



GUIDE

Comprendre et prévenir les risques électriques

5^e édition

Marie-Josée Ross



CONCEPTION ET RÉDACTION 2018

Marie-Josée Ross, ing.

MISE À JOUR DU GUIDE 2025

Julie Fennety, ing.

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Dominic Blais

ILLUSTRATIONS

Roxane Fournier

On peut se procurer des exemplaires du présent document en communiquant avec :

MultiPrévention

2405, boul. Fernand-Lafontaine, bureau 150

Longueuil (Québec) J4N 1N7

Tél. : 450-442-7763

Il est possible de télécharger ce document gratuitement à partir de notre site : multiprevention.org

Dans ce document, le générique masculin est utilisé sans discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.

Toute reproduction d'un extrait de ce document doit être autorisée par écrit par MultiPrévention et porter la mention de sa source.

Bien que ce guide ait été réalisé à partir de sources reconnues comme fiables et crédibles, MultiPrévention, ses administrateurs et son personnel n'assument aucune responsabilité des conséquences de toute décision prise conformément à l'information contenue dans le présent document, ou de toute erreur ou omission.

© 2025 MultiPrévention

ISBN : 978-2-921360-19-5, 1^{ère} édition

ISBN : 978-2-924694-42-8 Comprendre et prévenir les risques électriques (PDF)

ISBN : 978-2-924694-41-1 Comprendre et prévenir les risques électriques version imprimée (5^e édition)

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2025

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada, 2025



150-2405, boul. Fernand-Lafontaine

Longueuil (Québec) J4N 1N7

Tél. 450 442-7763

570-979, av. de Bourgogne

Québec (Québec) G1W 2L4

Tél. 418 652-7682

multiprevention.org





GUIDE

Comprendre et prévenir les risques électriques

5^e édition



Table des matières

Introduction	7
COMPRENDRE	
1 Comprendre l'électricité	
L'analogie entre l'électricité et l'eau	8
La loi d'Ohm	10
2 Comprendre le choc électrique	
Le passage du courant	11
La gravité des blessures	12
L'influence de la résistance	13
Les effets du courant	14
L'influence de la tension	16
Le danger du choc à 120 V ou moins	18
Les conséquences d'une électrisation	19
3 Comprendre le danger d'éclats d'arc	
La formation d'un arc électrique	20
Les conséquences des éclats d'arc	21
PRÉVENIR	
4 Connaître la réglementation et les normes	22
5 Travailler hors tension	
Pourquoi faut-il travailler hors tension ?	25
Quand travailler hors tension ?	26
Comment travailler hors tension ?	26
L'importance du point d'isolement	27
6 Travailler sous tension	
La planification des travaux sous tension	28
Les périmètres de protection	29
Les équipements de protection individuelle (ÉPI)	31
La sélection des ÉPI	33
Les instruments de mesure et le matériel isolé	36
Les stations d'essais électriques	38
7 Prévenir les chocs électriques indirects	
La mise à la terre	40
Le détecteur de fuite à la terre	42
Les outils à double isolation	43
La bonne polarité	43
8 Inspecter et entretenir les appareillages électriques	44
9 Foire aux questions	46
Références	47



Introduction

Vous est-il déjà arrivé de subir un choc électrique ? Connaissez-vous quelqu'un ayant déjà été électrisé ? Il est fort probable que vous répondiez « oui ».

Plusieurs questions sont régulièrement soulevées concernant le travail sur des installations ou des appareillages électriques : Quels effets peuvent provoquer un choc électrique sur le corps humain ? Est-ce qu'un voltage à 120 V présente réellement un danger ? Quelle est la réglementation dans ce domaine ? Est-ce que la norme CSA Z462 porte uniquement sur les vêtements anti-arcs ?

Ce document répond à ces questions en visant trois objectifs principaux :

- Faire connaître les circonstances dans lesquelles on peut subir un choc électrique ou subir des brûlures suite à un éclat d'arc ainsi que les effets engendrés sur le corps.
- Permettre d'identifier les risques liés au travail sur des composantes sous tension ou à proximité de celles-ci.
- Fournir des informations sur les procédures de travail et les moyens de prévention des risques d'accidents d'origine électrique.

Ce document est divisé en deux grandes sections : Comprendre et Prévenir.

La section *Comprendre* aborde des notions simples qui permettent de mieux « visualiser » le comportement de l'électricité en le rendant moins abstrait. Elle fournit également des informations sur la cause et les conséquences des blessures subies suite à un choc ou à un éclat d'arc.

La section *Prévenir* informe d'abord sur la réglementation et les normes relatives à la sécurité électrique. Le cœur de cette section présente les moyens qui doivent être mis en place et utilisés pour se protéger. Ces moyens sont ceux proposés par la norme CSA Z462 *Sécurité électrique au travail* et par d'autres références pertinentes.

Finalement, on retrouve une foire aux questions ainsi que plusieurs références en lien avec la sécurité entourant les tâches reliées à l'électricité.

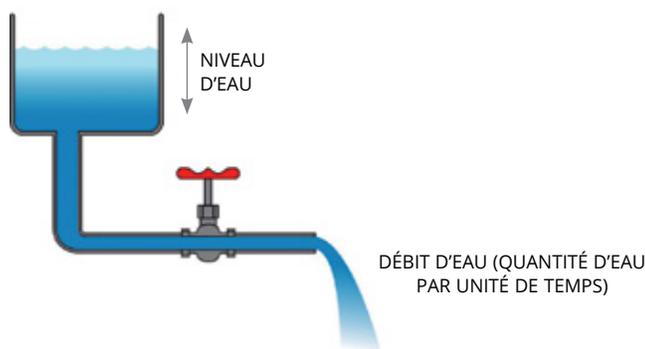
COMPRENDRE

1 Comprendre l'électricité

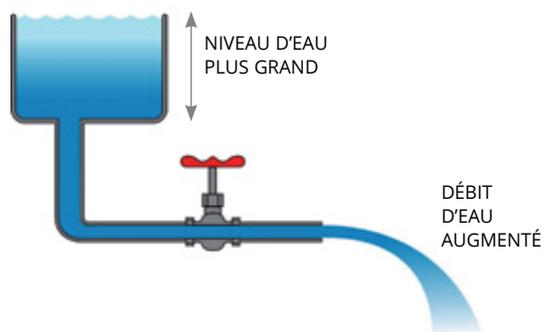
Vous trouverez dans cette section des notions simples qui permettent de mieux comprendre le comportement de l'électricité, de la rendre moins abstraite, en la comparant à l'eau. La loi d'Ohm qui interrelie certains paramètres utiles à la compréhension du choc électrique y est également présentée.

L'analogie entre l'électricité et l'eau

Voici un système hydraulique simple composé d'un réservoir rempli d'eau, d'un tuyau et d'une valve. L'eau exerce une pression qui varie selon le niveau d'eau dans le réservoir. Plus le niveau d'eau est élevé, plus la pression exercée est importante. Un certain débit d'eau s'écoule à l'ouverture du robinet.

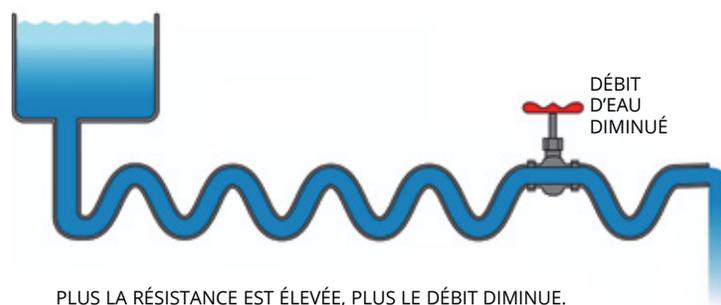


Le débit d'eau dépend entre autres de la pression exercée. L'augmentation du niveau d'eau a pour effet d'augmenter la pression, ce qui se traduit par une augmentation du débit d'eau qui s'écoule.



PLUS LA PRESSION EST ÉLEVÉE, PLUS LE DÉBIT AUGMENTE.

Si on modifie le système de manière à augmenter la résistance au passage de l'eau en allongeant le tuyau et en le rendant plus tortueux, par exemple, l'eau circulera plus difficilement dans le tuyau. Cette modification aura pour effet de diminuer le débit d'eau qui s'écoule.



PLUS LA RÉSISTANCE EST ÉLEVÉE, PLUS LE DÉBIT DIMINUE.

Inversement, si on modifie le système hydraulique de façon à réduire la résistance au passage de l'eau (aucun coude dans le tuyau, paroi lisse, etc.), on notera une augmentation du débit d'eau.

En somme il est important de retenir que :

Pression élevée	→	Débit élevé
Résistance faible	→	Débit élevé
Pression faible	→	Débit faible
Résistance élevée	→	Débit faible

Il est possible de faire une analogie simple entre l'électricité et l'hydraulique :

- **La pression du circuit hydraulique correspond à la tension du circuit électrique.**

Pour qu'un courant puisse circuler, il faut qu'une « force » soit exercée sur le système. Il s'agit de la tension électrique dont l'unité de mesure est le Volt « V ». Le terme « voltage » est habituellement utilisé lorsqu'on parle de la tension.

- **Le débit d'eau du circuit hydraulique s'apparente au courant électrique.**

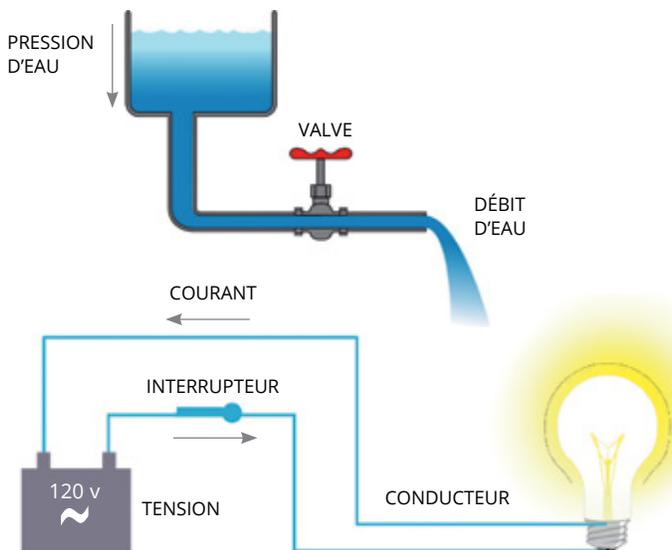
Le courant électrique est le déplacement de charges électriques dans un conducteur. Lorsqu'un individu subit un choc électrique, il y a passage d'un courant à travers son corps. L'unité de mesure qui permet d'évaluer l'intensité d'un courant est l'ampère (A) ou le milliampère (mA) qui correspond à un millième d'ampère : $0,001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$. Le terme « ampérage » est habituellement utilisé lorsqu'on parle du courant.

- **La tuyauterie correspond aux fils conducteurs d'un circuit électrique.**

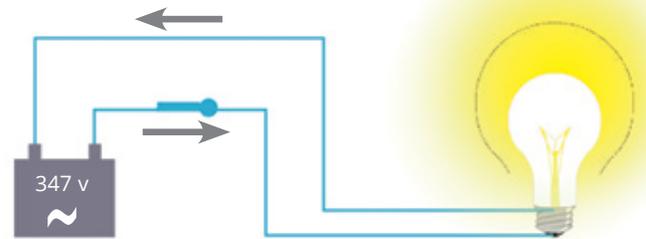
Les charges électriques se déplacent le long des conducteurs qui, selon leur nature, offrent plus ou moins de résistance au déplacement des charges. Un matériau isolant comme le plastique ou le caoutchouc offre beaucoup plus de résistance au passage du courant qu'un matériau dit « conducteur » comme le cuivre ou l'aluminium. Le corps humain, composé à 83% d'eau, constitue un très bon conducteur. La résistance électrique (R) s'exprime en Ohm dont le symbole est la lettre grecque omega (Ω).

- **La valve du circuit hydraulique s'apparente à l'interrupteur d'un circuit électrique.**

L'interrupteur permet de fermer le circuit électrique et de laisser passer le courant. Un interrupteur en position « off » (on dit également que le circuit électrique est ouvert), empêche le passage du courant dans le circuit électrique.

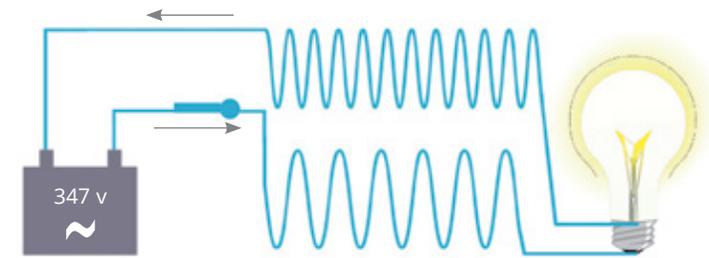


En faisant le même exercice avec l'électricité, on constatera qu'elle se comporte de manière similaire à l'eau. Par exemple, dans un circuit électrique donné, l'augmentation de la tension se traduira par l'augmentation du courant, comme l'augmentation de la pression dans le système hydraulique se traduit par l'augmentation du débit d'eau.



TENSION PLUS ÉLEVÉE = COURANT PLUS ÉLEVÉ

De même, si on augmente la résistance des conducteurs en changeant le matériau par un matériau ayant une moins bonne conductivité ou encore en allongeant de manière importante les conducteurs, on pourra observer une diminution du courant. Dans le système hydraulique, on pouvait observer le même effet; l'augmentation de la résistance au passage de l'eau réduisait le débit d'eau.



RÉSISTANCE PLUS ÉLEVÉE = COURANT PLUS FAIBLE

SYSTÈME HYDRAULIQUE	CIRCUIT ÉLECTRIQUE
Débit d'eau	Courant (Ampère)
Pression de l'eau	Tension (Volt)
Résistance au passage de l'eau	Résistance au passage du courant (Ohm)

La loi d'Ohm

Il a été possible de constater précédemment qu'il existe une étroite relation entre la tension électrique, la résistance et le courant. La loi d'Ohm permet de quantifier cette relation par le biais d'une formule mathématique simple. Elle s'exprime comme suit :

$$\Delta V = R \times I$$

ou encore $I = \Delta V / R$

ΔV : Différence de tension entre deux points d'un circuit électrique, exprimée en volts (V). Le symbole Δ signifie « différence »

R : Résistance exprimée en Ohm (Ω)

I : Courant exprimé en ampère (A)

Prenons l'exemple d'une ampoule électrique pour comprendre l'effet de ces différents paramètres les uns sur les autres. Supposons une ampoule alimentée par une tension de 120 volts et présentant une résistance électrique de 240 Ω . Pour déterminer le courant dans le circuit électrique, on utilise la loi d'Ohm :

$$\Delta V = 120 \text{ V}$$

$$R = 240 \Omega$$

Pour obtenir la valeur du courant, on utilise la loi d'Ohm sous la forme suivante :

$$I = \Delta V / R$$

$I = 120 \text{ V} / 240 \Omega = 0,5 \text{ A}$; un courant de 0,5 ampère ou 500 millièmes d'ampère circule dans le circuit de l'ampoule.

En modifiant les valeurs des paramètres, il est possible de constater l'influence de la tension et de la résistance sur l'intensité du courant.

Pour une même résistance, soit 240 Ω

- Si la tension augmente en passant de 120 V à 240 V, le courant augmentera en proportion et passera de 0,5 A à 1 A :

$$I = 240 \text{ V} / 240 \Omega = 1 \text{ A}$$

Pour une même tension, soit 120 V

- Si la résistance augmente de 10 fois (de 240 Ω à 2 400 Ω), le courant diminuera de 10 fois :

$$I = 120 \text{ V} / 2\,400 \Omega = 0,05 \text{ A}$$

- Si la résistance diminue de moitié, le courant doublera :

$$I = 120 \text{ V} / 120 \Omega = 1 \text{ A}$$

La loi d'Ohm est une notion indispensable à la compréhension des effets d'un choc électrique sur le corps humain.

En effet, ces notions seront utilisées dans les prochaines sections pour aider à mieux comprendre des situations de chocs électriques. Le corps d'une personne qui subit un choc électrique constitue un circuit dans lequel circule un courant. L'intensité du courant qui traverse le corps au moment du choc dépend de sa résistance (ou impédance¹) électrique et de la tension avec laquelle le corps entre en contact. La loi d'Ohm peut être utilisée pour estimer l'intensité du courant auquel a été soumise une personne qui a subi un choc électrique.

À retenir

Tension élevée \longrightarrow Courant élevé

Résistance faible \longrightarrow Courant élevé

Tension faible \longrightarrow Courant faible

Résistance élevée \longrightarrow Courant faible

Loi d'Ohm : $I = \Delta V / R$

- Où I est le courant, ΔV est la différence de tension et R est la résistance électrique.
- Au moment d'un choc électrique, le corps humain constitue un circuit électrique.

1 Pour des fins de simplification, nous utiliserons la notion de résistance tout au long du texte. La nuance entre la résistance et l'impédance n'est pas abordée dans ce document.

COMPRENDRE

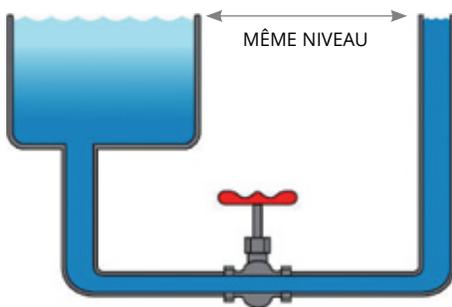
2 Comprendre le choc électrique

Cette section est consacrée à la compréhension du choc électrique. Vous y trouverez de l'information sur ce qui cause et ce qui influence l'importance des blessures au moment d'une électrisation, ainsi que les différents effets ressentis. La loi d'Ohm y est utilisée pour démontrer le côté « roulette russe » du choc électrique. Suite à un choc sur une même installation électrique, les blessures peuvent être de légères à mortelles selon les situations dans lesquelles la personne se trouve.

Il est à noter que les explications fournies dans cette section sont simplifiées. En réalité, le passage du courant dans le corps humain est très complexe; plusieurs paramètres entrent en jeu et influent sur les effets ressentis et sur les conséquences d'un choc électrique. On dit qu'il y a électrisation lorsqu'il s'agit d'un choc électrique avec ou sans blessure et électrocution lorsqu'il s'agit d'un choc électrique mortel.

Le passage du courant

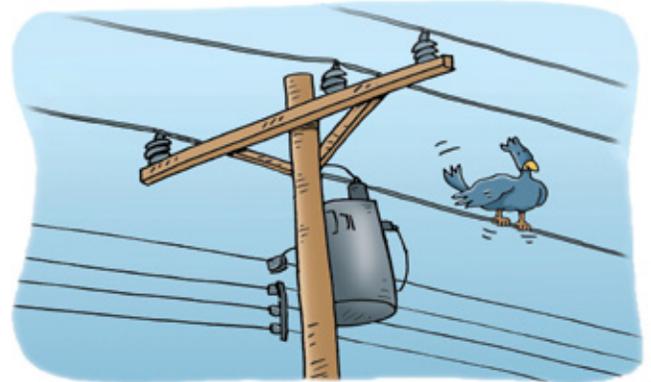
Dans le circuit hydraulique illustré ci-dessous, il n'y a aucun débit d'eau parce qu'il n'y a pas de différence de pression entre les deux extrémités; l'eau est au même niveau de part et d'autre.



AUCUN DÉBIT D'EAU

Il en est de même pour un circuit électrique. L'oiseau qui se pose sur un fil électrique dénudé à 14 000 V ne sera pas électrocuté. En effet, il n'y a pas de différence de tension entre ses pattes; elles sont toutes deux à 14 000 V. Aucun courant ne circule dans le corps de l'oiseau.

Il faut nécessairement que deux parties du corps soient exposées à des tensions différentes pour qu'il y ait passage de courant dans le corps. Il y a typiquement une électrisation lorsqu'une partie du corps entre en contact avec une composante sous tension alors qu'une autre partie du corps est « à la terre », c'est-à-dire à 0 volt.



Si l'oiseau entrait en contact avec une composante du poteau reliée à la terre (0 volt) en déployant ses ailes, il subirait un violent choc électrique puisque son corps serait exposé à une importante différence de tension, soit 14 000 volts aux pattes et 0 volt au bout d'une aile.

Il en est de même pour une personne. Dès que le corps est exposé à une différence de tension, il y a passage de courant et c'est celui-ci qui provoque les blessures.

La gravité des blessures

Les muscles, le cœur et le cerveau fonctionnent par l'intermédiaire de très faibles signaux électriques. Leur fonctionnement peut donc être perturbé par un courant électrique qui s'introduit accidentellement dans le corps. De plus, le passage de courant produit de la chaleur qui peut détruire les différents tissus du corps. Plusieurs facteurs influencent la gravité des blessures.

L'intensité du courant électrique

La gravité des blessures sera proportionnelle à l'intensité du courant électrique qui traverse le corps. L'intensité varie selon la résistance électrique des différents tissus et organes du corps, de l'habillement, etc. et de la tension électrique avec laquelle le corps entre en contact. Plus la résistance est faible, plus l'intensité du courant est élevée. Plus la tension est élevée, plus l'intensité du courant est élevée.

Le trajet du courant

Le trajet du courant dans le corps n'est pas précis. Il varie, entre autres, selon les parties du corps qui entrent en contact avec des composantes sous tension. Par exemple, l'illustration ci-dessous montre un travailleur qui touche par mégarde un fil dénudé sous tension de sa main gauche alors que sa main droite et son genou droit sont appuyés au sol (0V). Le travailleur subit une électrisation. Le courant suit deux trajets : il passe de la main qui touche le fil dénudé sous tension à l'autre main et de la main qui touche le fil au genou appuyé au sol. Le courant ne passera pas par sa jambe gauche parce qu'il porte des chaussures à semelles isolantes dont la résistance électrique est très élevée (millions d'Ohm).

Le courant qui passe entre deux doigts aura des conséquences beaucoup moins graves que le courant qui traverse le torse. En effet, si le trajet emprunté par le courant affecte le cœur, la blessure risque d'être mortelle.

La durée de passage du courant

Plus l'exposition au passage de courant est longue, plus les blessures risquent d'être importantes. Pour une même intensité, la durée de passage du courant peut transformer une simple électrisation en une électrocution, c'est-à-dire une électrisation mortelle.

La surface de contact

La résistance électrique diminue avec l'augmentation de la surface de contact avec un élément sous tension. Par exemple, le contact avec la paume de la main se traduit par une résistance beaucoup plus faible qu'un contact avec le bout du doigt.

Les caractéristiques physiologiques de la personne

Les femmes ressentiront généralement des effets à partir de courants plus faibles que les hommes. D'autre part, les mains moites offrent une résistance électrique plus faible que les mains sèches ou calleuses (peau avec de la « corne »).

À titre indicateur, la résistance (impédance) totale du corps peut varier de 500 Ω à 10 000 Ω selon différents paramètres (peau, trajet du courant, surface de contact, tension de contact).



LE PASSAGE DE COURANT DANS LE CORPS CRÉE LES BLESSURES.

L'influence de la résistance

L'exemple ci-dessous illustre le cas de deux personnes qui subissent un choc électrique, mais qui ressentent des effets très différents parce que l'intensité du courant qui les traverse n'est pas la même. Cet exemple est inspiré d'un document publié par Hydro-Québec pour sensibiliser la population aux dangers de l'électricité.

Daniel s'apprête à tondre le gazon avec une vieille tondeuse électrique dont le cordon d'alimentation et l'interrupteur de démarrage sont abîmés. Il est pieds nus et la pelouse est encore humide.

Il démarre la tondeuse et sent subitement une violente secousse dans son corps. Il est incapable de lâcher prise de la manche de la tondeuse. Daniel est pris !

Son père l'aperçoit et se précipite pour le pousser d'un coup sec afin de le faire lâcher prise¹. Le choc électrique cesse. Au moment du contact avec Daniel, le père n'a ressenti qu'un léger fourmillement aux mains.

Pourquoi n'ont-ils pas ressenti les mêmes effets ? Daniel a subi un choc électrique suffisamment intense qui « paralysait » tous ses muscles, l'empêchant de lâcher prise alors que son père n'a ressenti qu'un léger fourmillement. Pour répondre à cette question, il faut tenter d'évaluer le courant qui a traversé leur corps.

Supposons d'abord que la différence de tension à laquelle ils ont été exposés soit la même, c'est-à-dire 120 V. Leur résistance électrique est toutefois différente.

- Pour Daniel, c'est la résistance de la peau de sa main et de ses pieds nus que l'on peut estimer à 1 500 Ω.
- Pour le père, c'est la résistance de la peau de sa main et des semelles de ses souliers que l'on peut estimer à 50 000 Ω.

Le courant qui a traversé leur corps est déterminé en appliquant la loi d'Ohm.

$$\text{Loi d'Ohm : } I = \Delta / R$$

$$\begin{aligned} \text{Pour Daniel : } I &= 120 \text{ V} / 1\,500 \, \Omega = 80 \text{ mA} \\ I &= 120 \text{ V} / 50\,000 \, \Omega = 2,4 \text{ mA} \end{aligned}$$

On constate que les courants en jeu sont de l'ordre des milliampères (mA) (1 milliampère = 0,001 ampère). Le « circuit électrique humain » est sensible au passage d'un courant électrique. Il peut subir de graves blessures, même à des courants de faibles intensités.

L'influence de la résistance durant un choc électrique se résume à ceci : plus la résistance électrique d'une personne est élevée, plus le courant qui traverse son corps au moment du choc est faible.

Il est à noter que les calculs et les estimations sont simplifiés. En réalité, le phénomène d'électrisation est beaucoup plus complexe. Cet exemple permet tout de même de donner un aperçu des différents effets qu'il est possible de ressentir au moment d'un choc électrique.



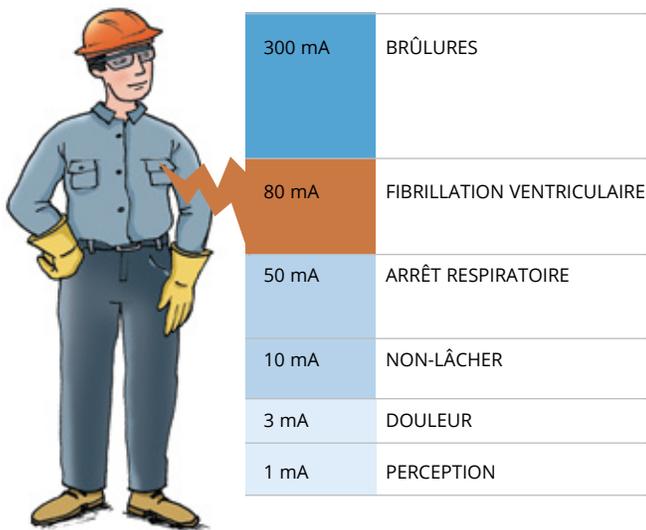
ÉLECTRISATION SUR UNE TONDEUSE DONT L'ISOLATION ÉLECTRIQUE EST ABÎMÉE.



¹ Cette pratique est dangereuse. Le père aurait d'abord dû débrancher la tondeuse.

Les effets du courant

Les effets du passage d'un courant électrique dans le corps sont variables. Comme il a été mentionné précédemment, plusieurs paramètres entrent en ligne de compte (intensité du courant, durée de passage du courant, surface de contact, etc.). L'échelle ci-dessous fournit un aperçu des effets ressentis selon l'intensité du courant au moment du choc, pour une durée de passage de courant d'environ 2 secondes.



SEUIL DE PERCEPTION : 1 mA

La majorité des gens ont déjà subi un léger choc électrique avec pour simple effet une sensation de picotement, sans blessure. L'intensité du courant se situe alors à environ 1 mA qui est le seuil de perception.

SEUIL DE DOULEUR : 3 mA

Si l'intensité du courant augmente, la secousse électrique est plus importante et elle est accompagnée d'une sensation de douleur. Il n'y a habituellement aucun effet physiologique dangereux.

SEUIL DE TÉTANISATION MUSCULAIRE (SEUIL DE NON-LÂCHER) : 10 mA

Le phénomène de tétanisation musculaire est en quelque sorte une contraction musculaire involontaire qui peut se manifester à partir d'une intensité de 10 mA. Typiquement, lorsque le bras et la main sont soumis à un courant suffisamment élevé pour provoquer la tétanisation, la main se referme sous l'effet de la contraction et maintient le contact avec la source d'énergie. La victime est alors incapable de lâcher prise. Le seuil du non-lâcher est évalué à environ 10 mA, mais il peut varier d'un individu à l'autre.

SEUIL D'ARRÊT RESPIRATOIRE : 50 mA

La tétanisation des muscles du diaphragme se manifeste à partir d'environ 50 mA, c'est alors l'arrêt respiratoire, le seuil d'asphyxie. Le choc est alors très douloureux et il provoque de sévères contractions musculaires.

Dans certaines circonstances, la victime sera projetée au lieu de rester « prise ». C'est que le passage du courant stimule d'autres muscles qui provoquent une projection de la victime. Ce phénomène est peu documenté dans la littérature.

SEUIL DE FIBRILLATION VENTRICULAIRE : 80 mA

La fibrillation ventriculaire est une action désordonnée du muscle cardiaque qui peut résulter du passage de courant au travers le torse. Elle entraîne un arrêt de la circulation du sang pouvant provoquer la mort dans les minutes qui suivent. Le rythme cardiaque ne peut pas se rétablir spontanément. La seule façon de défibriller le cœur est d'utiliser un défibrillateur électrique. Les bonnes manœuvres de réanimation cardiaque permettent toutefois de faire circuler le sang en attendant les secours. Un courant de 80 mA peut être suffisant pour déclencher une fibrillation ventriculaire qui est directement reliée à la durée de passage du courant. Au-delà d'une certaine intensité de courant, un arrêt cardiaque réversible peut toutefois survenir.

SEUIL DE BRÛLURE : 300 mA

Le passage du courant s'accompagne d'un dégagement de chaleur qui peut causer des brûlures. Le seuil de 300 mA est une valeur approximative parce que la durée de passage influence grandement la gravité de la brûlure. Plus l'intensité du courant est élevée et plus la durée de passage du courant est longue, plus il est possible de subir des altérations de la peau (rougeurs, boursoufflures, carbonisation de la peau). Des brûlures se manifestent également en profondeur, dans les muscles et les nerfs. Des complications rénales, pouvant aller jusqu'au décès, peuvent même survenir dans les heures qui suivent l'électrisation si la quantité de tissus détruits est importante.

Les effets tardifs

En plus des effets immédiats ressentis au moment du choc ou juste après, il y a les effets tardifs qui peuvent se manifester dans les heures ou dans les jours qui suivent : arythmie cardiaque, pertes de mémoire, douleur chronique, infections, cataractes, etc.

Le courant continu

Les accidents en courant continu sont beaucoup moins fréquents que ceux en courant alternatif. Pour produire les mêmes effets, par exemple la fibrillation ventriculaire, les intensités nécessaires en courant continu doivent être de deux à quatre fois supérieures à celles qui sont nécessaires en courant alternatif. Ceci s'explique en grande partie par le fait qu'il n'y a pas d'oscillations (pas de passage au zéro) en courant continu. Les muscles sont donc moins stimulés.

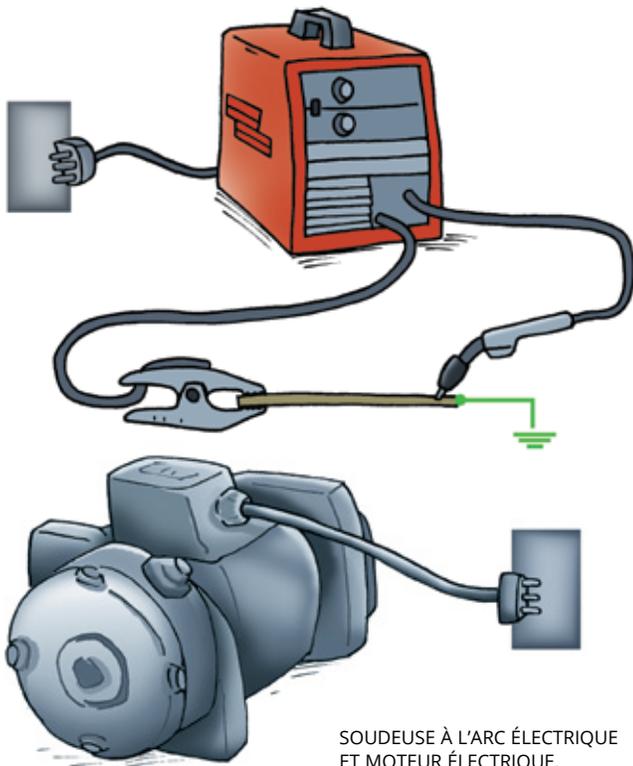
L'influence de la tension

La nature des blessures pouvant être subies au moment d'un choc électrique dépend donc beaucoup de l'intensité du courant. L'exemple précédent démontrait l'influence de la résistance électrique sur l'intensité du courant qui a traversé le corps du père et du fils, mais qu'en est-il de l'influence de la tension ?

Voici deux situations où une personne subit un choc électrique. Laquelle est la plus dangereuse ?

Électrisation sur une soudeuse à l'arc électrique

La tension à vide d'une soudeuse à l'arc électrique est de 80 V. Lorsque l'arc électrique est amorcé, la tension baisse à environ 25 à 40 V et le courant de soudage est de l'ordre de 100 A. Le porte-électrode est fissuré, mais la soudeuse fonctionne quand même très bien. Monsieur X a appuyé une main sur la table de travail en métal et de l'autre main, il prend son porte-électrode à main nue alors que la soudeuse est sous tension. Il subit un choc électrique.



Électrisation sur un moteur électrique

Un courant de 6 A circule dans les conducteurs du moteur électrique monophasé alimenté à 347 V lorsqu'il fonctionne. Le moteur est défectueux et Monsieur Y cherche à détecter le problème. Il retire le carter de protection et il entre accidentellement en contact avec un conducteur sous tension durant ses tests. Il subit un choc électrique.

Pour savoir laquelle de ces deux situations est susceptible de provoquer les blessures les plus sévères, il faut évaluer le courant qui traverse le corps des deux individus au moment du choc en utilisant la loi d'Ohm. Pour cet exemple, on fait l'hypothèse que la résistance électrique de Monsieur X et de Monsieur Y est la même dans les deux cas.

- Loi d'Ohm : $I = \Delta / R$
- La différence de tension à laquelle Monsieur X est exposée dans le cas de la soudeuse est de 80 V, et celle de Monsieur Y est de 347 V dans le cas du moteur.
- Supposons que la résistance électrique de Messieurs X et Y est estimée à 10 000 Ω de main à main.
- Le courant qui a traversé le corps des deux personnes est évalué à :
 - Dans le cas de Monsieur X (soudeuse) :
 $I = 80 \text{ V} / 10\,000 \Omega = 8 \text{ mA}$
 - Dans le cas de Monsieur Y (moteur) :
 $I = 347 \text{ V} / 10\,000 \Omega = 34 \text{ mA}$

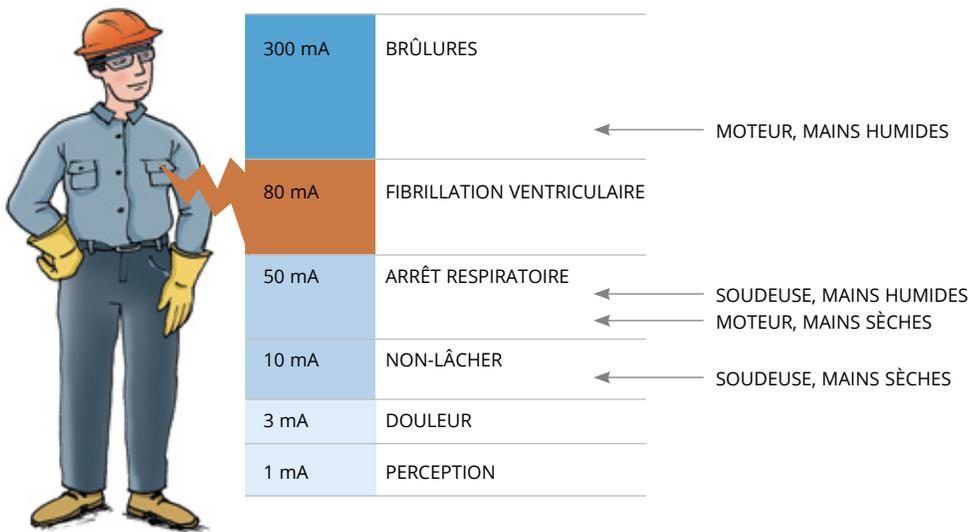
Monsieur Y subira des effets plus sévères que Monsieur X parce que le courant qui traverse son corps est plus élevé.

Il est très important de distinguer le courant qui traverse le circuit d'un équipement électrique du courant qui traverse le corps au moment du choc. Un courant de 100 A peut sembler impressionnant, mais il est faux de croire que le corps sera soumis à un tel courant. Le corps est un circuit indépendant du circuit des équipements. Le courant dans les circuits d'un équipement électrique n'a pas d'influence sur le courant qui traverse le corps au moment d'un choc électrique.

Ce qui détermine le courant qui traverse le corps au moment d'un choc est la tension avec laquelle le corps entre en contact et la résistance du corps humain.

Les effets du choc électrique sur le moteur seraient la tétanisation des muscles et l'incapacité de lâcher prise. Les effets du choc sur la soudeuse seraient une secousse électrique et une sensation de douleur (voir les effets du courant à la section précédente).

Supposons maintenant que la résistance électrique de Messieurs X et Y était de 2 000 Ω . Il s'agit de la résistance électrique entre les deux mains humides, en considérant des surfaces de contact importantes. En utilisant la loi d'Ohm, on obtient un courant de 40 mA dans le cas d'un choc sur la soudeuse et de 173 mA dans le cas d'un choc sur le moteur. Dans ce deuxième cas, Monsieur Y risquerait de mourir par électrocution puisque le seuil de fibrillation ventriculaire serait atteint.



Le danger du choc à 120 V ou moins

Prendre un choc sur un équipement électrique alimenté à une tension de 120 V ou moins peut ne pas sembler dangereux. Pourtant, ce choc pourrait être très grave dans certaines circonstances. Voici deux exemples, dans un cas le travailleur l'a échappé belle, tandis que dans l'autre...

Un « passé proche »

Un soudeur qui assemble des réservoirs en métal doit réparer un support métallique à l'extérieur du bâtiment. Il est très rare qu'il doive travailler dehors. Il a plu récemment et le sol est mouillé, mais le soleil brille à nouveau maintenant. Le soudeur sort son équipement, branche l'alimentation de sa soudeuse et se penche pour prendre son porte-électrode et la pince de retour qui avaient été déposés sur le sol. Il subit un violent choc électrique. Ses muscles sont tétanisés, il est incapable de lâcher prise. Un collègue de travail qui l'aperçoit se précipite pour fermer l'interrupteur de la soudeuse. Le soudeur est hospitalisé et est mis sous surveillance médicale pendant 24 heures. Heureusement, aucune complication n'est survenue. Il a toutefois ressenti des douleurs importantes au cou et dans les bras pendant plusieurs semaines.

Comment se fait-il qu'il ait subi un choc ?

- L'isolation du porte-électrode était abîmée;
- Le porte-électrode et la pince de retour étaient humides;
- La soudeuse et le porte-électrode (80 V à vide) étaient sous tension;
- La grande surface de contact (la paume des mains qui empoignent le porte-électrode et la pince de retour) a favorisé le passage du courant.

En appliquant la loi d'Ohm, on peut estimer la résistance électrique du soudeur au moment du choc.

I : Selon les effets ressentis, l'intensité du courant qui a traversé son corps est supérieure au seuil de tétanisation musculaire et est estimée à 30 mA, soit 0,030 A.

ΔV : La différence de tension à laquelle il a été exposé est de 80 V.

$$R = \Delta V / I = 80 \text{ V} / 0,030 \text{ A} = 2\,600 \, \Omega$$

La résistance électrique est estimée à 2 600 Ω .

Un cas de décès

Un travailleur qui effectue des travaux à l'intérieur d'un réservoir métallique utilise une baladeuse électrique en très mauvais état, alimentée par une tension de 120 volts. La douille de la lampe est à découvert et la borne de mise à la terre a été arrachée. La baladeuse est branchée à une prise de courant ordinaire qui n'est pas protégée par un détecteur de fuite à la terre. La main du travailleur entre en contact avec une composante sous tension de la baladeuse. Le courant est suffisamment élevé pour provoquer une contraction musculaire ; le seuil de non-lâcher est atteint. Le travailleur est électrisé pendant plusieurs secondes et son cœur entre en fibrillation ventriculaire. Le travailleur meurt électrocuté. On constate qu'une tension de 120 V représente un réel danger.

La norme CSA Z462-2021 *Sécurité électrique au travail* considère que les circuits sous-tension à découvert fonctionnant à plus de 30 V c.a. et 60 V c.c. peuvent engendrer des risques.

Les conséquences d'une électrisation

Il est difficile de prévoir les effets d'un choc électrique car plusieurs facteurs entrent en jeu. C'est pourquoi il faut tenter à tout prix de se protéger contre tout contact avec des composantes sous tension. Il existe de nombreux moyens de le faire, mais pour diverses raisons (sous-estimation du risque, manque de moyens à leur disposition, manque de connaissances, etc.) chaque année des gens sont victimes de chocs électriques et subissent des blessures. Les conséquences des accidents électriques peuvent être classées selon quatre niveaux : bénin, alarmant, grave ou mortel.

L'accident bénin

Le choc ne dure qu'un instant et la personne ne ressent rien ou ressent légèrement le courant traverser son corps. Elle n'est pas restée agrippée. Elle est consciente, respire normalement, peut présenter une certaine émotion. En général, ce choc est sans complication à l'exception d'une femme enceinte. Dans ce cas, il faut un examen médical immédiatement après le choc pour s'assurer que le fœtus n'a pas été affecté. L'intensité du courant n'est pas suffisamment élevée pour provoquer des effets dangereux chez la plupart des personnes.

L'accident alarmant

La personne est restée prise jusqu'à ce qu'une autre personne intervienne pour couper l'alimentation électrique. Elle peut aussi avoir été projetée par le choc. La personne a senti le courant passer dans son corps et elle a ressenti de la douleur. Elle peut avoir des troubles de conscience, des étourdissements, etc. Elle a de la difficulté à expliquer comment elle se sent. Elle répète que « tout va bien ». Des complications cardiaques peuvent survenir suite à ce type de choc. Cette personne doit consulter immédiatement un centre hospitalier pour être examinée. Elle sera probablement mise sous surveillance médicale pendant 24 heures.

Source : Hydro Québec « Les 4 types d'accidents »

L'accident grave

La personne reste inconsciente, même après avoir été délogée de la source électrique. La respiration est difficile. Il peut y avoir des marques de brûlures et la personne peut être en état de choc. Des complications cardiaques et rénales peuvent survenir. Cette personne doit être hospitalisée et soignée immédiatement. Il faut donc appeler de l'aide (911) et au besoin pratiquer la réanimation cardio-respiratoire en attendant l'ambulance.

L'accident mortel

La victime ne respire pas et n'a pas de pouls décelable. Il faut appeler de l'aide (911). Des efforts de réanimation doivent être appliqués et maintenus jusqu'à l'arrivée des ambulanciers même si la situation semble désespérée.

On doit absolument éviter de toucher une personne qui subit une électrisation. Il faut d'abord trouver l'interrupteur et le mettre en position « off » ou débrancher la source de courant. Une fois le courant interrompu, on peut appeler les secours et venir en aide à la victime.

La victime doit être accompagnée d'un témoin de l'accident qui pourra fournir des informations sur les circonstances de l'accident. Si des complications surviennent, l'équipe médicale pourra intervenir plus efficacement.

À retenir

- C'est l'intensité du courant qui traverse le corps qui crée les blessures. La durée et le trajet du courant ont une influence sur la gravité des blessures.
- L'intensité du courant dépend de la différence de tension à laquelle le corps est exposé et de sa résistance électrique au moment du choc.
- Selon la résistance électrique du corps, prendre un choc à 120 V peut être mortel.
- Si la victime perd conscience ou se sent mal, même si elle se sent mieux par la suite, il faut qu'elle voie un médecin.

COMPRENDRE

3 Comprendre le danger d'éclats d'arc

La formation d'un arc électrique suite à un court-circuit ou à une défaillance peut provoquer des éclats d'arc et entraîner des blessures graves.

La formation d'un arc électrique

Un arc électrique est un flux de courant qui se propage dans l'air entre deux conducteurs ou entre un conducteur et une composante mise à la terre. Les éclairs qu'on observe pendant les orages sont des arcs électriques entre deux nuages ou entre un nuage et le sol.

Dans les installations électriques, l'arc électrique peut se produire suite à :

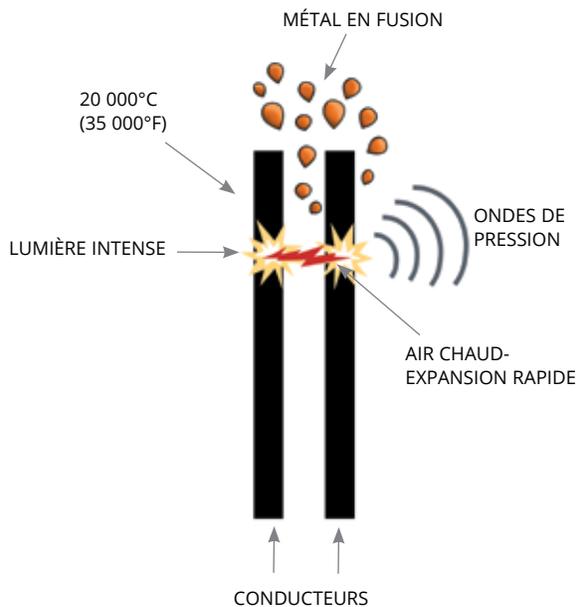
- la détérioration des isolants par vieillissement ou usure;
- un défaut dans l'équipement électrique;
- un court-circuit accidentel causé par un élément conducteur (tige d'un tournevis, sondes d'un multimètre, câble dénudé qui se détache et entre en contact avec une phase);
- l'utilisation d'un appareil de mesure inadéquat.

Par exemple, l'actionnement d'un relais électromécanique usé peut générer un arc électrique. Le relais électromécanique interrompt le courant dans un circuit en ouvrant et en séparant les contacts métalliques par un espace d'air. Comme le contact n'est pas coupé instantanément, il est possible qu'en se séparant, les contacts métalliques créent un arc électrique dans l'espace d'air.

Dans certaines circonstances, l'énergie dégagée durant la formation d'un arc électrique peut être extrêmement intense. Il y a une très forte augmentation de la température, de l'intensité lumineuse et de la pression; tout cela en une fraction de seconde. La température est si élevée, 20 000°C (35 000°F), qu'elle fait fondre le métal et surchauffe l'air ambiant. Le cuivre a la particularité de se dilater environ 67 000 fois son volume lorsqu'il passe directement de l'état solide à l'état gazeux. Cette expansion brutale s'apparente à une déflagration, appelée communément « éclats d'arc ». Les termes « boule de feu », éclats d'arc et « arc flash » sont également utilisés pour décrire la déflagration provoquée par un puissant arc électrique.

La quantité d'énergie dégagée par l'arc électrique est appelée énergie incidente. Elle dépend du courant de court-circuit au point de défaut, de la tension du circuit et de la durée de l'arc qui est reliée entre autres au temps de réaction des dispositifs de protection (fusibles, disjoncteurs).

Un arc électrique dans un système ayant une capacité de court-circuit élevée jumelée à un dispositif de protection dont le délai de réaction est « lent » générera une grande quantité d'énergie susceptible de provoquer de graves blessures.



L'ARC ÉLECTRIQUE PEUT DÉGAGER UNE TRÈS GRANDE QUANTITÉ D'ÉNERGIE.

Les conséquences des éclats d'arc

La vitesse à laquelle se produisent les éclats d'arc est si grande qu'il est impossible de réagir à temps pour se protéger. Les blessures subies sont typiquement des brûlures aux yeux, au visage, aux mains et aux avant-bras. Dans certains cas, les vêtements peuvent prendre en feu. Les projections de métal en fusion et la lumière intense générée durant l'arc peuvent blesser gravement les yeux. Les éclats d'arc sont associés à la formation de fortes ondes de pression qui peuvent causer des dommages au tympan de l'oreille. La victime peut même être projetée violemment sous l'effet de la déflagration.

Éclats d'arc durant des tests de vérification



Un technicien s'affaire à vérifier les contacteurs d'alimentation de la fournaise à l'huile d'un centre universitaire. Il effectue les mesures dans un panneau électrique où des tensions de 600 V et de 24 V se côtoient. Il crée accidentellement un contact entre deux bornes sous tension avec une des sondes de son multimètre, ce qui produit un violent arc électrique. Le technicien est gravement brûlé au visage et à différents endroits sur le corps parce que ses vêtements ont pris feu.

L'énergie dégagée varie selon :

- le délai d'ouverture des dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles et disjoncteurs);
- le courant de court-circuit disponible;
- la tension du réseau;
- l'entretien des équipements.

Par exemple, plus le délai d'ouverture d'un dispositif de protection est long en présence d'un court-circuit, plus l'énergie dégagée sera importante et plus le périmètre de protection sera éloigné. À l'inverse, un dispositif de protection ayant un délai d'ouverture très court influencera à la baisse l'énergie dégagée.

Il est donc possible de réduire l'énergie incidente en choisissant judicieusement les dispositifs de protection. Il est également possible d'augmenter le niveau de protection contre les éclats d'arc en utilisant des moyens éprouvés (ex. : appareils de commutation résistants aux arcs, débrogage/embrogage à distance de disjoncteurs ou démarreurs dans

des tiroirs). D'autres moyens sont indiqués dans la norme CSA Z462 *Sécurité électrique au travail*.

Les méthodes de calculs d'énergie incidente sont complexes et doivent être réservées aux personnes compétentes telles que les ingénieurs électriques.

Les risques auxquels s'expose le travailleur qui effectue des travaux sous tension sont donc de deux types : le risque de subir une électrisation en entrant en contact avec des composantes sous tension et le risque de subir des blessures suite à une exposition aux éclats d'arc.



PHOTO: ELECTRICAL SAFETY AUTHORITY OF ONTARIO
La victime a subi des brûlures au 2^e et 3^e degré au cou, au visage et aux mains suite à un mauvais branchement dans le multimètre.

La norme CSA Z462 *Sécurité électrique au travail* présente les pratiques de travail sécuritaires à appliquer par les travailleurs exposés à un danger électrique. Plusieurs croient que cette norme se concentre uniquement sur la protection vestimentaire en cas d'éclats d'arc. En fait, cette norme préconise d'abord et avant tout le travail hors tension. Elle prévoit en deuxième lieu, pour les situations où il est impossible de travailler hors tension, des moyens pour réduire le risque de choc électrique et de blessure suite à la formation d'éclats d'arc. Les équipements de protection tels que des gants, une visière, des vêtements ignifuges et anti-arcs et des protecteurs auditifs en font partie.

Nous traitons de ces différents moyens dans les sections suivantes.

PRÉVENIR

4 Connaître la réglementation et les normes

Vous pouvez retrouver dans les références suivantes de l'information et diverses exigences sur les champs d'activité réservés aux électriciens et sur de nombreux aspects de la sécurité électrique.

Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST)

La LSST précise les droits et les obligations des employeurs et des travailleurs. L'article 51 de la Loi précise que l'employeur a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs. Il doit utiliser des méthodes et des techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques, informer adéquatement les travailleurs sur les risques, etc.

L'article 49 de la Loi oblige le travailleur à prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger sa santé, sa sécurité et son intégrité physique ainsi qu'à veiller à ne pas mettre en danger d'autres individus présents sur les lieux du travail ou à proximité.

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)

Ce règlement a pour objet d'établir des normes en vue d'assurer la qualité du milieu de travail, de protéger la santé des travailleurs et d'assurer leur sécurité et leur intégrité physique. Toutefois très peu d'articles portent spécifiquement sur l'électricité. Certains articles informent sur l'encadrement du cadenassage en milieu de travail et d'autres articles traitent des obligations de l'employeur et du travailleur en regard des moyens et des équipements de protection individuels ou collectifs.

Code de construction, Chapitre V - Électricité

Ce code est essentiellement le Code canadien de l'électricité, première partie, avec quelques modifications pour le Québec. Le code s'applique à tous les travaux d'électricité (ajouts, modifications, etc.) dans une installation électrique auxquels la Loi sur le bâtiment s'applique.

L'installation électrique est définie dans le Code : toute installation de câblage sous-terre, hors-terre ou dans un bâtiment, pour la transmission d'un point à un autre de

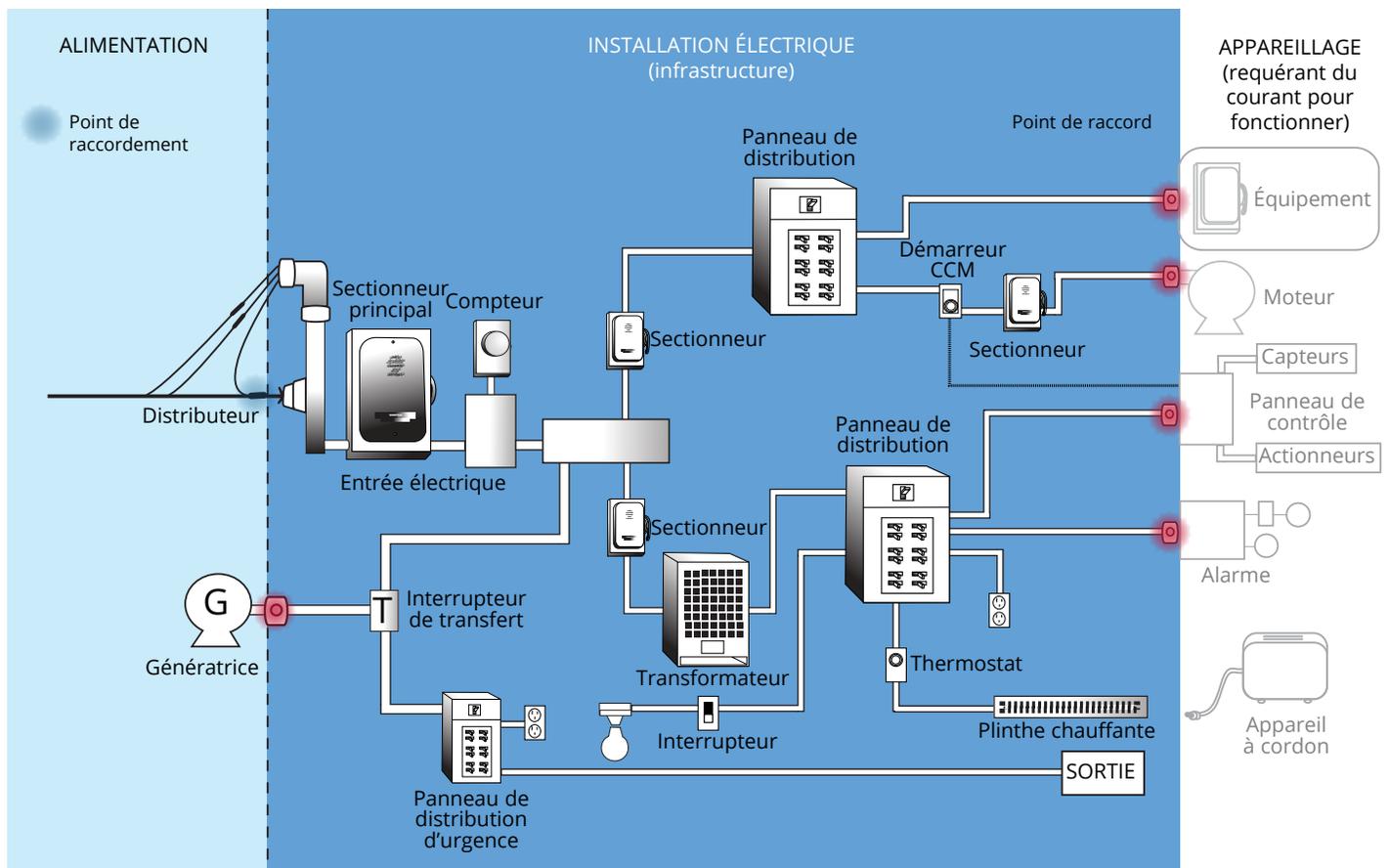
l'énergie provenant d'un distributeur d'électricité ou de toute autre source d'alimentation, pour l'alimentation de tout appareillage électrique, y compris la connexion du câblage à cet appareillage.

En bref, l'installation électrique vise « l'infrastructure » servant à acheminer le courant électrique à un appareillage qui requiert du courant pour fonctionner (moteur, appareil à cordon d'alimentation, etc.) mais, pas cet appareillage. Il est à noter qu'au Québec, les plinthes chauffantes et les luminaires font partie de l'installation électrique. Le schéma à la page suivante permet de distinguer l'installation électrique de l'alimentation et de l'appareillage.

Le Code spécifie qu'il est interdit d'utiliser dans une installation électrique ou de raccorder en permanence à une installation électrique un appareillage non approuvé. Pour être approuvé, un appareillage doit avoir reçu une certification d'un organisme reconnu par la Régie du bâtiment : CSA, ULC, Intertek, etc.

Loi sur la formation et la qualification professionnelles de la main-d'œuvre (L.R.Q., c.F-5)

Divers métiers sont réglementés afin d'assurer la sécurité des travailleuses et des travailleurs ainsi que celle du public. En vertu de la loi, il est obligatoire de détenir un certificat de qualification professionnelle pour exercer un métier réglementé.



DISTINCTION ENTRE L'ALIMENTATION, L'INSTALLATION ET L'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE.

Règlement sur les certificats de qualification et sur l'apprentissage en matière d'électricité, de tuyauterie et (...) (c. F-5, r.1.2)

Ce règlement régit l'admission à l'apprentissage et la délivrance de certificats de qualification. Emploi-Québec est l'organisme qui gère la délivrance des certificats pour les métiers réglementés tels que le métier d'électricien hors construction. **Il est nécessaire de détenir un certificat de qualification en électricité pour pouvoir effectuer tous travaux d'installation, d'entretien, de réparation, de réfection ou de modification d'une installation électrique** (voir le schéma ci-haut qui distingue l'alimentation, l'installation et l'appareillage électrique).

Pour obtenir ce certificat, il faut d'abord compléter un programme d'apprentissage comprenant une formation professionnelle ainsi qu'une durée d'apprentissage

supervisée et consignée dans un carnet d'apprenti. Il faut ensuite réussir l'examen de qualification prévu. Une personne qui détient déjà un certificat de compétence en électricité délivré par la Commission de la construction du Québec est exemptée de l'examen de qualification.

Il existe également un certificat restreint en connexion d'appareillage (RCA) qui permet d'effectuer des travaux de connexion ou de déconnexion d'un appareillage à du câblage faisant partie d'une installation électrique (voir les points rouges sur le schéma). Les personnes détenant certains diplômes reconnus peuvent obtenir ce certificat (RCA) sans passer par le programme d'apprentissage.

L'appareillage électrique ne fait pas partie de l'installation électrique (voir le schéma ci-haut). Il n'est donc pas nécessaire de détenir un certificat de qualification spécifique pour effectuer des travaux sur l'appareillage. Il faut toutefois s'assurer que les personnes effectuant ces travaux sont compétentes et ont les connaissances requises.

CONNAÎTRE LA RÉGLEMENTATION ET LES NORMES

Régie du bâtiment du Québec (RBQ)

Pour exécuter ou faire exécuter des travaux de construction, il faut détenir une licence délivrée par la Régie du bâtiment. Les travaux d'ajouts ou de modifications aux installations électriques d'un bâtiment sont considérés comme étant des travaux de construction en électricité. Il y a deux types de licences :

La licence d'entrepreneur en électricité

- L'entrepreneur en électricité a le droit d'exécuter ou de faire exécuter des travaux d'installations électriques et de préparer des estimations dans le but d'exécuter de tels travaux.

La licence de constructeur-propriétaire spécialisé en électricité

- Cette licence est rattachée à l'entreprise (propriétaire). Les travaux d'installations électriques doivent être exécutés par un électricien.

Pour plus de précisions sur le besoin et la délivrances des licences, veuillez consulter le site de la RBQ.

Norme CSA Z462, Sécurité électrique au travail

Cette norme est une référence reconnue en sécurité électrique. Elle a été éditée pour la première fois en 2004 et est harmonisée avec la norme américaine NFPA 70E *Electrical safety in the workplace*.

Elle énonce les exigences de sécurité pour les travaux d'installation, d'exploitation, d'entretien, etc. sur des appareillages, des conducteurs et des installations électriques. Plusieurs moyens de prévention et de protection présentés dans ce guide sont tirés de la norme CSA Z462. Il est à noter qu'elle ne s'applique pas aux services publics de production, de transport et de distribution d'électricité qui sont couverts par une norme spécifique, CAN/ULC-S801.

Norme CAN/ULC-S801-10

Il s'agit d'une norme sur la sécurité électrique au travail qui s'applique aux services publics de production, de transport et de distribution d'électricité.

Norme CSA Z460, Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes

Cette norme n'est pas d'application obligatoire, mais elle fournit des règles de l'art en matière de cadenassage. Il s'agit de la principale norme de référence sur le sujet.

Norme EN 50191, Installation et exploitation des équipements électriques d'essais

Cette norme n'est pas d'application obligatoire. Elle fournit plusieurs indications concernant la conception et l'aménagement des stations d'essais électriques afin de réduire le risque de choc électrique.

PRÉVENIR

5 Travailler hors tension

Le meilleur moyen pour se prémunir contre les risques de choc électrique et de formation d'un arc électrique est de travailler hors tension. Malgré la simplicité apparente de ce moyen, les travailleurs peuvent faire face à plusieurs obstacles ou difficultés avant de réussir à travailler réellement hors tension. Voici différentes façons d'y parvenir.

Pourquoi faut-il travailler hors tension ?

Le premier principe à observer avant de travailler sur un circuit électrique est de le mettre hors tension. Des arguments sont souvent mis de l'avant à l'effet que pour une raison ou une autre, le travail hors tension n'est pas possible :

- « Je ne veux pas déranger les utilisateurs... »
- « Il ne faut pas arrêter la production... »
- « Je n'en ai que pour une minute... »
- « Il est impossible de travailler hors tension... »

On doit examiner ces arguments bien attentivement, car ils ne sont valables que dans certaines situations bien particulières. Ils ne doivent pas devenir la règle. Trop souvent, ce n'est que par convenance ou par habitude qu'on ne prend pas le temps d'effectuer la mise hors tension.

Il faut toujours privilégier le travail hors tension qui est le meilleur moyen d'assurer une sécurité totale contre les risques associés à l'électricité. La marge d'erreur est très faible lorsqu'on travaille près de conducteurs nus sous tension. Il suffit d'un faux mouvement, d'une main qui glisse, d'un outil métallique qui tombe dans un boîtier électrique pour qu'un accident survienne. Parfois, un petit choc électrique peut provoquer un mouvement inattendu du corps et entraîner une chute. Plus encore, travailler sur un équipement sous tension pourrait provoquer le démarrage accidentel de cet équipement et entraîner des blessures à la personne qui se trouve dans une zone dangereuse (ex. : démarrage d'une scie, d'un convoyeur à chaîne, d'une presse mécanique, etc.). De nombreux accidents sont ainsi survenus dans ces circonstances. Ils devraient servir de leçon et encourager la pratique du travail hors tension.

La LSST vise l'élimination du danger à la source, ce qui concorde parfaitement avec le travail hors tension. D'autre part, le RSST oblige l'application du cadenassage ou d'une méthode qui assure une sécurité équivalente pour tout travail dans la zone dangereuse d'une machine. Le Code de construction, Chapitre V - Électricité, va dans le même

sens en spécifiant qu'il ne doit y avoir aucuns travaux sous tension, à moins qu'il ne soit impossible de déconnecter complètement l'appareillage.



Changement de *ballast*

Un électricien s'affaire à changer un *ballast* sur le système d'éclairage à fluorescents d'une piscine intérieure municipale. Il utilise un grand escabeau métallique et le circuit d'éclairage est sous tension. La piscine ouvre ses portes dans quelques minutes, il faut se dépêcher... Il travaille à bout de bras et par inadvertance entre en contact avec une partie sous tension dans le luminaire. Sous l'effet du choc, il perd l'équilibre et tombe. La chute est mortelle.

Quand travailler hors tension ?

La norme CSA Z462 précise que le travail peut être effectué sous tension si l'employeur peut démontrer l'impossibilité d'accomplir la tâche lorsque l'appareillage est hors tension (ex. : dépannage, troubleshooting) ou que la mise hors tension donne lieu à des dangers supplémentaires (ex. : arrêt de la ventilation dans un emplacement dangereux, arrêt d'un appareil médical vital).

On établit souvent une relation entre la probabilité d'accident et la durée de la situation dangereuse. Il faut être prudent et ne pas faire reposer sa sécurité sur cette loi de probabilité parce qu'une fraction de seconde suffit pour être victime d'un choc électrique, d'autant plus qu'on ne sait jamais quand un choc électrique sera fatal.

À la question « Quand faut-il travailler hors tension ? », il faut donc répondre « toujours » à moins que cela ne soit vraiment impossible.

Comment travailler hors tension ?

Certaines règles de base doivent être appliquées pour s'assurer que la tension est effectivement supprimée et qu'elle le restera pendant toute la durée des travaux. Il en va de la sécurité des personnes qui réalisent des travaux ou de toute autre personne qui pourrait subir des blessures suite à un démarrage ou à une mise sous tension accidentelle d'un équipement. Les principales étapes à suivre sont :

Planifier le moment et la durée des travaux ainsi que les impacts sur les utilisateurs touchés par cette mise hors tension. Doit-on installer une dérivation temporaire ? Peut-on profiter d'un « set-up » de machine pour effectuer les travaux électriques sur cette machine ? Est-ce que les travaux peuvent se faire en dehors des heures de production ?

Connaître le système et avoir, autant que possible, un plan du réseau électrique à jour. Les dispositifs d'isolement sont-ils tous connus et identifiés ? Y a-t-il une possibilité d'énergie résiduelle ?

Appliquer une procédure de cadenassage afin d'empêcher la mise sous tension ou le démarrage accidentel de l'équipement sur lequel on doit travailler. Pour ce faire, il faut :

- Couper l'alimentation électrique en s'assurant que toutes les sources alimentant l'équipement soient mises hors tension.
- Se prémunir contre le risque de remise sous tension de l'appareillage en cadenassant les dispositifs d'alimentation. Le cadenassage est un élément clé lors du travail hors tension. Chaque travailleur assure sa propre sécurité en cadenassant lui-même les sources d'énergie.
- Vérifier qu'aucune mise en marche n'est possible.

Vérifier l'absence de tension parce qu'il est possible que l'alimentation ne soit pas coupée si par exemple le sectionneur cadenassé n'est pas le bon, le fil neutre est sous tension dû à un mauvais branchement, etc. Dans les faits, rien ne ressemble plus à un conducteur sous tension qu'un conducteur hors tension. Il faut vérifier l'absence de tension à l'aide d'un instrument de mesure, habituellement le multimètre.

Le cadenassage n'est pas qu'une simple procédure. Au sens large, cela réfère plutôt à un programme de cadenassage qui inclut des procédures et des fiches permettant de mettre l'équipement à énergie zéro en considérant toutes les sources d'énergie (électrique, pneumatique, hydraulique, etc.). Un programme définit quand, comment et où cadenasser. Il indique à qui cela s'adresse et il clarifie ce qui doit être fait dans les situations inhabituelles.

Il appartient à chaque entreprise de développer son programme en se référant toutefois aux règles de l'art dans ce domaine. À cet effet, le Guide *Réussir l'implantation d'un programme de cadenassage* de MultiPrévention constitue une ressource utile.

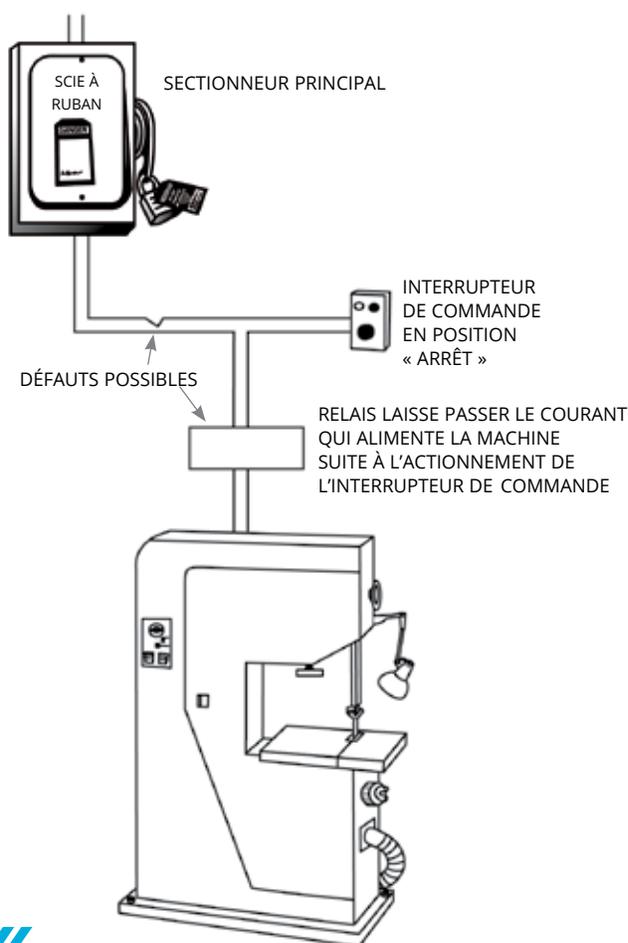


L'importance du point d'isolement

L'image ci-dessous illustre une machine alimentée via un relais. Un interrupteur de commande déclenche le démarrage et l'arrêt de la machine via le relais. Les conducteurs sont insérés dans un conduit rigide et sont reliés au sectionneur pourvu de fusibles.

La machine a besoin d'un ajustement qui nécessite l'enlèvement des capots de protection pour accéder aux composants à l'intérieur. Que doit-on faire pour travailler hors tension et pour s'assurer que la mise hors tension sera effective pour toute la durée des travaux ?

Mettre l'interrupteur de commande en position « arrêt », le cadenasser et vérifier la mise hors tension avant de commencer l'ajustement n'est pas suffisant pour prévenir tout risque de remise sous tension ou de démarrage accidentel.



L'UTILISATION DU SECTIONNEUR PRINCIPAL COMME DISPOSITIF DE COUPE PERMET DE METTRE RÉELLEMENT L'ÉQUIPEMENT HORS TENSION.

Même si l'interrupteur de commande est en position « arrêt », il pourrait y avoir une défaillance dans le circuit d'alimentation électrique comme par exemple :

- Le conduit rigide a été écrasé par un chariot élévateur, la gaine isolante des conducteurs placés dans le conduit a été abîmée.
- De la poussière s'est accumulée dans le relais ou encore celui-ci est usé.
- Pendant que des opérations se font sur la machine, quelqu'un pourrait décider de vérifier le relais.

Ces défaillances pourraient établir un contact électrique et provoquer une mise sous tension ou un démarrage de la machine puisque la mise hors tension ne repose que sur le circuit de commande. Pour éviter toute remise sous tension ou démarrage accidentel, il faut couper l'alimentation électrique au niveau du sectionneur principal. Pour cet exemple, le sectionneur principal est donc le dispositif d'isolement à utiliser au moment du cadenassage.

Certains équipements peuvent être alimentés par plusieurs sources d'énergie, électrique ou autre. C'est pourquoi, dans le cadre d'un programme de cadenassage, on doit prévoir la préparation de fiches de cadenassage qui identifient clairement la procédure à suivre pour mettre les équipements à énergie zéro. On y indiquera, entre autres, tous les dispositifs d'isolement devant être cadenassés avant de débiter les travaux sur l'équipement.

Dans le cas des automates programmables, la situation peut devenir assez complexe. Une analyse plus poussée doit être effectuée pour évaluer la fiabilité des différents dispositifs de sécurité rattachés à l'automate et pour décider de la procédure à mettre en place avant de débiter les travaux.

À retenir

- Le travail hors tension est le seul moyen d'éliminer le risque de subir un choc électrique ou de créer un arc électrique.
- Il faut procéder au cadenassage pour éviter toute remise sous tension durant les travaux.

PRÉVENIR

6 Travailler sous tension

Il est important de rappeler que le travail sous tension doit être permis uniquement s'il est impossible de l'effectuer hors tension. Ces situations sont habituellement limitées à la recherche d'un problème et aux tests de fonctionnement. La personne qui effectue du travail sous tension s'expose au risque de subir un choc ou des brûlures. Même si durant ces travaux il est impossible d'éliminer le risque, il faut utiliser des moyens pour le diminuer le plus possible : protection individuelle, aménagement de l'aire de travail, matériel isolé, etc. Les moyens présentés reposent principalement sur les exigences de la norme CSA Z462, reconnue comme la référence en sécurité liée à l'électricité.

On entend par travail sous tension un travail durant lequel il existe un risque de choc électrique (tension de 30 V c.a. ou 60 V c.c) ou un risque d'éclats d'arc (ex.: travailler à proximité de composantes sous tension non isolées, effectuer des mesures dans un panneau électrique à l'aide d'un multimètre).

La planification des travaux sous tension

Avant de débiter les travaux sous tension, il est important de prendre le temps nécessaire pour bien planifier le travail.

Les analyses de risques

Une analyse de risques de chocs et une analyse de risques d'éclats d'arc doivent être réalisées pour tous les travaux sous tension. Selon la norme CSA Z462, une analyse de risques doit :

- identifier les dangers;
- estimer la probabilité qu'une blessure survienne et la gravité de celle-ci (la norme fournit un tableau pour estimer la probabilité qu'un accident provoqué par des éclats d'arc survienne);
- déterminer si des mesures de protection sont requises.

Il faut tenter d'abord d'éliminer le risque à la source. Si ce n'est pas possible et que des mesures de protection sont nécessaires, il faudra utiliser :

- des moyens techniques (ex. : fusibles ayant des temps de réaction plus rapides, panneau de contrôle « finger safe », appareil de commutation résistant aux arcs);
- des méthodes de travail sécuritaires (ex. : procédures, plans de travail);
- des équipements de protection individuelle et des périmètres de protection.

Le permis de travail sous tension

La norme CSA Z462 indique qu'un permis est requis lorsque les travaux sont effectués dans le périmètre d'accès

restreint (voir la section « Les périmètres de protection » à la page suivante) ou lorsqu'il y a un risque d'éclats d'arc durant l'interaction avec des composantes, même si elles sont isolées. Le permis comprend plusieurs éléments, par exemple :

- la description du circuit et de l'appareillage;
- la justification d'exécuter les travaux sous tension;
- la conclusion des analyses de risques;
- l'équipement de protection individuelle nécessaire;
- les signatures d'approbation (cadre ou autre responsable).

Toutefois, les personnes qualifiées ayant reçu une formation sur les pratiques sécuritaires et disposant de l'équipement de protection nécessaire peuvent effectuer des essais, du dépannage et des mesures de tension sans l'obtention d'un permis.

La prévention en générale

Voici quelques recommandations qui contribueront à réduire le risque :

- Être vu et entendu par une autre personne connaissant l'emplacement de l'interrupteur (sectionneur) et sachant pratiquer la réanimation cardiaque.
- Limiter la durée d'exposition aux équipements sous tension.
- Ne pas porter de bijoux ni d'accessoires métalliques (montre, bague, porte-clés, etc.).
- S'assurer qu'il y a un bon éclairage de la zone de travail.
- Ne jamais tendre les mains à l'aveuglette dans un appareillage sous tension.

Les périmètres de protection

Durant les travaux sous tension, il y a un risque non seulement pour la personne qui effectue les travaux, mais également pour les autres personnes qui se trouvent dans l'environnement de travail immédiat. En effet, il est difficile de deviner si la personne qui effectue des travaux sur un équipement travaille sous tension ou non, tout comme il est impossible de deviner en voyant un panneau ou un boîtier électrique ouvert s'il est sous tension ou non. Il est recommandé de prendre quelques précautions pour aménager l'espace de travail de manière à améliorer sa propre sécurité et celle des autres :

- Faire en sorte que l'emplacement soit bien dégagé.
- Avoir un appui solide afin d'être dans une position stable, en particulier pour le travail en hauteur.
- Délimiter ou identifier la zone où le travail sous tension s'effectue.



EXEMPLE D'IDENTIFICATION D'UNE ZONE DE TEST SOUS TENSION.

La norme CSA Z462 définit deux types de périmètres de protection, soit celui contre les chocs et celui contre les éclats d'arc.

Les périmètres de protection contre les chocs électriques

On distingue deux périmètres de protection contre les chocs :

- Le périmètre d'accès limité qui définit l'espace à l'intérieur duquel les personnes non qualifiées ne sont pas admises à moins d'être informées des dangers et d'être accompagnées par une personne qualifiée.
- Le périmètre d'accès restreint qui définit la limite à ne pas franchir par la personne qualifiée à moins d'utiliser des moyens pour isoler ou protéger la personne (ÉPI, barrière isolante, etc.).

Extrait du tableau 1A de la norme CSA Z462
Périmètres de protection contre les chocs pour les systèmes à courant alternatif (AC)

PLAGE DE TENSION	PÉRIMÈTRE D'ACCÈS LIMITÉ (ÉLÉMENT DE CIRCUIT FIXE)	PÉRIMÈTRE D'ACCÈS RESTREINT
Moins de ou égal à 30 V	Non spécifié	Non spécifié
31 V - 150 V	1 m	Éviter le contact
151 V - 750 V	1 m	0,3 m

Le périmètre de protection contre les éclats d'arc électrique

Ce périmètre correspond à la distance à laquelle l'énergie incidente, c'est-à-dire l'énergie dégagée par l'arc électrique, est égale à $1,2 \text{ cal/cm}^2$ (5 J/cm^2). Il est à noter que des brûlures au 2^e degré pourraient être subies à ce niveau d'énergie*.

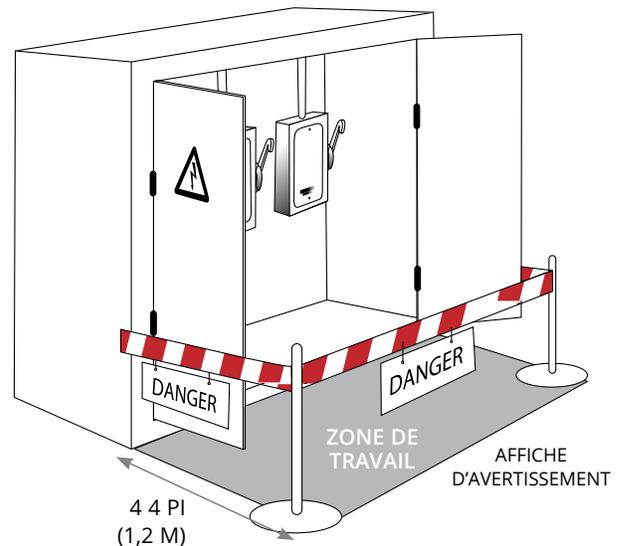
Il y a deux méthodes pour établir le périmètre de protection contre les éclats d'arc :

- Calculer l'énergie incidente pouvant être dégagée en cas de court-circuit franc (voir la norme CSA Z462 pour les méthodes de calcul);
- Utiliser les tableaux fournis dans la norme lorsque les critères s'appliquent (voir l'exemple à la page 33).

Si la méthode de calcul de l'énergie est retenue, il faudra confier ces calculs à des experts.

Le périmètre d'éclats d'arc varie selon la conception du système électrique sur lequel les travaux sont effectués et selon les tâches effectuées. Ce périmètre peut donc être inférieur au périmètre de protection contre les chocs (accès limité) ou plus élevé que celui-ci.

Pour réduire l'étendue de ce périmètre, il faut réussir à diminuer l'énergie incidente pouvant être dégagée (voir page 21).



EXEMPLE D'UN PÉRIMÈTRE DE PROTECTION À L'INTÉRIEUR DUQUEL DU TRAVAIL SOUS TENSION EST EFFECTUÉ.

*L'unité « cal » signifie « calorie ». Elle est une unité de mesure d'énergie.

Les équipements de protection individuelle (ÉPI)

Certains équipements sont spécialement conçus pour protéger les individus en matière de danger relié à l'électricité :

- Les équipements ayant une résistance électrique très élevée qui créent une barrière isolante entre le corps et un point de contact sous tension (ex. : les gants isolants).
- Les vêtements et les équipements ayant une résistance à la flamme et à la chaleur qui protègent la peau contre les brûlures en cas d'éclats d'arc. Ils ont une cote anti-arcs (ATPV; Arc Thermal Protection Value) qui s'exprime en cal/cm².

Les gants

Les gants isolants sont faits typiquement de caoutchouc et offrent une très grande résistance électrique. Ces gants sont utilisés pour manœuvrer des appareils électriques ou pour travailler près de pièces sous tension. Ils ne sont pas conçus pour travailler directement en contact avec des pièces sous tension qui ne sont pas isolées, mais bien pour protéger le travailleur d'un contact accidentel avec ces pièces.

Sur les gants, on retrouve un marquage qui indique la classe pour laquelle ils sont approuvés. On choisit la classe de gants selon la tension (voltage) à laquelle on est exposé :

- Classe 00 : approuvé jusqu'à 500 V
- Classe 0 : approuvé jusqu'à 1 000 V
- Classe 1 : approuvé jusqu'à 7 500 V
- Classe 2 : approuvé jusqu'à 17 000 V
- Classe 3 : approuvé jusqu'à 26 500 V

Il faut porter des gants de cuir par-dessus pour les protéger contre les dommages mécaniques (ex. : coupure) et pour assurer une meilleure protection contre les brûlures en cas d'éclats d'arc. L'ensemble gants isolants - gants de cuir est vendu avec un sac de rangement qui aide à préserver l'intégrité des gants. Le principal inconvénient de l'utilisation des gants isolants est la perte de dextérité. Pour diminuer cet inconvénient, il est primordial de suivre les indications du fournisseur pour bien choisir la grandeur de gants qui convient à vos mains.

Les gants doivent être inspectés visuellement avant chaque utilisation pour détecter toute fissure ou dommage. Un gant endommagé présente localement une résistance électrique plus faible, ce qui le rend non conforme à la classe pour lequel il a été approuvé. Ils doivent être soumis à des essais électriques tous les six mois. Votre fournisseur sera en mesure de vous indiquer un laboratoire d'essais.

Les bottes munies de semelles isolantes

Un travailleur doit porter des bottes de sécurité munies de semelles isolantes dès qu'il est exposé au risque de subir un choc électrique. Ces bottes sont facilement identifiables. Elles portent une étiquette cousue sur laquelle on retrouve le sigle Ω . Ces bottes répondent à la norme CSA Z195 qui exige, entre autres, que la semelle offre une résistance de 18 millions d'Ohms.

Les bottes à semelles isolantes contribuent à protéger contre un choc électrique en augmentant la résistance électrique du corps en cas de passage de courant entre le point de contact sous tension et le sol (0 V). Par contre, elles ne protègent pas contre un choc entre deux autres parties du corps, par exemple, d'une main à l'autre.

Les bottes de sécurité en cuir offrent une bonne protection contre les éclats d'arc. Par contre les bottes de sécurité en nylon, plus légères et souvent plus confortables, n'offrent pas une protection suffisante.

La visière, le passe-montagne et la cagoule

La visière n'offre aucune protection contre le risque de subir un choc électrique. Elle permet de protéger le travailleur des éclats, de la « boule de feu » et de l'éblouissement provoqués par la formation d'un arc électrique suite à un court-circuit accidentel ou à une quelconque déféctuosité dans un équipement électrique. Elle doit couvrir le visage, le cou et les côtés de la tête. L'utilisation d'un passe-montagne portée sous le casque-visière est nécessaire pour augmenter la protection contre les brûlures. Dans le cas d'un risque d'exposition à un éclat d'arc puissant, on utilisera une cagoule avec visière intégrée, qui recouvre les épaules, le haut de la poitrine et du dos (voir l'illustration *Équipement de protection* à la page 37). La norme spécifie qu'il faut porter des lunettes de sécurité sous la visière.

TRAVAILLER SOUS TENSION

Les vêtements protecteurs

Les vêtements synthétiques, comme le polyester ou les mélanges coton/polyester, sont à éviter parce qu'en cas d'exposition à des éclats d'arc, la chaleur intense et les particules en fusion peuvent faire fondre le polyester sur la peau et ainsi aggraver les brûlures. Ils peuvent également s'enflammer.

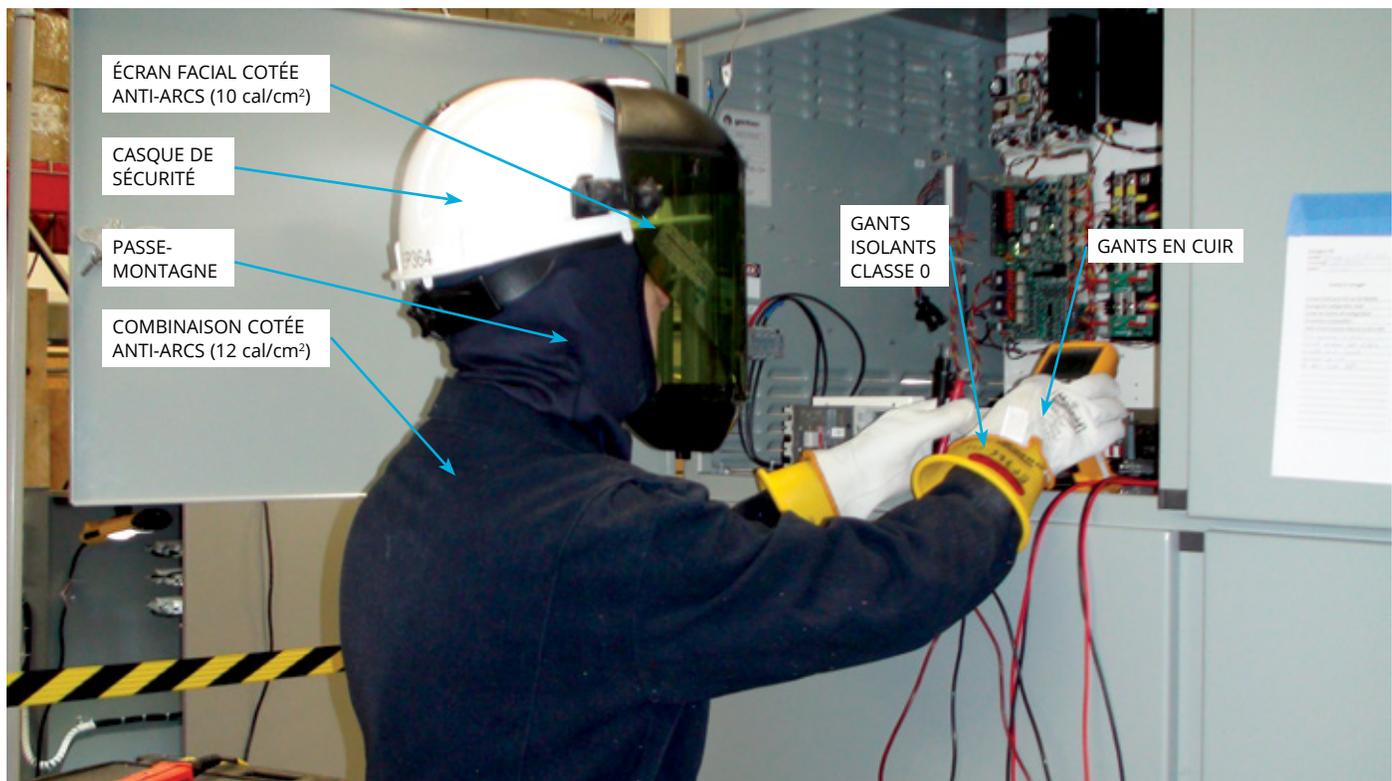
Les vêtements doivent la plupart du temps avoir une certaine résistance à la flamme et à la chaleur dès qu'il s'agit de travail sous tension. Il peut s'agir de vêtements en coton traité ou des vêtements dont la fibre elle-même est ignifuge et offre une bonne résistance à la chaleur (Nomex, Ultra Soft, etc.).

La valeur de résistance à la chaleur nécessaire pour assurer une bonne protection dépend directement du niveau d'énergie dégagée en cas d'éclats d'arc. Cette énergie varie

selon le système électrique sur lequel on doit travailler et les tâches à effectuer. Plus l'énergie pouvant être dégagée est élevée, plus les vêtements de protection devront résister à la chaleur, c'est-à-dire qu'ils devront bloquer suffisamment la chaleur pour réduire le risque de brûlure de la peau. Cette propriété est définie par la cote anti-arcs appelée ATPV (Arc Thermal Protection Value) et s'exprime en cal/cm². La valeur ATPV d'un vêtement est indiquée à même le vêtement ou sur une étiquette.

Les vêtements ayant une résistance de 4 cal/cm² ou de 8 cal/cm² ressemblent à un vêtement de travail normal, à la différence qu'ils sont faits d'un tissu plus dense. Par contre, les vêtements de 25 cal/cm² et de 40 cal/cm² sont beaucoup plus épais et par le fait même beaucoup plus chauds.

Finalement, la norme spécifie de porter des sous-vêtements faits de fibres qui ne fondent pas sous l'effet de la chaleur. Les sous-vêtements en coton sont de mise.



TRAVAIL EFFECTUÉ SOUS TENSION AVEC L'ÉQUIPEMENT APPROPRIÉ.

Photo : Gentec inc.

La sélection des ÉPI

La norme CSA Z462 propose deux méthodes de sélection des vêtements et des équipements de protection individuelle; la méthode basée sur les tableaux ou la méthode basée sur l'analyse d'énergie incidente.

La méthode basée sur les tableaux

Cette méthode établit la cote anti-arcs minimale des ÉPI à l'aide des informations disponibles dans les tableaux de la norme CSA Z462.

VALEUR MINIMALE DE RÉSISTANCE AUX ARCS

4 cal/cm²

8 cal/cm²

25 cal/cm²

40 cal/cm²

75 cal/cm²

cal : calorie (unité de mesure de la chaleur)

Avant d'établir la cote anti-arcs minimale des ÉPI, il faut déterminer si des ÉPI contre le risque d'éclat d'arc est requis. Un tableau dans la norme peut être utilisé pour estimer la probabilité qu'un accident provoqué par des éclats d'arc survienne. Voici un extrait :

**Extrait du tableau de la norme CSA Z462
Estimation de la probabilité que survienne une blessure causée par un éclat d'arc
sur des systèmes à courant alternatif ou à courant continu**

TÂCHE	ÉTAT DE L'APPAREILLAGE	PROBABILITÉ QU'UNE BLESSURE SURVIENNE CAUSÉE PAR UN ÉCLAT D'ARC
Thermographie infrarouge ou autre inspection sans contact à l'extérieur du périmètre d'accès restreint (sans ouverture de porte ou de couvercle)	Tous	Improbable
Examen de câble isolé, sans manipulation du câble		Improbable
Travail sur des circuits de commande avec conducteurs et autres éléments de circuit sous tension à découvert, à 125 V ou moins sans aucun autre appareillage sous tension à découvert à plus de 125 V, y compris lors de l'ouverture de couvercles à charnières pour accéder aux circuits		Improbable
Travail sur des conducteurs et autres éléments de circuit sous tension de cellules de batteries branchées en série, y compris des essais de tension.	Tous	Possible
Travail sur des conducteurs et autres éléments de circuit sous tension, y compris des essais de tension		Possible
Manoeuvre de disjoncteur, d'interrupteur, de contacteur ou de démarreur	Normal Anormal	Improbable Possible

Pour connaître l'année de référence de la norme utilisée, se rapporter à la date de la dernière mise à jour du document indiqué au début de ce guide.

TRAVAILLER SOUS TENSION

S'il y a une probabilité qu'une blessure survienne, des moyens de protection supplémentaires sont requis, dont les ÉPI. On utilise alors les tableaux de la norme selon qu'il s'agit d'un système en courant alternatif ou en courant continu. Deux tableaux pour le courant alternatif sont disponibles dans la norme. Voici un extrait des tableaux :

Méthode par tableau de sélection des ÉPI contre les éclats d'arc applicable aux réseaux c.a.^a

ÉQUIPEMENT	TENSION	DISPOSITIF EN AMONT ^b	COTE ANTI-ARCS MINIMALE DE L'ÉPI	PÉRIMÈTRE D'ÉCLATS D'ARC
Panneau, CCM, sectionneur ou autre appareillage ^c	208 V (3 Φ)	Transformateur : ≤ 15kVA (3 Φ) (Z≥2,1%) ≤ 30kVA (3 Φ) (Z≥4,2%) ou ≤ 45kVA (3 Φ) (Z≥6,3%)	Sans objet	< 0,46 m (18 po)
		≤ 30kVA (3 Φ) (Z≥2,1%) ≤ 45kVA (3 Φ) (Z≥3,2%) ou ...	8 cal/cm ²	2,0 m (7 pi)
		≤ 112,5kVA (3 Φ) (Z≥2,1%) ≤ 150kVA (3 Φ) (Z≥2,8%) ou ...	40 cal/cm ²	4,5 m (15 pi)
		Fusible : ≤ 60A	Sans objet	< 0,46 m (18 po)
		≤ 200A	8 cal/cm ²	2,0 m (7 pi)
		≤ 800A	40 cal/cm ²	4,5 m (15 pi)
		Disjoncteur doté d'un déclencheur ...		

2^{ème} méthode par tableau de sélection des ÉPI contre les éclats d'arc applicable aux réseaux c.a.^a

ÉQUIPEMENT	COTE ANTI-ARCS MINIMALE DE L'ÉPI	PÉRIMÈTRE D'ÉCLATS D'ARC
Panneaux ou autre appareillage de 240 V ou moins ^d	4 cal/cm ²	485 mm (19 po)
Panneaux ou autre appareillage de plus de 240 V et d'au plus 600 V ^d	8 cal/cm ²	900 mm (3 pi)
Centre de commande de moteur de classe 600 V ^e	8 cal/cm ²	1,5 m (5 pi)
Centre de commande de moteur de classe 600 V ^f	40 cal/cm ²	4,3 m (14 pi)

Méthode par tableau de sélection des ÉPI contre les éclats d'arc applicable aux systèmes c.c.

ÉQUIPEMENT	COTE ANTI-ARCS MINIMALE DE L'ÉPI	PÉRIMÈTRE D'ÉCLATS D'ARC
Batteries d'accumulateurs, tableaux de contrôle à courant continu et autres sources d'alimentation à courant continu ≥ 150 V et ≤ 600 V ^g		
Courant de court-circuit < 1,5 kA	8 cal/cm ²	900 mm (3 pi)
Courant de court-circuit ≥ 1,5 kA < 3 kA	8 cal/cm ²	1,2 m (4 pi)
Courant de court-circuit ≥ 3 kA et < 7 kA	25 cal/cm ²	1,8 m (6 pi)
Courant de court-circuit ≥ 7 kA et < 10 kA	40 cal/cm ²	2,5 m (8 pi)

- a Les tableaux ne doivent pas être utilisés pour des situations qui comporte des paramètres différents ou pour des types ou des classes d'équipement qui ne figurent pas dans les tableaux
- b Dispositif en amont soumis à la même tension et situé dans un compartiment distinct
- c Paramètres : puissance nominale ≤ 800 A, distance de travail minimale de 46 cm
- d Paramètres : courant de défaut disponible d'un maximum de 25 kA, temps de coupure de défaut d'au plus 0,03 seconde (2 cycles), distance de travail minimale de 455 mm (18 po)
- e Paramètres : courant de défaut disponible d'un maximum de 65 kA, temps de coupure de défaut d'au plus 0,03 seconde (2 cycles), distance de travail minimale de 455 mm (18 po)
- f Paramètres : courant de défaut disponible d'un maximum de 42 kA, temps de coupure de défaut d'au plus 0,33 seconde (20 cycles), distance de travail minimale de 455 mm (18 po)
- g Paramètres : durée maximale de l'arc 2 s, distance de travail minimale de 455 mm (18 po)

Les tâches et les systèmes sur lesquels le travail doit être effectué sont souvent diversifiés dans le secteur manufacturier. Il peut devenir difficile de gérer les ÉPI de cinq cotes anti-arcs différentes. La norme propose alors d'utiliser l'approche simplifiée à deux catégories. Il s'agit d'utiliser :

- un ensemble d'ÉPI d'au moins 8 cal/cm² lorsqu'une cote anti-arcs de 4 ou de 8 cal/cm² est requise ;
- un ensemble d'ÉPI d'au moins 75 cal/cm² lorsqu'une cote anti-arcs de 25, de 40 ou de 75 cal/cm² est requise.

Une fois que la cote anti-arcs des ÉPI a été définie, un autre tableau peut être utilisé pour savoir quels ÉPI utiliser pour une exposition à une énergie incidente de 1,2 cal/cm² jusqu'à 12 cal/cm² ou pour une exposition à une énergie incidente supérieure à 12 cal/cm². Voici un extrait du tableau :

Équipement de protection individuelle (ÉPI) contre les éclats d'arc

EXPOSITION À UNE ÉNERGIE INCIDENTE DE 1,2 CAL/CM² JUSQU'À 12 CAL/CM²

Vêtements cotés anti-arcs, cote anti-arcs d'au moins la valeur minimale estimée :

- Chemises à manches longues et pantalon coté anti-arcs ou combinaison cotée anti-arcs
- Cagoule de tenue d'éclats d'arcs cotée anti-arcs ou Écran facial coté anti-arcs et passe-montagne coté anti-arcs
- D'autres vêtements cotés anti-arcs peuvent être utilisés, au besoin : veste, parka, vêtements luminescents, vêtements de pluie

Équipement de protection :

- Casque de sécurité
- Verres ou lunettes de sécurité
- Protection auditive (bouchons d'oreille)
- Gants isolants en caoutchouc avec protecteur* ou gant coté anti-arcs
- Chaussures en cuir

*Les gants isolants (caoutchouc) sous les gants de cuir offrent aussi une protection contre le risque de choc électrique.

La méthode basée sur le calcul d'énergie incidente

Dans la section intitulée « Les périmètres de protection » les calculs d'énergie en cas d'éclats d'arcs ont déjà été abordés. Plus la quantité d'énergie dégagée est importante, plus la cote anti-arcs (ATPV) des ÉPI doit être élevée. Cette méthode est la plus complexe et la plus dispendieuse à réaliser. Par contre, elle est la plus simple à interpréter par le travailleur appelé à effectuer des travaux électriques parce que les résultats des calculs sont marqués sur les installations électriques. Voici un exemple d'étiquette obtenue à la suite de calculs.

 AVERTISSEMENT			
Risque d'arc électrique et de choc électrique			
NO. ÉQUIPEMENT : TR4-B-1			
DESCRIPTION : Transformateur #4			
Catégorie dangerosité :	# 2	Tension :	600 V
Distance de travail :	0,46 m	Distance d'accès limité :	1,07 m
Énergie incidente :	7,5 cal/cm²	Distance d'accès restreint :	0,30 m
Périmètre de sécurité :	1,14 m	Distance d'accès interdit :	0,03 m
		Classe de gants :	0
Consulter la norme CSA Z462			
Source de protection : Disjoncteur 5			Date: 09/2010
<small>Les informations indiquées sur cette étiquette seront non-valables suite à des changements au système électrique.</small>			

ÉTIQUETTE PRODUITE À LA SUITE DE CALCULS. LA COLONNE DE GAUCHE FOURNIT L'INFORMATION SUR LE RISQUE D'ÉCLATS D'ARCS ET LA COLONNE DE DROITE SUR LE RISQUE DE CHOC.

Les instruments de mesure et le matériel isolé

Une panoplie de matériel est disponible sur le marché pour diminuer le risque de subir un accident d'origine électrique. En voici quelques-uns :

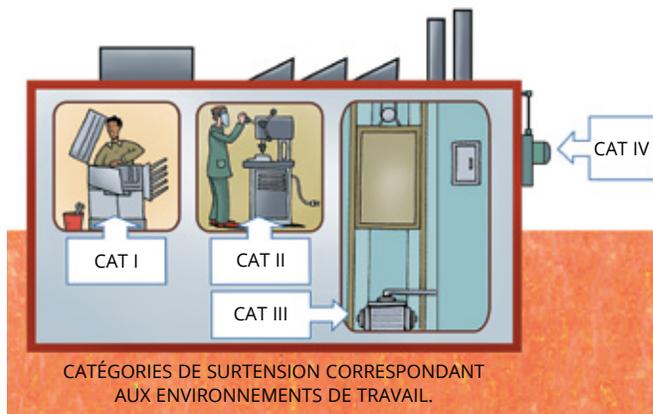
- Multimètres de catégorie appropriée
- Barrières isolantes
- Escabeaux non conducteurs
- Outils isolés

Un multimètre sécuritaire

Il arrive régulièrement des accidents liés à l'utilisation de multimètres. La situation la plus courante consiste à faire une erreur dans le branchement ou dans la sélection du paramètre à mesurer. Par exemple, le multimètre est ajusté en mode « résistance » alors que l'on s'apprête à mesurer une différence de tension. Il se produit alors une surintensité dans le circuit de mesure du multimètre. En temps normal, le fusible de protection fond et l'appareil de mesure demeure intact. Il arrive parfois que la surintensité soit suffisante pour créer un court-circuit dans le boîtier de l'instrument, au point où les circuits de l'instrument sont calcinés. Si le court-circuit est très intense, l'instrument peut littéralement exploser, provoquant des brûlures aux mains et au visage du travailleur si celui-ci n'est pas protégé.

Il existe sur le marché des multimètres à l'épreuve d'un mauvais branchement ou d'une mauvaise sélection d'échelle de mesure. Les multimètres vendus sur le marché ont également des cotes de sécurité qui correspondent à des catégories de surtension. Selon l'endroit où l'on se trouve par rapport au point d'alimentation, il y a des risques de fluctuations dans le signal qui peuvent engendrer des surintensités dans l'appareil de mesure et provoquer une « explosion » de l'appareil. Il est important d'utiliser un instrument de mesure ayant la cote de sécurité correspondante à son utilisation.

Il y a quatre cotes de sécurité ou catégories de surtension : CAT I, CAT II, CAT III et CAT IV. Plus la cote de sécurité est élevée, plus l'appareil de mesure est apte à supporter des conditions de défaut sévères (surtensions, courants de courts-circuits). Le choix de la cote dépend grandement du point de mesure. De manière générale, plus on est près de la source de puissance (entrée électrique), plus la cote de sécurité de l'appareil doit être élevée.



Il est à noter que ces catégories de surtension ne sont pas en lien avec les catégories de danger/risque mentionnées dans la section précédente.

Voici quelques exemples d'environnements où les mesures sont prises et les catégories de surtension (ou cotes de sécurité) correspondantes.

CATÉGORIE DE SURTENSION	EXEMPLES
CAT I	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel électronique protégé • Source de tension élevée et de basse puissance comme la section haute tension d'un photocopieur • Matériel raccordé à des circuits dont les extensions transitoires sont limitées à un niveau acceptable
CAT II	<ul style="list-style-type: none"> • Outils portables et appareils électriques domestiques • Prises de courant et longs circuits de dérivation • Prises à plus de 10 mètres (30pi) de la source CAT III
CAT III	<ul style="list-style-type: none"> • Appareillage de commutation, moteurs triphasés • Barres omnibus, circuits d'alimentation industriels • Systèmes d'éclairage dans les grands bâtiments
CAT IV	<ul style="list-style-type: none"> • Sectionneur principal • Compteurs électriques • Extérieur du bâtiment, entrée électrique

Tiré du feuillet d'information produit par Fluke Corporation

Les barrières isolantes

Il existe sur le marché des tapis isolants, des écrans ou des tabourets qui augmentent le niveau d'isolement en offrant une résistance électrique très élevée. Ils sont disponibles, entre autres, chez les fournisseurs d'équipements en santé et en sécurité du travail.

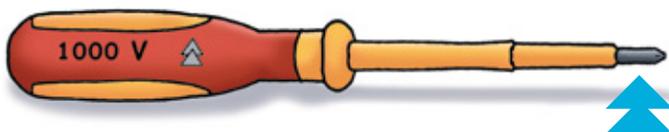
Les escabeaux

Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (s-2.1, r.19.01) RSST, stipule que tout escabeau utilisé sur un lieu de travail doit être en bois ou fait d'un autre matériau isolant lorsqu'il est utilisé près de conducteurs électriques. Les escabeaux d'aluminium ne doivent pas être utilisés durant les travaux sous tension ou à proximité de composantes sous tension.

Les outils isolés

Les outils isolés sont typiquement approuvés jusqu'à 1 000 V. Le manche et la tige sont recouverts d'un matériau isolant qui augmente le niveau de protection contre les chocs électriques et contre la formation d'un arc électrique. L'utilisation d'un tournevis dont la tige n'est pas recouverte d'un matériau isolant pourrait :

- provoquer un court-circuit à l'intérieur d'un panneau électrique;
- provoquer un choc électrique si la main glisse et crée un contact.



TOURNEVIS ISOLÉ APPROUVÉ POUR 1000 V.



Photo: Salisbury Honeywell

ÉQUIPEMENT DE PROTECTION AYANT UNE COTE ANTI-ARCS (ATPV) SUPÉRIEURE À 40 CAL/CM² ET UTILISATION D'UN OUTIL ISOLÉ

Les stations d'essais électriques

Certaines entreprises doivent effectuer des tests électriques sur leur produit tels que des tests diélectriques (Hi-Pot) ou des tests de fonctionnement. La norme NF EN 50191 *Installation et exploitation des équipements électriques d'essais* fournit des recommandations pour réduire le risque de subir un choc durant les essais.

Les principes généraux

Tout d'abord, la station d'essai doit être disposée et conçue de manière à empêcher l'accès à des éléments sous tension. Il existe plusieurs moyens d'y parvenir, par exemple :

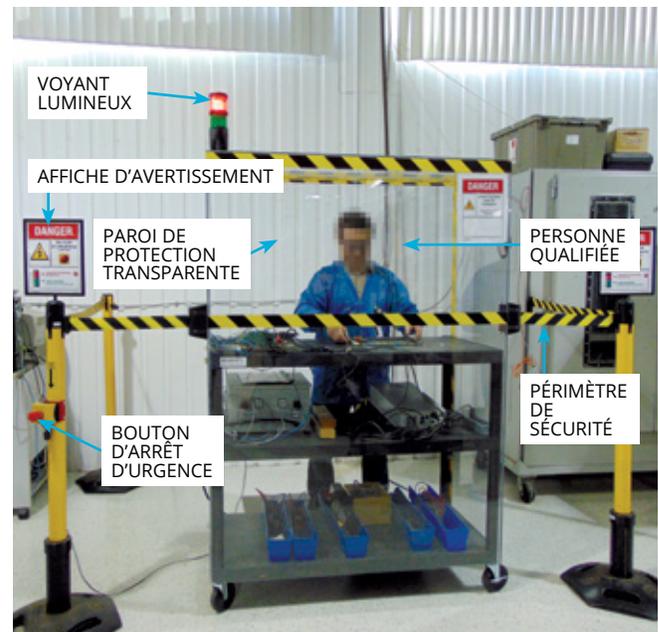
- Isoler les conducteurs sous tension.
- Placer des couvercles de protection sur les parties sous tension.
- Instaurer des distances de sécurité à l'aide de barrières.
- Installer un dispositif de commande bimanuel.
- Assurer une protection en cas de défaut d'isolation (GFCI).
- Installer des voyants lumineux indiquant l'état de l'alimentation électrique :
 - Un voyant vert indique que la station d'essai n'est pas alimentée.
 - Un voyant rouge indique que la station est alimentée et qu'il y a un danger potentiel.
- Installer visiblement des signaux d'avertissement et d'identification de la zone d'essai.
- Munir la station d'essai d'un bouton d'arrêt d'urgence.

Il est à noter que d'autres moyens de protection peuvent être nécessaires selon les dangers présents (rayonnement, particules en suspension, bruit, incendie, etc.).

Les types de stations d'essais

Selon les besoins, la faisabilité et la nature des tests à effectuer, les stations d'essais ne sont pas aménagées de la même façon. La norme fournit différentes recommandations selon qu'il s'agit de :

- Stations d'essais avec protection automatique contre les contacts directs (aucune pièce sous tension accessible durant les tests)
- Stations d'essais sans protection automatique contre les contacts directs
- Laboratoires d'essais et stations expérimentales
- Stations d'essais temporaires
- Stations d'essais sans personnel permanent



EXEMPLE D'AMÉNAGEMENT D'UNE STATION MOBILE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES.

Photo : Gentec inc.

La réalisation des essais

Les personnes affectées aux tests électriques doivent être informées des dangers auxquels elles s'exposent, des procédures de travail et des mesures de sécurité à suivre. Par exemple, voici des mesures de sécurité à mettre en place durant des tests diélectriques (Hi-Pot test) :

- Effectuer les tests sur une table recouverte d'un matériau non conducteur.
- Utiliser des pinces isolées dont l'embout est rétractable.
- Si possible, utiliser un gabarit ou un support pour ne pas tenir la pièce (celle-ci pourrait devenir sous tension en cas de défaut d'isolation).
- Identifier les boutons d'ajustement de tension et d'ampérage (ne pas mettre inutilement sur un courant trop élevé).
- Prévoir plusieurs voyants lumineux et des barrières autour de la zone d'essai si les pièces à tester sont de grandes dimensions.

--- Consignes de sécurité pour les essais sous tension ---

Danger

Toute tension supérieure à 24 V ~ (alternatif) est dangereuse pour l'homme.
Il y a risque d'électrisation, d'électrocution ou de brûlures graves.



Porter des lunettes de sécurité



Porter des gants isolants durant les tests Hi-Pot



Porter des bottes à semelles isolantes approuvées CSA



Porter des vêtements ajustés et attacher les cheveux longs

Consignes générales

- Seules les personnes qualifiées et formées peuvent effectuer les essais sous tension et demeurer à l'intérieur du périmètre de sécurité qui délimite l'aire d'essai.
- Le personnel doit être formé selon une procédure bien définie et il doit être supervisé par une personne qui comprend parfaitement l'utilisation du testeur et des risques qui y sont associés.
- Ne jamais intervenir mains nues sur une installation électrique ou sur un équipement électrique en présence de pièces nues sous tension supérieure à 24 VAC.
- Ne réaliser des essais que sur un plan de travail recouvert d'une surface isolante.
- Ne pas se laisser distraire en demeurant concentré sur les essais à effectuer.

Avant de travailler sur des pièces sous tension vous devez :

1. Avoir enlevé vos bijoux.
2. Retirer tout équipement conducteur de l'aire d'essai (pas d'échelle ou de mètre métallique).
3. Porter les équipements de protection requis.
4. Avoir des outils isolants.
5. S'assurer que l'emplacement est dégagé. Mettre les équipements et le matériel non utilisé à leur place de rangement avant de commencer les essais.
6. Disposer d'un éclairage suffisant pour voir le travail à accomplir
7. Délimiter l'aire d'essai à l'aide des barrières et des affiches prévues à cet effet.
8. Inspecter visuellement l'état des appareils et des accessoires. Toute fissure sur les gaines, les pinces ou les boîtiers isolants et toute défécatoisité doit être signalée au superviseur. Ne pas utiliser ces appareils et ces accessoires tant que les réparations n'auront pas été effectuées.
9. S'assurer qu'aucune autre personne est à l'intérieur du périmètre de sécurité pour les essais.
10. Réviser et suivre attentivement les procédures d'essai.
11. Avant de mettre en fonction le HI-POT, régler la tension à zéro volt.

Durant les essais sous tension

- L'échantillon en essai doit être traité avec précaution et comme un équipement présentant un risque de choc électrique jusqu'à ce que les tests aient prouvé le contraire.
- Il faut se tenir éloigné des parties sous tension à découvert.
- Ne saisissez les pinces que par leur poignée isolante. Ne touchez jamais directement une pince!
- Le testeur ne doit jamais être utilisé si son boîtier est retiré. Sa réparation doit être réalisée uniquement par le personnel de maintenance et qualifié.

Après les essais sous tension

- Les appareils d'alimentation doivent être éteints lorsqu'il n'y a pas de tests en cours.
- Le matériel doit être rangé à sa place.

EXEMPLE DE CONSIGNES DE SÉCURITÉ POUR DES STATIONS D'ESSAIS ÉLECTRIQUES.

PRÉVENIR

7 Prévenir les chocs électriques indirects

Les pièces métalliques d'un équipement électrique qui ne sont pas sous tension normalement tel qu'un bâti de machine ou un conduit métallique renfermant des fils conducteurs sont communément appelées « masse ».

La masse de l'équipement peut devenir sous tension si l'isolation autour des conducteurs ou des composantes sous tension est abîmée ou encore s'il se crée un chemin conducteur suite à une infiltration de poussière ou d'eau. Ce défaut d'isolement présente un danger puisqu'il provoque la mise sous tension d'une pièce qui n'est pas sous tension en situation normale. C'est pourquoi on parle de choc électrique indirect.

Les principaux moyens pour réduire le risque de subir un choc électrique indirect sont la mise à la terre, l'utilisation d'outils à double isolation, le maintien d'une bonne polarité et l'installation d'un détecteur de fuite à la terre.

La mise à la terre

La mise à la terre est une protection prévue pour les individus. Elle agit comme circuit de retour de courant en cas de mise sous tension accidentelle de la masse de l'équipement. La mise à la terre ne fait pas partie du circuit de fonctionnement d'un appareil électrique. Elle s'effectue typiquement par l'intermédiaire d'un fil de cuivre vissé sur le boîtier métallique de l'équipement électrique. En cas de défaut d'isolement, le courant circulera dans le circuit de mise à la terre devenu sous tension. L'intensité du courant sera très élevée puisque la résistance électrique du fil de mise à la terre est très faible. Cette surintensité déclenchera les dispositifs de protection, c'est-à-dire les fusibles ou les disjoncteurs. Il s'en suivra une coupure immédiate de l'alimentation électrique.

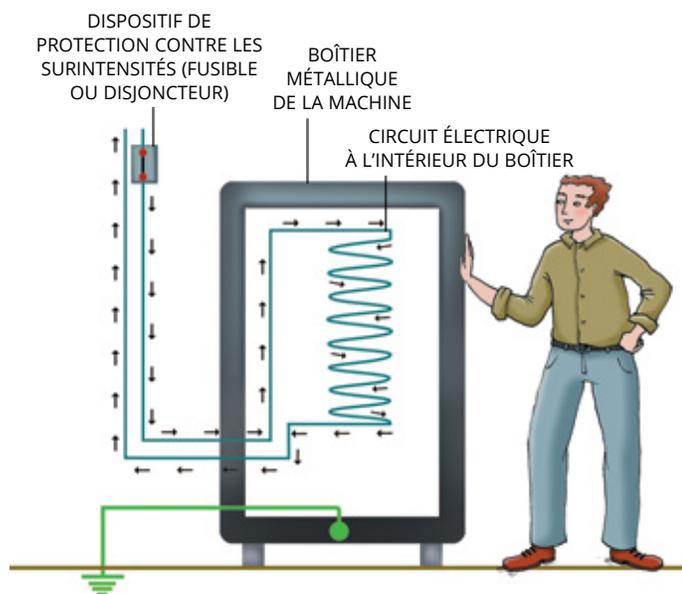


SCHÉMA A - IL N'Y A PAS DE DÉFAUT D'ISOLEMENT. LE FONCTIONNEMENT EST NORMAL ET LA MISE À LA TERRE EST CONNECTÉE.

Le schéma A illustre un équipement électrique dont les composantes sous tension sont protégées par une enveloppe métallique mise à la terre. Lorsque l'interrupteur de commande est mis en position « on », le courant circule dans le circuit électrique et l'équipement fonctionne. En situation normale, l'enveloppe de l'équipement ne porte aucune tension. Le fait de toucher au boîtier ne présente aucun risque.

Dans cette situation, si la mise à la terre n'est pas connectée, l'équipement continuera de fonctionner et le boîtier sera toujours à 0 volt. La présence ou l'absence de la connexion de la mise à la terre n'a pas d'importance en situation normale. Il en est tout autrement lorsqu'un défaut d'isolement apparaît...

Supposons qu'avec le temps, la gaine isolante d'un des conducteurs s'abîme suite au frottement ou à des chocs mécaniques. Cette détérioration risque d'entraîner un contact entre le conducteur et l'enveloppe métallique qui devient alors sous tension.

Si la mise à la terre est bien connectée au boîtier, elle agira comme circuit de retour du courant ce qui aura normalement pour effet de provoquer une surintensité dans le circuit et de déclencher les dispositifs de protection du circuit (disjoncteurs ou fusibles). Quelqu'un qui touche au boîtier ne subira pas de choc électrique parce que le boîtier n'est plus sous tension (voir les schémas B et C).

Il est à noter qu'il est très important de localiser le défaut d'isolement et de le réparer avant de remettre l'équipement en fonction.

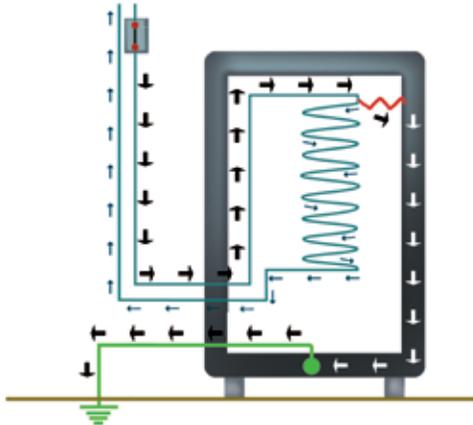


SCHÉMA B - IL Y A UN DÉFAUT D'ISOLEMENT. UNE PARTIE DU COURANT PASSE PAR LA MISE À LA TERRE, CE QUI CRÉE UNE AUGMENTATION DU COURANT DANS LE CIRCUIT. LE BOÎTIER EST SOUS TENSION.

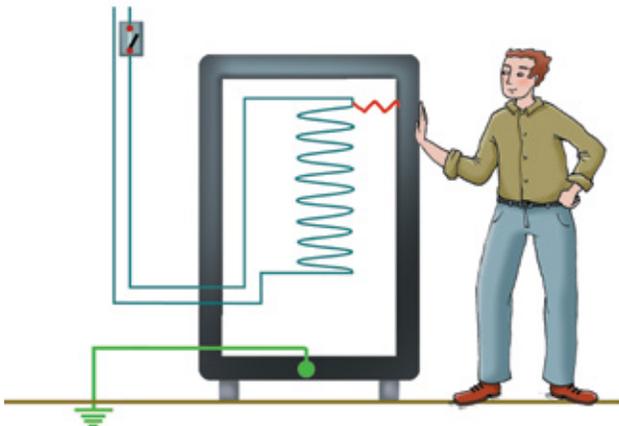


SCHÉMA C - LE DÉFAUT D'ISOLEMENT A PROVOQUÉ UNE SURINTENSITÉ QUI A FAIT DÉCLANCHER LE DISJONCTEUR. LE COURANT NE CIRCULE PLUS. LE BOÎTIER N'EST PLUS SOUS TENSION.

Dans le cas où ce même défaut d'isolement apparaît, mais sans mise à la terre, le boîtier demeurera sous tension car il n'y a pas de chemin permettant aux charges électriques de s'écouler. Quelqu'un qui touche au boîtier subira un choc électrique, tel qu'illustré sur le schéma D.

La mise à la terre est une protection pour les individus, mais elle n'est pas à toute épreuve. La présence d'un petit défaut d'isolement se traduira par une légère mise sous tension de la masse de l'équipement. Un courant de fuite s'échappera alors par la mise à la terre, mais ne sera pas suffisant pour déclencher les dispositifs de protection

contre les surintensités. Cela signifie que l'alimentation électrique ne sera pas coupée et que par le fait même, le boîtier demeurera sous tension. Si quelqu'un touche au boîtier dans un milieu sec et non conducteur, il ressentira un léger fourmillement ou peut-être rien du tout. Par contre, ce petit défaut d'isolement pourrait être suffisant pour provoquer un choc électrique si l'individu se trouve dans un milieu très conducteur tel qu'un plancher mouillé ou encore en contact avec une conduite d'eau ou une structure métallique placée à proximité, c'est-à-dire dans un milieu où sa résistance électrique devient faible (voir schéma E).

Le moyen de se protéger contre le danger que représentent les courants de fuite est l'utilisation d'un détecteur de fuite à la terre.

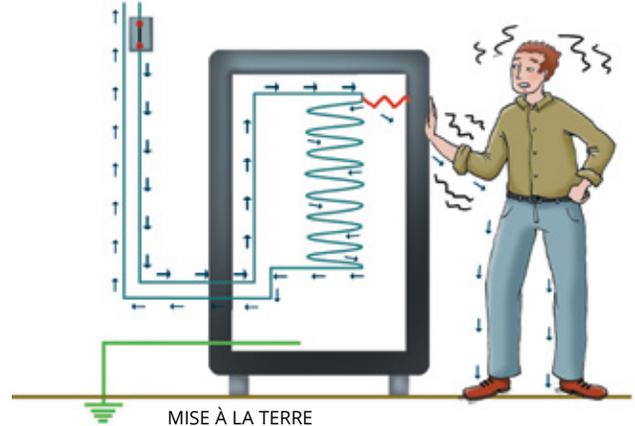


SCHÉMA D - IL Y A UN DÉFAUT D'ISOLEMENT ET LA MISE À LA TERRE N'EST PAS CONNECTÉE. LE BOÎTIER DEMEURE SOUS TENSION.

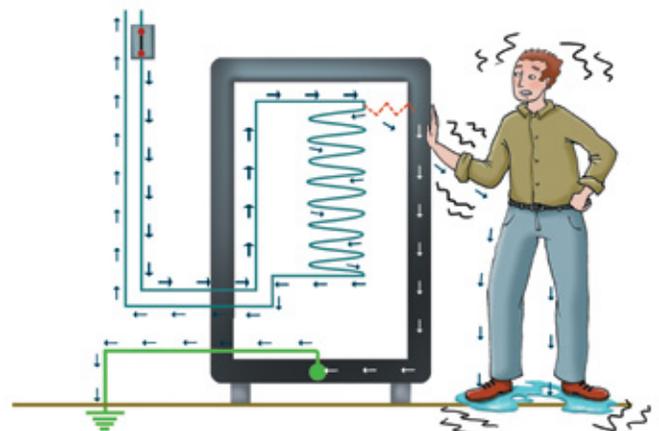


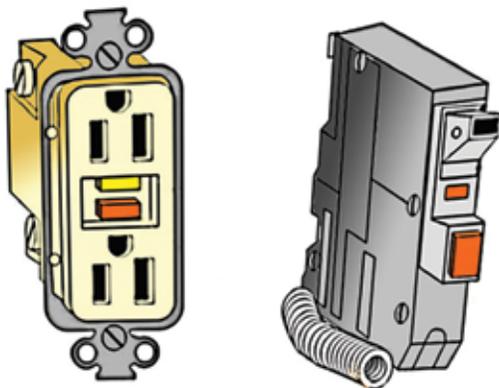
SCHÉMA E - IL Y A UN PETIT DÉFAUT D'ISOLEMENT. MÊME SI LA MISE À LA TERRE EST CONNECTÉE, IL N'Y A PAS DE SURINTENSITÉ. LE BOÎTIER EST LÉGÈREMENT SOUS TENSION.

Le détecteur de fuite à la terre

La fonction d'un Détecteur De Fuite à la Terre (DDFT), aussi appelé GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) ou encore disjoncteur différentiel est de protéger les personnes contre un choc électrique indirect en cas de défaut d'isolement sur un équipement électrique.

Ces disjoncteurs sont utilisés dans les endroits où la mise à la terre n'offre pas une sécurité suffisante; là où il y a présence d'humidité, d'eau ou encore dans les milieux très conducteurs tels que des surfaces de planchers métalliques ou l'intérieur d'une cuve. Au niveau résidentiel, on les retrouve principalement dans les prises des salles de bain et d'extérieur.

Les DDFT sont habituellement utilisés via des prises électriques. Ils peuvent également être installés directement dans le panneau principal. Dans ce cas, ils protègent toutes les prises de courant reliées au circuit.



DIFFÉRENTS MODÈLES DE DDFT

Le principe de protection contre les chocs repose sur la mesure de la différence entre le courant dans le conducteur sous tension et le courant de retour dans le conducteur neutre. Si ces deux courants ne sont pas égaux, c'est qu'il y a une fuite de courant, c'est-à-dire qu'il y a du courant qui passe ailleurs que dans le circuit normal. Dès qu'une différence de courant de quelques milliampères est atteinte, le disjoncteur se déclenche, coupant ainsi l'alimentation.

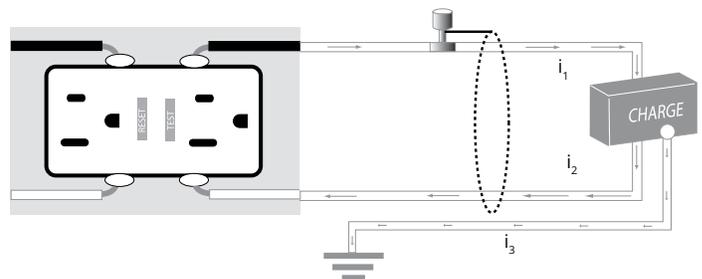
Il est à noter que ces dispositifs ne protègent pas contre un choc électrique entre le conducteur sous tension et le conducteur de retour, mais bien entre le conducteur

sous tension et le sol ou avec une surface conductrice environnante.

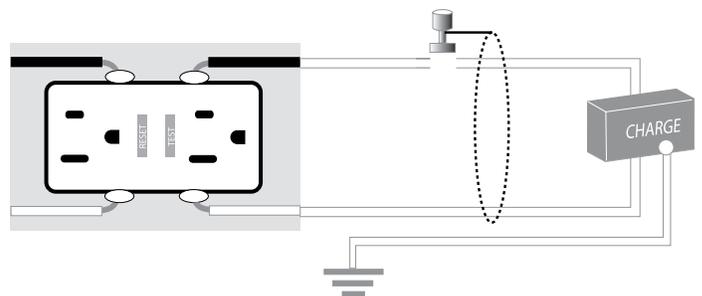
Il ne faut pas confondre le détecteur de fuite à la terre et l'interrupteur de courant d'arc. Ce dernier est conçu pour protéger contre les incendies en coupant l'alimentation électrique d'un circuit lorsqu'un arc est détecté. Il est appelé AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) ou DAA (Disjoncteur Anti-Arc). Les défauts d'arc peuvent se produire dans le système électrique suite à une détérioration de l'isolation électrique du câblage ou à un dommage causé au filage ou à l'équipement électrique.

Le schéma ci-dessous illustre le principe de fonctionnement du DDFT.

Le courant i_1 doit être égal au courant de retour i_2 . S'il y a un courant de fuite (i_3) ou s'il y a un courant qui circule ailleurs que dans le circuit normal, le courant i_1 devient égal à $i_2 + i_3$. Autrement dit, i_1 n'est plus égal à i_2 . Si cet écart atteint ou dépasse 5 mA, le disjoncteur se déclenche et coupe l'alimentation. Le temps de réaction des DDFT est d'environ 25 millièmes de seconde.



IL Y A UN DÉFAUT D'ISOLEMENT. UNE CERTAINE QUANTITÉ DE COURANT (i_3) CIRCULE AILLEURS QUE DANS LE CIRCUIT NORMAL; $i_1 = i_2 + i_3$.



LE COURANT i_3 EST DEVENU > 5 mA
LE DISJONCTEUR A DÉCLENCHÉ. LE COURANT NE CIRCULE PLUS.
LE DÉFAUT D'ISOLEMENT EST TOUJOURS PRÉSENT.

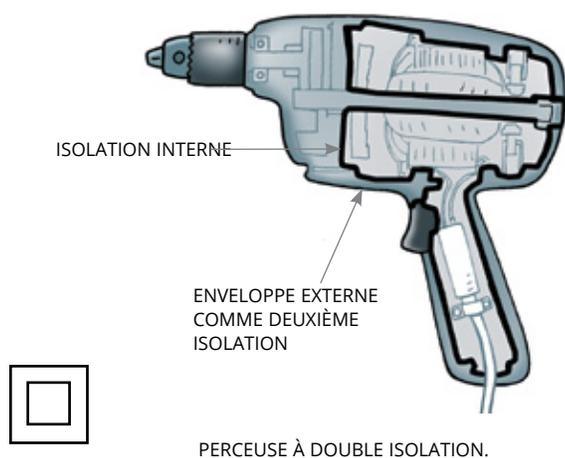
Les outils à double isolation

Certains outils ou équipements sont à double isolation électrique. Ils sont munis d'une première isolation interne autour des composantes électriques et d'une enveloppe externe en plastique qui constitue la deuxième isolation. Les pièces métalliques externes sont isolées des composantes électriques internes de l'outil. Par exemple, le mandrin d'une perceuse électrique à double isolation est isolé des composantes électriques internes.

Ces équipements ne nécessitent pas de mise à la terre puisque la protection qu'ils offrent repose sur la double isolation. Ils sont construits de telle façon qu'un défaut d'isolement est improbable dans les conditions normales d'emploi.

Ils ne doivent pas être utilisés si leur boîtier est fissuré puisque la protection de la double isolation repose sur l'intégrité de l'enveloppe de plastique comme isolant. Il faut également savoir qu'ils n'ont pas un degré de protection suffisant pour être utilisés dans des emplacements humides ou mouillés, par exemple, sous la pluie.

Les outils à double isolation sont identifiés par le symbole du double carré.



En milieu conducteur il est recommandé d'utiliser des outils pneumatiques ou des outils à piles. Le risque d'électrisation est alors éliminé à la source.

La bonne polarité

Dans plusieurs circuits électriques, l'un des conducteurs d'alimentation est sous tension et l'autre à 0 V. Celui-ci est communément appelé « fil neutre ». Une bonne polarité signifie que le fil neutre et le fil sous tension sont raccordés aux bons endroits sur l'appareil ou le réseau électrique.

Pour illustrer cette notion, prenons l'exemple d'une ampoule électrique branchée sur un circuit de 120 V.

Dans la situation où la polarité est respectée, le conducteur sous tension (120 V) est relié au fond de la douille alors que le conducteur neutre (0 V) est relié à la douille.



Dans la situation où la polarité serait inversée, le conducteur sous tension serait relié à la douille et le conducteur neutre serait relié au fond de la douille. L'ampoule fonctionnerait quand même, mais cette situation présenterait un danger parce que :

- Toute la douille deviendrait sous tension.
- L'interrupteur installé pour couper le courant sur le conducteur sous tension couperait alors le courant sur le neutre. L'ampoule s'éteindrait, mais la douille demeurerait sous tension malgré le fait que l'interrupteur soit en position « off ».
- Il y aurait danger de subir un choc électrique en touchant la douille ou l'enveloppe de la douille.

En somme, une mauvaise polarité résulte typiquement d'une erreur de branchement.

PRÉVENIR

8 Inspecter et entretenir les appareillages électriques

L'inspection des appareillages électriques permet principalement de détecter les signes de détérioration et les défaillances avant qu'elles ne dégèrent de manière à présenter un danger. L'entretien préventif a plutôt pour but d'empêcher que ne survienne une défaillance ou un bris d'équipement. L'entretien préventif est en quelque sorte lié à l'inspection puisque cette dernière permet d'identifier les équipements qui nécessitent un entretien (ex. : des signes de détérioration ont été observés sur une baladeuse).

La liste ci-dessous peut servir de base à l'élaboration d'une liste personnalisée d'inspection et d'entretien, selon les activités dans l'entreprise. Elle n'est pas exhaustive et les points énoncés n'apparaissent pas nécessairement par ordre d'importance.

Les câbles souples

- Vérifier si les gaines isolantes des câbles (y compris les rallonges) sont en bon état.

Si les câbles présentent des signes de détérioration, il faut les réparer ou les remplacer parce qu'éventuellement un conducteur sous tension pourrait devenir exposé et accessible.

Les fiches et les prises

- Vérifier s'il y a des connexions lâches. Par exemple, la fiche ne tient pas bien dans la prise.
- Vérifier s'il y a des conducteurs exposés.
- Vérifier la continuité de la mise à la terre et la polarité.



Il faut également porter une attention particulière dans les endroits où des rallonges ou des accessoires à prises multiples sont utilisés. Le cas échéant, il faudra peut-être faire installer des prises de courant supplémentaires.

Les rallonges électriques

- S'assurer que les rallonges électriques ne servent pas de câbles électriques permanents.
- Vérifier la polarité et la continuité de la mise à la terre.
- Vérifier si la rallonge a les bonnes caractéristiques: dimension du câblage (14G, 12G), résistance à l'huile, etc.

Les outils et appareils portatifs

- Vérifier l'isolation entre les composantes électriques et le boîtier.
- Vérifier la continuité entre la mise à la terre et le boîtier (sauf s'il s'agit d'un outil à double isolation).
- Vérifier l'état du boîtier (ex. : présence de fissures) et du cordon d'alimentation.
- Réparer l'outil si nécessaire.

Si un travailleur mentionne qu'il ressent un fourmillement dans les mains durant l'utilisation d'un équipement électrique, il y a probablement un courant de fuite. Les vérifications suggérées permettent de détecter et de prévenir la présence d'un courant de fuite qui pourrait, dans certaines circonstances, présenter un risque de choc électrique.

Les couvercles de protection

- S'assurer que tous les couvercles de protection empêchant l'accès à des composantes sous tension sur les appareillages électriques, les boîtes de jonction, etc. sont en place.
- Vérifier si les couvercles ferment bien et s'ils sont en bon état.

Les dispositifs de protection contre les surintensités

- S'assurer que les dispositifs de protection sont entretenus conformément aux directives du fabricant ou à des normes reconnues.

Un manque d'entretien peut provoquer des défaillances qui pourraient avoir de graves conséquences (éclat d'arc, incendie, choc électrique).

L'identification des circuits

- Vérifier que tous les circuits d'alimentation sont identifiés, que ce soit dans les panneaux de distribution, aux sectionneurs, etc.

Il est primordial de savoir d'où provient l'alimentation électrique lorsque vient le moment de cadenasser un appareillage.

Les emplacements dangereux

- S'assurer qu'aucune réparation sous tension n'est effectuée dans les endroits où se trouvent des substances ou des gaz inflammables. La moindre étincelle pourrait provoquer un accident.
- Vérifier que les composantes électriques (luminaires, interrupteurs, prises de courant, etc.) placées dans ces emplacements ont une approbation spécifique.

Le Code de construction, Chapitre V - Électricité a une section sur les emplacements dangereux.

Les détecteurs de fuite à la terre (DDFT)

ou ground fault circuit interrupter (GFCI)

- Vérifier régulièrement le bon fonctionnement des détecteurs de fuites à la terre.

Ceux-ci sont munis d'un bouton qui sert à simuler un courant de fuite. Lorsque ce bouton est actionné, le disjoncteur doit se déclencher et couper l'alimentation à la prise électrique. Normalement, le fabricant indique la fréquence à laquelle ce type de disjoncteur doit être testé.

Les équipements de protection individuelle et le matériel isolant

- Vérifier et faire vérifier périodiquement les équipements de protection individuelle. Le fabricant et certaines normes prescrivent la fréquence à laquelle ces vérifications doivent être faites. Par exemple, on doit soumettre les gants isolants à un test électrique à tous les 6 mois.
- Vérifier l'état du matériel isolant utilisé (outils, escabeau, etc.).

Étant donné que ces équipements sont utilisés pour le travail sous tension ou à proximité d'appareils sous tension, il est primordial de vérifier la présence de tout signe de détérioration sur ces équipements. La sécurité des utilisateurs est directement reliée à l'intégrité de ces équipements.

Le dégagement

Selon le Code de construction, Chapitre V - Électricité, il doit y avoir un espace utile d'au moins un mètre assurant une position stable autour de l'appareillage électrique tels que les tableaux de contrôle, de distribution et de commande.

- Vérifier si l'espace d'un mètre est maintenu là où c'est requis.

La thermographie

Des techniques de vérification plus spécialisées, comme la thermographie, peuvent être utilisées à titre préventif. Cette technique permet de détecter les endroits où il y a un dégagement de chaleur anormal. Ces « points chauds » sont habituellement des indicateurs de détériorations tels que des connexions lâches ou d'autres défauts dans les installations électriques.

De nombreux appareils et équipements dans les installations électriques doivent être inspectés périodiquement. Les fabricants sont souvent une bonne source d'information. Ils peuvent recommander d'effectuer des vérifications et de l'entretien périodiques tels que des mesures de température et de courant, le nettoyage des orifices de ventilation, etc.

Il est à noter que de manière générale toute surchauffe d'appareils, toute odeur suspecte, tout bruit anormal méritent d'être analysés. Comme le dit si bien le dicton « mieux vaut prévenir que guérir ».

PRÉVENIR

9 Foire aux questions

Le changement de fusibles dans une boîte électrique doit-il être fait par un électricien ?

La réponse est oui. Le métier d'électricien est réglementé et est défini comme suit : Le terme « électricien » désigne toute personne qui fait des travaux de construction, de réfection, de modification, de réparation et d'entretien d'installations électriques pour fins d'éclairage, de chauffage et de force motrice, y compris dans tous les cas les fils, câbles, conduits, accessoires, dispositifs et appareils électriques faisant partie de l'installation elle-même et y étant reliés ou servant au raccordement de l'installation au réseau du service public ou du service municipal l'alimentant, lequel point de raccordement est au mur de l'édifice ou de la bâtisse le plus rapproché de la ligne du service public.

Étant donné qu'un panneau électrique est un dispositif électrique faisant partie de l'installation, les relais et les fusibles à l'intérieur de ce même panneau sont des accessoires de ce dispositif. Ce qui confère l'exécution exclusive de toutes les tâches à l'intérieur du panneau électrique à un travailleur qualifié en vertu de la Loi, c'est-à-dire un électricien.

La réparation d'équipements de production (presse mécanique, convoyeur, moteur de pompe hydraulique, soudeuse à l'arc, etc.) doit-elle impliquer un électricien ?

Non, pas nécessairement. Les machines alimentées par électricité ne font pas partie de l'installation électrique du bâtiment, exception faite pour leur branchement et débranchement au système électrique du bâtiment. Par conséquent, elles peuvent être entretenues et réparées par un travailleur « non électricien ».

Il est à noter que tous les appareils raccordés à une installation électrique doivent être approuvés par un organisme certifié (CSA, UL, etc.). Par conséquent, une modification apportée à un appareil (une machine) peut annuler cette approbation.

Est-ce qu'un panneau de contrôle fait partie de l'installation électrique ?

Non, il est considéré comme un appareillage. Par contre le point de branchement du panneau de contrôle à l'installation électrique fait partie de l'installation électrique (voir le schéma à la page 23).

Un travailleur « non électricien » peut-il changer les tubes fluorescents ?

Oui, il peut changer des fluorescents et des ampoules, mais il ne peut pas changer les ballasts. Ceux-ci font partie de l'installation électrique.

Qu'est-ce que la règle de la main gauche ?

Il s'agit d'une pratique adoptée durant la remise sous tension d'un panneau électrique ou d'un disjoncteur qui consiste à se placer sur le côté du panneau (et non devant) en regardant dans la direction opposée au panneau et à utiliser la main gauche pour actionner le sectionneur. Cette pratique réduit le risque de subir des blessures graves aux yeux et au visage en cas de formation d'un arc électrique dans le panneau durant l'actionnement du sectionneur.

Est-ce que les chocs subis durant des tests diélectriques (Hi-Pot testing) peuvent être dangereux ?

Oui, dans certaines circonstances.

Ce genre de tests est requis pour tester la qualité de l'isolation d'un appareil électrique. Une différence de tension est appliquée entre la surface extérieure de l'appareil et les composantes électriques internes. La tension appliquée atteint souvent quelques milliers de volts. L'instrument de mesure est ajusté pour couper l'alimentation à partir d'un certain courant de fuite *trip current*. L'instrument peut limiter le courant à 3 mA, 5 mA ou plus. Subir un choc sur un Hi-Pot peut être douloureux et dans certains cas très dangereux. C'est pourquoi il faut mettre en place des moyens de prévention telles l'utilisation de sondes isolées dont la pointe est rétractable, une procédure de travail très encadrée, la mise en place de barrière isolante, l'utilisation de gants isolants, etc.

Note : On entend par électricien une personne qui détient un certificat de qualification en électricité.

Références

- CSA Z462-24, *Sécurité électrique au travail*
- CAN/ULC-S801-10, *Norme sur la sécurité électrique au travail pour les services publics de production, de transport et de distribution d'électricité*
- MULTIPRÉVENTION, *Réussir l'implantation d'un programme de cadenassage*, 46 p.
- EN 50191, *Installation et exploitation des équipements électriques d'essais*
- BIRD, Benjamin L., *Take care of your PPE*, magazine EC&M on-line, 2005.
- HSE (Health and Safety Executive), *Safety in electrical testing : products on production lines*, Engineering information sheet no 38, 2002.
- NIOSH, *Safety and health for electrical trades, department of health and human services*, publication no. 2002-123, 2002, 77 p.
- FLUKE CORPORATION, *ABC's of multimeter safety*, 2000.
- CODE DE CONSTRUCTION DU QUÉBEC
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration), *Controlling electrical hazards*, 1997, 21 p.
- CONSUMER PRODUCT SAFETY COMMISSION, *GFCI's fact sheet*, 1996.
- ASTM D120-95 *Standard specifications for rubber insulating gloves*, 9 p.
- RIENDEAU, Guy A., *Le choc électrique, qu'en savez-vous ?* Médecin du Québec, vol.29, no 1, janvier 1994, p.65-70.
- CEI 479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques, partie 1 : aspects généraux*, Rapport technique, 1994.
- CHOQUET, R., GILET, J.-C., *Vade-Mecum de la sécurité électrique*, Société alpine de publications, Grenoble, 1991, 345p.
- ASTM F1236-89 *Standard guide for visual inspection of electrical protective rubber products*.
- Enquêtes d'accidents réalisées par la CNESST.



150-2405, boul. Fernand-Lafontaine
Longueuil (Québec) J4N 1N7
Tél. 450 442-7763

570-979, av. de Bourgogne
Québec (Québec) G1W 2L4
Tél. 418 652-7682

multiprevention.org

