

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Remarques concernant le projet des nouvelles règles de l'ASE pour les interrupteurs pour courant alternatif à haute tension  
**Autor:** Puppikofer, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058043>

### **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:** 18.01.2025

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

# BULLETIN

## DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

### Remarques concernant le projet des nouvelles Règles de l'ASE pour les interrupteurs pour courant alternatif à haute tension

Par H. Puppikofe, Zurich

389.6 : 621.316.5 (494)

L'auteur, actuellement président du Comité Technique n° 17 du CES (Appareils d'interruption), donne un bref aperçu des idées directrices de l'élaboration des nouvelles Règles suisses pour les interrupteurs et indique dans quelle mesure il a été possible d'appliquer les Règles internationales en préparation. Il montre également comment on a tenté de tenir compte de l'influence de la fréquence propre des réseaux sur les sollicitations des interrupteurs, pour déterminer la puissance de coupure. Une annexe renferme les tableaux des sollicitations de pôles d'interrupteurs par le courant et la tension, pour différentes possibilités de défauts, tableaux qui sont tirés du Rapport n° 119 présenté par M. E. Vogelsanger à la CIGRE de 1946.

Der Autor, zur Zeit Präsident des Fachkollegiums 17 des CES (Hochspannungsschalter), gibt einen kurzen Überblick über die Leitgedanken, die beim Aufstellen der neuen schweizerischen Schalterregeln massgebend waren und erläutert, inwieweit es möglich war, die in Arbeit befindlichen internationalen Regeln zu berücksichtigen. Ferner wird gezeigt, in welcher Weise versucht worden ist, den Einfluss der Eigenfrequenz der Netze auf die Schalterbeanspruchungen beim Nachweis der Ausschaltleistung zu berücksichtigen. Schliesslich werden in einem Anhang als Auszug aus dem CIGRE-Bericht Nr. 119 des Jahres 1946 von E. Vogelsanger die Tabellen aufgeführt, welche die Beanspruchungen der einzelnen Schalterpole durch Strom und Spannung bei den verschiedenen möglichen Fehlerfällen geben.

En Suisse, les questions concernant les interrupteurs à haute tension sont étudiées depuis de nombreuses années et des résultats remarquables ont déjà été obtenus, tant pour la construction de ces appareils extrêmement importants, que pour leurs essais et leur réglementation. Les connaissances fondamentales acquises à la suite des études systématiques, entreprises de 1914 à 1917 par M. Bruno Bauer, à la demande de l'ASE, permirent de publier, en 1924, des «Directives pour le choix des interrupteurs dans les installations à courant alternatif à haute tension», qui représentaient à cette époque un progrès très marqué. Il s'agissait maintenant de transformer ces Directives en Règles proprement dites, en tenant compte des progrès réalisés depuis lors dans le domaine des interrupteurs.

Les premiers travaux concernant ces Règles datent de 1938. Ils furent interrompus en 1939 par la guerre et n'ont pu être repris qu'en 1942, par les soins d'un Comité d'action<sup>1)</sup> du Comité Technique 17 du CES.

Le projet actuel doit nous rendre, en Suisse, indépendants des règles de l'étranger que nous avons appliquées jusqu'ici. Cela était d'autant plus nécessaire, que ces règles sont dépassées, sur des points importants, par le progrès de la technique. Les Règles de la CEI sur les interrupteurs, Fascicule 56, de l'année 1937, servirent de point de départ et l'on en a adopté les définitions essentielles. Il a fallu cependant innover dans plusieurs cas, en tenant compte des nouvelles connaissances acquises, ainsi que des récents travaux de la CEI [Projet 17(Bu-

reau Central)701, de mai 1952]. Le contenu et la rédaction correspondent toutefois à la pratique suisse.

D'une manière générale, on a attaché une grande importance aux *définitions*. C'est ainsi que les grandeurs électriques caractérisant les réseaux en court-circuit ont été séparées et définies avant celles qui caractérisent le comportement des interrupteurs. Il en résulte une plus grande clarté et la possibilité de s'en référer aux unes ou aux autres dans les chapitres concernant les règles générales et le choix des interrupteurs. Au chapitre C, Grandeurs électriques caractérisant le comportement des interrupteurs, toutes les grandeurs nécessaires ont été définies tout d'abord séparément en tant que notions générales, puis en tant que grandeurs nominales d'un interrupteur déterminé.

La notion de «pouvoir de coupure», introduite par la CEI, a été abandonnée, car elle n'est pas suffisamment claire et est superflue, étant donné qu'elle peut signifier aussi bien un courant qu'une puissance. Elle est avantageusement remplacée par les notions distinctes de «*puissance de coupure nominale*» et de «*courant de coupure nominal*». La notion de «*puissance de coupure*», introduite en Suisse en 1924<sup>2)</sup> par les premières Directives et qui a toujours été utilisée depuis lors, a été maintenue et précisée conformément aux Règles de la CEI; elle a d'ailleurs été reprise dans des derniers projets de la CEI. Conformément aux Règles de la CEI et aux Normes d'autres pays appliquées jusqu'ici en Suisse, la notion d'«*amplitude maximum du courant*

<sup>1)</sup> Le Comité d'action comprenait MM. H. Puppikofe, (président), K. Berger, A. Kraft, E. Scherb, F. Schiller, W. Wanger et O. Naef, en qualité de secrétaire. Pour l'examen de questions spéciales, MM. H. Wüger, H. Thommen et E. Vogelsanger apportèrent passagèrement leur appui.

<sup>2)</sup> La notion de puissance de court-circuit a été introduite dans la technique en 1912, par les premières prescriptions sur les interrupteurs que nous connaissons, c'est-à-dire par les Normes allemandes relatives à la construction et à l'essai des appareils à courant alternatif à haute tension destinés à des installations intérieures (ETZ 1912, n° 14, p. 354).

de court-circuit» a été admise comme étant l'intensité momentanée la plus élevée du courant après l'apparition du court-circuit. On a maintenu la notion de «courant initial de court-circuit» avec ses composantes continue et alternative, comme dans les anciennes Directives suisses, mais sa valeur est déterminée par les enveloppantes, une demi-période après l'apparition du court-circuit.

En ce qui concerne la «tension de rétablissement», on a tenu compte des expériences faites durant ces six dernières années au sujet de l'influence des fréquences propres des réseaux sur l'allure de cette tension. On a toutefois renoncé à prescrire dès maintenant des valeurs déterminées et l'on s'est borné à des recommandations provisoires. La «tension de rétablissement transitoire» a donc été définie comme étant la somme de la tension à la fréquence de service et de la tension oscillatoire superposée et l'on a ajouté les mots «à la fréquence de service» à la tension de rétablissement qui entre en ligne de compte pour la détermination de la puissance de coupure, selon le Fascicule 56 de la CEI (art. 5). En outre, la notion de «fréquences propres des réseaux» a été introduite.

Cette terminologie pourra être élargie ultérieurement, si cela devient nécessaire pour l'étude de la stabilité, etc. Pour les présentes Règles, le choix des définitions a été fait de telle sorte, que des extensions soient possibles, en accord avec les définitions adoptées internationalement.

Contrairement aux Règles de la CEI, la détermination du facteur de puissance d'un circuit court-circuité a été ramenée à deux simples mesures de ce circuit.

La notion de la tension d'isolement nominale, fixée par d'autres Règles de l'ASE, sert à caractériser une classe d'isolement. Des distances disruptives minima n'ont pas été prescrites, afin d'éviter toute entrave au progrès. Par contre, la tension d'essai à fréquence industrielle, qui est également en usage en Suisse depuis très longtemps, a été prescrite selon la formule  $2,2 U_n + 20 \text{ kV}$ . Enfin, les essais sous tension de choc ont été prescrits conformément aux Règles et Recommandations de l'ASE pour la coordination des isollements des installations à courant alternatif à haute tension, Publ. n° 183 f. Le projet tient naturellement compte, d'une façon générale, des Règles pour la coordination.

Pour répondre aux besoins de la pratique on a introduit de nombreuses définitions concernant les relais et les déclencheurs, ainsi que les grandeurs de temps se rapportant aux interrupteurs, déclencheurs et relais. De même, toutes les grandeurs de temps intéressant la refermeture rapide ont été définies.

Le Comité de travail s'est efforcé de tenir compte de l'influence des fréquences propres sur la sollicitation des interrupteurs soumis à l'essai, travail particulièrement ardu parce que cette influence diffère selon les genres d'interrupteurs. En effet, pour certains interrupteurs, la puissance de coupure nominale ne dépend pratiquement pas de la fréquence propre du circuit coupé. Pour d'autres interrupteurs,

la dépendance est de caractère hyperbolique. Certaines mesures, effectuées par des entreprises électriques, à la demande du Comité d'action, ont montré que les fréquences propres des réseaux diminuent très fortement quand la tension augmente. On a donc procédé à des calculs de fréquences propres pour un certain nombre de configurations typiques de réseaux et pour toutes les tensions actuellement en usage, en se basant sur les données de réseaux existants. Les résultats de ces études ont fait l'objet du Rapport n° 138 présenté à la CIGRE de 1948. Nous nous bornerons ici à reproduire la fig. 1 (3), en renvoyant pour le reste à ce rapport.

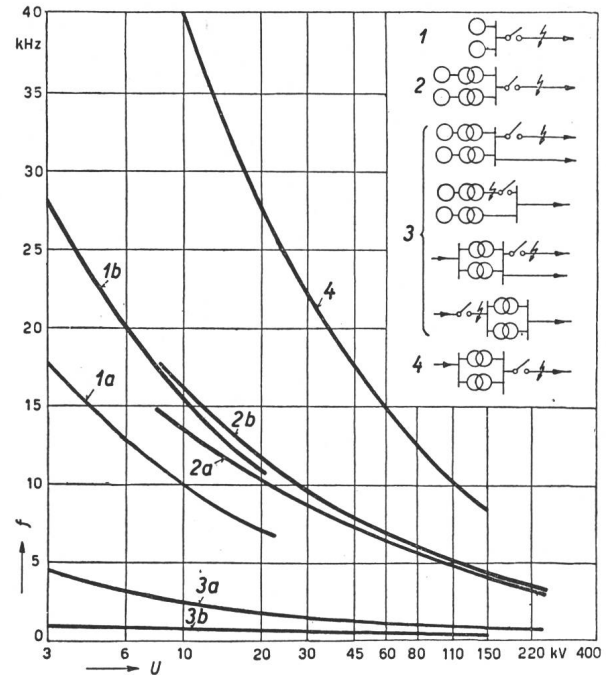


Fig. 1

Fréquences propres ( $f$ ) en fonction de la tension de service ( $U$ ), calculées pour différentes configurations de réseaux

- 1 Usine génératrice sans transformateurs, ni lignes raccordées
  - a) avec alternateurs à roue polaire
  - b) avec turbo-alternateurs
- 2 Usine génératrice avec transformateurs, mais sans lignes raccordées
  - a) avec alternateurs à roue polaire
  - b) avec turbo-alternateurs
- 3 Usine génératrice ou sous-station, raccordée à un réseau étendu
  - a) à lignes aériennes
  - b) à lignes souterraines
- 4 Sous-station sans lignes raccordées, alimentée par un puissant réseau à haute tension

Ce diagramme fait distinctement apparaître 3 zones séparées: la zone des fréquences propres les plus faibles, qui concerne des réseaux entiers, la zone moyenne, valable pour le côté haute tension des usines génératrices, et la zone supérieure, aux bornes des transformateurs. En ordonnant les valeurs de ces 3 zones, qui appartiennent à une certaine tension nominale, d'après les puissances de court-circuit pouvant intervenir dans des configurations de réseaux rentrant dans ces zones, on obtient une nouvelle règle pratique. Les puissances de court-circuit les plus grandes interviennent dans la grande majorité des usines et réseaux interconnectés, c'est-à-dire lorsque le nombre des lignes est maximum, et les fréquences propres sont alors les plus basses. Inversement, les fréquences propres les plus élevées

apparaissent pour les plus faibles charges des réseaux, aux transformateurs à vide, etc., c'est-à-dire lorsque la puissance de court-circuit est la plus faible. Pour obtenir des interrupteurs d'un prix raisonnable, on a donc gradué les conditions qui leur sont imposées d'après les fréquences propres de la tension de rétablissement, selon les sollicitations du réseau, en prescrivant pour la puissance de coupure nominale une fréquence propre relativement basse et, pour les faibles puissances de coupure jusqu'à 50 % de la valeur nominale, une fréquence propre sensiblement plus élevée (cinq fois plus) de la tension de rétablissement. En outre, les valeurs indiquées dans les tableaux ne le sont qu'à titre de recommandations, jusqu'à ce que l'on ait recueilli suffisamment de données pour pouvoir fixer des valeurs définitives. Cette manière de procéder, qui constitue une innovation dans le domaine de la réglementation des interrupteurs, est déjà appliquée dans d'autres pays. Le Comité Technique 17 du CES et le Comité international des interrupteurs de la CIGRE s'efforcent d'obtenir des données aussi nombreuses que possible concernant les réseaux, afin de pouvoir établir une réglementation définitive le plus tôt possible. Dans son Rapport n° 139 présenté à la CIGRE de 1948, M. F. Kurth a indiqué une méthode qui permet de mesurer les fréquences propres des réseaux lors de la coupure de puissances de l'ordre de grandeur des puissances nominales des lignes; ainsi des perturbations pourraient être évitées. Il serait très souhaitable que nos grandes entreprises électriques puissent se décider à procéder à des essais semblables ou analogues.

Dans les réseaux à très hautes tensions qui furent souvent atteints par des bombes durant la dernière guerre, des perturbations se sont produites, qui étaient jusqu'alors inconnues. C'est ainsi que des interrupteurs conformes à toutes les règles officielles et qui servaient au couplage de puissantes usines génératrices et d'importants réseaux furent sérieusement endommagés lorsqu'ils durent déconnecter le réseau en cas d'instabilité ou de mise en parallèle incorrecte ou de décrochage. Afin de déterminer quelles furent les sollicitations maxima possibles de ces interrupteurs, le Comité d'action ordonna des études théoriques détaillées. Dans son Rapport n° 119 présenté à la CIGRE de 1946, M. E. Vogelsanger a fait un exposé de tous les cas de perturbation possibles et indiqué les sollicitations qui en résultent pour les interrupteurs. Nous nous bornons ici à reproduire un tableau synoptique (voir l'annexe), en renvoyant pour le reste à ce rapport. Après de longues discussions, le Comité d'action a décidé que l'on se bornerait à mentionner dans les Règles ce *problème des interrupteurs de couplage*, afin d'éviter une exécution peu économique de la majorité des interrupteurs, et de recommander, à titre d'essai, de choisir au besoin un interrupteur du type immédiatement supérieur.

Les représentants des entreprises électriques avaient demandé que les nouvelles Règles tiennent également compte des *sectionneurs en charge* et des *interrupteurs aériens*. A la suite d'études et d'essais de longue durée, on a pu établir des prescriptions,

qui contribueront à améliorer considérablement la qualité de ces appareils. En ce qui concerne les coupe-circuit à haute tension, il est prévu de publier des Règles séparées, qui sont actuellement en préparation et renfermeront les principales définitions qui figurent dans les présentes Règles pour les interrupteurs.

Nous espérons que ces nouvelles Règles contribueront non seulement à une meilleure compréhension entre entreprises électriques et fabricants, mais aussi au progrès de la technique dans le domaine des interrupteurs.

Nous remercions très vivement les membres du Comité d'action, qui se sont mis à notre disposition dans un esprit de franche coopération et ont accompli un travail remarquable, souvent extrêmement ardu.

Adresse de l'auteur:

H. Puppikofer, directeur des Ateliers de Construction Oerlikon, Zurich 50.

#### Appendice

#### Sollicitations maxima des pôles d'interrupteurs lors de perturbations dues à des courts-circuits ou à des mises à la terre accidentelles dans des réseaux triphasés interconnectés

(Extraits du Rapport n° 119 présenté à la CIGRE de 1946, par E. Vogelsanger, Zurich)

Les tableaux ci-après donnent un aperçu synoptique des sollicitations par le courant et la tension de rétablissement, qui peuvent affecter des pôles d'interrupteurs, lorsque deux réseaux triphasés interconnectés, à neutre isolé ou mis directement à la terre, sont séparés par les interrupteurs à la suite de perturbations dues à des courts-circuits ou à des mises à la terre accidentelles, ainsi qu'en cas de décrochage des réseaux.

Les indications se rapportant aux réseaux à neutre directement mis à la terre sont basées sur le cas idéal d'une mise à la terre absolument rigide, c'est-à-dire sans résistance, ce qui n'est naturellement jamais le cas en pratique. Pour les réseaux réels, les valeurs seront donc intermédiaires entre les données concernant les réseaux à mise à la terre rigide et celles des réseaux à neutre isolé.

Les colonnes des tableaux concernent:

Colonne 1: Numérotation de la perturbation.

Colonne 2: Schéma de la perturbation.

Colonne 3: Les deux réseaux isolés ( $\Delta$ ) ou les deux avec neutre mis directement à la terre ( $\perp$ ).

Colonne 4: Les deux réseaux en phase (||) ou décrochés (+).

Colonne 5:  $I$ , courant maximum, traversant le pôle de l'interrupteur avant et pendant la coupure, en fonction du courant total de court-circuit des deux réseaux couplés.

Colonne 6:  $u_r$ , valeur momentanée maximum de la tension de rétablissement sur un pôle d'interrupteur au moment de l'extinction, en fonction de la valeur de crête de la tension étoilée des réseaux.

Colonne 7:  $P$ , puissance maximum de coupure d'un pôle d'interrupteur, en fonction de la puissance monophasée totale de court-circuit<sup>3)</sup> des deux réseaux couplés. Pour le calcul de la puissance de coupure, il y a lieu dans ce cas de se baser sur la valeur momentanée de la tension de rétablissement au moment de l'extinction.

Colonne 8:  $U_{\sim}$ , composante alternative maximum de la tension de rétablissement sur un pôle d'interrupteur, après la

<sup>3)</sup> Courant de court-circuit, multiplié par la tension étoilée.



1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Perturbation	Réseaux isolés ou mis à la terre	Réseaux en phase ou décrochés	I	$u_r$	P	$U_{\sim}$	$U_{-}$
1		⊥		-	-	-	-	-
			+	0,5	3	1,5	2	-
		⊕		-	-	-	-	-
2		⊥		-	-	-	1	0,87
			+	0,5	3	1,5	2,73	1
		⊕		1	1	1	1	-
3		⊥		0,87	0,87	0,75	0,87	-
			+	0,87	3	1,5	2	0,58
		⊕		0,87	1,73	1,5	0,87	-
4		⊥		0,87	0,87	0,75	1	-
			+	0,87	3	1,5	2,5	1
		⊕		1	1	1	1	-
5		⊥		0,87	0,87	0,75	1,32	-
			+	0,87	3	1,5	2,5	1,5
		⊕		1	1,73	1,5	1	-
6		⊥		0,87	0,87	0,75	1,32	-
			+	0,87	3	1,5	2,23	1,15
		⊕		1	1,73	1,5	1	-
		⊥	+	1	2	1,5	2	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Perturbation	Réseaux isolés ou mis à la terre	Réseaux en phase ou décrochés	I	$u_r$	P	$U_{\sim}$	$U_{-}$
13		⊥		1	1,5	1,5	1,32	0,5
			+	1	2	1,5	2	1
		⊕		1	1	1	1	-
14		⊥		1	1,5	1,5	1,8	0,75
			+	1	2,5	1,5	2,5	1
		⊕		1	1	1	0,87	-
15		⊥		1	1,73	1,5	1,73	-
			+	1	1,73	1,5	1,73	-
		⊕		1	1	1	1	-
16		⊥		1	2,3	1,5	2,3	-
			+	1	3,23	1,5	3,23	-
		⊕		1	1	1	1	-
17		⊥		1	2,6	1,5	2,6	-
			+	1	3	1,5	3	-
		⊕		1	0,87	0,5	0,87	-
		⊥	+	1	1	0,5	1	-

fonction de la tension étoilée des réseaux. La composante continue de la tension de rétablissement est due au fait que, pour des réseaux isolés (et lorsqu'il n'y a pas une mise à la terre accidentelle simultanée dans les deux réseaux), l'un des réseaux ou les deux peuvent présenter, après la coupure une charge en courant continu contre la terre. La composante continue doit s'annuler dans un temps de relaxation qui dépend de la perte de l'isolement. Dans le réseau dont le neutre est mis à la terre par l'intermédiaire d'inductances, une composante continue peut également se présenter, mais elle s'annulera par oscillations amorties.

Les valeurs indiquées sont les valeurs maxima calculées selon les suppositions qui ont été faites, c'est-à-dire qu'elles se rapportent à celle des répartitions des impédances de court-circuit des deux réseaux, à celle des séquences des 3 pôles, à celui des pôles et — pour des réseaux décrochés — à celui des déphasages, pour laquelle ou lequel le courant ou la tension de rétablissement atteint la valeur la plus élevée. Dans de nombreux cas, les différentes valeurs maxima indiquées dans les colonnes 5 et 9 ne se présentent pas dans les mêmes conditions. Ainsi, par exemple, la valeur maximum de la tension de rétablissement peut souvent ne coïncider qu'avec un courant plus faible, et vice-versa. Les valeurs maxima indiquées dans les colonnes 8 et 9 pour les composantes alternative et continue peuvent parfois se présenter simultanément. Toutefois, quand il s'agit de réseaux décrochés, cela ne peut avoir lieu que lorsqu'il se produit un nouveau déphasage après l'extinction des arcs. On peut donc considérer la somme de ces deux composantes comme une indication de la tension maximum qui s'établira sur un pôle d'interrupteur, après la coupure. En pratique, cette tension sera moins élevée, car la composante continue et l'amplitude de la composante alternative ne s'additionnent en général qu'au bout d'une demi-onde env. après l'extinction du dernier pôle, et la composante continue peut s'être déjà considérablement affaiblie entre temps.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Perturbation	Réseaux isolés ou mis à la terre	Réseaux en phase ou décrochés	I	$u_r$	P	$U_{\sim}$	$U_{-}$
7		⊥		0,87	1,73	1,5	1,8	-
			+	0,87	3	1,5	2,73	1,45
		⊕		1	1	1	0,87	-
8		⊥		0,87	1,73	1,5	1,73	-
			+	0,87	3,46	1,5	3,46	-
		⊕		1	1	1	1	-
9		⊥		1	1,5	1,5	1	-
			+	1	1,5	1,5	1	-
		⊕		1	1,5	1,5	1	-
10		⊥		1	1,5	1,5	1	-
			+	1	1,5	1,5	1	-
		⊕		1	1	1	1	-
11		⊥		1	1,73	1,5	1,73	-
			+	1	1,73	1,5	1,73	-
		⊕		1	1,73	1,5	1	-
12		⊥		1	1,5	1,5	0,87	0,25
			+	1	2	1,5	1,5	0,5
		⊕		1	1,5	1,5	0,87	-
		⊥	+	1	1,5	1,5	1,5	-

coupe des 3 pôles, en fonction de la tension étoilée des réseaux.

Colonne 9:  $U_{-}$ , composante continue maximum de la tension de rétablissement, après la coupure des 3 pôles, en