

# Utilisation des ampoules à vide dans les applications ferroviaires



# Introduction

---

Le but de ce document est de faire le point quant à l'utilisation d'ampoules à vide dans les appareils de coupure prévus pour les applications ferroviaires.

## Historique de la coupure dans le vide

---

L'ampoule à vide est constituée par deux contacts confinés dans une enveloppe scellée, enveloppe dans laquelle un vide poussé a été créé. Le vide étant un excellent isolant, le courant ne peut circuler par l'ampoule que lorsque les contacts sont fermés.

Réciproquement, lorsque les contacts sont ouverts, le circuit est complètement isolé.

Les premières ampoules à vide ont été développées durant la seconde guerre mondiale. Dans les tous premiers temps, les utilisateurs constatèrent un certain nombre de problèmes liés à la coupure sous vide dont notamment les surtensions.

Paradoxalement, ce problème était dû à une coupure trop parfaite. Du fait des matériaux utilisés pour les contacts, le courant interrompu était forcé à zéro immédiatement après l'ouverture des contacts, et ce en quelques microsecondes.

Ce  $di/dt$  élevé ne pose bien entendu pas de problèmes pour les circuits capacitifs mais il en est tout autrement pour les circuits inductifs.

En effet la self d'un circuit tend naturellement à s'opposer à la variation rapide de courant et génère une contre-tension proportionnelle au  $di/dt$  pour tenter de maintenir le passage du courant. Le résultat est une élévation brusque de la tension avec génération de transitoires suffisamment élevés pour parfois dépasser le niveau d'isolation du circuit.

Dans les années 1960, des avancées majeures furent faites dans la technologie de l'ampoule à vide.

À l'origine les contacts étaient en tungstène, seul matériau disponible sur le marché et techniquement adapté à la coupure sous vide. Ce matériau fut remplacé par un alliage qui avait la particularité recherchée de ne plus interrompre brutalement de courant coupé.

En effet, avec un alliage, lorsque les contacts se séparent, le courant interrompu provoque un arc qui va faire fondre une pellicule microscopique d'alliage à la surface des contacts.

Ce métal sous forme vapeur fournit les ions nécessaires pour conduire le courant entre les contacts ouverts sans altérer la forme sinusoïdale du signal.

L'arc brûle dans la vapeur de métal produite par les points chauds à la surface des contacts, vapeur qui re-condense continuellement sur les contacts.

Lorsque le courant passe naturellement par zéro, l'arc s'éteint, les contacts cessent de produire et le vide se rétablit entre les contacts. En fait, plus précisément, à proximité du passage du courant par zéro, l'arc est très instable et peut s'interrompre un peu avant le passage effectif par zéro. La variation de courant qui en résulte (« Chopping Current ») est limitée à quelques ampères.

Ainsi cette nouvelle génération de contacts avait la caractéristique de toujours couper le courant à son passage par zéro ou très proche du passage du passage par zéro, sans surtension induite notable, réglant ainsi le défaut majeur des ampoules à vide.

Il est à noter que la vapeur de métal est hautement conductrice et que la tension d'arc est faible.

Le vide étant un isolant naturel, la distance entre les contacts est faible. Une faible course donne des temps de coupure courts tout en ne requérant que des forces faibles.

Un temps de coupure rapide et une l'énergie dissipée faible expliquent l'endurance électrique élevée des ampoules à vide.

Même si les progrès dans le domaine de la métallurgie ont encore permis d'améliorer les contacts des ampoules à vide, le principe de contacts en alliage reste toujours d'actualité.

En parallèle du développement du contact, des progrès dans le domaine du scellement ont été réalisés.

De nos jours, les techniques de fabrication et de tests des ampoules à vide garantissent la durée du vide sur plusieurs années, typiquement plus de 20 ans pour les constructeurs les plus avancés.

## Utilisation des équipements à coupure à vide dans les applications ferroviaires

Le tableau ci dessous, établi au meilleur de notre connaissance, présente les technologies employées en Europe pour les équipements fixes 15 kV ou 25 KV, tous fournisseurs confondus.

	Vide	Vide & SF6	SF6
SBB, Suisse	X		
DB, Allemagne	X		
OSE, Grèce	X		
Railtrack, Angleterre	X		
LES, Angleterre	X		
BAA, Angleterre	X		
NL, Pays bas	X		
SNCB, Belgique		X	
CFL, Luxembourg		X	
Jernbanverket, Norvège	X		
OBB, Autriche	X		
SNCF, France		X	
TCDD, Turquie	X		
CP, Portugal			X
FS, Italie			X
SJ, Suède	X		

# Conclusions

---

Depuis de nombreuses décennies, les ampoules à vides sont utilisées dans les équipements de coupure dits haute-tension (tension nominale supérieure à 1 kV).

Les ampoules à vide sont maintenant disponibles pour des niveaux de tension allant jusqu'à 72 kV, et assurent une coupure fiable quel que soit le type de charge, y compris les charges fortement capacitatives ou fortement inductives.

Les améliorations apportées aux contacts ont permis de résoudre la faiblesse majeure de surtensions potentielles lors de manœuvre sur charges fortement inductives.

Les ampoules à vide actuelles ont une durée de vie extrêmement longue et peuvent interrompre leur courant nominal jusqu'à 50.000 fois sans usure excessive des contacts. L'utilisation des ampoules à vide permet de produire des appareils de conception simple, capable d'effectuer de nombreuses manœuvres même sous courant de court-circuit.

Une endurance électrique élevée est tout particulièrement appréciée dans les réseaux où les courts-circuits sont fréquents, les réseaux ferroviaires en sont des exemples typiques.

La plupart des administrations ferroviaires en Europe ont choisi la technologie de coupure sous vide pour les appareils 15 kV et 25 kV, mêmes dans les réseaux 16.7 Hz où les courants de court circuit sont très élevés et où les temps d'ouverture requis sont très faibles.



*Les données et illustrations ne sont pas contractuelles. Nous nous réservons le droit de les changer dans le cadre du développement du produit.*

**ABB Sécheron Ltd**  
Rue des Sablières 4-6 / Voie 11A  
Zone Industrielle Meyrin Satigny  
CH-1217 Meyrin  
Tel: +41 58 586 21 17  
Fax: +41 58 586 26 82  
E-mail : [info.abbsecheron@ch.abb.com](mailto:info.abbsecheron@ch.abb.com)  
<http://www.abb.com/railway>

Adresse Postale  
Case postale 2095  
CH-1211 Geneva 2

1VSR000008