomotive qui nous occupe, où le réglage direct est prévu comme réserve en cas d'avarie, le changement de régime de vitesse des Diesel se fait sur un tambour différent du tambour d'accélération, lorsqu'on marche en réglage direct.

Le fait que la locomotive est munie de moteurs Diesel auxiliaires, en sorte que les excitatrices ne doivent fournir que le courant d'excitation, a permis de faire agir les *régulateurs de puissance* sur l'excitation des excitatrices et d'utiliser par conséquent des régulateurs d'un type plus léger, dont l'organe de mesure constitue en même temps le servomoteur du rhéostat d'excitation. En l'occurrence on a choisi des régulateurs *Sécheron-Simplex*, à courant continu.

Les mouvements de la tringle d'injection agissent sur le régulateur électrique par l'intermédiaire d'un rhéostat commandé par la tringle. Ces mouvements se traduisent donc par des variations de tension aux bornes de l'induit des régulateurs. Afin d'éliminer l'effet de variations éventuelles de la tension d'alimentation des rhéostats, on a adopté le système à *pont de Wheatstone* dont le schéma de principe est représenté à la figure 3. On voit que chaque pont comprend deux branches fixes et deux branches variables. L'une de ces dernières est constituée par le rhéostat commandé par la tringle d'injection (rhéostat d'injection), et l'autre par un rhéostat actionné par le tambour d'accélération du combinateur (rhéostat de commande). C'est ce rhéostat qui fixe pour chaque touche du tambour d'accélération la valeur de l'injection, c'est-à-dire la puissance à maintenir constante par le régulateur. L'induit du régulateur de puissance forme la branche neutre du pont, tandis que l'enroulement inducteur est branché à la source d'alimentation du pont. Les deux branches fixes du pont étant de même valeur, l'équilibre est atteint lorsque les résistances d'injection et de commande sont de valeur égale.

Pour examiner plus en détail le *fonctionnement* de l'ensemble du réglage automatique prenons, par exemple, le cas d'un train attaquant une rampe. On peut alors résumer comme suit l'enchaînement des phénomènes résultant les uns des autres au cours du processus de réglage :

a) Diminution de la vitesse du train et augmentation du courant des moteurs de traction et par conséquent du courant de la génératrice, d'où légère perte de vitesse du Diesel.

b) Sous l'effet de cette perte de vitesse, le régulateur du Diesel augmente l'injection et par conséquent la résistance d'injection.

c) Le pont étant ainsi déséquilibré, un courant circule dans l'induit du régulateur de puissance qui se met à tourner dans le sens d'une réduction de l'excitation.

d) Sous l'effet de cette réduction de charge le Diesel reprend de la vitesse et son régulateur ramène l'injection à sa valeur primitive. La résistance d'injection reprend aussi sa valeur primitive et le régulateur de puissance s'arrête, le pont étant à nouveau en équilibre. Si à ce moment l'excitation a juste la valeur correspondant à la vitesse du train et à la puissance du Diesel, le réglage est terminé. Au contraire, si la réduction de l'excitation a été trop forte, l'injection dépassera sa valeur

primitive et ne la prendra qu'après une ou deux oscillations amorties.

Dans le cas d'une diminution de la rampe le processus est analogue, mais les variations se font en sens inverse.

Les rhéostats de commande des quatre ponts de Wheatstone se trouvant répétés dans les deux combinateurs (c'est-à-dire dans les deux cabines de commande), on peut *augmenter à volonté le nombre de crans de marche* sans augmenter le nombre de fils de commande passant d'une demi-locomotive à l'autre. Ainsi sur la locomotive que nous décrivons le mécanicien dispose de 18 crans de marche en régulation automatique, dont :

5 pour le régime 500 t/mn, des Diesel principaux avec des puissances allant de 250 à 520 ch par Diesel,

9 pour le régime 650 t/mn, avec des puissances de 520 à 920 ch, et

4 pour le régime 700 t/mn, avec des puissances de 920 à 1050 ch.

On a donc pour la locomotive complète une gamme de puissances allant de 1000 à 4200 ch par intervalles d'environ 200 ch, ce qui constitue une graduation très fine pour une locomotive de cette puissance.

Grâce à la facilité avec laquelle on peut faire varier le point de réglage des régulateurs (c'est-à-dire la puissance) en agissant sur les résistances des ponts de Wheatstone, les *dispositifs de protection* suivants ont pu être réalisés d'une façon particulièrement simple.

En cas de *non-fonctionnement de la suralimentation*, l'injection est abaissée mécaniquement à la valeur admissible en marche sans suralimentation, au moyen d'une butée commandée par un thermostat branché sur la conduite des gaz d'échappement. Cette limitation forcée de l'injection exige naturellement une limitation correspondante de la puissance demandée au Diesel. Cette limitation de la puissance est obtenue par un relais commandé par le même thermostat des gaz d'échappement, relais qui court-circuite la partie supérieure du rhéostat de commande du pont de Wheatstone correspondant, de façon que, quelle que soit la position du tambour d'accélération, la valeur ohmique de ce rhéostat ne puisse pas dépasser la valeur correspondant à l'injection imposée par la butée. Notons que seul le Diesel dont le thermostat des gaz d'échappement a fonctionné se trouve ainsi déchargé ; les trois autres continuent à fournir la puissance correspondant à la position du tambour d'accélération, cela grâce à la régulation individuelle des Diesel et à la complète indépendance des quatre ponts de Wheatstone.

Dans la locomotive qui nous occupe, chaque génératrice alimente trois demi-moteurs de traction. En cas de *mise hors-circuit d'un de ces demi-moteurs*, les deux autres sont appelés à fournir 50 % plus de puissance que les demi-moteurs des autres groupes Diesel, si l'on fait marcher tous ceux-ci à la même puissance. Pour éviter cette différence il est nécessaire d'abaisser d'un tiers la puissance du moteur Diesel ne travaillant plus que sur deux demi-moteurs de traction. Cette réduction est obtenue d'une façon très simple par l'insertion d'une résistance appropriée dans l'une des branches fixes du pont de Wheatstone correspondant. Cette résistance se trouve enclenchée automatiquement dès que l'on met au zéro le tambour inverseur de l'un quelconque des trois demi-moteurs du Diesel considéré.

Le Salon de la lumière à Genève,

par Jean PRONIER, ingénieur, directeur du Service de l'Electricité de Genève.

Nous empruntons au « Bulletin de l'Association suisse des Electriciens » ce compte rendu d'une très opportune manifestation destinée à familiariser le public avec les principes encore trop souvent méconnus de l'éclairagisme. — Réd.

Le Service de l'électricité de Genève s'était proposé de consacrer, en 1938, une grande partie de ses moyens de propagande au mouvement en faveur de l'amélioration de l'éclairage. Il avait envisagé, en particulier, d'atteindre le public en exposant dans un bâtiment du centre de la ville des modèles d'appareils d'éclairage, des exemples de locaux de travail ou de pièces d'habitation éclairés selon les meilleurs principes connus, et d'y exposer, par la parole ou par des tableaux, des instructions propres à développer le goût de la bonne lumière.

De son côté, « l'Oeuvre », Association suisse romande de l'Art et de l'Industrie, avait décidé de placer son Salon d'automne sous le signe de la lumière, en mettant en valeur, par l'effet de faisceaux lumineux habilement disposés, les objets d'art créés par ses membres.

Le Salon de la lumière de Genève est né de ces deux intentions qui convergeaient vers des buts voisins, mais non identiques. La collaboration des deux idées s'est avérée dès le début parfaitement réalisable. Donner en même temps une instruction des principes physiques de la lumière, et montrer quelques applications de l'éclairage à des œuvres signées par des artistes connus, devait provoquer l'intérêt public. Les résultats obtenus ont montré que cet essai de collaboration entre artistes et éclairagistes a réussi.

L'« Oeuvre » devant installer son exposition dans les salles du Musée Rath, bâtiment appartenant à la Ville et destiné aux expositions artistiques, il fut convenu que quelques salles de cet édifice seraient réservées à la partie technique du Salon de la lumière.

L'architecte chargé de l'aménagement des salles avait établi le programme suivant : toutes les salles étaient constamment éclairées artificiellement, les verrières obstruées et de faux plafonds créés à 4,20 m ou à 5,20 m de hauteur. On pouvait ainsi manier à volonté les effets de lumière et obtenir à toute heure, et par n'importe quel éclairage extérieur, les mêmes effets ; les fonds nécessaires aux ensembles, mobiliers ou vitrines étaient créés en masquant les parois fixes par des toiles, du carton ou du papier monté sur châssis. La salle d'entrée était peu éclairée, pour inviter les visiteurs à chercher la lumière dans les salles latérales qui se succèdent en deux rangs sur les côtés du bâtiment.

Voyons maintenant en quoi consistait la partie technique de l'exposition. Dans le vestibule d'entrée, une application de « lumière noire » attirait la curiosité. Un grand bouquet de fleurs artificielles, formé de tissus imprégnés de matière fluorescente, était placé sous les feux de quelques lampes à vapeur de mercure, dont les rayons ultraviolets faisaient ressortir les couleurs particulièrement vives et belles de ses pétales et de ses rubans. A côté de celui-ci, un beau vitrail, des statues et des maquettes de décors de scène relevaient encore le coloris de ce vestibule.

La première salle, affectée aux principes de la lumière, était occupée par dix-sept panneaux donnant chacun une brève explication d'un sujet relatif à la théorie de la lumière. Ainsi, les premiers panneaux montraient l'onde lumineuse, la place qu'occupent les radiations visibles dans la série des phénomènes ondulatoires ou comment le physicien conçoit la vision colorée.

L'histoire de l'éclairage artificiel comportait une série de dessins des différents moyens d'éclairage auxquels les hommes ont eu recours depuis les époques les plus reculées. La lampe à incandescence était exposée dans ses éléments et ses formes les plus modernes, et la vision expliquée par 4 panneaux, dont le premier relevait l'importance de l'œil dans la perception du monde extérieur. L'échelle de la sensibilité de l'œil aux différentes couleurs, représentée par la courbe en cloche, montre