

A

---

# ***Déglaçage des câbles de garde par effet Joule***

***Michel Bourdages***

***Unité Lignes***

***Institut de recherche d'Hydro-Québec***

# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Sommaire

- Qu'est-ce qu'un câble de garde ?
- Problématique : la chute des câbles de garde chargé de givre ou de verglas
- Principe du déglacement par effet Joule
- Caractéristiques des sources de courant nécessaires au déglacement (c.a. et c.c.)
- L'isolation des câbles de garde
- Domaine d'application et projets de démonstration
- Conclusions

# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Qu'est-ce qu'un câble de garde ?

Un conducteur en acier de 11,1 ou 12,5 mm.

Les câbles de garde à fibres optiques sont en acier et en aluminium et leur diamètre est de 22,9 mm.

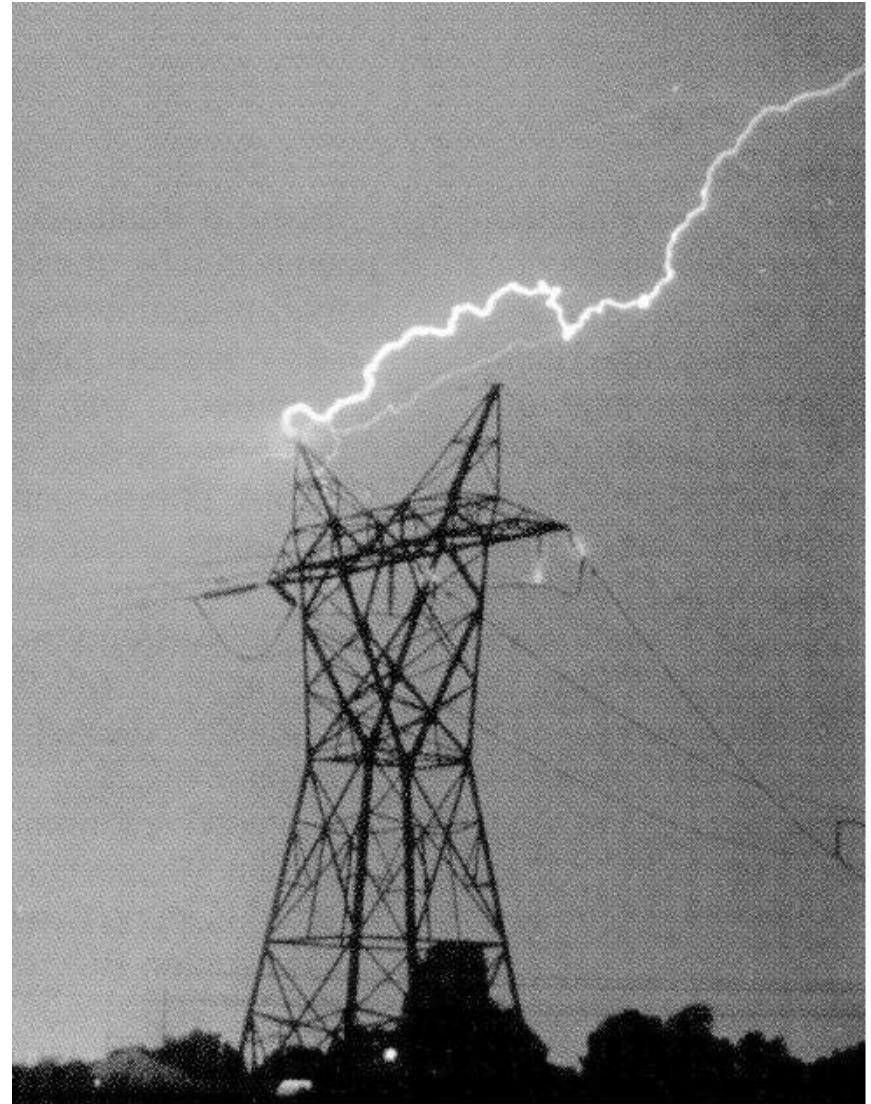


## Déglacement des câbles de garde par effet Joule

À quoi sert le câble de garde ?

À intercepter la foudre et à la diriger vers la terre pour éviter un court-circuit sur la ligne.

Les câbles de garde sont raccordés à la terre à travers les pylônes.



# Déglaçage des câbles de garde par effet Joule

## Problématique

Le câble de garde est un meilleur collecteur de givre ou de verglas que les conducteurs de phase.

Des courts-circuits se produisent sur les lignes suite :

- à l'étirement des câbles
- au glissement dans les pinces
- au bris des chevalets
- au bris des câbles

Il est difficile d'intervenir sur des pylônes couverts de verglas.



# Déglaçage des câbles de garde par effet Joule

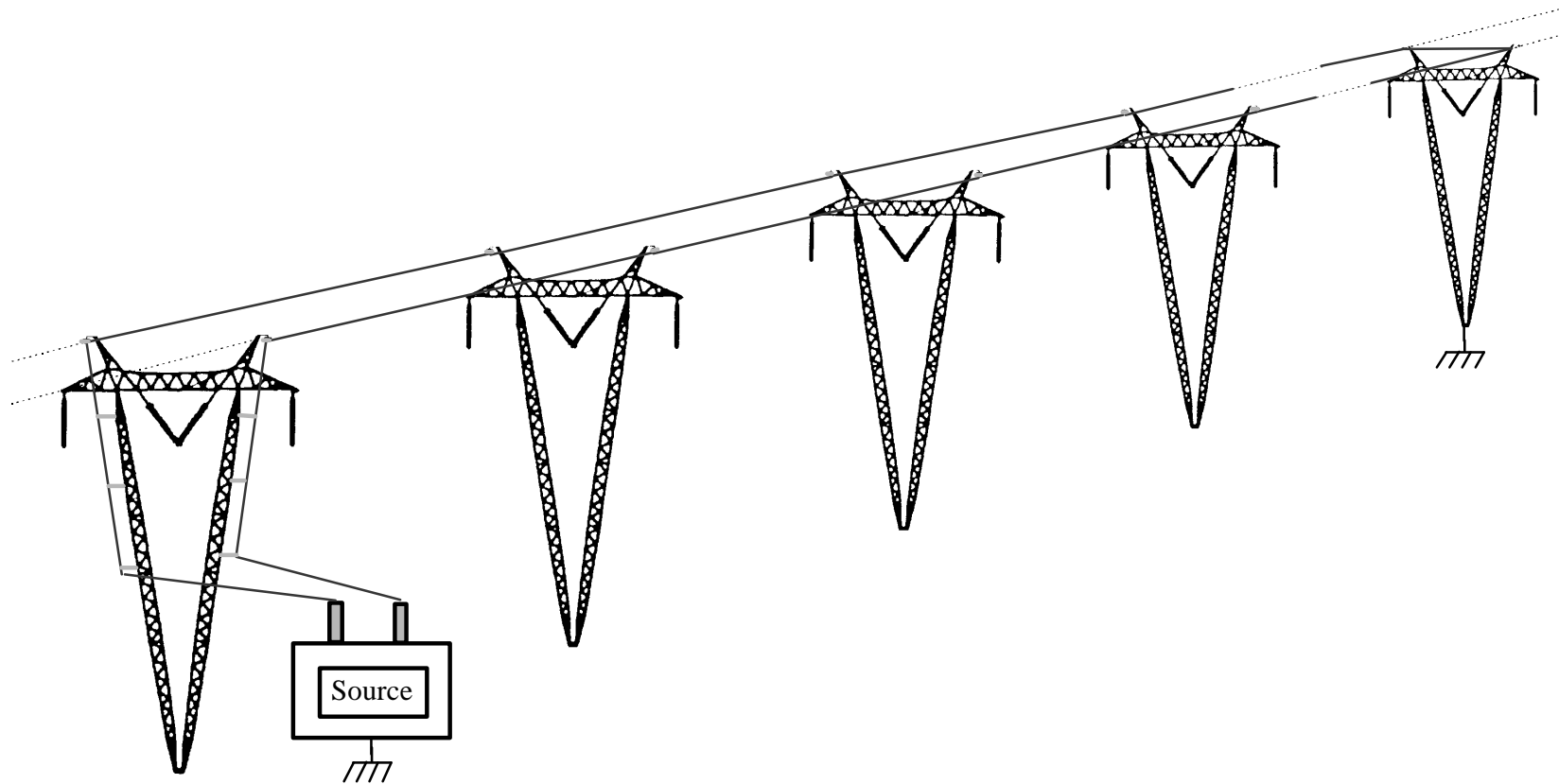
L'effet Joule

$$\text{Puissance} = R I^2$$



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Déglacement simultané des deux câbles de garde.



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Déglacement simultané des deux câbles de garde

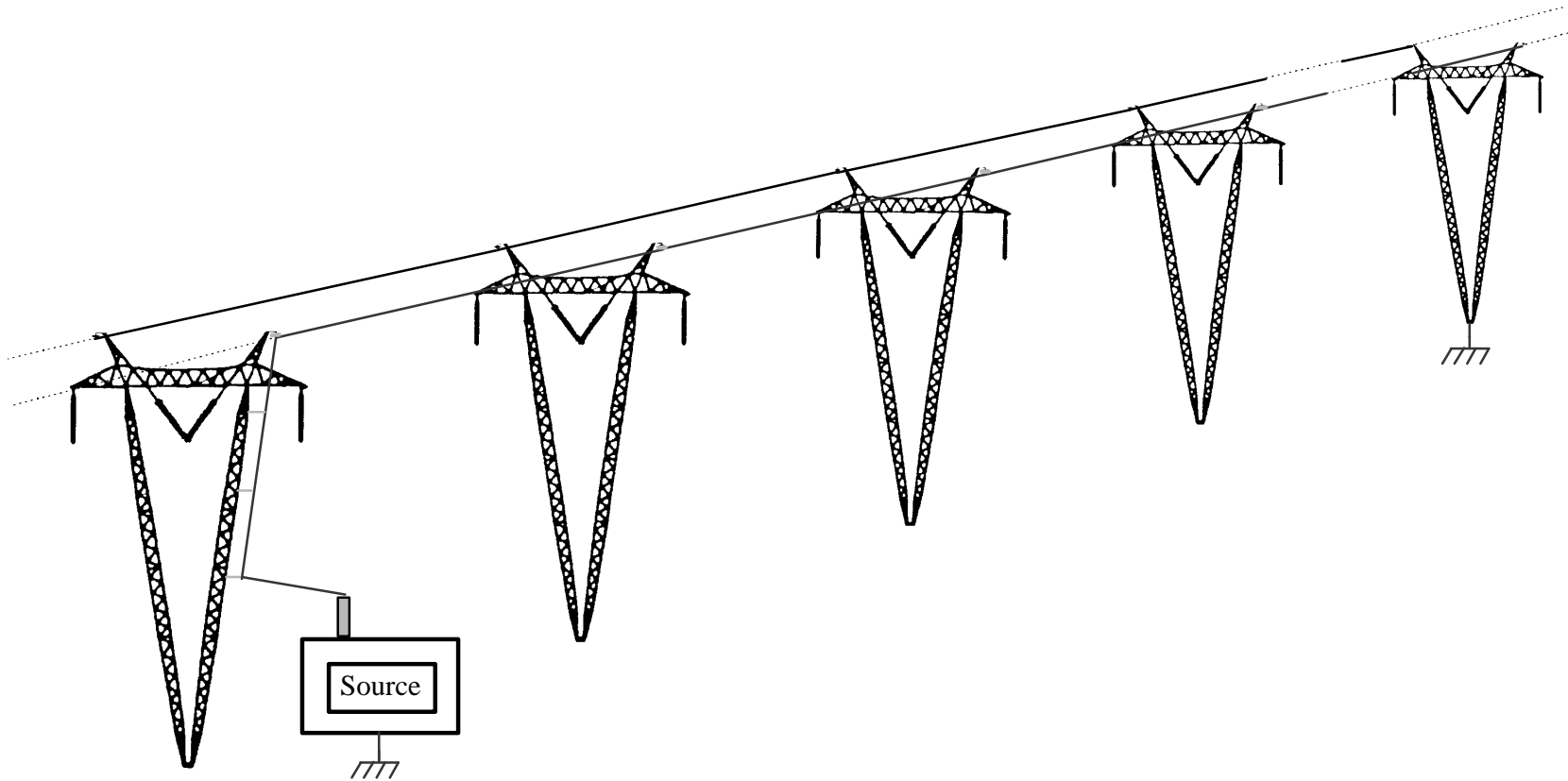
Source à courant alternatif biphasée

Portée	Longueur	Diamètre	Puissance	Puissance	Résistance	Résistance	Réactance	Impédance	Courant	Tension
(km)	boucle (km)	fil de garde (cm)	unitaire (W/m)	source (kW)	C.A. (ohm/km)	boucle (ohm)	boucle (ohm)	boucle (ohm)	source C.A. (A)	source C.A. (V)
1	2	1.25	30	60	2.62	5.23	1.4	5.4	107	579
50	100	1.25	30	3000	2.62	262	68	270	107	28942
1	2	1.11	27	54	4.45	8.90	1.4	9.0	78	702
41	82	1.11	27	2214	4.45	365	56	369	78	28767



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Déglacement d'un seul câble de garde avec retour du courant par la terre.



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

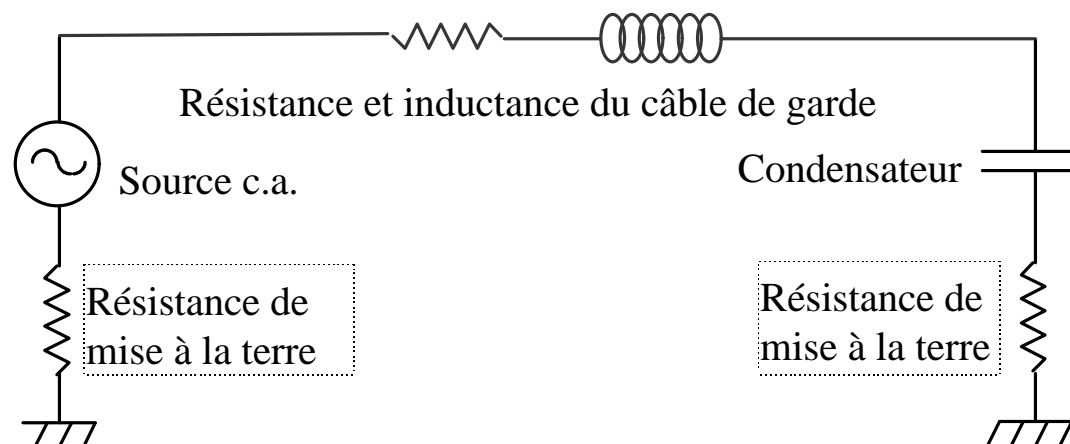
Déglacement d'un câble de garde avec retour par la terre

Source à courant alternatif monophasée

Portée	Diamètre	Puissance	Puissance	Résistance	Résistance	Réactance	Impédance	Courant	Tension
(km)	fil de garde (cm)	unitaire (W/m)	source (kW)	C.A. (ohm/km)	totale (ohm)	totale (ohm)	totale (ohm)	source C. A. (A)	source C.A. (V)
1	1.25	30	30	2.62	2.62	1	3.0	107	316
45	1.25	30	1350	2.62	118	61	133	107	14214
1	1.11	27	27	4.45	4.45	1	4.7	78	363
40	1.11	27	1080	4.45	178	55	186	78	14514

# Déglacage des câbles de garde par effet Joule

Déglacage d'un câble garde à fibre optique avec retour par la terre											
Portée	Diamètre	Résistance	Résistance	Puissance	Puissance	Tension	Courant	Réactance	Impédance	Tension	Puissance
(km)	fil de garde (cm)	fil de garde (ohm/km)	totale (ohm)	unitaire (W/m)	source C.C. (kW)	source C.C. (V)	source (A)	totale (ohm)	totale (ohm)	source C.A. (V)	source C.A. (kVA)
1	2.29	0.13	0.13	50	50	82	613	1.3	1.3	782	479
18	2.29	0.13	2.39	50	900	1468	613	23	23	14076	8631
								Avec compensation série à 95 %			
1	2.29	0.13	0.13	50	50	82	613	0.1	0.1	90	55
18	2.29	0.13	2.39	50	900	1468	613	1	3	1626	997



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Types de source

- Pour les câbles de garde *en acier*, on peut utiliser une source à courant alternatif parce que la résistance est élevée.
- Les câbles de garde à fibres optiques (CGFO) en aluminium ont une résistance beaucoup plus basse et leur impédance est surtout inductive.
  - Avec une configuration en boucle, on peut utiliser une source à courant continu.
  - Pour un seul câble de garde avec retour par la terre, on peut utiliser une source à courant alternatif avec compensation capacitive. De plus, l'impédance des mises à la terre doit être très faible.

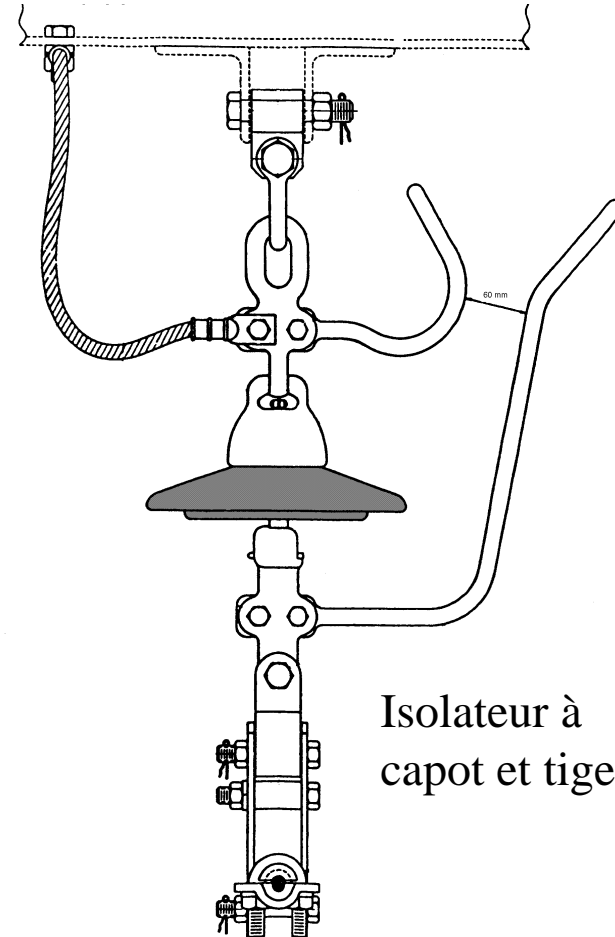
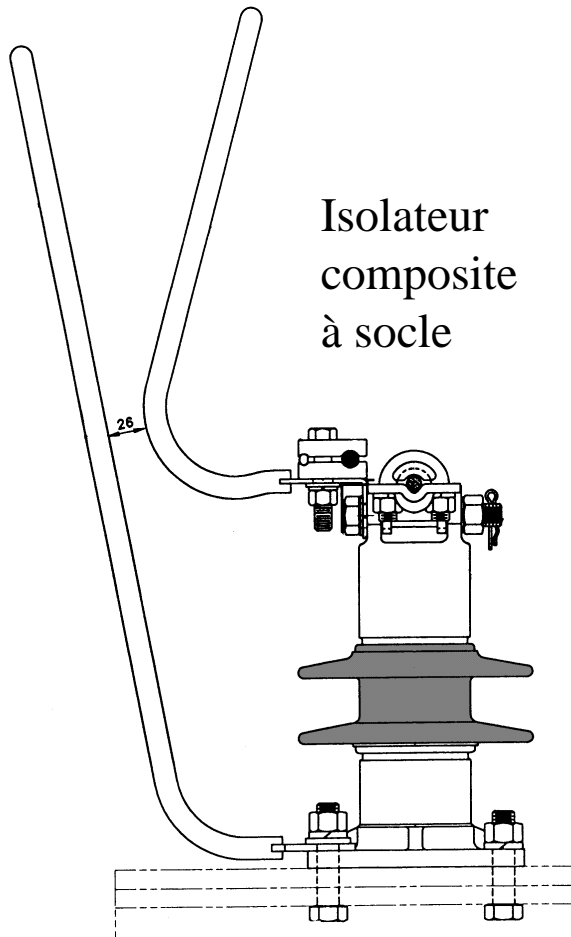
# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Stratégie de déploiement des sources

- Source fixe dans un poste pouvant déglacer à tour de rôle plusieurs lignes au moyen d'un jeu de sectionneurs.
- Source autonome (génératrice) pouvant être déplacée à la périphérie d'un poste pour déglacer plusieurs lignes. Au besoin, cette source pourrait être déplacée entre plusieurs postes.

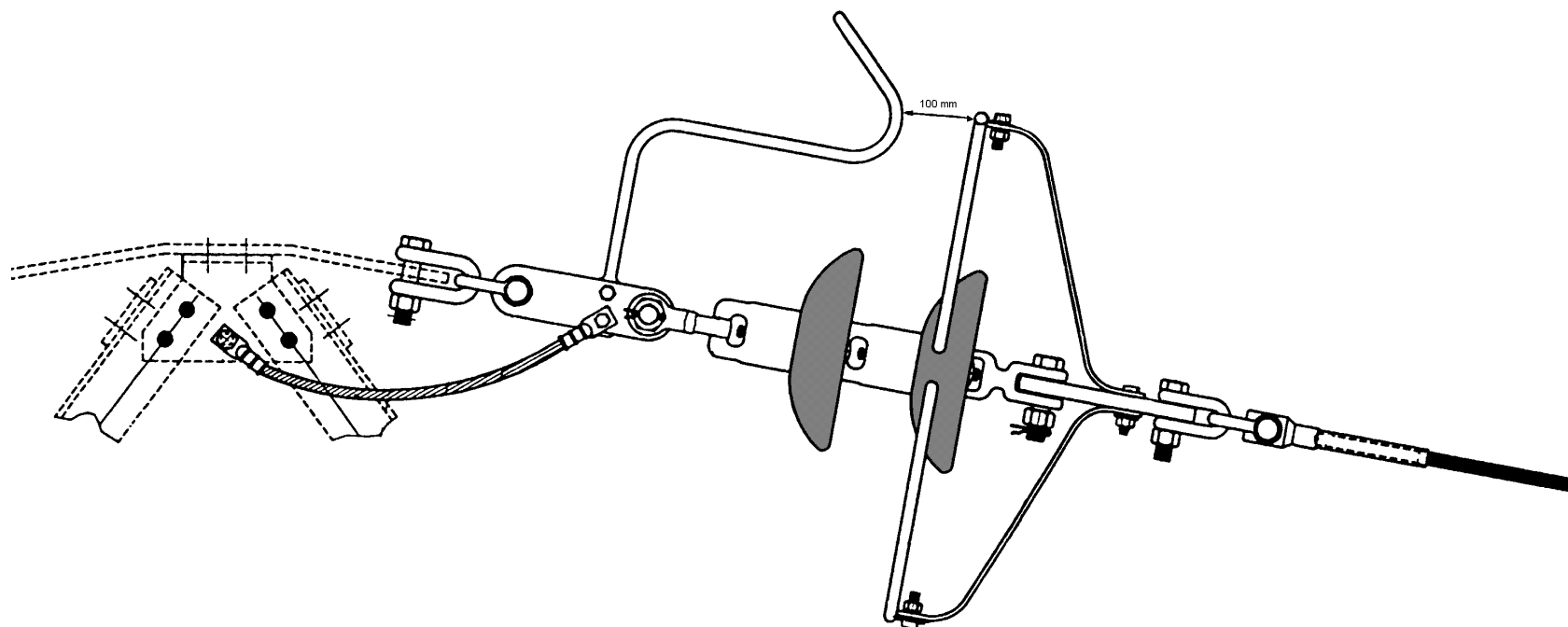
# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Isolation du câble de garde



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Chaîne d'ancrage pour câble de garde



A

1999-06-04IREQ

15

## Déglaçage des câbles de garde par effet Joule

**Isolation des câbles de garde d'une ligne à 735 kV**

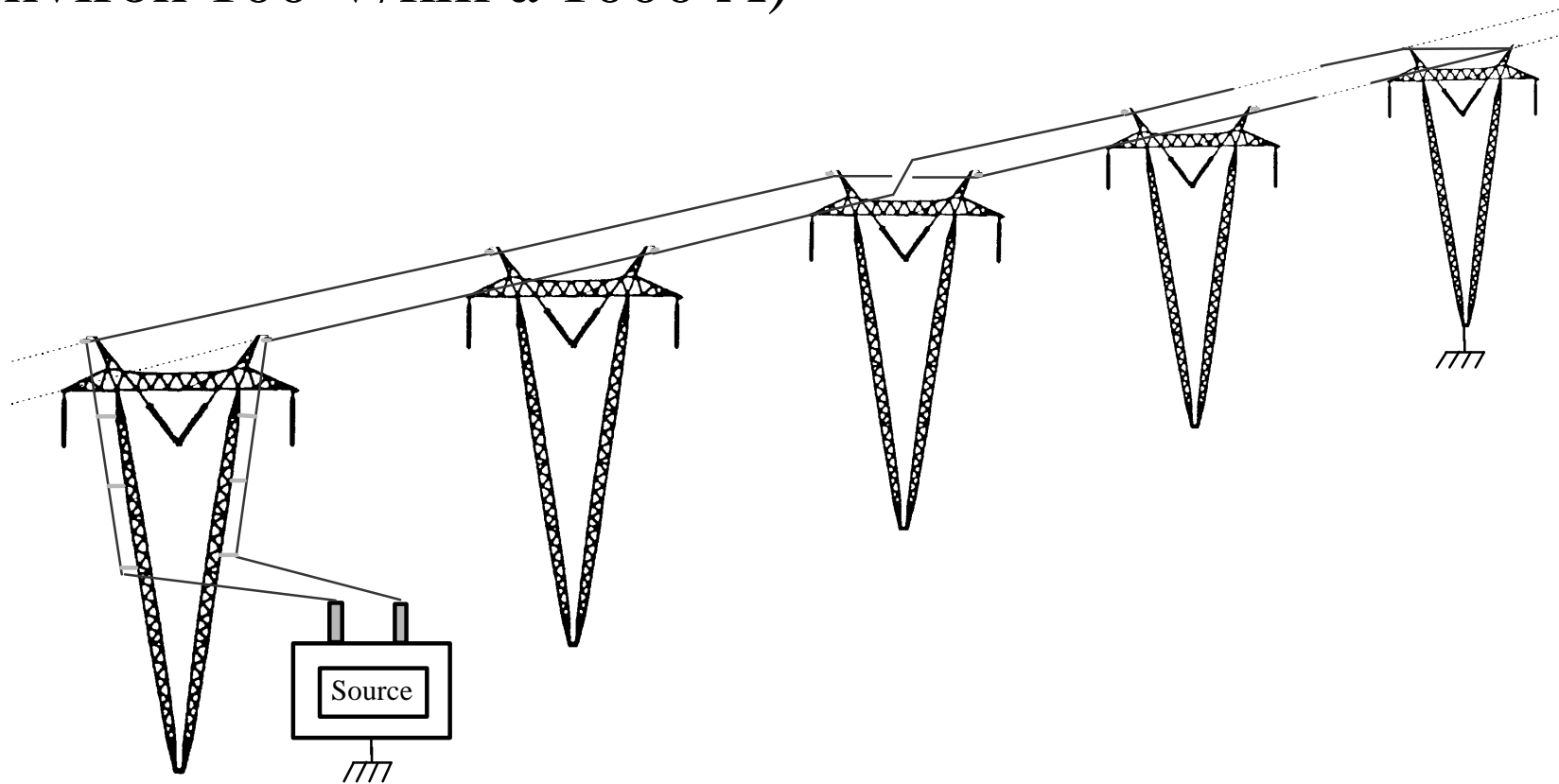
**Sources de tension :**

- La foudre (mégavolts)
- La tension induite par couplage capacitif ( $\approx 50$  kV)
- La tension induite par couplage inductif ( $100$  V/km à un courant de  $1000$  A)
- La tension de la source de courant pour le déglacement ( $\approx 15$  kV)



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Réduction de la tension induite par couplage inductif  
(environ 100 V/km à 1000 A)



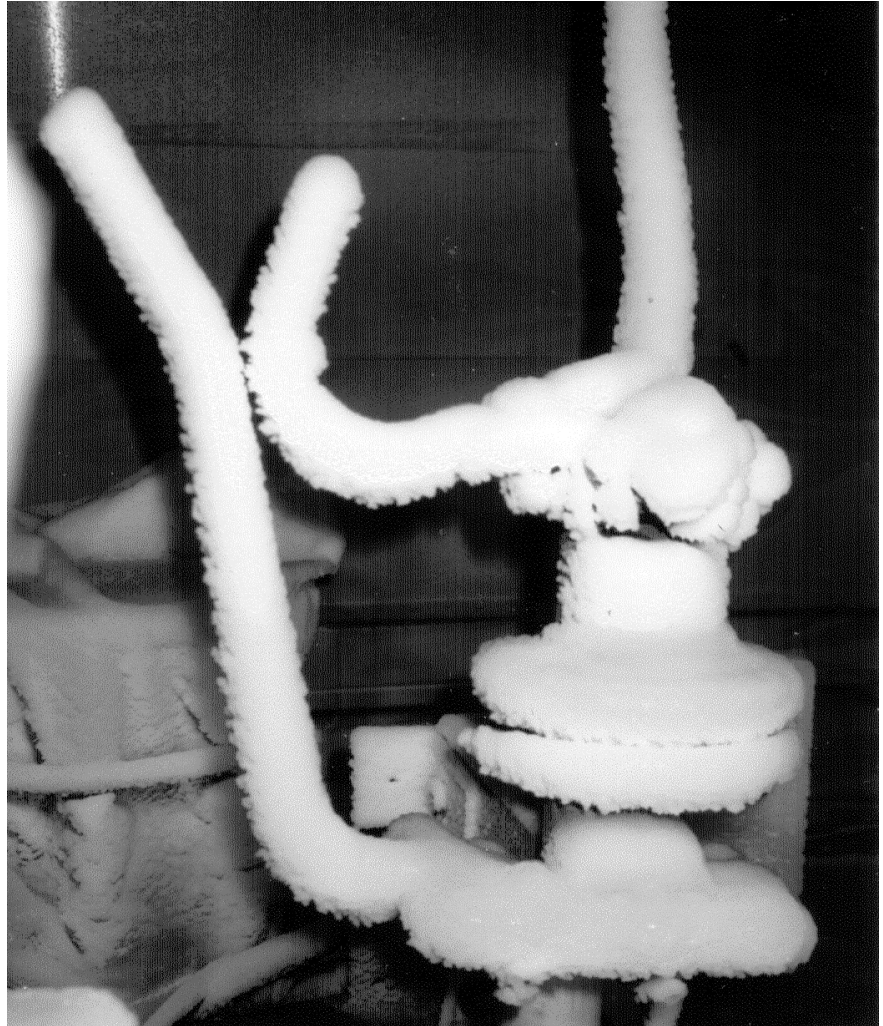
## Déglacage des câbles de garde par effet Joule

Essais de tenue diélectrique sous glace à une tension de 15 kV.

L'isolateur à capot et tige n'a pas contourné.

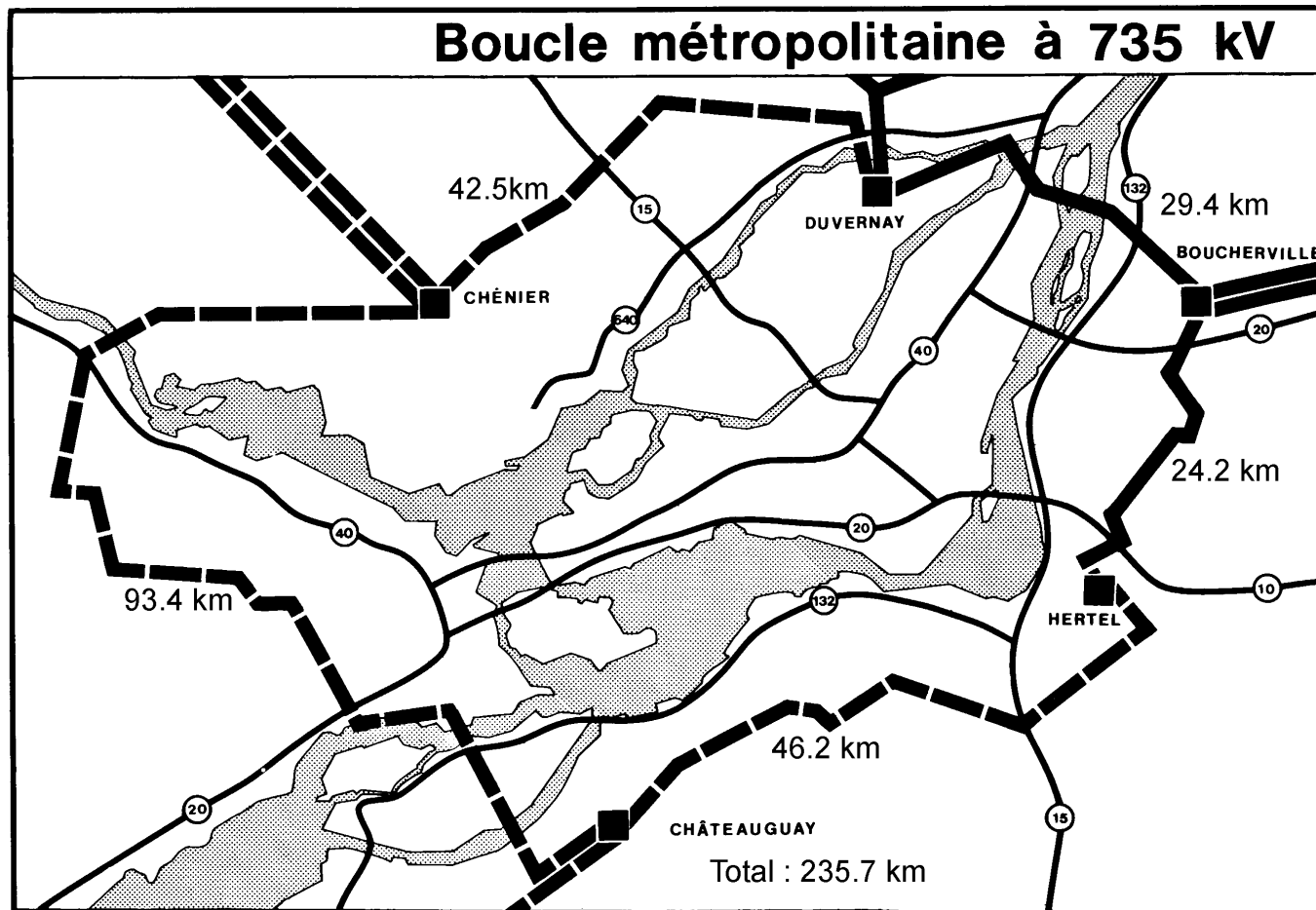
L'isolateur composite à socle a contourné à plusieurs reprises.

Il y a eu plusieurs claquages entre les cornes d'arc de l'isolateur à capot et tige.



# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

Domaine d'application



A

1999-06-04IREQ

19

# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Projet de démonstration

- Ligne 735 kV au poste Boucherville  
source c.c., 5 kV, 300 A

## Projet d'implantation

- Lignes 120 kV entre le barrage de Beauharnois et :
  - le poste Aqueduc au sud
  - le poste Saraguay au nord

## **Déglacement des câbles de garde par effet Joule**

### **Avantages du déglacement par effet Joule :**

- Grande portée (quelques dizaines de km).
- Facilité d'opération (nécessite peu de main d'œuvre).
- Utilisable sur toute les lignes de transport.
- Coûts d'installation modérés.
- Coûts d'opération très faibles (1 à 2 \$ par km).
- Technologie simple et parfaitement maîtrisée par Hydro-Québec.

# Déglacement des câbles de garde par effet Joule

## Conclusions :

- Le déglacement par effet Joule est une solution flexible, efficace et versatile pour résoudre le problème de la chute des câbles de garde et améliorer la fiabilité du réseau de transport.
- On peut utiliser une source à courant alternatif pour déglacer les câbles de garde en acier.
- Pour les câbles de garde à fibre optique, on devra utiliser une source à courant continu ou à courant alternatif avec compensation capacitive.

# Déglaçage des câbles de garde par effet Joule

## Conclusions :

- La portée du déglacement est limitée uniquement par la tenue diélectrique des isolateurs couverts de glace.
- Les coûts engendrés par l'isolation des câbles de garde sont en partie récupérés par l'élimination des pertes par induction (2 kW/km pour une ligne à 735 kV et un courant de 1000 A).
- Le déglacement des câbles de garde s'inscrit dans une approche globale visant à préserver l'intégrité du réseau de transport lors d'un verglas. Pour se faire, on doit disposer de techniques de déglacement pour les conducteurs de phase et les équipements de poste.

# *Déglacement des câbles de garde par effet Joule*

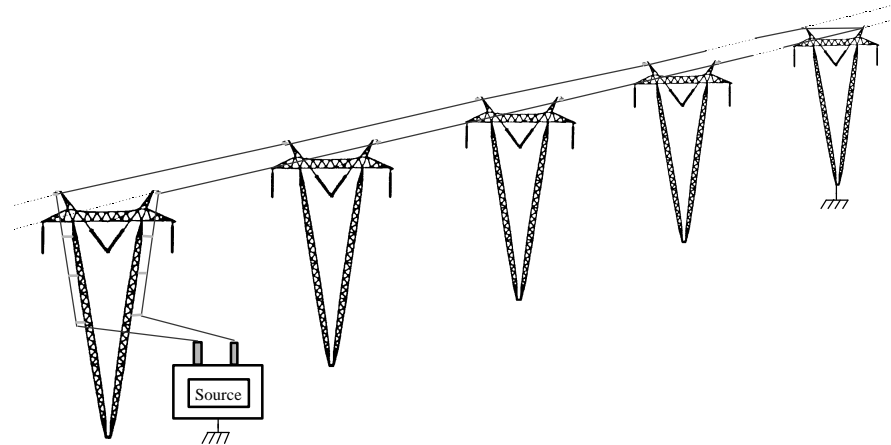


# Déglacage des câbles de garde par effet Joule

- Le déglacage par effet Joule est une solution flexible, efficace et versatile pour résoudre le problème de la chute des câbles de garde et améliorer la fiabilité du réseau de transport.
- On peut utiliser une source à courant alternatif pour déglacer les câbles de garde en acier.
- La portée du déglacage est limitée uniquement par la tenue diélectrique des isolateurs couverts de glace.
- Les coûts engendrés par l'isolation des câbles de garde sont en partie récupérés par l'élimination des pertes par induction (2 kW/km pour une ligne à 735 kV et un courant de 1000 A).

## Avantages du déglacage par effet Joule :

- Grande portée (quelques dizaines de km).
- Facilité d'opération (nécessite peu de main d'œuvre).
- Utilisable sur toute les lignes de transport.
- Coûts d'installation modérés.
- Coûts d'opération très faibles (1 à 2 \$ par km).
- Technologie simple et parfaitement maîtrisée par Hydro-Québec.



Michel Bourdages  
Unité Lignes  
TTD, DPRD  
652-8205