



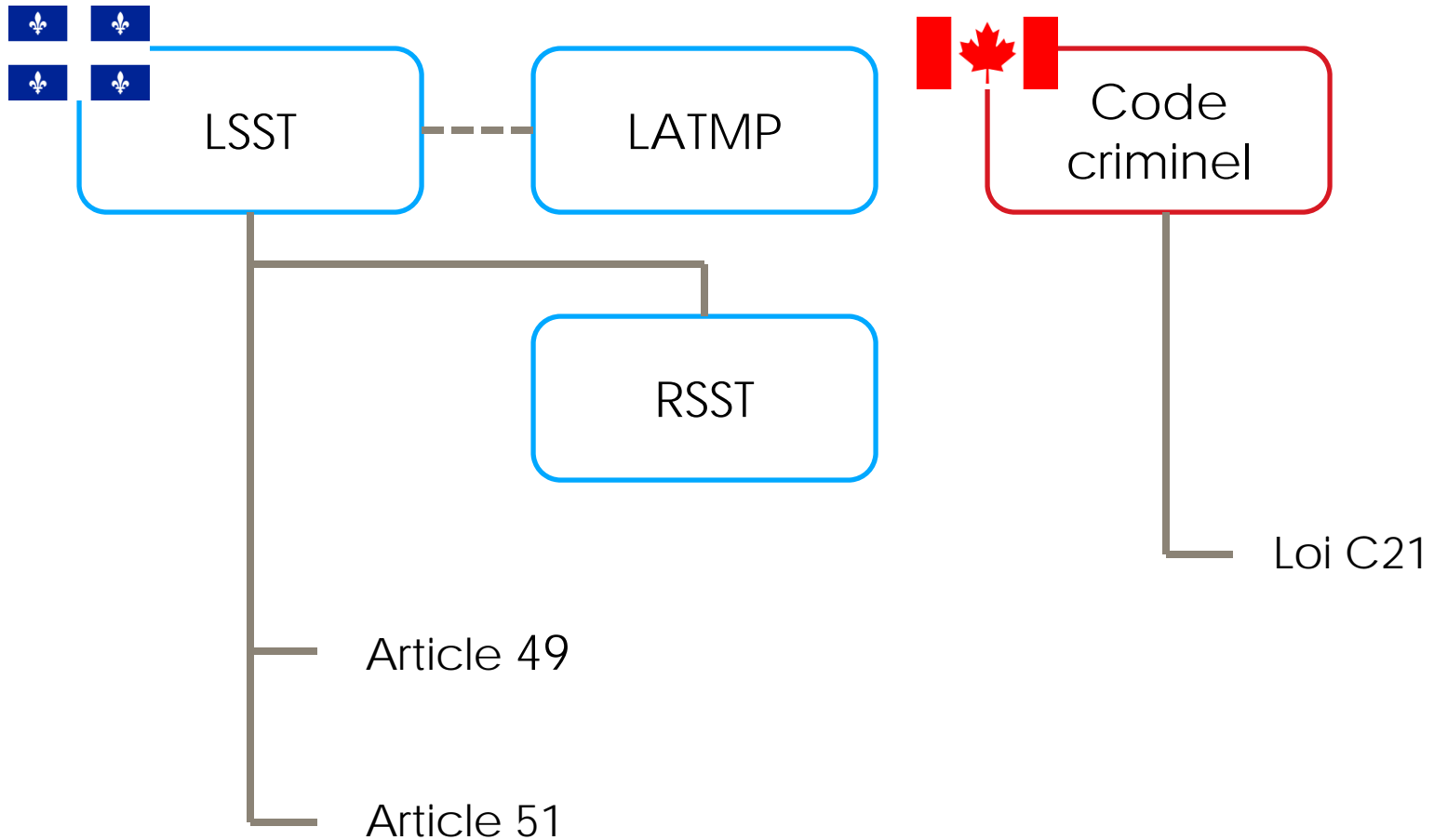
Démystifier l'énergie incidente Arc Flash

2017-02-09 – Par Frédérique St-Arnaud, ing. 819-378-6159

Objectifs de la session

- 1 Qu'est l'énergie incidente (arc flash)
- 2 Qu'est-ce qu'une étude d'arc implique ?
- 3 Deux cas usuels de haut niveau d'arc
- 4 L'avantage de procéder à une étude sur son installation

Cadre légal



Cas de travaux sous tension - Quand?

- La présence de tension est nécessaire, par exemple pour les diagnostics et les essais de circuits électriques;
- Les conséquences de la mise hors tension des circuits sont plus graves que celles du choc électrique ou de l'éclair d'arc électrique;
- L'absence d'alimentation pourrait porter atteinte à la sécurité ou à la vie d'autrui.

Les risques électriques

Quelques statistiques

- En 2014, ??? dossiers ont été ouverts et acceptés à la CSST liés à une exposition avec le courant électrique;
- Sur les 130 à 170 grands brûlés que traite chaque année le CHUM, ??? % l'ont été par l'électricité;
- Aux États-Unis, les unités de grands brûlés accueillent ??? personnes par année gravement brûlées par l'électricité.

Les risques électriques

Quelques statistiques

- En 2014, **197** dossiers ont été ouverts et acceptés à la CSST liés à une exposition avec le courant électrique;
Source : CNEST, Statistiques 2014
- Sur les 130 à 170 grands brûlés que traite chaque année le CHUM, **???** % l'ont été par l'électricité;
- Aux États-Unis, les unités de grands brûlés accueillent **???** personnes par année gravement brûlées par l'électricité.

Les risques électriques

Quelques statistiques

- En 2014, **197** dossiers ont été ouverts et acceptés à la CSST liés à une exposition avec le courant électrique;
Source: CNEST, Statistiques 2014
- Sur les 130 à 170 grands brûlés que traite chaque année le CHUM, **10** % l'ont été par l'électricité;
Source: Prévention Automne 2010 – Volume 23, no 4, CNEST
- Aux États-Unis, les unités de grands brûlés accueillent ??? personnes par année gravement brûlées par l'électricité.

Les risques électriques

Quelques statistiques

- En 2014, **197** dossiers ont été ouverts et acceptés à la CSST liés à une exposition avec le courant électrique;
Source: CNEST, Statistiques 2014
- Sur les 130 à 170 grands brûlés que traite chaque année le CHUM, **10 %** l'ont été par l'électricité;
Source: Prévention Automne 2010 – Volume 23, no 4, CNEST
- Aux États-Unis, les unités de grands brûlés accueillent **2 000** personnes par année gravement brûlées par l'électricité.
Source: Prévention Automne 2010 – Volume 23, no 4, CNEST





1 Qu'est que l'énergie incidente (arc flash)

Définitions :

Danger d'éclats d'arcs (électriques) :

« Situation dangereuse caractérisée par la possibilité d'un dégagement d'énergie causé par un arc électrique. »

Réf.: CSA Z462-15

Énergie incidente :

« Quantité d'énergie projetée sur une surface à une certaine distance de la source, produite par un arc électrique. »

Réf.: CSA Z462-15

L'énergie incidente est exprimée en cal/cm²

Arc électrique

Informations

- L'arc électrique est une circulation de courant de défaut (ailleurs que dans le conducteur);
- Il peut être initié par :
 - Un court-circuit (entre phases ou phase-terre);
 - Une rupture de l'isolation,
- Il n'est pas nécessaire d'entrer en contact avec un conducteur sous tension pour créer un arc;
- Le courant électrique peut traverser l'air à courte ou grande distance (humidité) selon la tension;
- L'air ionisé devient conducteur, créant un arc électrique;
- Un arc électrique enfermé peut produire une explosion sous la pression bâtie,

Arc électrique

Une explosion d'arc électrique peut être causée par :

- Un contact accidentel avec une pièce alimentée ou sous tension (exemple : tournevis);
- Défaillance de l'équipement (équipement en mauvais état ou mauvaise manipulation);
- Isolant abîmé ne pouvant résister à la tension;
- Mauvaise manoeuvre.

Arc électrique

L'unité de l'énergie d'un arc électrique :

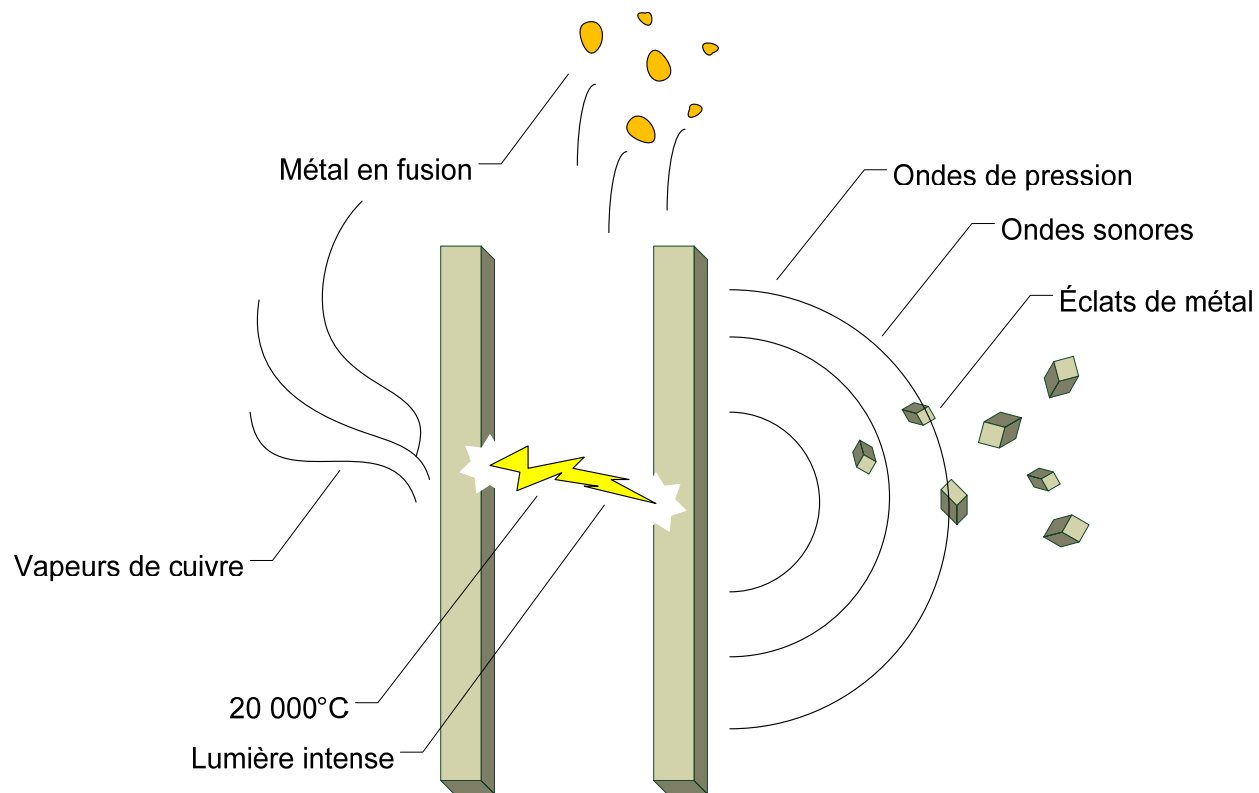
- La chaleur d'un arc électrique est exprimée en calories par unité de surface (cal/cm^2);
- La calorie est une unité d'énergie (chaleur) et est donc cumulative dans le temps;
- La peau peut subir des brûlures au 2^e degré lorsque soumise à une chaleur de $1,2 \text{ cal}/\text{cm}^2$.

À titre d'exemple :

- Une calorie correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'un gramme d'eau d'un degré Celsius.

Arc électrique

Conséquences possibles des arcs électriques



Arc électrique

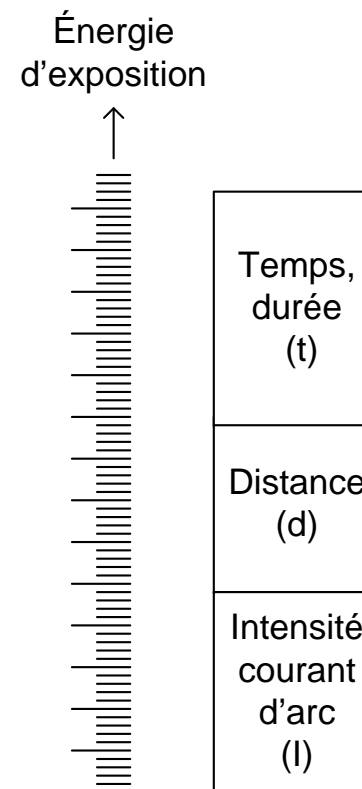
Conséquences possibles des arcs électriques

1. Brûlure de la peau et des vêtements;
2. Aveuglement temporaire ou permanent;
3. Perte auditive temporaire ou permanente;
4. Onde de choc qui peut causer des blessures (projection);
5. Contact avec des composants sous tension (projection et réflexes);
6. Chute et commotion cérébrale;
7. Projection de morceaux de métal fondu (cuivre et acier).

Arc électrique

Trois facteurs déterminent principalement l'énergie d'un arc électrique :

- L'intensité du courant de l'arc électrique;
- La distance entre le travailleur et l'arc électrique (inversement);
- La durée de l'arc électrique.



Arc électrique

Classification de l'énergie en catégories

- Pour simplifier la lecture de l'énergie disponible en un endroit, on la divise en catégories de danger :

CATÉGORIES	DESCRIPTION DU RISQUE*	ÉNERGIE (cal/cm ²)
Catégorie 0	Très faible	0 à 1,2
Catégorie 1	Faible	1,2 à 4
Catégorie 2	Moyen	4 à 8
Catégorie 3	Élevé	8 à 25
Catégorie 4	Très élevé	25 à 40
Catégorie >4	Extrême	Plus grand que 40

* Interprétation personnalisée, non tirée de la CSA Z462.

Arc électrique

Habitudes de travail sécuritaires relativement aux arcs électriques

- Travailler hors tension (énergie zéro)
 - Couper l'alimentation de l'équipement et vérifier l'absence d'énergie avant d'entreprendre le travail;
 - Toujours porter l'équipement de protection individuelle appropriée pour la tâche à accomplir (exemple : vérifier la présence de tension).

Arc électrique

Habitudes de travail sécuritaires relativement aux arcs électriques

- S'il est impossible de couper l'alimentation de l'équipement :
 - Évaluer les risques et effectuer une planification adéquate des travaux en fonction des étiquettes d'arcs électriques et des recommandations de la norme CSA Z462;
 - Préparer la zone des travaux (rubans de zones, outils, communication, etc.);
 - Utiliser l'EPI adéquat pour la tâche à accomplir et respecter les distances de travail par rapport aux pièces sous tension;
 - Travailler calmement et favoriser la concentration.

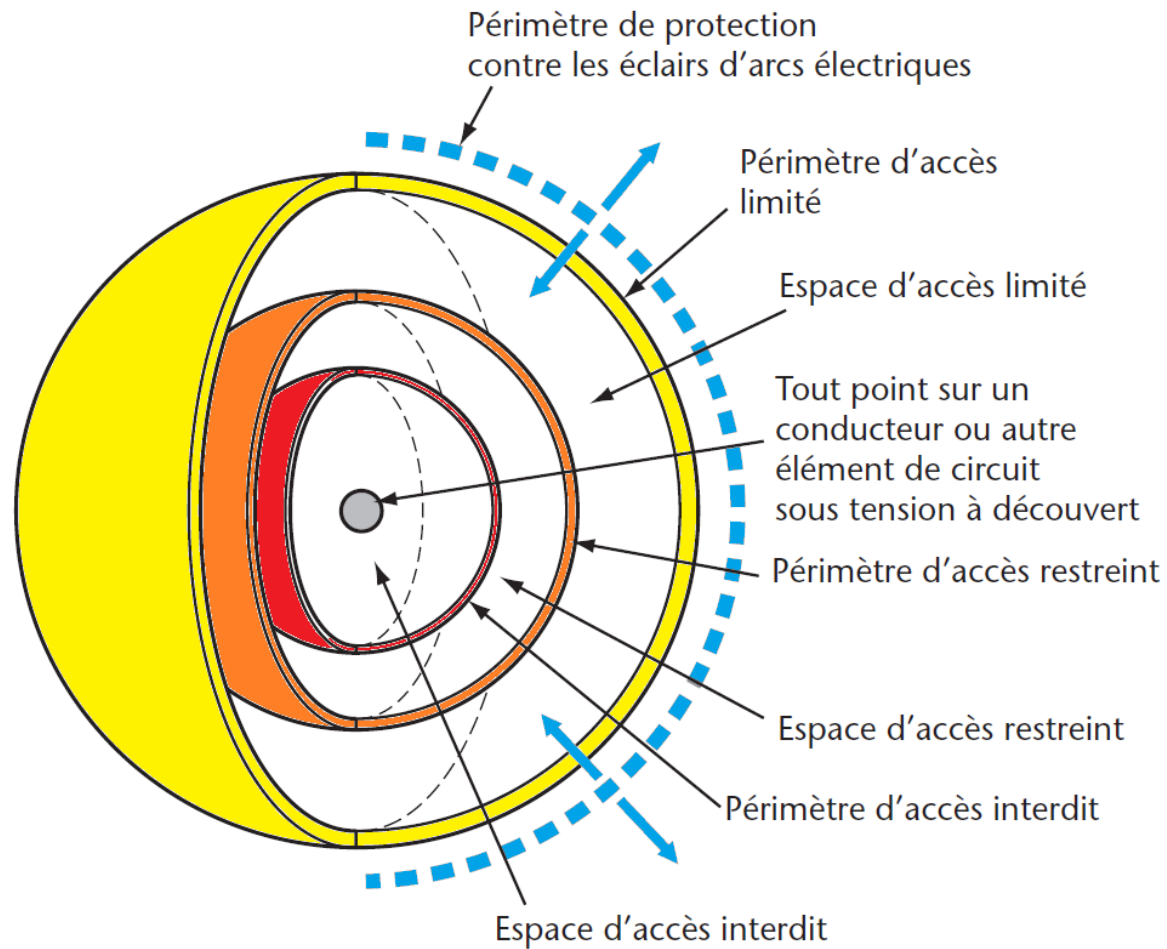
Arc électrique

Autres particularités

- L'énergie de l'arc électrique dans un coffret ne dépend pas de la protection incluse dans ce même coffret;
- La protection qui peut limiter l'énergie dans un coffret est celle qui est située en amont;
- Toutes les cellules qui partagent le même jeu de barre dans une armoire présentent un risque d'arc du même niveau d'énergie;
- Les pièces sous tension qui se trouvent directement en aval d'un transformateur de bonne puissance ne doivent pas être pris à la légère même à 120/208V c.a. (150 kVA et plus).

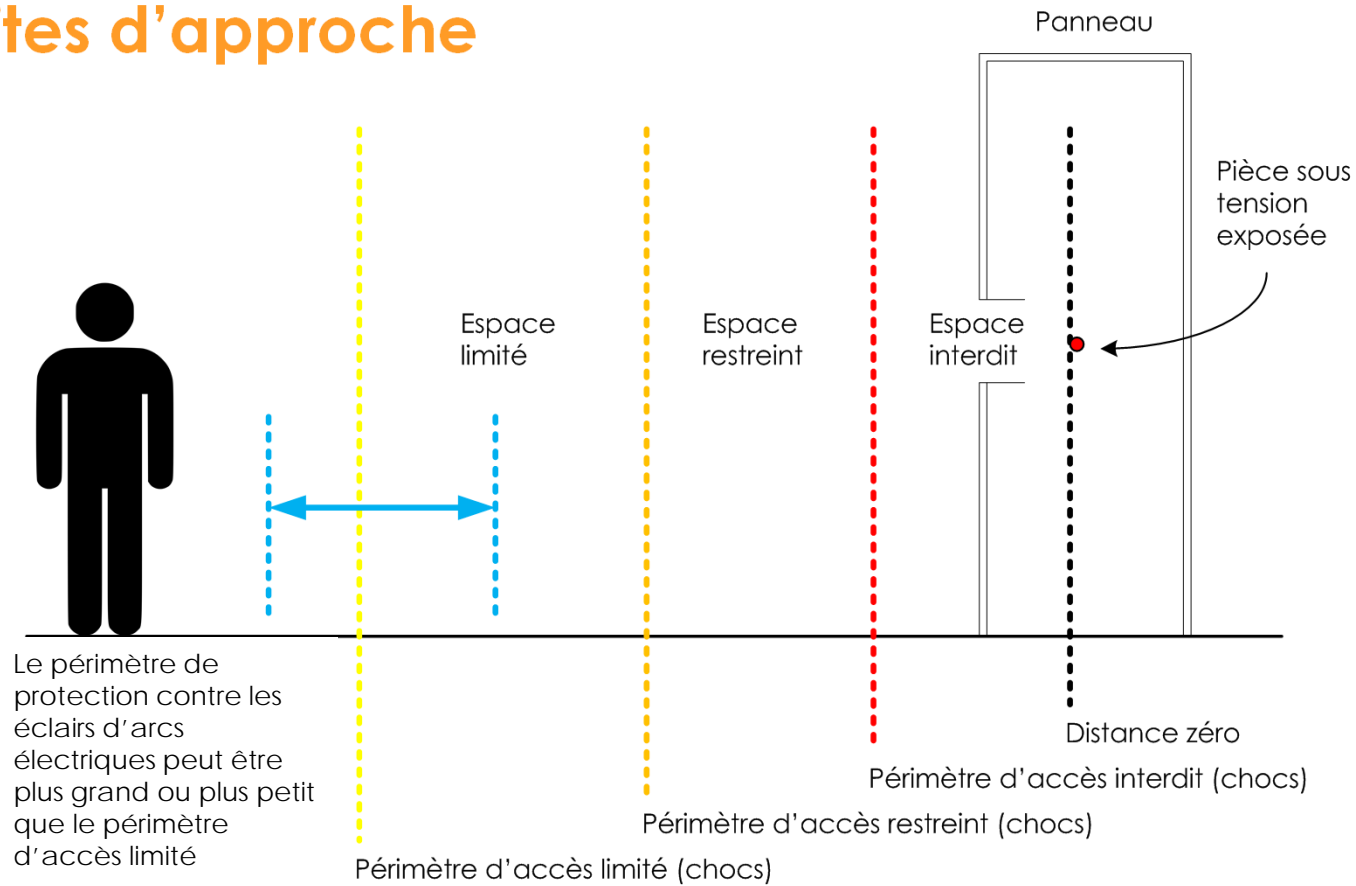
Arc électrique

Limites d'approche



Arc électrique

Limites d'approche





Arc électrique

Quelques mythes...

- Il y a un risque à opérer un disjoncteur;
- Un gros panneau = un gros risque;
- Un panneau de 400 A présente plus de risques qu'un panneau à 200 A;
- Il n'y a pas de risques à travailler dans un démarreur dont l'interrupteur est à OFF;
- Il n'y a pas de danger à 120 V c.a.;
- Si je ne travaille pas physiquement dans le panneau ouvert, il ne peut rien arriver;
- La catégorie de danger d'arcs électriques est valable devant un panneau fermé.

2 Qu'est-ce qu'une étude d'arc implique ?

Implications

Étude de court-circuit

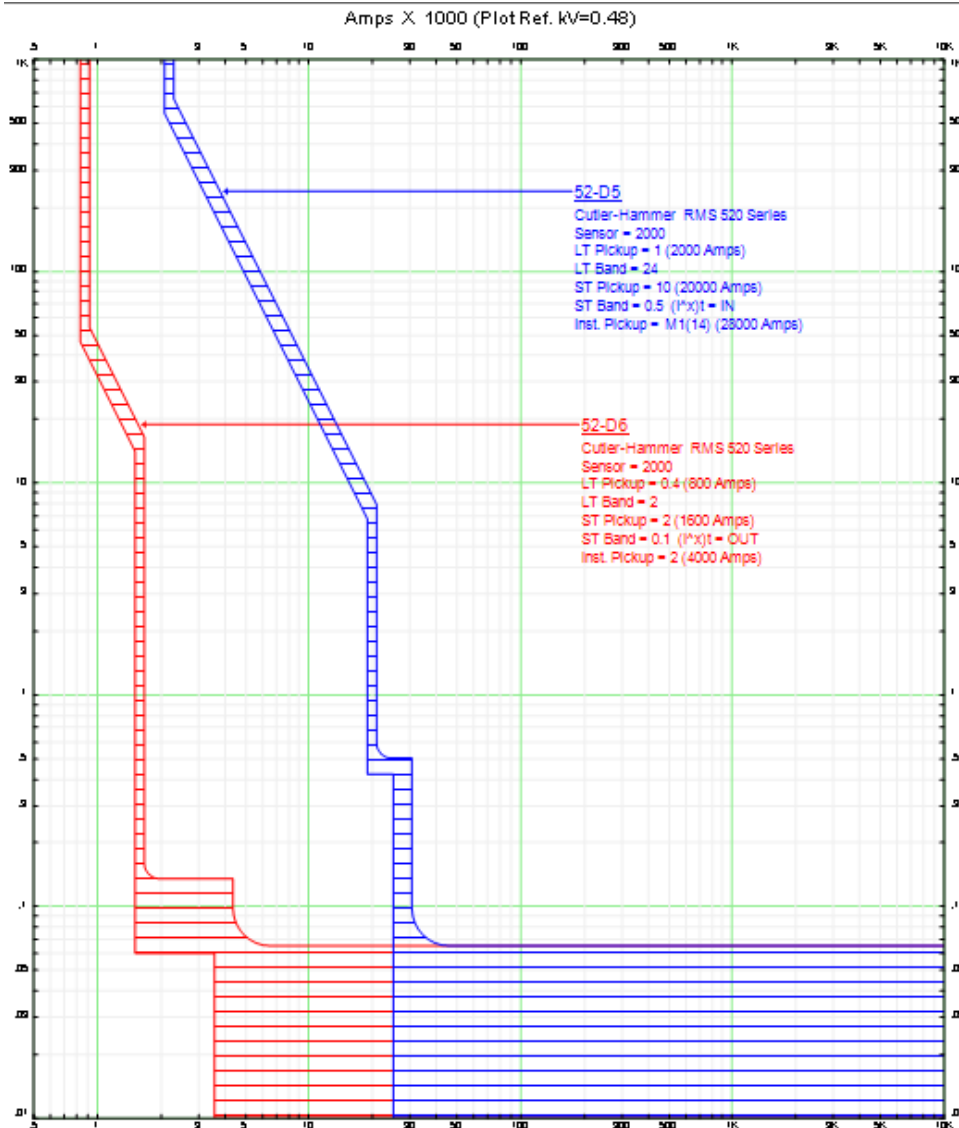
- L'objectif de cette étude vise à faire une comparaison entre la capacité en court-circuit de chacun des équipements et le niveau de défaut disponible calculé en son endroit;
- Cette étude considère différents scénarios d'alimentation (scénarios forts, faibles, en urgence, etc.).

Conception

Études de coordination

- La coordination fait état de l'interaction et du synchronisme des plages d'opération des dispositifs de protection présents dans un réseau électrique;
- Une bonne coordination fera en sorte qu'en cas de défaut électrique, la protection la plus près du défaut opérera;
- Laisse la plus vaste portion possible du réseau alimentée en cas de défaut;
- Tiens compte du temps d'interaction, donc du niveau d'énergie incidente.

Coordination des protections



Réglages des disjoncteurs

- Capturer le court-circuit plus rapidement et ainsi abaisser le niveau d'énergie à une catégorie beaucoup moins élevée.

Attention: cette pratique n'est pas toujours possible.

Implications

Quantification des risques d'arcs électriques

- En se basant sur les études précédentes, il est possible de calculer le niveau d'énergie dans l'arc électrique pour chaque équipement;
- Identifier la catégorie d'équipement de protection individuelle (ÉPI) à utiliser pour une intervention sous tension;
- Ce travail permet de fournir et d'installer les étiquettes d'arc électrique et d'identifier à pied d'œuvre le niveau d'énergie disponible à chaque équipement couvert par l'étude sur le site.

Mitigation des risques

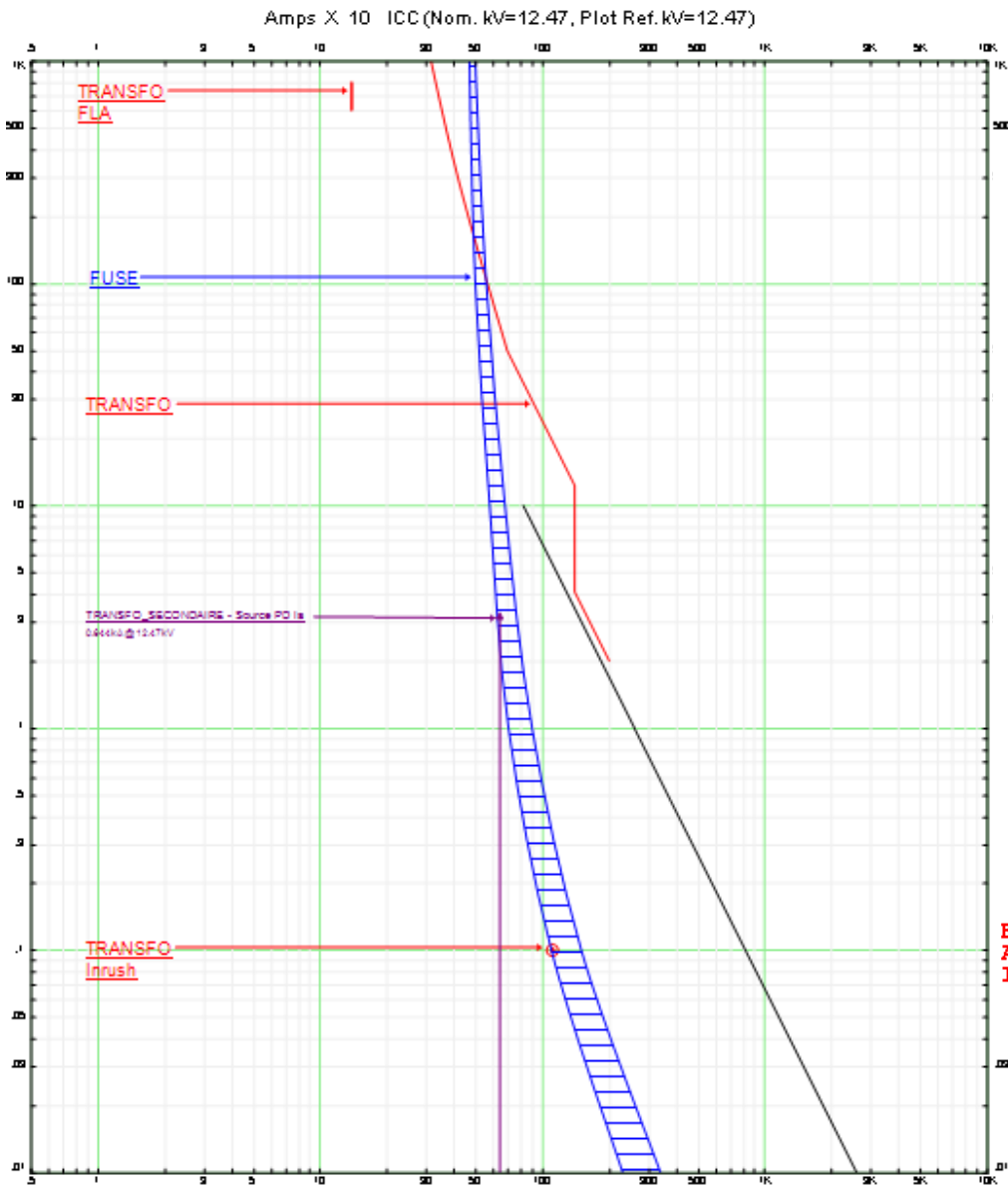
Options possibles

- Dispositif d'extinction d'arc, relais de protection différentielle, système d'extinction d'arc et disjoncteurs spécialisés;
- Choisir des cabinets dont la protection principale est isolée de la distribution secondaire;
- Utilisation de solénoïdes magnétiques plus polyvalents (trip unit) avec des disjoncteurs LSIG;
- Faire des études préparatoires et avoir en tête le concept d'arc électrique lors de la conception (ex.: sectionneur couteaux).

3 Deux cas usuels de haut niveau d'arc

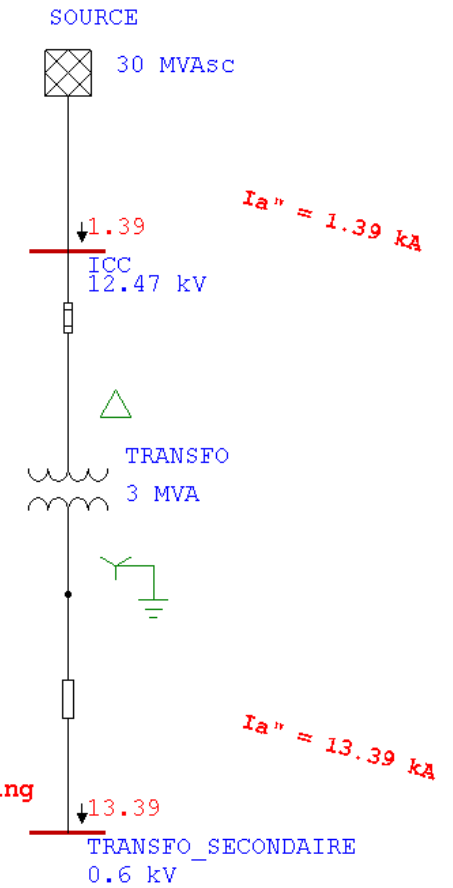
Le secondaire d'un transformateur



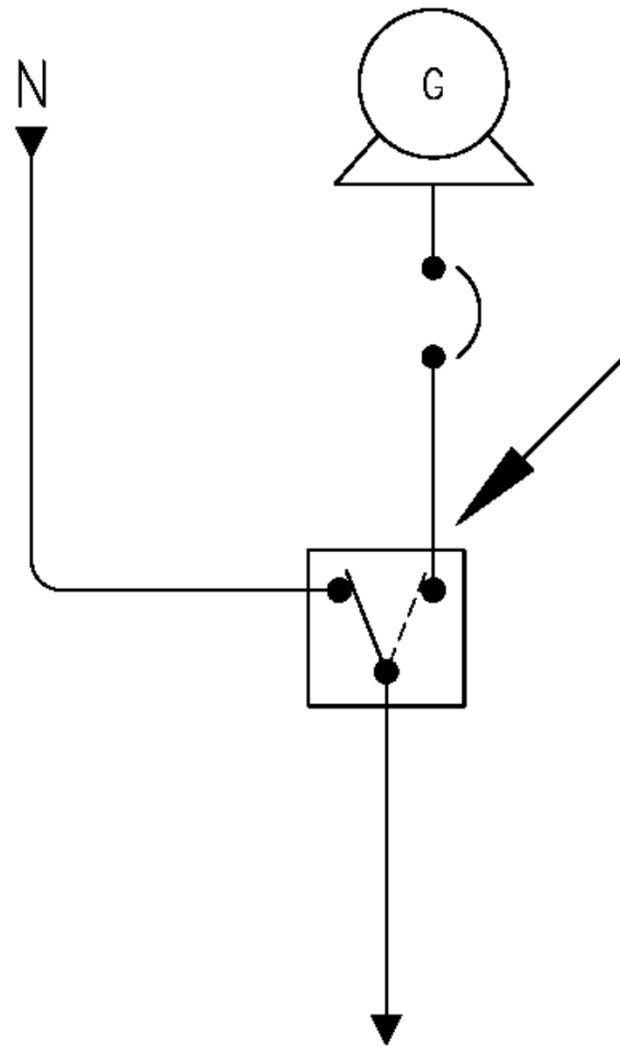


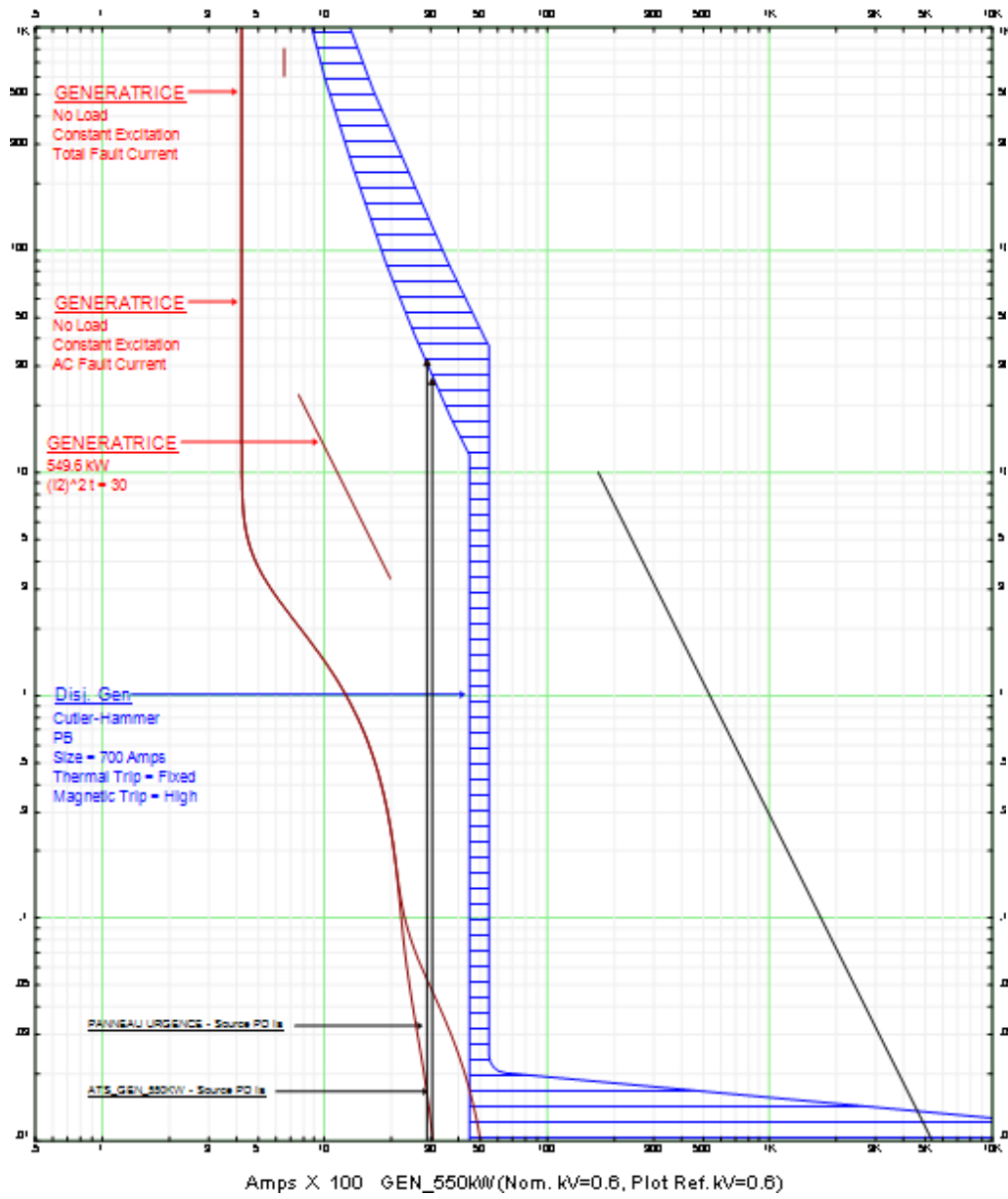
Level 2
 AFB = 0.99
 IE = 5.66 @ 45.72 cm

Exceeds Max. PPE Arc Rating
 AFB = 4.70
 IE = 127.10 @ 45.72 cm



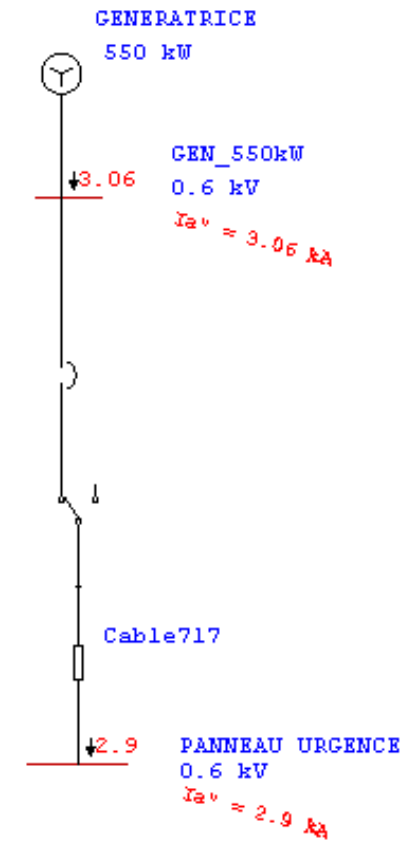
Inverseur automatique de génératrice





Level 3
RFB = 6.10
IE = 19.87 @18"

Level 3
RFB = 9.03
IE = 11.06 @24"



4 L'avantage de procéder à une étude sur son installation

Étiquettes non-présentes

On doit se référer au tableaux 4 et 5 de la norme CSA Z462.

ATTENTION :

Ces tableaux ne couvrent pas tous les risques.

Il est pertinent de toujours vérifier avec quel niveau de court-circuit on a affaire avant d'exécuter des travaux sous tension.

Exemple tableau 4B CSA Z462-15

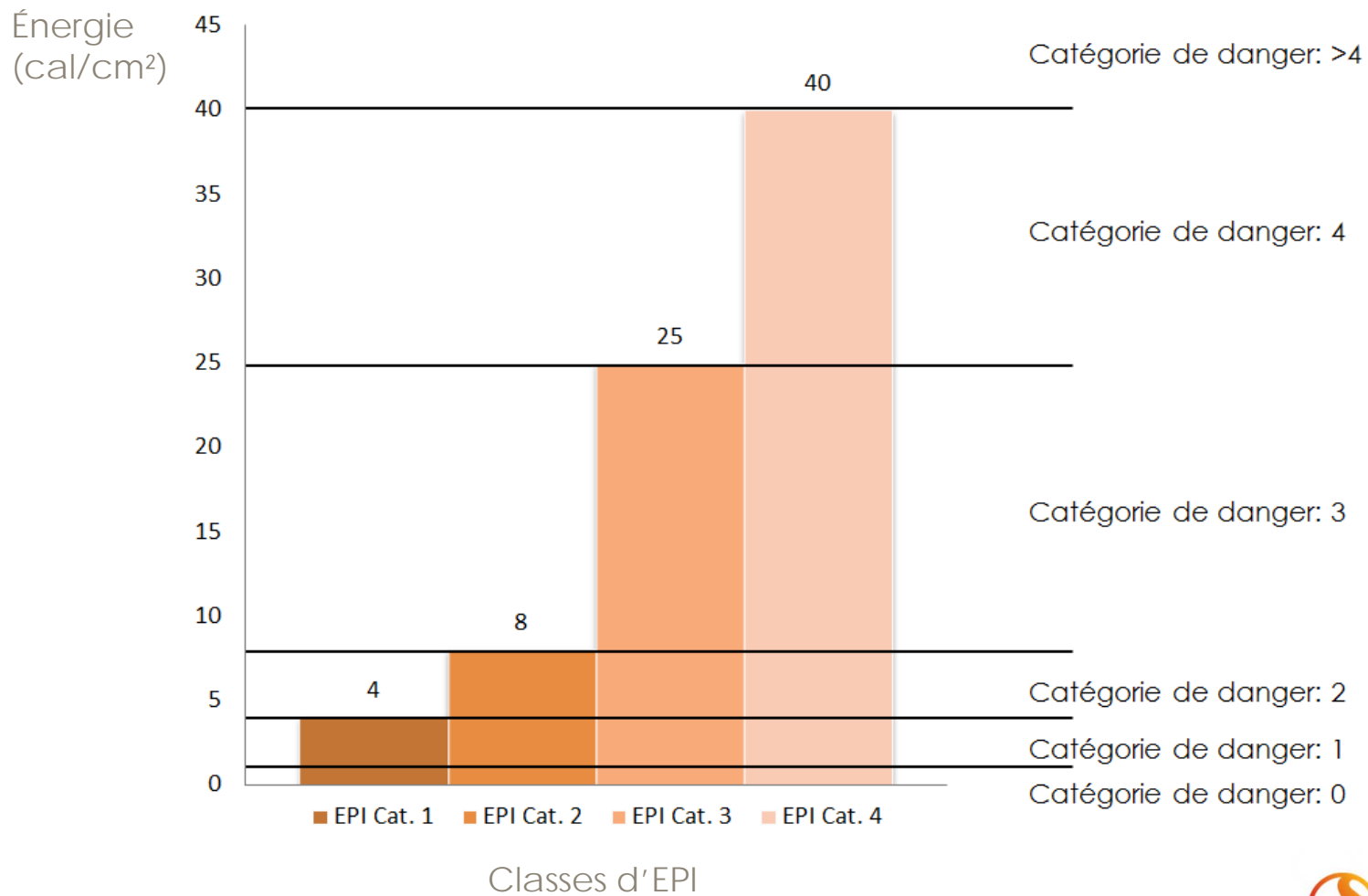
Tableau 4B
Catégories d'ÉPI contre les éclats d'arcs pour des systèmes en courant alternatif (c.a.)

(voir le chapitre 3, les articles 4.3.1, 4.3.5.3, 4.3.5.5, 4.3.7.3.15, 4.3.7.3.16, 4.3.7.4.2 et B.2, le tableau 5 et l'annexe H)

Équipement	Catégorie d'ÉPI contre les éclats d'arcs	Périmètre d'éclats d'arcs
Panneaux ou autre appareillage de 240 V ou moins Paramètres : Courant de court-circuit d'au plus 25 kA disponible Temps de coupure de défaut d'au plus 0,03 seconde (2 cycles) Distance de travail minimale de 455 mm (18 po)	1	485 mm (19 po)
Panneaux ou autre appareillage de plus de 240 V et d'au plus 600 V Paramètres : Courant de court-circuit d'au plus 25 kA disponible Temps de coupure de défaut d'au plus 0,03 seconde (2 cycles) Distance de travail minimale de 455 mm (18 po)	2	900 mm (3 pi)
Centre de commande de moteur de classe 600 V Paramètres : Courant de court-circuit d'au plus 65 kA disponible Temps de coupure de défaut d'au plus 0,03 seconde (2 cycles) Distance de travail minimale de 455 mm (18 po)	2	1,5 m (5 pi)
Centre de commande de moteur de classe 600 V Paramètres : Courant de court-circuit d'au plus 42 kA disponible Temps de coupure de défaut d'au plus 0,33 seconde (20 cycles) Distance de travail minimale de 455 mm (18 po)	4	4,3 m (14 pi)
Appareillage de commutation de classe 600 V (avec distance de travail minimale de 455 mm (18 po))		

ÉPI

Les classes d'EPI par rapport aux calories/cm²





ÉPI – Catégorie 2
Min. 12 cal/cm²



ÉPI – Catégorie 4
Min. 40 cal/cm²

Pour conclure

- Interdit de travailler sous tension;
- Lorsque c'est inévitable, on doit procéder aux travaux sous-tension;
- Travaux sous-tension signifient une bonne planification et le port des ÉPI adéquats;
- Pour bien s'équiper, il faut connaître le niveau d'énergie;
- Pour savoir les niveaux, il faut procéder à une étude d'arc;
- Suite à une étude d'arc, les risques et niveaux sont identifiés (étiquetage);
- Pour bien interpréter et appliquer l'information, le personnel visé doit suivre de la formation.

La sécurité c'est l'affaire de tous, y compris des gestionnaires

Références

ANSI, American National Standards Institute

- ANSI Z535.4-2011 – Product Safety Signs and Labels;

CSA, Association Canadienne de Normalisation

- CSA C22.10-10 – Code Canadien de l'électricité, Première partie et modifications du Québec;
- CAN/CSA-Z321-96 (R2006) – Signs and Symbols for the Workplace;
- CSA Z462-2015 – Sécurité en matière d'électricité au travail;
- CSA Z431-12 – Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification - Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande (norme IEC 60073:2002 adoptée, sixième édition, 2002-05, avec exigences propres au Canada);

IEEE, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

- IEEE Std 1584-2002, IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations;
- IEEE Std 1584.1-2013, IEEE Guide for the Specification of Scope and Deliverable Requirements for an Arc-Flash Hazard Calculation Study in Accordance with IEEE Std 1584(TM);

CNESST

- Prévention des accidents lors de travaux de nature électrique, CSST (CNESST);
- Prévention au travail, Automne 2010 – Volume 23, n° 4, CSST et IRSST (CNESST);
- Travailler hors tension! Une question de vie ou de mort!, 6^e version, octobre 2014, CMEQ et ASP construction.

Questions?



Merci!

Frédérique St-Arnaud, ing., P.Eng
Ingénieure électrique
Stantec
1455 rue Champlain Trois-Rivières QC G9A 5X4
Tél. : (819) 378-7949 X5619
Frederique.St-Arnaud@stantec.com

2017-02-09 – Par Frédérique St-Arnaud, ing. 819-378-6159

Exemple 1 – Appareillage de connexion 600 V

- Panneau de commande de moteurs (CCM) nommé CCM OUEST;
- Alimenté à 600V c.a.;
- Muni de plusieurs cellules et tiroirs;
- Les travaux sont requis dans la cellule A1.

Exemple 1 – Appareillage de connexion 600 V

AVERTISSEMENT

Danger d'éclats d'arcs et de choc électrique
Utiliser un ÉPI approprié



**PROTECTION CONTRE
LES ÉCLATS D'ARCS**

Distance de travail : **45,7 cm (18 po)**
Énergie incidente : **1,08 cal/cm²**
Périmètre de sécurité : **40 cm (16 po)**
Catégorie de danger : Cat. 0

Consulter la CSA Z462 pour
les exigences visant l'ÉPI.



**PROTECTION CONTRE
LES CHOCS**

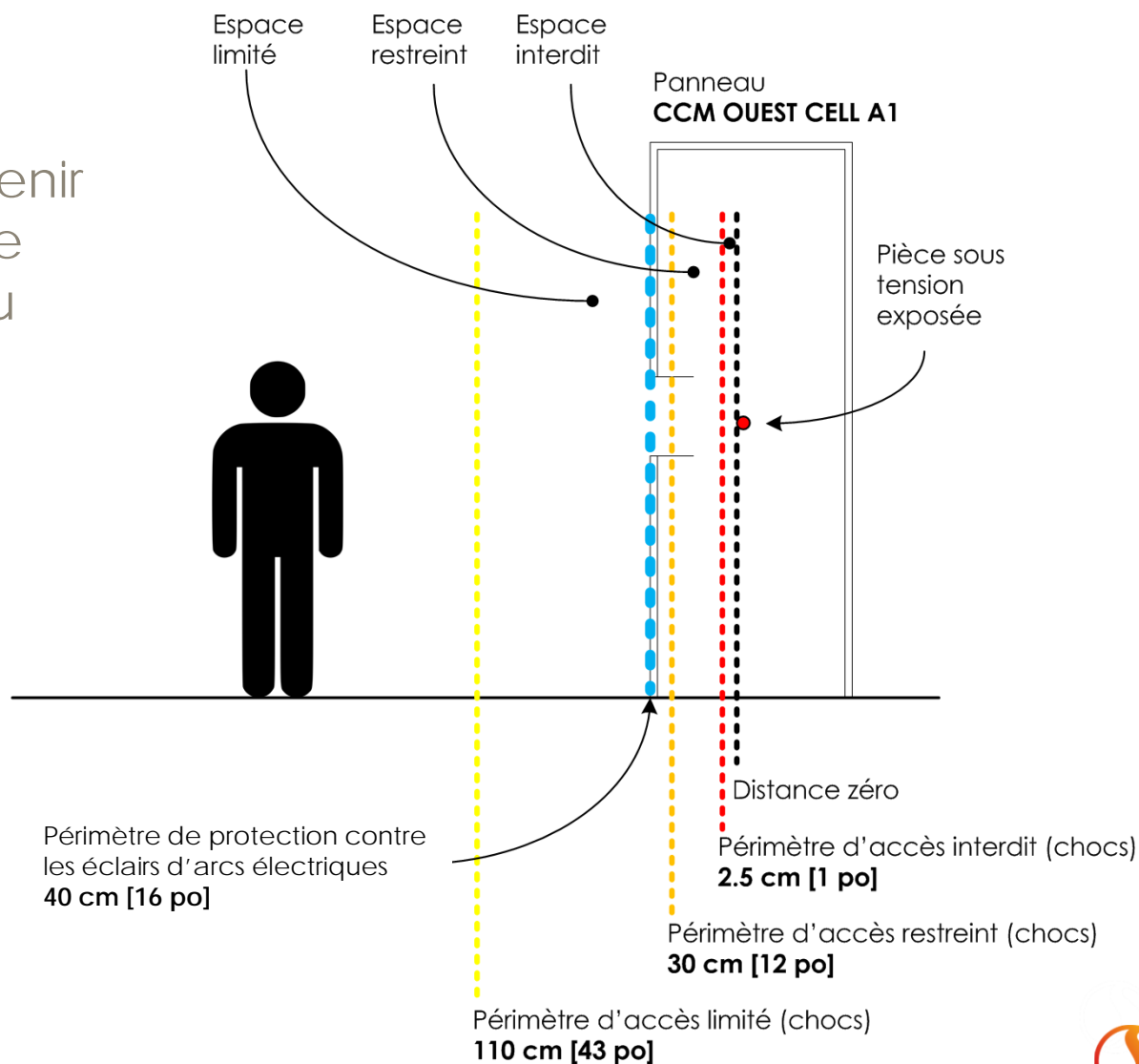
Danger de choc lorsque le
couverture est retiré : **600 V c.a.**
Distance d'accès limité : **1,1 m (43 po)**
Distance d'accès restreint : **30 cm (12 po)**
Distance d'accès interdit : **2,5 cm (1 po)**
Classe de gants : **0**

Nom de l'appareillage : CCM OUEST CELL A1
Projet: Laval – Station Fabreville

Étude conduite par : Stantec Experts-conseils Itée.
Date: janvier 2016 CSA Z462 Std. IEEE 1584

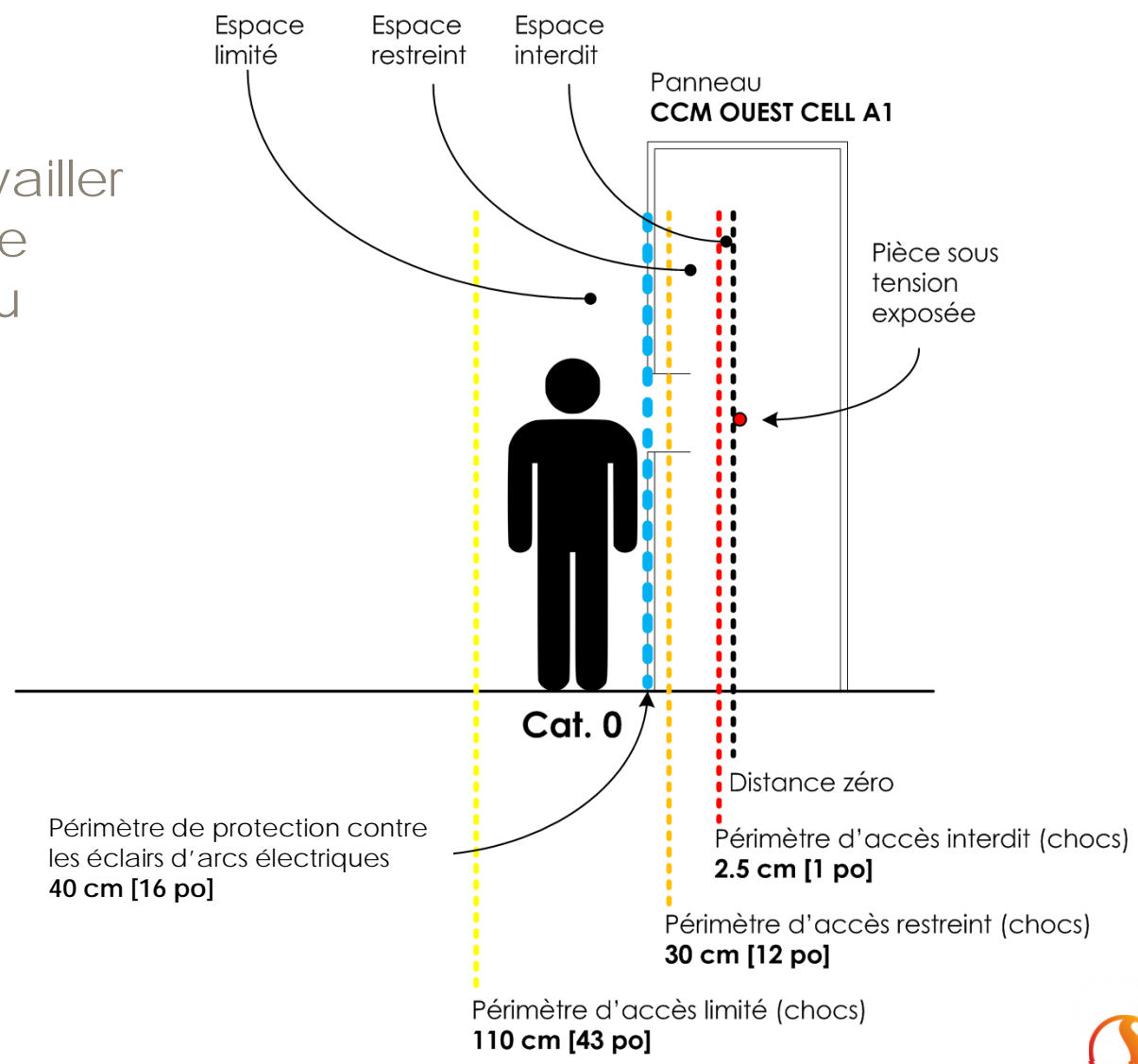
Exemple 1 – Appareillage de connexion 600 V

Pour se tenir devant le panneau ouvert...



Exemple 1 – Appareillage de connexion 600 V

Pour travailler devant le panneau ouvert...



Exemple 2 – Armoire de commutation 600 V

- Armoire de commutation nommée « ARMOIRE PRINCIPALE »;
- Alimentée à 600 V c.a.;
- De type « disjoncteurs débrochables »;
- Des travaux sont requis dans le coffret de dérivation CELL A1.

Exemple 2 – Armoire de commutation 600 V

AVERTISSEMENT

Danger d'éclats d'arcs et de choc électrique
Utiliser un ÉPI approprié



**PROTECTION CONTRE
LES ÉCLATS D'ARCS**

Distance de travail : **61 cm (24 po)**
Énergie incidente : **11,17 cal/cm²**
Périmètre de sécurité : **280 cm (110 po)**
Catégorie de danger : Cat. 3

Consulter la CSA Z462 pour
les exigences visant l'ÉPI.



**PROTECTION CONTRE
LES CHOCS**

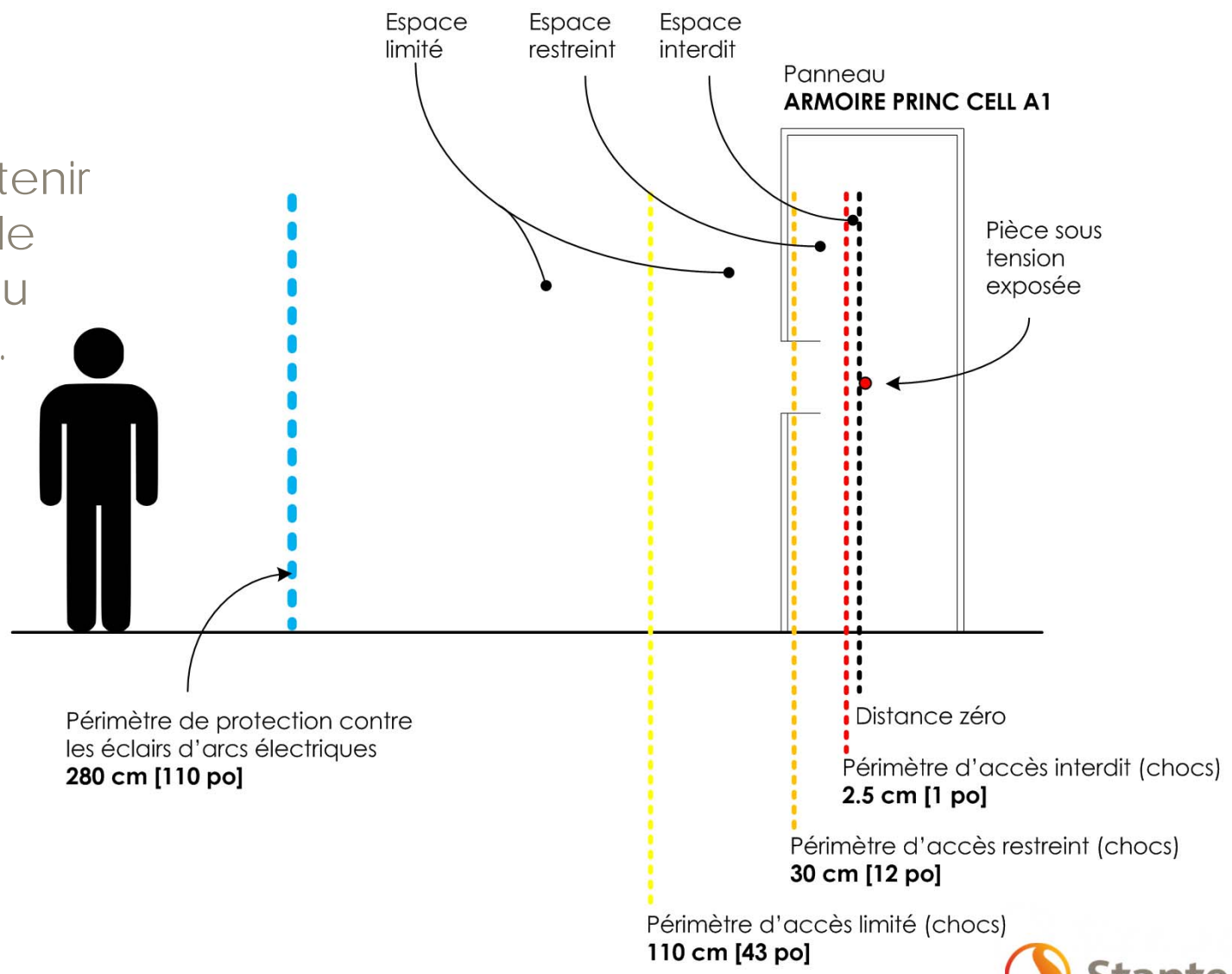
Danger de choc lorsque le
couvercle est retiré : **600 V c.a.**
Distance d'accès limité : **1,1 m (43 po)**
Distance d'accès restreint : **30 cm (12 po)**
Distance d'accès interdit : **2,5 cm (1 po)**
Classe de gants : **0**

Nom de l'appareillage : ARMOIRE PRINC CELL A1
Projet: Laval – Station Fabreville

Étude conduite par : Stantec Experts-conseils Itée.
Date: janvier 2016 CSA Z462 Std. IEEE 1584

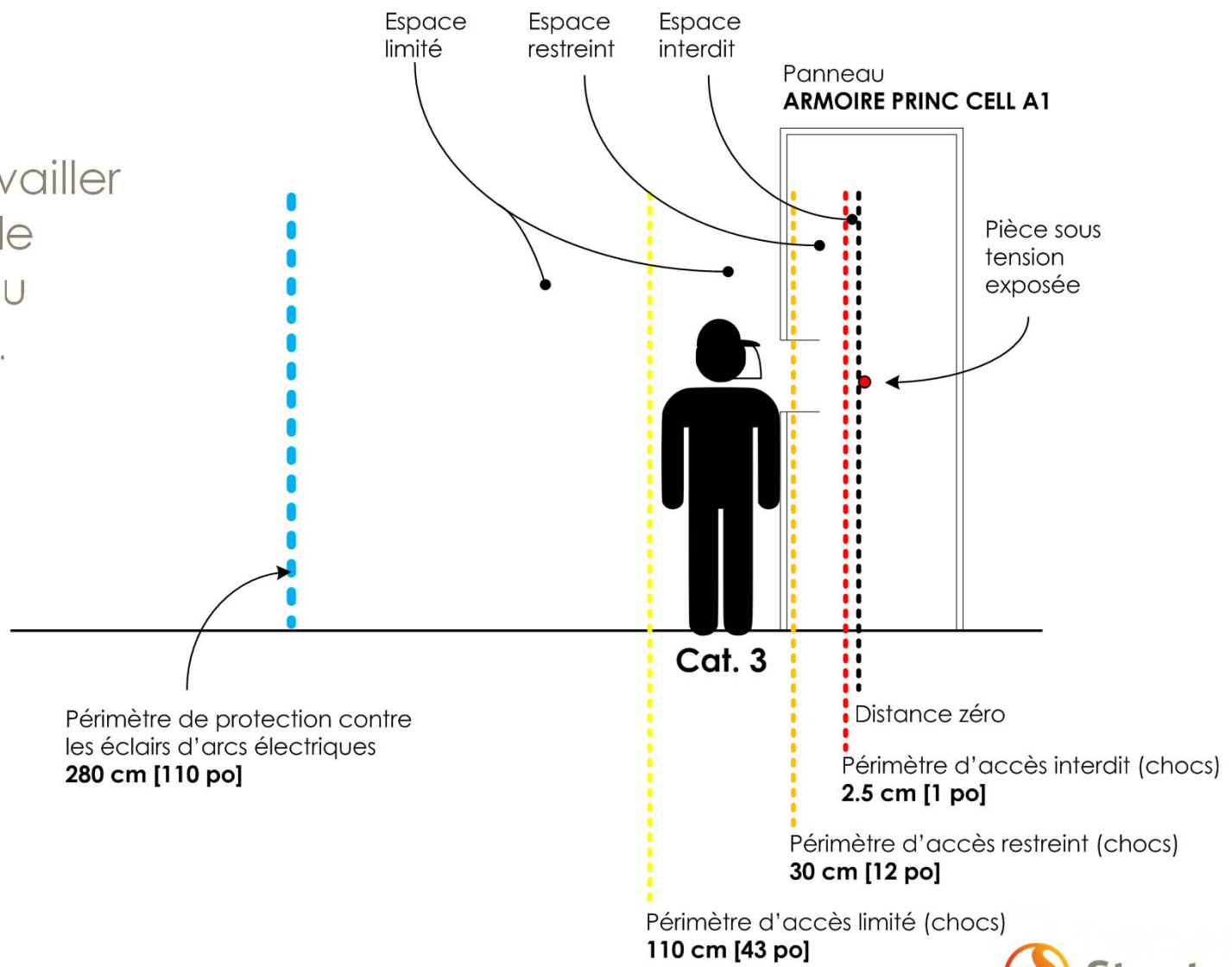
Exemple 2 – Armoire de commutation 600 V

Pour se tenir devant le panneau ouvert...



Exemple 2 – Armoire de commutation 600 V

Pour travailler devant le panneau ouvert...



Exemple 3 – Transformateur 25 kV - 600 V

- Cabinet d'un transformateur nommé « ARMOIRE TRANSFO 1 »;
- Primaire 25kV c.a. et secondaire 600V c.a.;
- Une seule porte pour les connexions MT et BT;
- Des travaux sont requis dans le coffret.

Exemple 3 – Transformateur 25 kV - 600 V

AVERTISSEMENT

Danger d'éclats d'arcs et de choc électrique
Utiliser un ÉPI approprié



**PROTECTION CONTRE
LES ÉCLATS D'ARCS**

Distance de travail : **45,7 cm (18 po)**
Énergie incidente : **8,25 cal/cm²**
Périmètre de sécurité : **120 cm (47 po)**
Catégorie de danger : **Cat. 3**

Consulter la CSA Z462 pour
les exigences visant l'ÉPI.



**PROTECTION CONTRE
LES CHOCS**

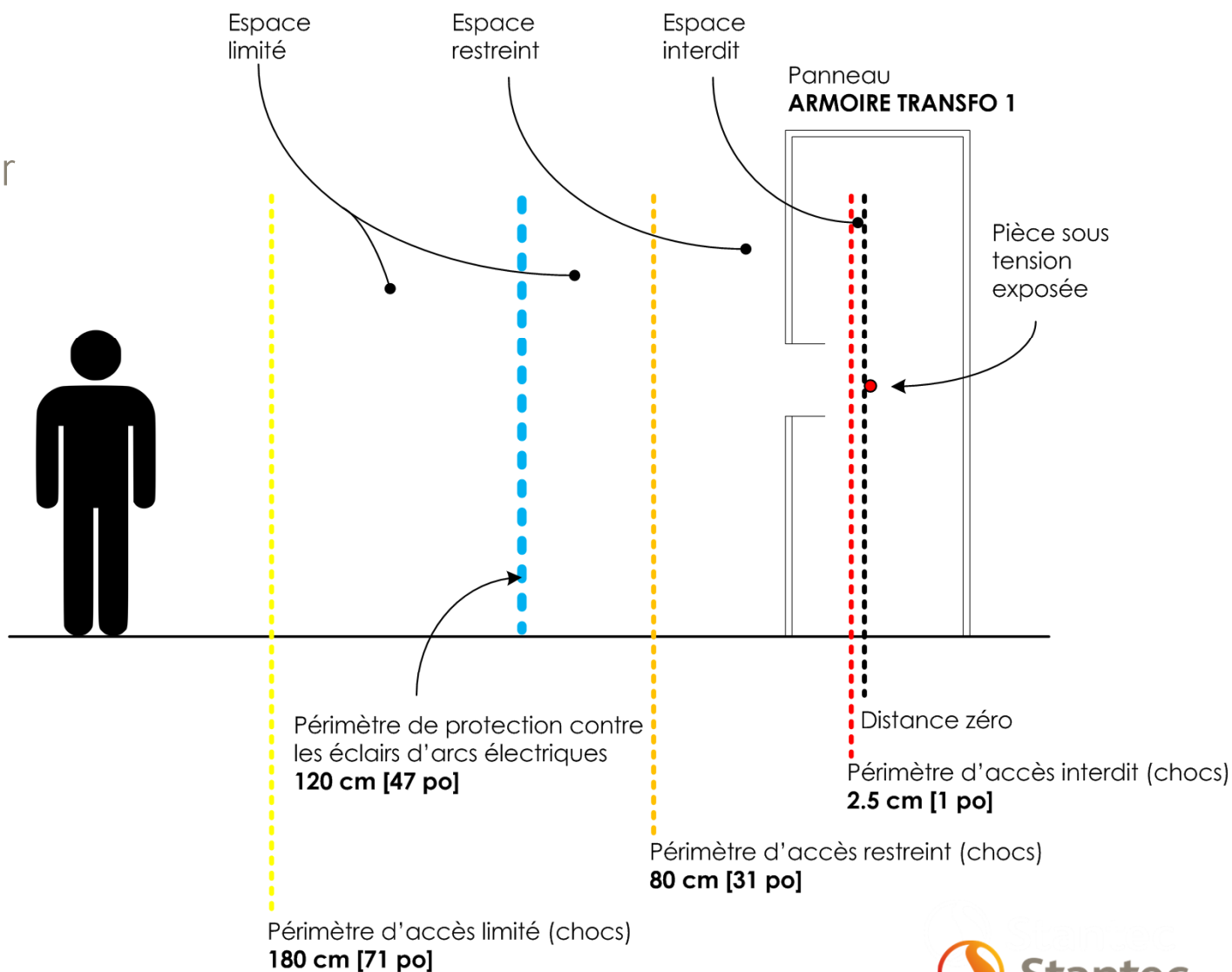
Danger de choc lorsque le
couvercle est retiré : **25000 V c.a.**
Distance d'accès limité : **1,8 m (71 po)**
Distance d'accès restreint : **80 cm (31 po)**
Distance d'accès interdit : **2,5 cm (1 po)**
Classe de gants : **3**

Nom de l'appareillage : ARMOIRE TRANSFO 1 SEC
Projet: Laval – Station Fabreville

Étude conduite par : Stantec Experts-conseils Itée.
Date: janvier 2016 CSA Z462 Std. IEEE 1584

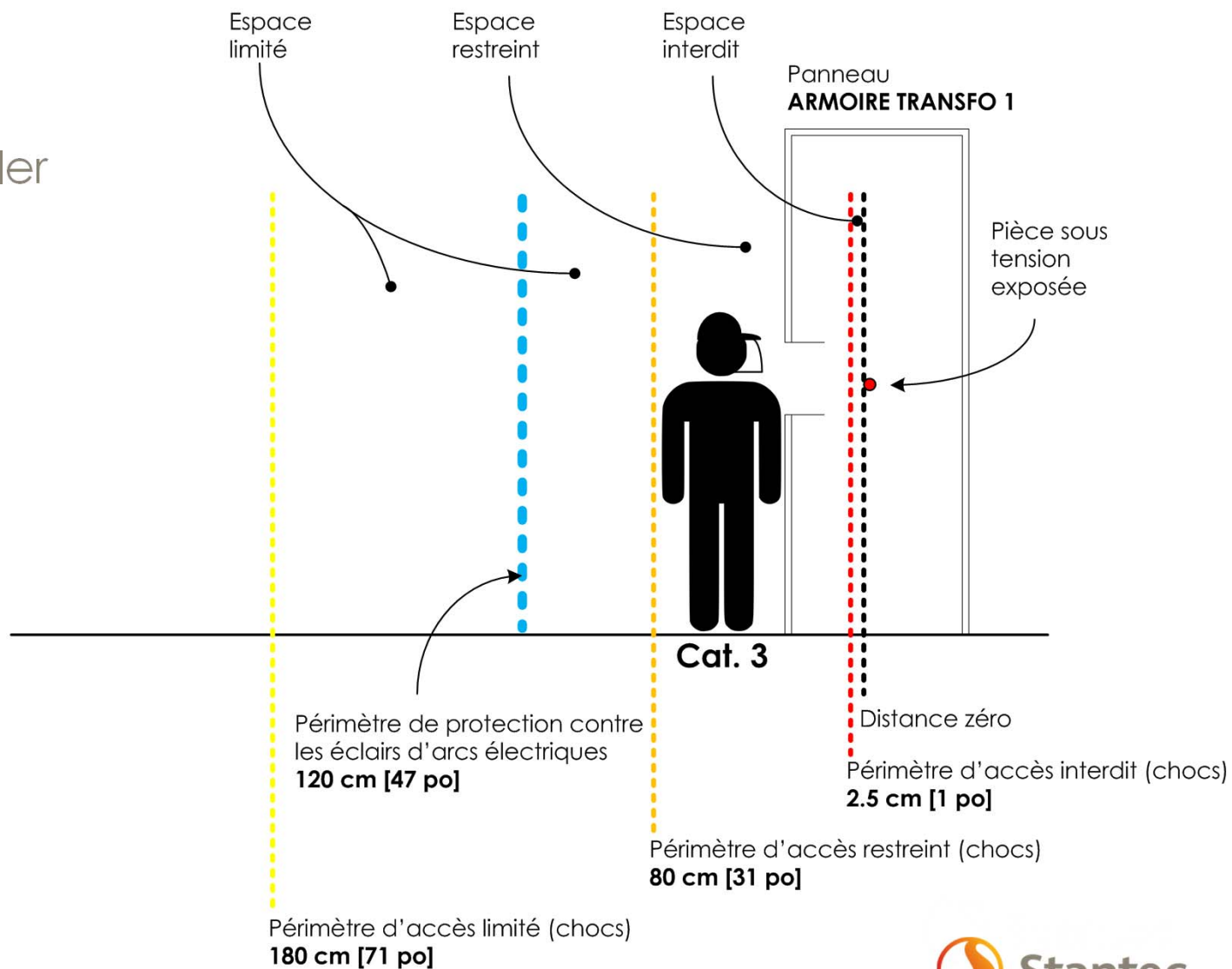
Exemple 3 – Transformateur 25 kV - 600 V

Pour se tenir devant le panneau ouvert...



Exemple 3 – Transformateur 25 kV - 600 V

Pour travailler devant le panneau ouvert...



Exemple 4 – Coffret de la génératrice G1

- Cabinet de la génératrice G1 dans lequel se trouve le disjoncteur de sortie;
- Cabinet nommé « COFFRET GENERATRICE G1 »;
- Génératrice non alimentée mais toujours en « standby »;
- Des travaux sont requis dans le coffret.

Exemple 4 – Coffret de la génératrice G1

 **DANGER**

Danger extrême d'éclats d'arcs et de choc électrique

**Le travail sous tension sur cet
équipement est interdit**



**DANGER EXTRÊME
D'ÉCLATS D'ARCS**

Catégorie de danger : **Cat. > 4**



**DANGER DE CHOCS
ÉLECTRIQUES**

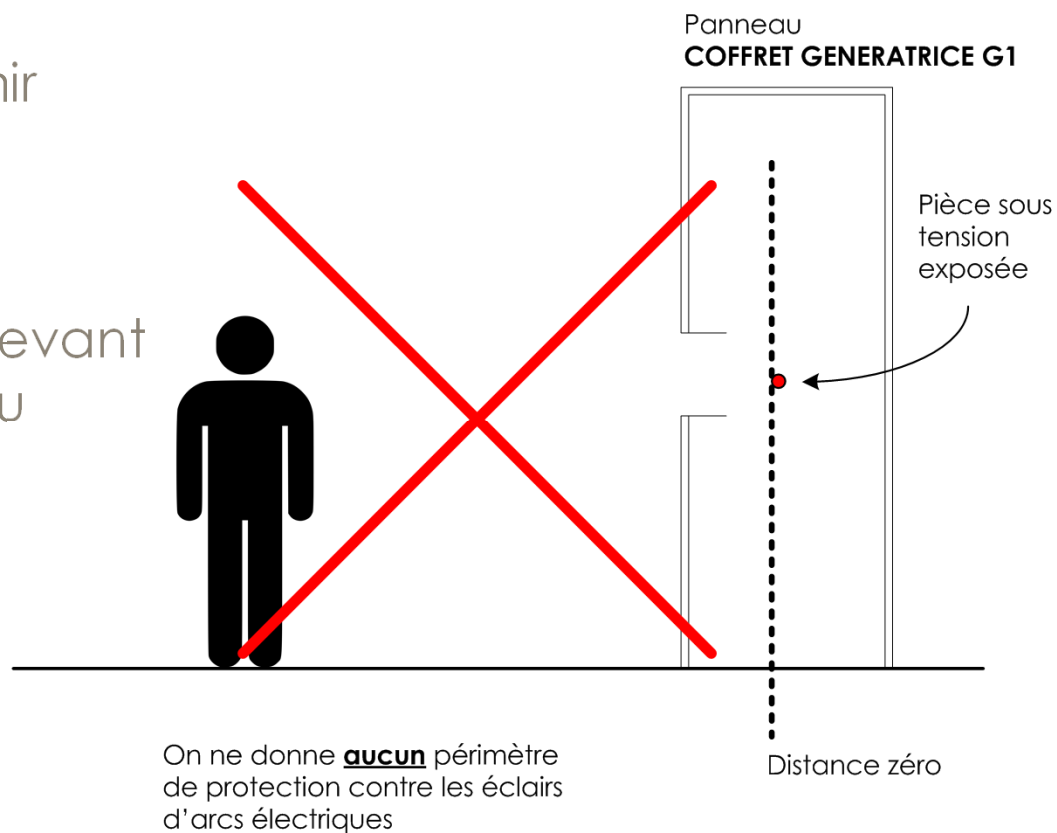
Tension : **600 V c.a.**

Nom de l'appareillage : **COFFRET GENERATRICE G1**
Projet: Laval – Station Fabreville

Étude conduite par : Stantec Experts-conseils Itée.
Date: janvier 2016 CSA Z462 Std. IEEE 1584

Exemple 4 – Coffret de la génératrice G1

Pour se tenir devant le panneau ouvert, ou travailler devant le panneau ouvert...



Exemple 4 – Coffret de la génératrice G1

Le panneau doit absolument être fermé lorsque sous tension ou qu'il risque de le devenir.

