

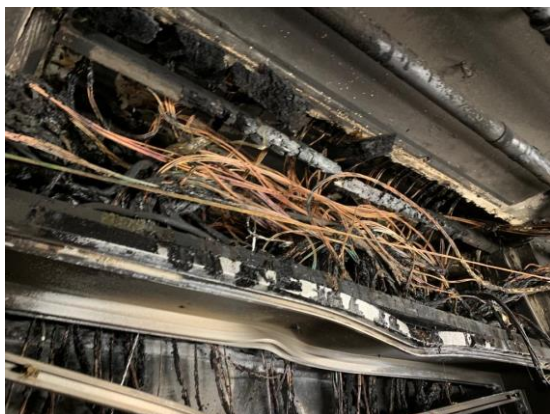


08/2020

Tirer des enseignements des accidents électriques ! Accident électrique dû à un arc électrique sur la distribution principale (DP) ; Prise en compte de l'énergie traversante en fonction des temps de coupure

Contexte

La personne accidentée (PA) a été chargée de remplacer les contacteurs commandés via le TC (récepteur de télécommande centralisée), car l'un d'entre eux était défectueux. Les contacteurs étaient installés pour deux fours à vapeur. La distribution principale (DP) avait été remplacée en 2012. Le courant de court-circuit mesuré à l'époque sur le coupe-surintensité général et consigné dans le RS était de 2,3 kA pour 160 A HPC.



(Photo 1)

Image de l'accident et des dégâts après l'accident :
brûlures graves à la main gauche et DP entièrement brûlée.



(Photo 2)

Coupe-surintensité général brûlée

Circonstances de l'accident

Lorsque la PA a détaché les câbles du contacteur avec la pince à nez de bécassine elle a très probablement touché l'alimentation des fusibles avec l'outil, déclenchant un arc électrique. La chaleur très élevée de l'arc électrique a brûlé la main gauche de la PA. Le court-circuit a également engendré un incendie considérable entraînant des dommages matériels importants dans la DP (dommage total).



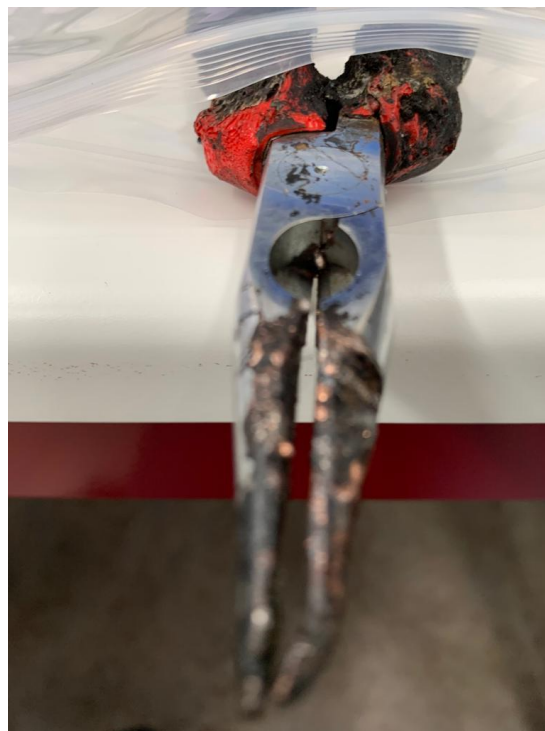
Cause :
Pourquoi l'accident s'est-il produit ?
Constats :

- Les 5 règles de sécurité n'ont pas été appliquées de manière conséquente.
- Le côté alimentation des fusibles à proximité des contacteurs était encore sous tension.
- L'absence de tension de l'alimentation des fusibles n'a pas été constatée (art. 72 ordonnance sur le courant fort / art. 22 OIBT).
- L'absence de tension n'a pas été contrôlée au moyen d'un appareil de mesure conforme EN 61243-3.
- La PA n'a pas installé de protection sur les parties voisines restées sous tension dans la DP (règle 5).
- La PA a effectué des travaux à proximité de parties sous tension sans porter un équipement de protection individuel (EPI; Directive ESTI 407).
- **Formation :** En tant qu'installateur électricien avec diplôme fédéral et titulaire d'une autorisation d'installer de l'ESTI, la PA était habilitée à effectuer de manière autonome des travaux d'installation électrique hors tension.
- **Perfectionnement:** Pas d'habilitation pour les travaux sur les installations sous tension.

Actes : La PA a travaillé de manière imprudente et négligente.

Situation :

- Les parties voisines restées sous tension n'ont pas été protégées.
- La protection principale n'a pas été respectée lors des travaux (NIBT 1.3.1.2).
- Temps de coupure en cas de court-circuit pas tout à fait 5 s.



(Photo 3)

Pince à nez de bécassine avec laquelle le court-circuit a été occasionné



(Photo 4)

Distribution principale après l'incendie
(dommage total)



(Photo 5)

Distribution principale carbonisée, disjoncteur
de ligne PVC brûlé avec panneaux PVC
brûlés.



Mesures pour empêcher la survenue de tels accidents :

1. Application systématique des 5 règles de sécurité pour les travaux hors tension.
2. Règle 5 : Si des travaux doivent être effectués à proximité d'éléments sous tension, ceux-ci doivent être protégés de telle manière qu'un contact accidentel soit exclu (art. 72 ordonnance sur le courant fort / art. 22 OIBT).
3. Si des travaux sont effectués à proximité d'éléments sous tension, il faut impérativement porter un équipement de protection individuel (EPI) approprié (Directive ESTI 407).
4. Application systématique des 5 règles vitales :
 1. Exiger des mandats précis.
 2. Employer du personnel qualifié.
 3. Utiliser des équipements sûrs.
 4. Porter les équipements de protection.
 5. Contrôler les installations avant la mise en service.
5. L'absence de tension doit être contrôlée au moyen d'un appareil de mesure conforme à EN 61243-3.
6. Il convient de toujours porter un EPI approprié pour retirer les protections de parties d'installation ou d'ensembles d'appareillage.
(Directive ESTI n° 407)
7. Les travaux sous tension (Tst 2) ne doivent être exécutés que par des personnes formées et habilitées à le faire (art. 76 ordonnance sur le courant fort).
8. Les supérieurs doivent toujours formuler des mandats clairs et aucune improvisation ne saurait être tolérée. Les supérieurs vérifient régulièrement le respect des règles vitales.
9. Si le temps de coupure en cas de défaut est supérieur à 0,5 s, il faut toujours effectuer une analyse de risque selon les considérations suivantes (conformément à **SN EN 61482-1-2 et ESTI 407.0720**).



Prise en compte de l'énergie traversante en fonction des temps de coupure



(Photo 6)

Pince à nez de bécassine, après le court-circuit

Analyse du risque :

L'analyse du risque comprend les étapes suivantes :

- Déterminer la valeur escomptée de l'énergie de l'arc électrique
- Prendre en compte le niveau de protection de l'EPI contre les arcs électriques
- Prendre en compte les conditions d'exposition spéciales

Calcul de l'énergie traversante

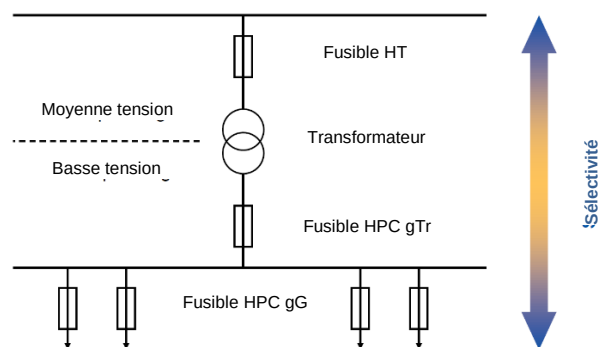
- $(W = I^2 \cdot t)$
- $2300 \times 0,4 = 2\,116\,000 \text{ Ws}$
0,587 kWh
- $2300 \times 1 = 5\,290\,000 \text{ Ws}$
1,469 kWh
- $2300 \times 5 = 26\,450\,000 \text{ Ws}$
7,347 kWh
- $2300 \times 120 = 634\,800\,000 \text{ Ws}$
176 333 kWh

Temps de coupure du coupe-surintensité général

Dans le domaine BT, on est en général en sécurité en admettant une limitation de courant de 50% et en utilisant ce courant limité pour déterminer le temps de coupure à partir de la courbe caractéristique de protection. Le facteur de limitation du courant est alors de $k_B = 0,5$; en conséquence,

$$I_{kLB} = 0,5 \cdot I_{cc3min}$$

Il convient alors de déterminer le temps de coupure du coupe-surintensité général grâce à la courbe caractéristique de l'illustration 7 et au courant de court-circuit de l'arc électrique I_{kLB} . Ce calcul donne $2,3 \text{ kA} = 1,15 \text{ kA}$, ce qui correspond à 2-4 sec.



(Illustration 8) – Temps de coupure fusible HT max. 5 s.

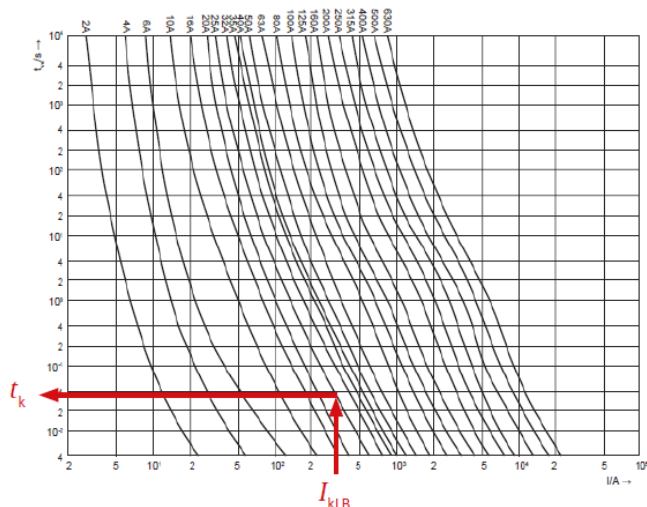
- Temps de coupure fusible HPC gTr max. 1 s ou selon courbe caractéristique du transformateur pour protection.
Renvoi, voir communication ESTI : numéro 2019-0702 22 juillet 2019
Conditions de déclenchement : En cas de défaut à la terre ou de court-circuit à deux pôles côté basse tension de stations transformatrices, l'installation



Il en résulte une réduction de l'énergie d'un facteur de 300 entre 0,4 s et 120 s.
En conséquence, il faut toujours viser une coupure de 0,4 s pour la protection des personnes (voir illustration 7).
Une coupure >1 s n'est admissible que pour une protection de ligne.
En présence de temps de coupure >5 s, la qualité du réseau et la chute de tension ne sont pas respectés.
Équipement de protection individuelle contre les conséquences thermiques d'un arc électrique (EPI contre arc électrique).
Est considéré comme un équipement de protection individuelle contre les conséquences thermiques d'un arc électrique (EPIaE) tout moyen destiné à être porté ou tenu par une personne afin de protéger cette dernière contre les dangers thermiques d'un arc électrique.

Classes de protection des EPI ; SN EN 61482-1-2

Classes de protection selon norme	Energie de l'arc [W]
Classe de protection 1	168 kJ
Classe de protection 2	320 kJ



(Photo 7)

Courbe caractéristique du dispositif de protection contre les surintensités pour le temps de coupure

concernée doit être déclenchée automatiquement en moins d'une seconde (1s) si rien n'est indiqué pour I_{cw}.

- (Remarque : en général, le courant assigné de courte durée admissible I_{cw} est fixé pour 1s).
- Temps de coupure fusible HPC gG max. 120 s selon l'ordonnance sur le courant fort, recommandé max. 5 s conformément à la NIBT
- Temps de coupure du coupe-surintensité général max. 5 s
- Temps de coupure des circuits de courant final sans dispositifs conjoncteurs > 63A max. 5 s
- Temps de coupure des circuits de courant final avec dispositifs conjoncteurs max. 0,4 s
- Temps de coupure des circuits de courant final avec DDR max. 0,3 s



Conclusions :

- Les temps de coupure sont déterminants pour la protection des personnes et des choses.
- Les temps de coupure ne doivent pas dépasser 0,4 s à 1 s max.
- Avec un temps de coupure de 120 s, l'énergie traversante est 300 fois plus importante qu'avec un temps de coupure de 0,4 s
- Les temps de coupure de 5 s à 120 s n'assurent que la protection des lignes et en aucun cas la protection des personnes.

Calcul du courant de court-circuit dans le programme de calcul Belvoto (illustration 9)

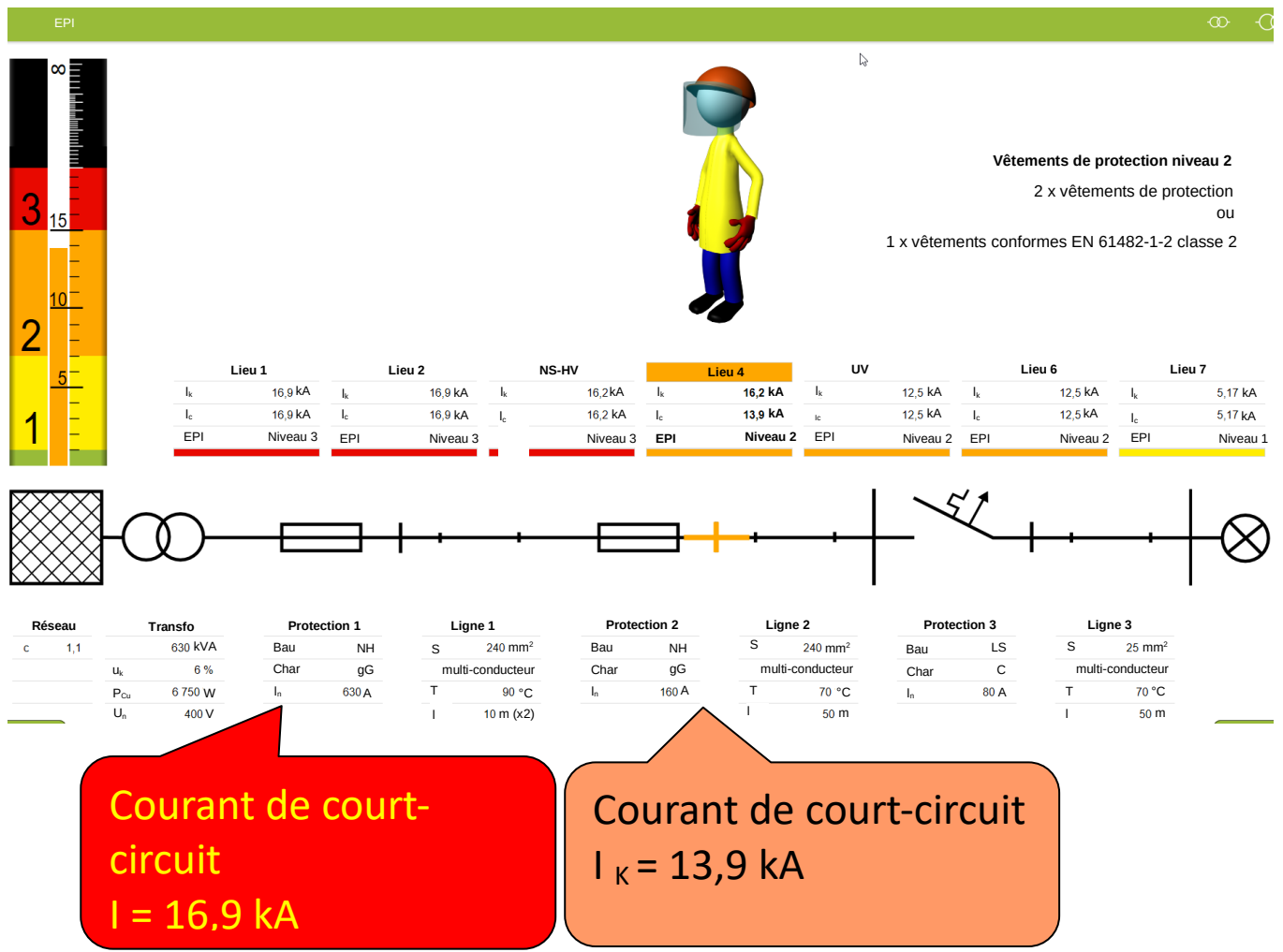
Danger des arcs électriques (liste de contrôle)

1. Est-ce qu'une évaluation du danger prenant en compte l'énergie d'un potentiel arc électrique a été effectuée (ESTI 407 0720) ?
2. Est-ce que les collaborateurs appliquent les cinq règles de sécurité ?
3. Est-ce que le personnel est instruit quant aux dangers particuliers des travaux à proximité de parties sous tension et est-ce que ce fait a été documenté ?
4. Est-ce que les collaborateurs disposent de l'EPI nécessaire par rapport à l'évaluation du danger ?
5. Lors des travaux, est-ce qu'une distance suffisante est observée par rapport aux éléments sous tension ?
6. L'installation de couplage est-elle protégée contre les contacts et les différences de potentiel ont-ils été évités ? IP 2X ou IP 3X
7. Est-ce qu'il est possible d'utiliser des fusibles rapides ou des systèmes de court-circuit des arcs électriques mobiles (jusqu'à IK = 20 kA)?
8. Les installations de couplage utilisées sont-elles au bénéfice d'un essai type ? TSK et PTSK
9. Est-ce que les installations de couplage et le matériel électrique utilisé requièrent une maintenance simple ?
10. Est-ce que les dispositifs de protection contre les surintensités sont adaptés pour une interruption rapide en cas d'arc électrique ? Jusqu'à 315 A
11. Pour les installations riches en énergie : Est-il possible d'utiliser des détecteurs d'arcs électriques associés à des équipements de court-circuit (système de protection contre les arcs électriques Dehnarc) ?



Jusqu'au coupe-surintensité général côté sortie, le courant de court-circuit diminue de 16,9 kA à 13,9 kA (exemple) vêtements de protection niveau 2

Belvoto 4 (illustration 9)





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI
Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI
Inspecturat federal d'installaziuns a current ferm ESTI

Daniel Otti, directeur ESTI

André Moser, expert technique / préposé à la sécurité

Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI

Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf

Tél. +41 58 595 18 18

info@esti.admin.ch

www.esti.admin.ch