Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 60 (1934)
Heft: 11

Artikel: Les conditions techniques d'un éclairage électrique économique
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46385

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: 15.07.2025

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

qu'après une période d'attente définie par le temps $T + nT$ (compté à partir du court-circuit) *et dans un délai qui ne devrait pas excéder* $\pm \frac{T}{6}$.

Si, par exemple, on avait affaire à une période d'oscillation T voisine de 3 minutes, il faudrait que l'enclenchement s'opérât dans un délai d'une minute, compris entre *30 secondes avant et 30 secondes après le temps fixé à 3, 6, 9, 12 minutes, etc.*, à compter du court-circuit.

Il y a lieu de remarquer, cependant, pour tempérer ces résultats théoriques qui ne tiennent d'ailleurs compte ni du débit de marche à vide des turbines, ni de l'amortissement provoqué par les pertes de charge :

que, sauf pour des essais, la mise en parallèle et l'enclenchement des groupes ne se feront jamais immédiatement à la suite d'un court-circuit, et en tous cas pas avant que la raison du court-circuit soit élucidée, ce qui permettra à la première oscillation de s'amortir déjà partiellement ;

qu'il est probable aussi que les différents appareils d'utilisation branchés sur le réseau ne seront pas prêts, une fois le courant rétabli, à prendre tous la charge au même instant ; la succession des réenclenchements des uns et des autres à des temps différents est le plus sûr moyen d'amortir le reste d'oscillation qui subsisterait encore de la manœuvre de fermeture provoquée par le court-circuit ;

qu'il est toujours possible de choisir le délai de mise en marche du second groupe après le premier, ce qui, comme on le montrera sous chiffre *3*, peut diminuer considérablement aussi l'oscillation résultante ;

qu'enfin, si l'usine fonctionne seule sur le réseau, on aura affaire seulement à des charges partielles, de sorte que le cas extrême envisagé ici ne se produira à la rigueur que considérablement atténué.

C'est ce qui permet d'expliquer que le maximum théorique entrevu plus haut ne se réalise pratiquement jamais.

Second cas : Ouverture complète, suivie d'un court-circuit général.

Ce cas est exactement l'inverse du précédent et point n'est besoin de refaire tout le calcul pour aboutir à des conclusions identiques. Il suffit, si l'on veut avoir une image de l'oscillation dans ce cas, de changer simplement le signe des valeurs de Z du cas précédent qui correspondent au même temps d'attente t_a.

Il ne peut toutefois pas être question, dans ce second cas, d'établir une règle, puisque le court-circuit, qui se produit maintenant en second lieu, survient inopinément. On ne voit donc, à première vue, aucun autre moyen de parer à cet effet déplorable que de *munir la chambre d'équilibre d'un déversoir à sa partie supérieure* et, à vrai dire, un tel dispositif est toujours à recommander.

Il est bon de remarquer encore que l'hypothèse d'une mise en charge complète instantanée de toute l'usine est bien difficile à justifier. Dans la réalité, en effet, les groupes ne seront pas mis en parallèle simultanément ; l'un le sera après l'autre et l'on pourra toujours, si on l'estime utile, imposer un délai pour la mise en marche consécutive des groupes. Si ce délai est bien choisi, l'oscillation provenant de l'ouverture de la première turbine peut être partiellement et même complètement supprimée par l'oscillation provenant de l'ouverture de la seconde, ainsi qu'on le montrera sous chiffre *3*. On voit qu'il est ainsi possible de prévenir, dans toute la mesure désirable, l'effet extrême qui fait l'objet de ce second cas : c'est de se fixer certaines règles précises pour le délai de mise en marche de deux unités consécutives.

(A suivre).

TECHNOLOGIE DU BÂTIMENT

Les conditions techniques d'un éclairage électrique économique.

Ces conditions sont trop souvent méconnues des usagers et même des professionnels, tels les architectes, à qui il appartient de conseiller le public sur la façon la plus rationnelle et, par suite, la plus économique, de s'éclairer. En cette matière, il règne pas mal de préjugés et d'idées préconçues dont il convient de faire justice. « Une bonne lampe, dit M.R. de Valbreuze, est celle qui permet d'obtenir le lumen-heure (le lumen-heure est l'unité de *quantité de lumière*) au prix minimum : or, le prix de revient du lumen-heure dépend du prix de l'énergie électrique, du prix de la lampe et, éventuellement, de la dépense de mise en place d'une nouvelle lampe [1]. »

Voyons un peu à préciser cela et, pour nous conformer au caractère de notre revue, transposons toutes choses sur le plan technique. Cette transposition, le Dr E. Bausenwein, de Vienne l'a faite, le 26 octobre dernier, au cours d'une conférence sur « Die technischen Voraussetzungen wirtschaftlicher Beleuchtung », reproduite dans « Die Lichttechnik », de décembre 1933. C'est donc à M. Bausenwein, par l'intermédiaire de « Die Lichttechnik », que nous empruntons notre documentation, visant exclusivement les lampes *à incandescence*, qui sont d'ailleurs les sources de lumière les plus usuelles [2].

Importance de l'entretien des lampes. Elle est mise en évidence par le tableau suivant où sont évaluées les pertes de flux lumineux dues au salissement des lampes.

Tableau I.

Temps écoulé sans nettoyage des lampes	Diminution du flux lumineux, en %, pour les trois principaux systèmes d'éclairage		
	Direct	Semi-indirect	Indirect
1 mois	4	14	18
2 »	8	23	33
3 »	10	32	41
4 »	12	36	48
5 »	14	40	50

Quote-part du prix d'achat des ampoules dans le prix de revient de l'éclairage. Contrairement à un préjugé très répandu, cette quote-part est quasi insignifiante. Preuve en soit le

[1] Quelques remarques sur l'éclairage. *Bulletin de la Société française des Electriciens*, No 27.

[2] Les valeurs numériques invoquées par M. Bausenwein et visant les conditions particulières à l'Autriche ont été adaptées aux conditions régnant en Suisse.

tableau ci-dessous qui la chiffre en % du prix de revient de 1000 heures d'éclairage par des lampes dont la puissance s'échelonne de 15 à 1000 watts, le prix de l'énergie étant de 40 cts le kWh.

Tableau II.

Puissance des lampes (watts) (1)	Prix de revient de 1000 heures d'éclairage, le prix de l'énergie étant de 40 cts/kWh (2)	Quote-part du prix d'achat des ampoules en % des nombres correspondants de la colonne 2 (3)
15	7.10	15.5
25	11.10	9.9
40	17.10	6.4
60	25.30	5.1
75	31.70	5.4
100	42.25	5.3
150	63.75	5.9
200	85.25	6.2
300	129,50	7.3
500	211.75	5.4
750	316.—	5.1
1000	420.—	4.8

Une leçon se dégage de cette comparaison : c'est que, pour réaliser un éclairage économique, il faut user d'ampoules dépensant le minimum de courant compatible avec une durée normale et nous allons voir ce qu'il faut entendre par cette durée normale.

Les lampes de forte puissance sont plus économiques que celles de faible puissance. C'est ce qui ressort du tableau suivant :

Tableau III.

Nombre et puissance individuelle des lampes pour une tension de 220 V		Puissance totale absorbée Watts	Coût de l'énergie consommée, en % de l'énergie consommée par la lampe de 25 W
1	1000 W	1000	45
2	500 »	1000	45
4	300 »	1200	53
6	200 »	1200	53
9	150 »	1350	60
15	100 »	1500	67
23	75 »	1725	76
31	60 »	1860	88
54	40 »	2160	94
90	25 »	2250	100

Il serait inconsidéré de conclure de cette comparaison à la prohibition systématique des lampes de faible calibre. Personne de sensé ne songera à substituer à une lampe de 25 W éclairant un petit guéridon une lampe de 500 W, sous le prétexte que le rendement de cette dernière lampe est plus que double de celui de l'autre. Des considérations d'ordre architectoniques peuvent aussi justifier la présence de plusieurs lampes de faible puissance au lieu d'une seule lampe de puissance élevée. Mais, dans de très nombreux cas et particulièrement lorsque l'éclairage est destiné à des buts utilitaires plutôt que décoratifs, la concentration des luminaires s'imposera. En veut-on un exemple ?

Prenons celui d'un auditoire et considérons deux alternatives produisant des flux lumineux sensiblement égaux, à savoir : 1° 8 luminaires équipés chacun avec 6 ampoules de 25 W et émettant chacun 1440 lumens (Hefner) ; 2° 8 luminaires équipés chacun de 1 ampoule de 100 W et émettant 1380 lumens (Hefner). Pour une différence, d'ailleurs négligable, de 3,5 % dans l'émission de flux au préjudice du luminaire à 1 ampoule, le prix de revient de 1000 heures de service est très différent dans les deux alternatives, comme le prouve le bilan suivant basé sur un prix unitaire de 40 cts/kWh.

Première alternative (lampes de 25 W)	Deuxième alternative (lampes de 100 W)
Prix des lampes : 48 ampoules de 25 W . . . . Fr. 52.80	Prix des lampes : 8 ampoules de 100 W. . . Fr. 18.—
Prix de l'énergie consommée : $48 \times 25 \times 0{,}4$. Fr. 480.—	Prix de l'énergie consommée : $8 \times 100 \times 0{,}4$. . Fr. 320.—
Fr. 532.80	Fr. 338.—

Donc une économie de Fr. 194.80, au bénéfice de l'installation à unités puissantes.

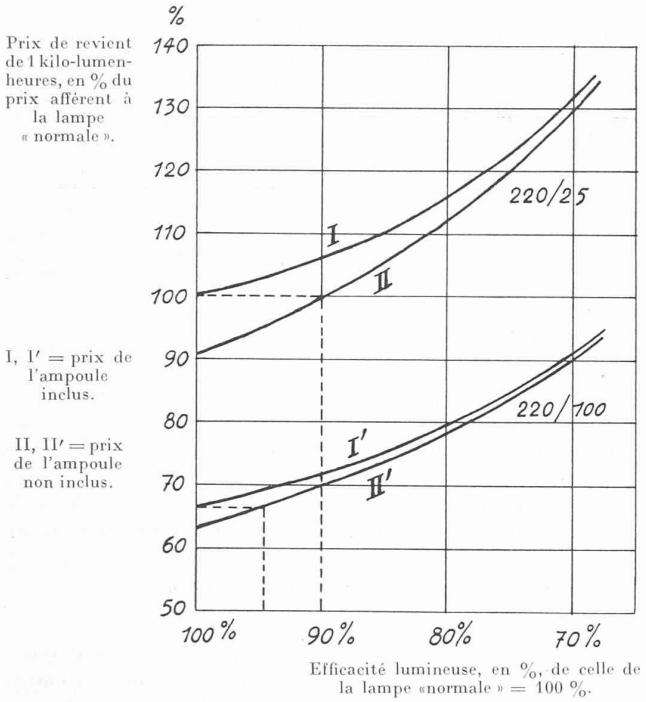
Venons-en maintenant à la question si controversée et, le plus souvent si mal interprétée, de la durée des lampes. Cette durée D (en heures) est reliée à l'efficacité lumineuse E (lumens rayonnés par watt absorbé) par l'égalité

$$D = a\,E^{-e}$$

où a est une constante et e un paramètre qu'on peut poser égal à 7 pour les lampes « à vide ». On infère immédiatement de cette égalité qu'il est au pouvoir de n'importe quel constructeur de lampes d'augmenter la durée des ampoules, mais au préjudice de l'efficacité lumineuse et vice versa. C'est la confirmation d'une assertion de M. de Valbreuze : « Pour une consommation donnée, on peut, à volonté, fabriquer des lampes qui produisent un flux lumineux élevé, mais au détriment de la durée, ou bien des lampes qui présentent une longue durée, mais au détriment de l'efficacité lumineuse [1] ». Il est indéniable que, dans certains cas, tel l'éclairage des voies publiques, où le remplacement des lampes est laborieux, on peut avoir intérêt à sacrifier à la durée quelque fraction de l'efficacité ; la même considération pourrait se justifier pour certaines tarifications très basses de l'énergie électrique, ce qui confirme une autre assertion de M. de Valbreuze : « Dans les régions où le prix de l'énergie électrique est élevé par rapport au prix de la lampe, on aurait intérêt à utiliser des lampes de haute efficacité lumineuse et de durée limitée ; dans les régions exceptionnelles où l'énergie électrique coûte très bon marché, on aurait intérêt à utiliser des lampes de grande longévité, ayant une efficacité lumineuse moindre [1] ». Au surplus, pour chaque genre de tarification on pourrait établir entre la durée et l'efficacité lumineuse un compromis qui réaliserait le rendement optimum de l'installation. Mais, en pratique, le prix des lampes et, par suite, les frais de remplacement, interviennent pour une si faible part — nous l'avons relevé explicitement — dans le prix de revient de l'éclairage, qu'on est convenu de prendre pour critère de la qualité d'une ampoule son efficacité lumineuse. Bien entendu, cette efficacité doit aller de pair avec une durée raisonnable. Aussi, tout bien pesé, a-t-on fixé à 1000 heures, la durée « utile » normale des ampoules à incandescence.

Que ce choix soit judicieux, le graphique de la figure 1 en témoigne. Il compare les prix de revient d'une même quantité de lumière (1000 lumen × heures) fournie, d'une part, par des lampes de durée normale (1000 heures), d'autre part, par des lampes d'une efficacité insuffisante. La comparaison est faite pour des lampes de 25 et de 100 watts, la tension étant de 220 volts. A chacune de ces puissances correspond une couple de courbes. Toutes deux représentent la variation du

[1] R. de Valbreuze, ouvrage cité.



Pour l'interprétation de cette figure, voir le texte.

Lampe	220 V/25 W	220 V/100 W
Flux moyen, en lumens . .	240	1380
Prix de l'ampoule	Fr. 1.10	Fr. 2.25
Prix du kWh	40 cts	
Durée utile, en heures	1000	

Fig. 1. — Relations entre l'efficacité lumineuse et le prix de revient de l'éclairage.

prix de revient de 1000 lumen × heures en fonction de l'efficacité lumineuse, mais la courbe supérieure de chaque couple inclut le prix d'achat de la lampe, tandis que la courbe inférieure l'exclut, autrement dit, elle correspond à l'hypothèse que les ampoules sont livrées gratuitement.

Ce diagramme est riche en enseignements : il confirme l'avantage économique des unités de forte puissance sur celles de faible puissance, les courbes relatives à la lampe de 100 watts étant constamment bien au-dessous des courbes relatives à la lampe de 25 watts ; il montre avec quelle rapidité le prix de revient de l'éclairage croît quand l'efficacité lumineuse diminue ; enfin, et ceci est singulièrement suggestif, il apprend qu'il n'est besoin que d'un léger fléchissement de l'efficacité lumineuse pour que la lampe à durée normale, compte tenu de son prix d'achat, devienne plus avantageuse que la lampe à « surdurée », même si cette dernière ne coûtait rien, ou, ce qui revient au même, si elle était éternelle. En effet, on lit sur la figure qu'il suffit, pour réaliser cette espèce de parité, que l'efficacité de la lampe à « surdurée » soit tombée à 90 %, pour le type de 25 watts, et même à 94,5 % seulement pour le type à 100 watts. Si ce glissement se poursuit au delà de ces parités, le « don » de la lampe coûte plus ou moins cher. Or, il faut savoir que des efficacités de cet ordre de grandeur sont choses courantes sur le marché libre des lampes électriques à incandescence. Il est certain que le préjudice économique résultant pour les usagers de l'emploi de lampes à « surdurée » peut être compensé, dans une certaine mesure, par une réduction appropriée du prix du kilowatt-heure. Or, les usagers ne tarderont pas à être conscients de ce moyen de récupération et ils réclameront des distributeurs une réduction de leurs tarifs. D'où découle cette leçon que les distributeurs sont les premiers intéressés à proscrire ces lampes de qualité médiocre, prétendues « bon marché », mais, qui en réalité, font payer si chèrement leurs services.

Voici encore un calcul, qui corrobore qu'une lampe de qualité éprouvée, c'est-à-dire de haute efficacité lumineuse, est d'un service plus économique qu'une lampe de qualité inférieure. Soit une lampe de 60 W, par exemple : elle consomme, pendant la « durée utile » de 1000 heures, prescrite par l'*Association suisse des Electriciens*, 60 kWh. Sur la base d'un prix de 40 cts. par kWh, par exemple, la dépense de courant s'élève à 0,40 × 60 . . . . . Fr. 24.—
et la lampe coûtant, ... » 1.30
1000 heures d'éclairage reviennent donc à . . Fr. 25.30

Veut-on réaliser le même éclairage au moyen d'une lampe bon marché ? Il faudra alors, en raison de son efficacité lumineuse bien moindre, consommer quelque 75 kWh durant les 1000 heures de sa durée utile. Le compte des dépenses s'établira, alors, comme suit :

Dépense de courant 0,40 × 75 . . . . . Fr. 30.—
Coût de la lampe, environ . . . . . » 1.—
Prix de revient de 1000 heures d'éclairage . . Fr. 31.—

L'économie due à l'emploi de la lampe de bonne qualité ne se monte donc pas à moins de Fr. 5.70. Il ressort aussi de ces calculs que la lampe bon marché serait antiéconomique, même si elle était livrée gratuitement. L'excédent de dépense de courant qu'implique l'usage d'une lampe de qualité inférieure est suffisant pour acheter quatre lampes de qualité éprouvée.

En voilà assez pour confirmer cet avertissement que M. R. de Valbreuze, dans ses « Principes et applications de l'éclairage » [1], fait au public, dont la tendance naturelle est de considérer comme bonne une lampe qui dure très longtemps. C'est-là une grave erreur. La lampe qui dure longtemps n'est pas la meilleure : elle mange de l'argent, car elle ne correspond pas aux conditions maximum d'économie ».

URBANISME

Modernisation des réseaux de tramways.

Il est certainement téméraire, en ce moment, d'émettre une opinion définitive sur le sujet si débattu, soit la suppression des réseaux de tramways et leur remplacement par des autobus. Si, en cas de fort trafic, le tramway a pour lui l'avantage d'être plus économique, l'autobus, par contre, s'adapte mieux à la circulation des autres véhicules. D'autre part les fortes pentes, avec la grosse consommation d'énergie qu'elles provoquent, consacrent l'avantage de la traction électrique sur le moteur à essence, dont l'usure est alors trop rapide.

Reste le trolleybus, dernier venu. Il doit joindre aux avantages de la traction électrique la mobilité et le confort de l'autobus. Courageusement la Société des Tramways Lausannois vient d'en faire l'essai. Après quelques difficultés de mise au point, ce système semble fonctionner à satisfaction.

Ainsi donc l'autobus et le trolleybus coalisés vont-ils remplacer les tramways ?

Il est probable que les conditions économiques et les moyens financiers en décideront dans un avenir indéterminé. Les réseaux de tramways établis possèdent un matériel partiellement amorti, souvent bien renouvelé, et il est certain

[1] Conférences faites au Conservatoire national des arts et métiers, à Paris.