Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 54 (1928)

Heft: 14

Artikel: Quelques résultats d'essais sur le processus d'enclenchement et de déclenchement des interrupteurs à huile

Autor: Kopeliowitch

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41882

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

Les dépenses totales pour la transformation, y compris l'aménagement d'une nouvelle vanne d'entrée à commande électrique, s'étant montées à Fr. 300 000, en chiffres ronds, le supplément de recettes correspondant à l'excédent annuel d'énergie représente donc le 22,7 % des dépenses globales de constructions.

Accroissement de la puissance disponible dû à la transformation.

Cet accroissement ressort du tableau ci-dessus. Puisque, sous une chute moyenne annuelle de 3,5 m l'ancien groupe développait 400 kW, en haute tension et que le nouveau

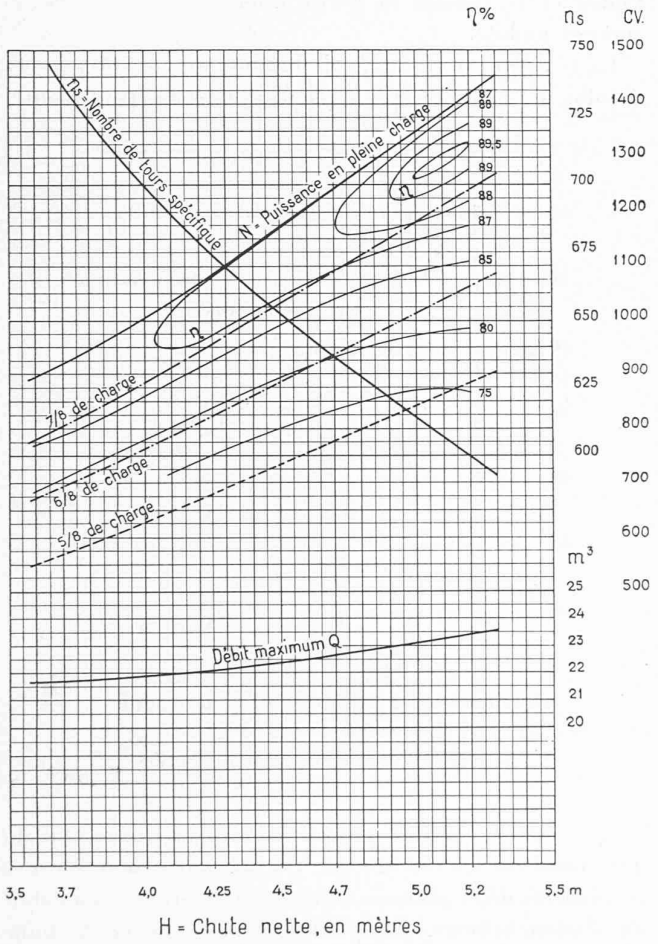

Fig. 4. — Caractéristiques de la turbine-hélice de l'ancienne centrale de Wynau.

groupe développe 584 kW, en chiffres ronds, le gain de puissance est donc de 46 %.

Il convient de remarquer que le nouveau groupe a été conçu avec le souci d'utiliser au mieux l'installation sous les hautes chutes, autrement dit en basses eaux. C'est pourquoi la turbine a été construite en vue d'une chute de 5,0 m.

La puissance de l'ancien groupe était limitée, par la présence des engrenages de transmission, à 750 ch correspondant à une puissance de la génératrice de 510 kW en basse tension et de 460 kW en haute tension. Cette puissance de la turbine se rapportait à une chute nette de 3,9 m, pour laquelle elle avait d'ailleurs été construite, en 1912. Sous des chutes plus grandes la turbine aurait, sans doute, développé un supplément proportionné de puissance, mais qui n'aurait pas pu être transmis à la génératrice sans risque de détériorer les engrenages. Au contraire, le nouveau groupe, installé en 1926, peut être pleinement utilisé jusqu'à la chute de 5,0 m correspondant à l'étiage minimum. Dans ces conditions, le groupe développe 1420 ch, correspondant à 980 kW, soit, sous cette chute, une majoration de la puissance de 460 à 980 kW, soit, en valeur relative, 113 %.

En résumé, il découle de l'analyse de cette transformation que la substitution de turbines « modernes » à des installations surannées, et même sans remaniement notable des fondations, est tout à fait économique et se traduit par un accroissement important de la puissance et de la capacité de production de l'usine, particulièrement pour les installations à basse chute.

Aussi la direction des Usines électriques de Wynau a l'intention de transformer, de la même manière, les autres groupes, afin de moderniser complètement la centrale de la rive droite de l'Aar.

Quelques résultats d'essais sur le processus d'enclenchement et de déclenchement des interrupteurs à huile.

Résumé de la conférence faite à l'assemblée générale de l'Association suisse des Electriciens, le 17 juin 1928, à Baden, par M. le Dr Kopeliowitch.

La nécessité de calculer rationnellement les interrupteurs à huile, vu la puissance croissante des court-circuits qu'ils sont appelés actuellement à couper, a engagé la maison Brown Boveri à effectuer des recherches systématiques sur le processus d'enclenchement et de déclenchement dans l'huile.

Les essais démontrent l'accroissement linéaire, en fonction de la longueur, de la tension de l'arc de rupture, et l'insuffisance des formules employées pour calculer la longueur d'arc, car ces formules ne tiennent généralement pas compte de tous les facteurs entrant en jeu. On analysa alors systématiquement leur influence particulière par de grandes séries d'essais. Ceux-ci permirent l'établissement de graphiques à l'aide desquels il est possible, pour des cas déterminés, de trouver la tension et la longueur d'arc maxima. En même temps, on mesura l'énergie dissipée dans l'arc de rupture avec un wattmètre balistique, et la quantité de gaz dégagés avec un gazomètre. On enregistra les variations de pression à l'intérieur de la cuve de l'interrupteur avec un manomètre électrique alimenté par un courant de 1000 périodes par seconde.

On étudia les phénomènes de nature dynamique et thermique se développant dans l'interrupteur en cinématographiant au ralenti, à raison de 300 images par

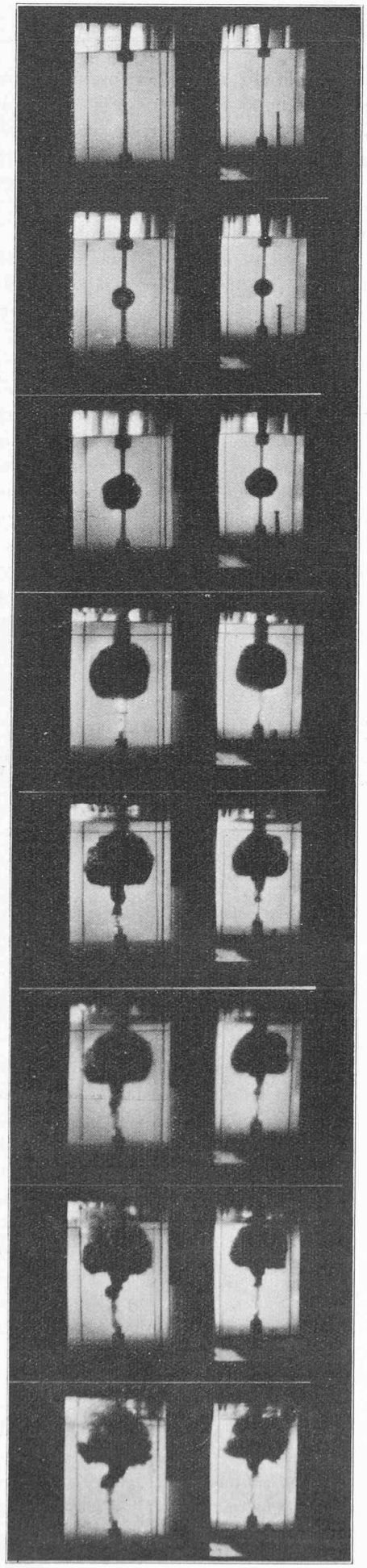

Fig. 1. — Formation du «piston d'huile» lors d'une coupure de 7000 kVA dans un interrupteur dans l'huile. Quelques vues d'une prise au ralenti, à raison de 300 images par seconde.

seconde, le processus de déclenchement dans un interrupteur à parois de verre construit dans ce but.

La fig. 1 montre quelques photographies, choisies dans le film au ralenti, d'une coupure de 7000 kVA, faite au moyen de contacts ordinaires. La bulle de gaz se formant autour des contacts croît rapidement et communique à l'huile un mouvement ascendant connu sous le nom de « piston d'huile »[1] . Celui-ci est encore nettement visible bien qu'un interrupteur normal de même volume d'huile puisse couper une puissance dix fois supérieure. Si le contact mobile sort de la bulle avant l'extinction de l'arc, celui-ci brûle dans une cheminée de gaz entourée par l'huile et réunissant la partie inférieure de la bulle au contact mobile.

La température calculée de la bulle est de 700 à 1000° absolus. La quantité spécifique de gaz dégagé peut monter

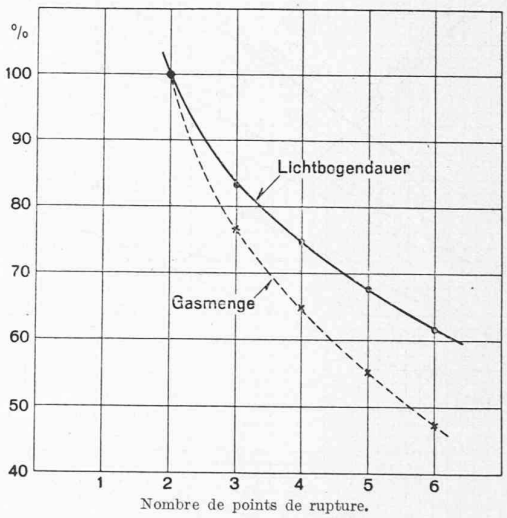

Fig. 2. — Amélioration du processus de coupure par l'emploi de la rupture multiple. Essais faits avec 24 kVA.

Légende : Lichtbogendauer = Durée de l'arc. Gasmenge = Quantité de gaz.

jusqu'à 320 cm³/kWs à chaud. Le rapport du volume du gaz chaud au volume du gaz refroidi varie de 3 à 5. Les oscillations de la pression sont le plus marquées au début du déclenchement, les petites dimensions de la bulle permettant un refroidissement rapide. Ce fait met en évidence l'avantage du déclenchement à plusieurs points de rupture, où chaque paire de contacts n'est soumise qu'à une fraction de la tension de déclenchement. La longueur et la durée de l'arc, l'énergie dissipée et par conséquent la quantité de gaz développés et la sollicitation mécanique de l'interrupteur sont de ce fait fortement réduits. La fig. 2 donne la durée d'arc et la quantité de gaz développés en fonction du nombre de points de rupture pour un pouvoir de rupture constant.

Les phénomènes physiques qui accompagnent un déclenchement *en chambre de compression* sont encore peu connus, bien que de nombreux constructeurs aient utilisé ce dispositif. Celui-ci consiste à entourer les

[1] Voir *Brühlmann*, Bulletin SEV 1925.

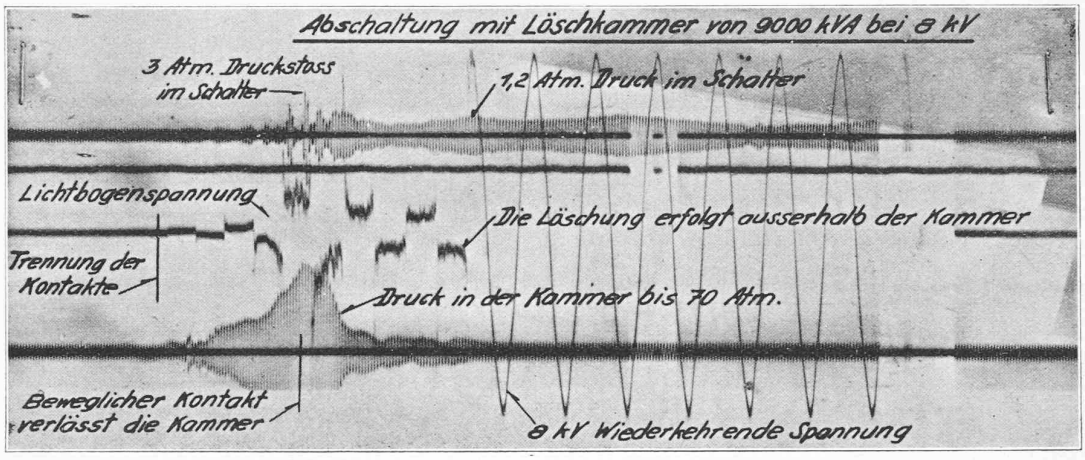

Fig. 3. — Coupure de 9000 kVA sous 8 kV, avec chambre de compression.

Légende : 3 Atm. Druck im Schalter = A-coup de pression de 3 at. dans l'interrupteur. — 1,2 Atm. Druck im Schalter = Pression de 1,2 at. dans l'interrupteur. — Lichtbogenspannung = Tension de l'arc. — Trennung der Kontakte = Ouverture des contacts. — Die Löschung erfolgt ausserhalb der Kammer = L'extinction se produit à l'extérieur de la chambre de compression. — Druck in der Kammer bis 70 Atm. = Pression jusqu'à 70 at. dans la chambre de compression. — Beweglicher Kontakt verlässt die Kammer = Le contact mobile quitte la chambre de compression. — 8 kV wiederkehrende Spannung = Tension de rallumage : 8 kV.

contacts d'une chambre en matière isolante résistant aux fortes pressions qui se produisent lors des déclenchements. Le contact mobile subit alors une accélération due à la pression dans la chambre de compression. Afin d'étudier les phénomènes se développant dans cette chambre de compression, on cinématographia au ralenti le processus de déclenchement dans une chambre de verre résistant à des pressions de 15 kg/cm².

Pour faire une étude comparative de différents systèmes, on effectua, dans des conditions analogues, des essais de déclenchement d'une part dans une chambre de compression et d'autre part dans un interrupteur à huile de mêmes dimensions, à 1 et 5 points de rupture. Le tableau suivant contient quelques résultats de ces essais.

Essais comparatifs de rupture à 8 kV. Courts-circuits monophasés.

Mode de contact	durée de l'arc sec.	travail de rupture kWs	Volume de gaz froid litres	Gaz cm³/kWs	à-coups de pression kg/cm²
disposition avec 1 point de rupture env. 10 000 kVA	0,11	26,7	2,50	94	0,43 jusqu'à 0,56
	0,10	34,5	3,75	109	
	0,13	45,1	4,25	94	
	0,11	36,2	3,50	96,5	
	0,145	55,2	5,50	100	
	0,14	64,7	6,45	99,5	
disposition avec chambre de compression env. 15 000 kVA	0,04	29,0	5,25	180	0,68 jusqu'à 1,3
	0,03	44,6	7,50	168	
	0,04	44,6	7,75	173	
	0,04	54,6	8,25	151	
	0,03	35,7	7,00	196	
	0,06	43,5	5,35	123	
disposition avec 5 points de rupture env. 22 000 kVA	0,018	29,0	1,75	60	0,4 jusqu'à 0,63
	0,016	34,6	3,00	58	
	0,015	35,7	2,00	56	
	0,015	36,8	1,75	47,6	
	0,017	33,4	1,75	52,6	
	0,012	19,0	1,25	66	

Les valeurs relativement hautes du travail de rupture dans le cas d'interruption à un point de rupture s'expliquent par la longue durée de l'arc et les grandes valeurs de la tension d'arc. La comparaison des résultats obtenus pour le travail de rupture et le volume spécifique de gaz dégagés avec le système d'interruption à 5 points et celui à chambre de compression est spécialement intéressante. Les valeurs considérables obtenues dans le second cas sont dues en premier lieu au fait que la forte pression dans la chambre provoque une haute tension d'arc et, par là, une dissipation d'énergie relativement élevée. Le volume de gaz dégagés est aussi beaucoup plus important, puisque le processus se développe d'une façon purement adiabatique dans la chambre thermiquement isolée du reste de la cuve. La perte de chaleur par convection, rayonnement ou condensation est de ce fait très réduite et une plus grande quantité d'énergie est utilisée pour dissocier et vaporiser l'huile.

Les mesures de pression montrent que lors de déclenchements avec contacts ordinaires, l'augmentation de pression s'effectue régulièrement, avec une faible oscillation superposée de fréquence 100. En employant les chambres de compression, on voit par contre qu'il se produit des à-coups de pression brusques et élevés, dus à l'expansion rapide des gaz comprimés au moment où le contact mobile quitte la chambre de compression.

L'oscillogramme (fig. 3) montre une rupture de 9000 kVA sous 8 kV dans une chambre de compression. L'arc ne s'est éteint qu'au dehors de la chambre malgré la pression de 70 atm. qui y régnait. La tension et la puissance de l'arc, croissant jusqu'à la sortie du contact mobile, diminuent ensuite malgré l'augmentation de la distance d'interruption, à cause de la forte diminution de la pression au dehors de la chambre de compression. La pression dans la cuve a atteint 3 atm. au moment où le contact a quitté la chambre, tandis qu'à la fin de la coupure (extinction en dehors de la chambre) on n'a mesuré que 1,2 atm.

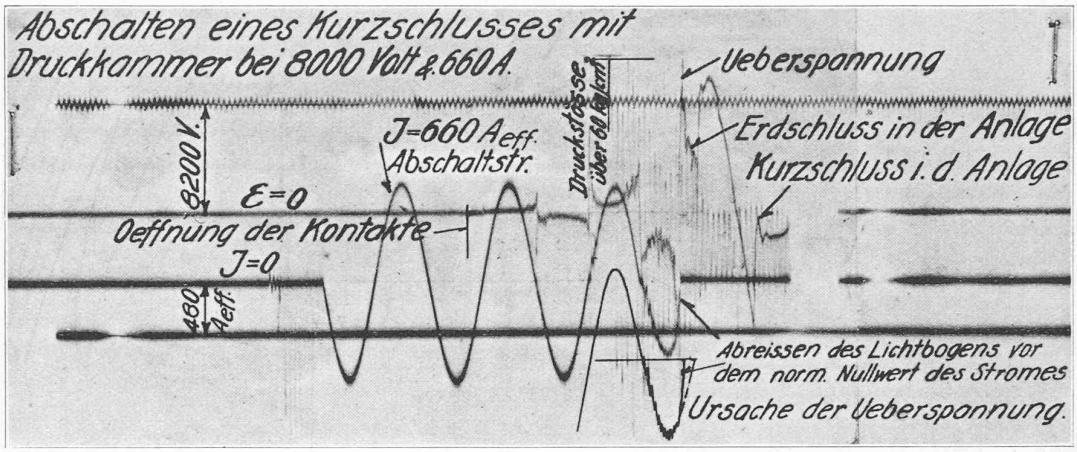

Fig. 4. — Coupure d'un court-circuit, avec chambre de compression. 8000 kVA et 660 A.

Légende: Oeffnung der Kontakte = Ouverture des contacts. — Abschaltstrom = Courant de rupture. — Druckstösse über 60 kg/cm² = A-coups de pression dépassant 60 kg/cm². — Ueberspannung = Surtension. — Erdschluss in der Anlage = Claquage dans l'installation. — Kurzschluss in der Anlage = Court-circuit dans l'installation. — Abreissen des Lichtbogens vor dem norm. Nullwert des Stromes = Extinction de l'arc avant le passage normal par zéro du courant. — Ursache der Ueberspannung = Cause de la surtension.

Dans les essais de déclenchement avec chambres d'explosion, l'arc ne s'éteint pas toujours au passage à zéro du courant. La coupure brusque de ce courant peut donner naissance, d'après *Hilliard*[1] à des surtensions montant jusqu'à vingt-cinq fois la tension normale. Des essais de plateforme n'ont pas confirmé la formation de surtensions de cet ordre de grandeur. Toutefois, la fin du déclenchement représenté sur la fig. 4 fut accompagnée d'une surtension telle qu'elle donna lieu à plusieurs claquages à la terre suivis d'un court-circuit triphasé dans l'installation, causant ainsi de graves dégâts.

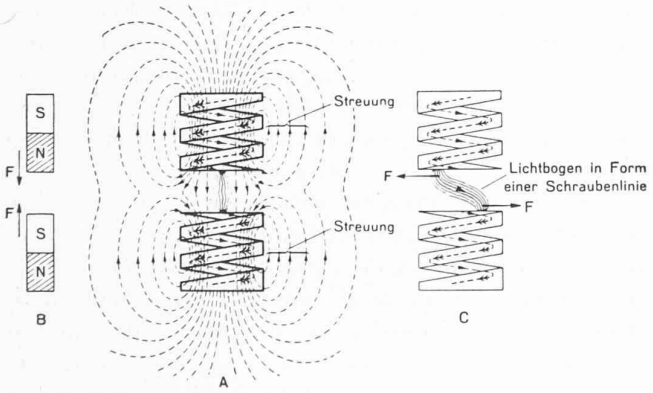

Fig. 5. — Explication schématique du soufflage magnétique de l'arc par les contacts à solénoïdes.

Légende: Streuung = Dispersion magnétique. — Lichtbogen in Form einer Schraubenlinie = Arc en forme d'hélice.

On a également entrepris des recherches théoriques et expérimentales pour étudier les phénomènes *de répulsion des contacts* lors d'enclenchements sur courts-circuits dans des réseaux très puissants. Les forces électrodynamiques engendrées par les courants de court-circuit s'opposent au mouvement d'enclenchement et produisent des répulsions brusques des contacts. Les arcs qui se forment ainsi entre les contacts donnent naissance à des gaz produisant des surpressions dans la cuve de l'interrupteur. Si même on arrive à enclencher malgré ces forces de répulsion, les contacts dont la surface est en fusion peuvent se souder. Un déclenchement est alors impossible, l'équipage mobile restant dans une position intermédiaire, de sorte que l'interrupteur peut exploser par suite d'arcs permanents éclatant entre les contacts non soudés. La maison Brown Boveri a trouvé une excellente solution du problème de l'enclenchement avec son *contact à solénoïde.*

Pour un choix déterminé du nombre de leurs spires, les solénoïdes d'une paire de contacts s'attirent avec une force compensant exactement la force de répulsion. Cet effet se produit irréprochablement même pour des contacts fortement brûlés, et les essais ont montré que les interrupteurs à huile pourvus de contacts à solénoïdes normaux peuvent enclencher sans perturbations sur des courts-circuits jusqu'à 80 000 A. En outre, dans la coupure des courts-circuits, le champ magnétique des solénoïdes donne à l'arc une forme hélicoïdale facilitant son extinction (fig. 5). La diminution de la distance d'extinction est d'autant plus remarquable qu'elle est donnée par un système de contacts simples et robustes, en opposition à la construction compliquée et peu sûre des chambres de compression.

Les problèmes concernant la construction des interrupteurs dans l'huile ne sont pas encore tous résolus. Des recherches expérimentales et théoriques sont encore nécessaires pour rendre le calcul de ces interrupteurs aussi rationnel que celui des machines et des transformateurs électriques par exemple. Les essais systématiques, dont quelques résultats ont été mentionnés ci-dessus, ont cependant créé une base expérimentale permettant des calculs d'une approximation suffisante.

[1] *A I E E*, 1928, p. 57.