

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 30 (1939)
Heft: 12

Artikel: Parcours type et puissance nominale de véhicules électriques
Autor: Bodmer, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058358>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXX^e Année

N^o 12

Vendredi, 9 Juin 1939

Parcours type et Puissance nominale de véhicules électriques.

Par C. Bodmer, Zurich-Oerlikon.

621.335.016.2

L'auteur rappelle et précise les relations souvent mal comprises existant entre la puissance développée en service par un tracteur (parcours type) et la puissance nominale (régime unihoraire ou continu) des diverses parties de son équipement. Il indique en outre l'intérêt que présenterait l'unification des prescriptions servant de base à la détermination de la puissance nominale.

Die oft missgedeutete Beziehung zwischen der wirklich abzugebenden Leistung (Leistungsprogramm) und der elektrischen Nennleistung (Stunden- und Dauerleistung) elektrischer Fahrzeuge sowie die Bedeutung einheitlicher Bewertungsvorschriften wird erläutert.

(Traduction.)

La plupart des véhicules électriques, les locomotives en particulier, doivent développer une puissance variant dans de grandes limites et de manière très irrégulière.

La diversité des éléments qui déterminent cette puissance, tels que le tracé de la voie, la composition du train, son horaire, son poids, sa vitesse et d'autres encore, entraîne pour le tracteur une variation périodique de la puissance qu'il absorbe.

La durée de cette période peut être de quelques heures, de quelques jours, voire de quelques semaines ou même plus.

Lorsque les caractéristiques d'un parcours — que nous appellerons «parcours type» — sont fixées, il est relativement facile de calculer l'effort de traction, la vitesse et la puissance en chaque instant pour la période envisagée. On utilise pour cela des formules bien connues donnant les résistances dues au roulement, à l'air, à la pente, aux courbes, à l'accélération.

Nous appellerons «puissance en service» l'ensemble des valeurs de la puissance pendant la durée d'un «parcours type». La détermination des caractéristiques d'un tracteur électrique sera basée sur le calcul de quelques «puissances en service» ou encore sur les mesures faites pendant les «parcours types» correspondants effectués avec un tracteur approprié. Ces «parcours types» doivent tendre vers le maximum que l'on se propose d'exiger des nouveaux véhicules. La «puissance en service» — résultant de la vitesse et de l'effort de traction — ainsi obtenue permet de déduire un certain nombre de valeurs importantes pour le dimensionnement de l'équipement, ainsi par exemple: l'effort de traction correspondant à la vitesse maximum, l'effort de traction et la puissance maxima. Par contre, il est impossible de tirer directement la «puissance nominale» nécessaire — unihoraire ou continue — de la «puissance en service».

La «puissance nominale» ne peut être déterminée que lorsqu'on connaît les caractéristiques ther-

miques, en particulier la constante de temps thermique de chaque appareil. Il faut tenir compte en outre, d'une part de l'altitude, de la température ambiante et des échauffements admissibles au «régime nominal», d'autre part de la température maximum ou de l'échauffement admis en service.

Les relations entre la «puissance en service» et la «puissance nominale» sont souvent mal comprises et on court le risque de voir les tracteurs mal utilisés ou surchargés dans l'une ou l'autre de leurs parties. Ces deux éventualités sont aussi peu économiques l'une que l'autre et la concurrence les rend chaque jour moins tolérables.

L'exposé suivant a pour but de contribuer à l'éclaircissement de ces questions. Nous diviserons d'abord l'énoncé du problème suivant 13 postulats, ce qui nous permettra, pensons-nous, de traiter le problème lui-même d'une manière rapide et claire.

Postulats.

1^o La *puissance en service* d'un tracteur électrique est la puissance variable — au crochet ou à la jante — calculée ou mesurée, que l'on obtient en fonction du temps sur un parcours type comme produit de l'effort de traction instantané par la vitesse correspondante.

2^o L'*échauffement* est la principale grandeur qu'il faille considérer pour la détermination de la puissance d'un équipement de traction. D'autres phénomènes ou grandeurs, tels que la commutation, la tendance aux coups de feu au collecteur, la résistance mécanique, la capacité de la batterie, peuvent également limiter cette puissance.

3^o L'équipement électrique sera divisé en groupes, chacun d'eux dépendant de manière différente de la «puissance en service». Ces groupes comprennent les parties de l'équipement qui dépendent:

- a) peu ou pas de la puissance du tracteur,
- b) surtout de l'effort de traction (courant),
- c) de la puissance, c'est-à-dire du produit de l'effort de traction par la vitesse,

d) de la puissance de freinage.

Nous placerons dans les groupes:

a) les appareils de commande (contrôleur, etc.), de sécurité (arrêt automatique du train), de protection (relais), de mesure et les installations de chauffage, d'éclairage, de ventilation et des autres services auxiliaires.

b) la majeure partie de l'équipement parcouru par le courant des moteurs de traction (interrupteurs, inverseurs, contacteurs, câbles, résistances de démarrage);

c) les transformateurs pouvant figurer également sous d);

d) les résistances et l'appareillage de freinage.

Les moteurs entrent suivant le cas dans les catégories b, c et d.

4° Les règles No. 103 de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), seront considérées comme normales, et cela plus spécialement en ce qui concerne la définition des puissances et courants unihoraires et continus, et les échauffements. La *définition* des puissances unihoraire et continue des moteurs de traction est indépendante des particularités des divers réseaux telles que température ambiante, altitude, échauffement admis en service, etc. La puissance *unihoraire* est considérée comme «puissance nominale». Conformément à ces prescriptions, la puissance nominale d'un tracteur est égale à la somme des puissances — unihoraires — individuelles à l'arbre des moteurs de traction. Dans le cas de prescriptions d'échauffement différentes de celles de l'UIC nous considérerons comme valable la définition ci-dessus de la «puissance nominale».

5° Il n'existe encore qu'un projet de prescriptions internationales de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) pour les autres parties de l'équipement. Actuellement des règles appropriées sont admises dans chaque cas, explicitement ou tacitement. Bien que dans ce qui suit il soit surtout parlé des moteurs de traction, cette étude s'applique également aux autres parties de l'équipement, étant bien entendu qu'il s'agit alors de la puissance ou du courant «nominal» de l'appareil considéré.

6° La puissance nominale d'un moteur de traction a été correctement déterminée si, en service sur le «parcours type», son échauffement atteint sans la dépasser la température limite admise lors de la commande.

7° La puissance nominale correspondant à un «parcours type» donné, dépend de la constante de temps thermique, c'est-à-dire du système de refroidissement de la machine. Plus la constante de temps est faible, plus la puissance nominale nécessaire est élevée. La puissance nominale dépend d'autant plus de la constante de temps thermique que la durée des fortes surcharges est faible et que celles-ci sont plus éloignées les unes des autres.

8° La méthode du carré moyen de l'intensité, très répandue et qui, appliquée à bon escient, est d'une grande utilité, donne des résultats d'autant moins

exactes que la période considérée est plus grande par rapport à la constante de temps.

9° Les pointes d'échauffement entraînées par des surcharges momentanées s'amortissent dans le temps — au moins approximativement — suivant une courbe exponentielle:

$$\vartheta = \vartheta_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

ϑ_0 = échauffement au temps 0

ϑ = échauffement au temps t

T = constante de temps thermique

e = base des logarithmes naturels.

10° La puissance nominale nécessaire dépend, pour une puissance en service donnée, des caractéristiques particulières du réseau de chemin de fer considéré, telles que: température ambiante maximum, altitude, température maximum admise en service, etc. La grandeur de la puissance nominale dépend de ces facteurs, sa *définition* par contre en reste indépendante. Par conséquent, la puissance nominale d'un tracteur existant ne change pas, qu'il soit en service à une altitude de 400 ou de 4000 mètres, ou à une température de -10° ou de $+40^\circ$.

11° Indépendamment des règles internationales relatives à la puissance nominale, chaque compagnie de chemin de fer peut édicter des prescriptions spéciales relatives à la marge de puissance ou d'échauffement qu'elle entend se réserver, ou à la prise en considération de conditions particulières. L'annexe A du tableau III des prescriptions UIC «Limites de température que l'on conseille de ne pas dépasser en service» constitue une directive dans ce sens.

12° Toute réserve nécessaire pour l'exploitation peut être prise en considération de diverses manières lors du calcul: marge dans le poids du train; réduction de la durée de parcours; limite d'échauffement réduite pour le «parcours type».

13° Dans l'intérêt de la rentabilité (prix d'achat, frais d'exploitation) il faut éviter d'exiger des réserves inutiles.

Discussion de divers points.

1° La puissance en service peut être déterminée de manière exacte dès que les conditions de ce service sont connues; cela est vrai pour toutes les parties de l'équipement si l'on tient compte de leurs caractères propres.

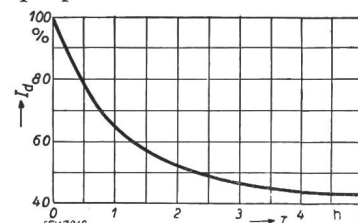


Fig. 1.

Bobine d'inductance de récupération pour locomotive monophasée.

Courant en régime continu nécessaire pour le service d'express sur la ligne Lucerne-Chiasso-Lucerne en fonction de la constante de temps thermique T_0 . Courant sur pente de $27\text{‰} = 100\text{‰}$.

3° Les éléments parcourus par le courant des moteurs ne seront pas dimensionnés pour le même

régime continu que ceux-ci, mais pour le régime correspondant à leur constante de temps.

La figure 1 montre pour un cas particulier et en fonction de la constante de temps la valeur à donner à la puissance continue d'un élément d'équipement qui n'est enclenché que sur les pentes.

L'enroulement des transformateurs est en général divisé en deux parties; la partie haute tension est parcourue par un courant proportionnel à la puissance: effort de traction \times vitesse. Le courant dans la partie basse tension est au contraire une fonction de l'effort de traction, et suivant la vitesse, — qui elle dépend de la tension — il n'intéresse qu'une partie plus ou moins grande de l'enroulement.

La répartition en groupes offre l'avantage de permettre une égale utilisation de toutes les parties de l'équipement. Le principal progrès d'un équipement moderne par rapport à un ancien réside dans son utilisation équilibrée, alors qu'autrefois il arrivait souvent que quelques parties étaient trop chargées alors que les autres étaient surdimensionnées.

4° Les règles de l'UIC sont pratiquement les mêmes que celles de la CEI. Malheureusement la puissance nominale n'a pas reçu une définition unique, mais au contraire une définition triple par suite des 3 tableaux d'échauffement donnant pour un même matériau les échauffements admissibles de 120°, 105° et 90°. Ce fait contraire à l'unification si désirée est très regrettable, car il faut ajouter à l'indication de la puissance nominale celle des prescriptions auxquelles cette puissance correspond: UIC I, UIC II 25° ou UIC II 40°. Il est vraisemblable que l'on aurait pu se mettre facilement d'accord pour une seule valeur de l'échauffement si chacun avait eu clairement présent à l'esprit le fait suivant:

La température ambiante et l'échauffement servant de base à l'établissement de la puissance nominale ne déterminent nullement l'échauffement ou la température maximum des équipements en service. Aussi longtemps qu'il existera des prescriptions variables d'un pays à l'autre, il sera nécessaire d'indiquer les prescriptions auxquelles se rapportent les puissances nominales mentionnées.

La définition de la tension nominale, des surcharges, etc. étant différente pour les diverses prescriptions, la puissance nominale d'un équipement existant dépend beaucoup plus de celles-ci qu'on ne le pense habituellement.

Par exemple, les CFF ont prescrit pendant longtemps pour le dimensionnement de l'équipement de leurs tracteurs, d'une part les règles de l'AIEE (American Institute of Electrical Engineers) 1918 pour machines stationnaires, et d'autre part comme tension nominale les $\frac{4}{5}$ de la tension maximum en charge. Actuellement ils ont adopté les règles de l'UIC. La puissance nominale d'un même moteur est sensiblement la suivante pour les diverses prescriptions:

Tableau I.

Prescriptions	CFF	UIC II	UIC I
Température ambiante °C	40	40	25
Echauffement admissible mesuré par résistance °C	75	90	105
Tension nominale U . .	$0,8 U_{\max}$ en charge	$0,9 U_{\max}$ à vide	$0,9 U_{\max}$ à vide
Puissance nominale (unihoraire):			
ventilation forcée . %	100	116	126
auto-ventilé . . . %	100	125	135

Pour une chute de tension au transformateur de 10 % entre marche à vide et en charge, on a comme rapport de la tension nominale entre les prescriptions UIC et CFF:

$$\frac{0,9 U_{\max \text{ à vide}}}{0,8 U_{\max \text{ à vide}} \cdot 0,9} = 1,25.$$

En négligeant les pertes additionnelles dues à l'augmentation de vitesse, le rapport de la puissance nominale UIC I à la puissance CFF serait donc:

$$1,25 \sqrt{\frac{120}{75}} \cdot 100 = 158 \%.$$

En réalité du fait de l'élévation de la tension nominale, donc de la vitesse et des pertes dans le rotor, la puissance nominale ne peut se déduire directement des rapports des tensions et des échauffements admis proportionnellement aux pertes Joule.

L'accroissement de puissance est supérieur dans le cas de moteur autoventilé, car la ventilation est améliorée par l'augmentation de vitesse.

Cette comparaison suppose que le moteur peut supporter sans autre le plus grand échauffement et les contraintes supérieures résultant de l'augmentation de la puissance nominale, ce qui est habituellement le cas pour les moteurs modernes.

Au temps des moteurs de traction blindés, l'indication de la puissance unihoraire suffisait, car les autres régimes étaient dans un rapport pratiquement constant avec le régime unihoraire et aussi parce que la puissance unihoraire se rapprochait beaucoup plus des puissances en service que la puissance en régime continu, si faible pour les moteurs blindés. Dans ce cas en effet, le courant en régime continu n'est que de 35 % pour les gros moteurs à 50 % pour les petits moteurs, du courant en régime unihoraire.

Pour les moteurs bien ventilés de nos jours, la puissance unihoraire n'est plus guère qu'une indication accessoire à celle de la puissance continue, le rapport des deux valeurs donnant une image correcte de la qualité de la construction au point de vue de l'évacuation des pertes. Ce rapport atteint 0,85 pour les moteurs de traction auto-ventilés récents et jusqu'à 0,95 pour ceux à ventilation forcée.

Les techniciens préféreraient voir figurer à côté du régime continu, un régime d'une demi-heure ou de $\frac{3}{4}$ d'heure qui donnerait une meilleure idée des propriétés thermiques du moteur que le régime unihoraire, trop voisin du régime continu.

Il sera toutefois préférable de conserver le régime unihoraire dont l'emploi est répandu dès le début.

5° L'absence de prescriptions peut ne pas être considérée comme un inconvénient, les constructeurs déterminant eux-mêmes en accord avec les Compagnies de chemins de fer et d'après leur expérience commune les conditions que doit remplir le matériel. Cette lacune deviendrait un inconvénient le jour où l'on en profiterait pour poser des conditions conduisant à des équipements inutilement chers, lourds, ou présentant quelque autre défaut.

6° D'après ce postulat on ne peut vérifier qu'à la mise en service si la puissance a été correctement déterminée. La méthode de calcul de cette puissance est la suivante:

1° Estimation de la puissance nominale d'après la puissance maximum et la méthode du carré moyen appliquée à des périodes convenablement choisies;

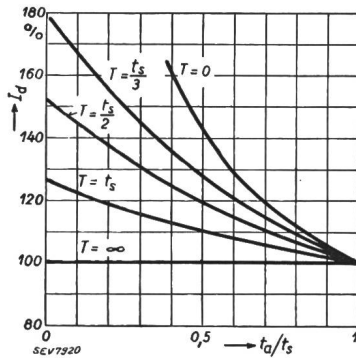


Fig. 2. Courant nécessaire en régime continu en fonction de la durée relative de charge:

I intensité pendant le temps t_a .
 t_a durée d'enclenchement.
 t_s durée totale (enclenchement et déclenchement).
 T constante de temps thermique.

Courant $I = 100 \sqrt{\frac{t_s}{t_a}}$

2° choix ou calcul des machines;

3° calcul de leur échauffement sur le «parcours type»;

4° détermination de la puissance résultant du calcul d'échauffement.

7° et 8° Les figures 2, 3 et 4 sont la représentation graphique de ces postulats. Elles se rapportent au cas simple d'un service intermittent tel que le carré moyen pendant la période t_s a une valeur constante.

La figure 2 représente le courant en régime continu et la figure 3 le courant correspondant en régime unihoraire.

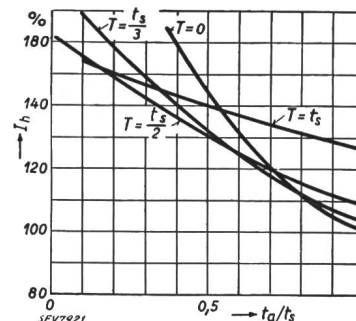


Fig. 3. Courant nécessaire en régime unihoraire en fonction de la durée relative de charge.

La figure 4 est déduite des figures 2 et 3 et indique en fonction de la constante de temps thermique les courants aux régimes continu et unihoraire pour deux rapports $\frac{t_a}{t_s}$ arbitrairement choisis.

Si nous posons que le courant déterminé par la méthode du carré moyen est égal à un courant de

100 % en régime continu, il faut en réalité dimensionner la machine pour un courant plus élevé, qui par exemple pour $T = \frac{t_a}{2}$, atteint jusqu'à 152 %

lorsque la période sous courant t_a est relativement très courte. La figure 4 montre que pour un rapport donné entre la durée de la charge et celle de la période, par exemple $\frac{t_a}{t_s} = 0,5$ le courant en régime continu pour $T = t_s$ est encore supérieur de 11 % au carré moyen.

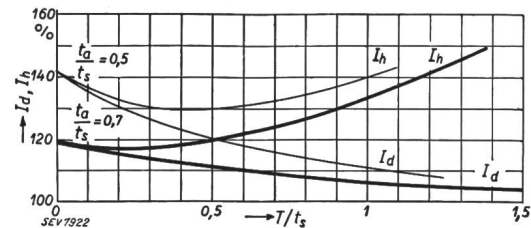


Fig. 4. Courant nécessaire en régimes continu et unihoraire en fonction des constantes de temps relatives T/t_s pour deux valeurs constantes de t_a/t_s (0,5 et 0,7) la moyenne des carrés du courant étant égale à 100 %.

Le courant unihoraire ne peut être déduit qu'indirectement du carré moyen, après avoir déterminé d'abord le régime continu. Pour pouvoir utiliser les figures 2, 3 et 4 il est indispensable de connaître les constantes de temps; elles ont les valeurs moyennes suivantes pour les diverses parties des véhicules de traction.

Ordre de grandeur des constantes de temps en minutes. Tableau II.

	Système de ventilation			
	Aucune	tirage naturel	auto-ventilée	ventilation forcée
Résistances en rubans	—	8 ... 12	—	0,8...1,2
Résistances en fonte	—	12 ... 15	—	3 ... 5
Enroulem. de moteurs	240	—	40...100	20 ... 40
Transformateurs	—	150	—	90
Câbles isolés (suivant section et disposition)	10 ... 100	—	—	5 ... 40

9° Ce postulat permet de simplifier les calculs d'échauffement, car il exprime l'inutilité de développer ces calculs sur des périodes étendues. Il suffit de calculer exactement pendant une période comprise entre T et $2T$, le calcul pendant la période précédente pouvant être d'autant plus sommaire que cette période est plus éloignée de celle d'échauffement maximum. Une erreur commise au temps $0 - T - 2T - 3T$ etc. avant l'échauffement maximum se retrouve dans la proportion de 100 — 27 — 13,6 — 5 % etc. dans celui-ci.

En réalité, l'échauffement et le refroidissement ne suivent pas exactement la courbe exponentielle, mais l'exactitude de cette hypothèse est pratiquement suffisante.

10°, 11°, 12° Si l'on accordait à ces faits toute leur importance, il serait simple de se mettre d'accord pour une valeur unique de la température ambiante et une seule valeur de l'échauffement, autrement dit pour une seule prescription pour chaque matériau. Il ressort de ce que nous avons exposé que les températures servant de base à la détermi-

nation de la puissance nominale présentent moins d'intérêt que le fait d'avoir une prescription unique.

Il n'est pas possible d'indiquer des chiffres précis quant aux températures maxima admissibles en service. Celles-ci dépendent de divers facteurs tels que la nature des isolants, leur imprégnation, les dimensions, la qualité de la fabrication des enroulements et des parties contiguës (fer) et avant tout de la durée pendant laquelle la machine doit supporter cette température.

D'après des données récentes très circonspectes, les enroulements munis d'isolants de la classe B supportent une température de 105° pendant 8 ans, de 115° pendant 4 ans, de 125° pendant 2 ans, de 135° pendant 1 an et de 145° pendant 6 mois. Les températures maxima de 130° en service normal et de 145° comme pointes exceptionnelles, indiquées à l'annexe A des règles UIC sont par conséquent pertinentes. Un enroulement ayant à supporter en service par exemple les températures de 105° pendant 10 % du temps, 125° pendant 5 % et 145° pendant 1 % est mis hors d'usage au bout de 17,4 années.

Les postulats énoncés donnent clairement les relations entre la puissance nominale et la puissance en service. On voit donc qu'il n'existe aucune raison pour baser les prescriptions sur diverses valeurs de la température ambiante et de l'échauffement.

Les services de traction pourraient objecter qu'il n'est pas possible de déterminer exactement à l'avance le service et par suite les «parcours type»; mais de même que l'on doit prédéterminer le poids, le prix et les garanties, il est aussi indispensable de fixer un programme type comme base des calculs.

Un exemple pratique relatif aux automotrices en construction pour les Chemins de Fer Rhétiques se trouve à la fin de l'article correspondant de l'édition allemande du Bulletin.

L'étude ci-dessus représente le point de vue du constructeur dont le désir est de voir ce problème clairement compris, les prescriptions unifiées et appropriées au but à atteindre, la rentabilité des véhicules qu'il établit assurée. Nous considérons la rentabilité dans son sens le plus large, c'est-à-dire en tenant compte des divers facteurs: prix d'achat, poids, rendement, sécurité de service, entretien et durée.

Résumé.

Nous avons montré que la relation entre la puissance nominale et la puissance en service ne peut être établie qu'au moyen de calculs assez développés; de leur côté, ceux-ci doivent se baser sur des données claires: «parcours type», considération logique des divers facteurs tels que température ambiante, température maximum admissible, altitude. Ces diverses données ne modifient en rien la définition de la puissance nominale, mais bien sa grandeur. Nous avons insisté également sur l'intérêt que présenterait une unification réelle des règles internationales concernant les diverses parties des équipements de traction.

Littérature:

1. G. Gut, Baden: «Ein neues graphisches Verfahren zur Vorausbestimmung der Erwärmung elektrischer Maschinen und Apparate für intermittierende Betriebe, einschliesslich Bahnen.» Bull. SEV 1918, Nr. 2.

2. G. E. Luke: «Heating of Railway Motors in Service and on Test-Floor Runs.» J. Amer. Inst. Electr. Engrs., Mai 1922.

3. F. W. Carter: «Service Capacity of Traction Motors.» J. Inst. Electr. Engrs., Lond., Nov. 1927.

4. H. Kother: «Zeichnerisches Verfahren zur Vorausbestimmung der betriebsmässigen Erwärmung elektrischer Maschinen, insbesondere von Bahnmotoren.» Elektr. Bahnen, Mai 1937.

5. R. Langlois-Berthelot: «Le problème de la puissance normale des machines électriques.» Rev. gén. Electr., 29. Okt. 1938.

6. Regeln der UIC für elektrische Fahrzeugmotoren Nr. 103. Fassung vom 1. Januar 1937.

7. REB 1938, Regeln des VDE für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen.

Considérations sur la conductibilité de l'eau et explication de la curieuse influence de l'eau dissoute sur la valeur isolante de l'huile.

Par J. Borel, Cortaillod.

621.315.615.2

L'auteur rappelle pourquoi l'eau conduit le courant électrique et explique pourquoi les propriétés diélectriques des huiles minérales ne sont pas diminuées par la présence d'eau dissoute.

Wasser leitet den elektrischen Strom. Der Verfasser erinnert an die Erklärungen dieser Tatsache. Hierauf untersucht er, weshalb die dielektrischen Eigenschaften der Mineralöle sich durch die Anwesenheit aufgelösten Wassers nicht verschlechtern.

Parmi les agents naturels qui ont sérieusement compliqué la tâche de l'électricien, l'eau vient certainement en premier lieu, même si l'on excepte son action chimique sur le fer et le bois.

Le problème des isolants destinés à fonctionner en plein air ou dans des endroits humides est, en effet, dominé par la nécessité de réaliser des isolants insensibles à l'eau ou de réussir à protéger de l'action de l'eau des isolants qui n'y résistent pas. L'eau est l'ennemi No 1 des isolants; elle s'infiltré partout, se condense à des endroits non prévus, dé-

joue souvent les raisonnements et n'a de répit qu'au moment où elle a transformé le meilleur des isolants en une «terre». Créer des terres est le rôle de l'eau, elle s'y emploie avec beaucoup de tenacité.

Comme il importe de connaître tous les caractères de son ennemi pour, si possible, le mieux déjouer, il n'est pas superflu de s'arrêter à certaines propriétés de l'eau, généralement peu connues et qui pourtant sont importantes.

Je ne parlerai que de l'eau pure, puisque c'est en général sous forme d'eau de pluie ou de conden-