

LA SÉCURITÉ RELIÉE À L'ÉLECTRICITÉ

COMPRENDRE ET PRÉVENIR

Marie-Josée Ross, ing.



LA SÉCURITÉ RELIÉE À L'ÉLECTRICITÉ

COMPRENDRE ET PRÉVENIR

Marie-Josée Ross, ing.



LA SÉCURITÉ RELIÉE À L'ÉLECTRICITÉ

COMPRENDRE ET PRÉVENIR

Conception et rédaction

Marie-Josée Ross, ing.

Illustrations

Roxane Fournier

Conception graphique, mise en page et illustrations

Hélène Camirand

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

ASPHME

2271, boul. Fernand-Lafontaine, bureau 301

Longueuil (Québec) J4G 2R7

Tél. : 450 442-7763

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

Reproduction

La reproduction des textes est autorisée pourvu que la source soit mentionnée et qu'un exemplaire nous soit envoyé.

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

Tous droits de traduction réservés

© 2007 Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail
Secteur de la fabrication de produits en métal et de produits électriques

ISBN 978-2-923831-05-3 (PDF)

(Publié précédemment par l'ASP Métal Électrique, ISBN 2-921360-19-5)

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2007, 2010

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada, 2007, 2010

CONTENU

Introduction	3
--------------------	---

COMPRENDRE

COMPRENDRE L'ÉLECTRICITÉ 1

L'analogie entre l'électricité et l'eau	5
La Loi d'Ohm	7

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE 2

Le passage du courant	8
La gravité des blessures	9
L'influence de la résistance	10
Les effets du courant	11
L'influence de la tension.....	12
Le danger du choc à 120 V ou moins	13
Les conséquences d'une électrisation	14

COMPRENDRE L'ARC ÉLECTRIQUE 3

La formation d'un arc électrique	15
Les conséquences d'un arc électrique	16

PRÉVENIR

TRAVAILLER HORS TENSION 4

Pourquoi faut-il travailler hors tension?	17
Quand travailler hors tension?	18
Comment travailler hors tension?	18
L'importance du point de coupure	19

TRAVAILLER SOUS TENSION 5

L'organisation des travaux sous tension	20
L'aménagement de l'espace de travail	21
Les équipements de protection individuelle	22
Les instruments de mesure et le matériel isolé	23
Le choix de la protection en fonction du niveau de risque	25
Le rôle des dispositifs de protection contre les surintensités	26

PRÉVENIR LES CHOC ÉLECTRIQUES INDIRECTS 6

La mise à la terre	27
Les outils à double isolation	29
La bonne polarité	29
Le détecteur de fuite à la terre	30

INSPECTER ET ENTRETENIR LES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES 7

CONNAÎTRE LA RÉGLEMENTATION ET LES RÉFÉRENCES 8

FOIRE AUX QUESTIONS 9

Bibliographie.....	36
--------------------	----

LA SÉCURITÉ RELIÉE À L'ÉLECTRICITÉ

COMPRENDRE ET PRÉVENIR

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 » à l'une de ces questions.

Dans notre société moderne, l'électricité est omniprésente, à la maison comme dans les milieux de travail. Le risque d'entrer en contact avec une pièce sous tension est d'autant plus grand du fait que l'électricité est invisible. D'autre part, les conséquences d'un choc électrique sont souvent sous-estimées. Plusieurs questions sont régulièrement soulevées concernant le travail avec des équipements électriques : Quels effets peut provoquer un choc électrique sur le corps humain? Est-ce qu'un voltage de 120 V présente réellement un danger? Comment faire pour se protéger d'un éventuel choc électrique? Quelle est la réglementation dans ce domaine?

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

- Faire connaître les circonstances dans lesquelles on peut subir un choc électrique et les effets engendrés sur le corps.
- Permettre d'identifier les risques reliés au travail sur des installations électriques 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.

La section 1 aborde des notions simples qui permettent de mieux « visualiser » le comportement de l'électricité en la rendant moins abstraite. On distingue la tension, le courant et la résistance qui sont interreliés par la Loi d'Ohm, essentielle à la compréhension du choc électrique.

La section 2 se consacre au phénomène du choc électrique. On y retrouve de l'information sur ce qui cause les blessures, sur les différents effets ressentis et sur les facteurs qui influencent la gravité des blessures. La Loi d'Ohm, rattachée à plusieurs exemples concrets, permet de démontrer le côté « roulette russe » du choc électrique.

La section 3 porte sur les arcs électriques qui sont à l'origine de nombreux accidents reliés aux installations électriques. On y explique les causes et les conséquences.

Dans les sections suivantes, le document propose des moyens à mettre en œuvre pour éviter de subir une électrisation ou de provoquer la formation d'un arc électrique.

La section 4 présente le meilleur moyen pour se prémunir de tout risque de subir un choc. Il s'agit du travail hors tension. On y justifie les raisons et on y explique les façons d'y parvenir.

La section 5 mentionne les moyens pour se prémunir contre un choc dans les cas où il est nécessaire de travailler sous tension. Ces moyens sont variés : la protection individuelle, l'aménagement de l'aire de travail, le matériel utilisé, etc. La combinaison de différents moyens est souvent nécessaire pour se protéger durant le travail sous tension.

La section 6 fournit des moyens de se prémunir contre les chocs indirects lesquels peuvent être très dangereux dans certaines circonstances. Ces chocs surviennent typiquement lorsque les équipements électriques utilisés présentent un défaut d'isolement.

Ceci nous mène à la section 7 du document qui a pour but d'inciter les entreprises à entretenir et à vérifier les équipements et les installations électriques, dans le but d'améliorer la sécurité reliée à l'électricité dans leurs milieux de travail.

Finalement, on retrouve à la dernière section plusieurs références pertinentes à la sécurité entourant les tâches reliées à l'électricité.

COMPRENDRE

COMPRENDRE L'ÉLECTRICITÉ	1
COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE	2
COMPRENDRE L'ARC ÉLECTRIQUE	3

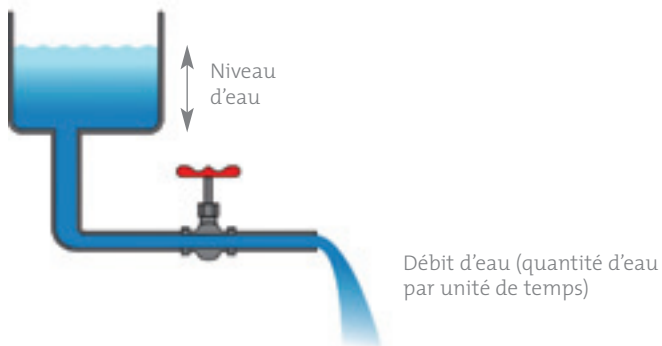
COMPRENDRE L'ÉLECTRICITÉ

1

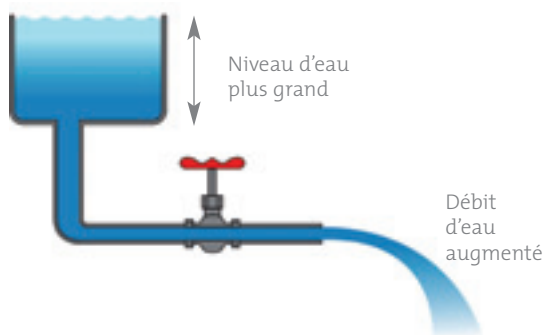
Vous trouverez dans cette section des notions simples qui permettent de mieux comprendre le comportement de l'électricité, de la rendre moins abstraite, en la comparant à l'eau. La Loi d'Ohm qui interrelie certains paramètres utiles à la compréhension du choc électrique y est également présentée.

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.

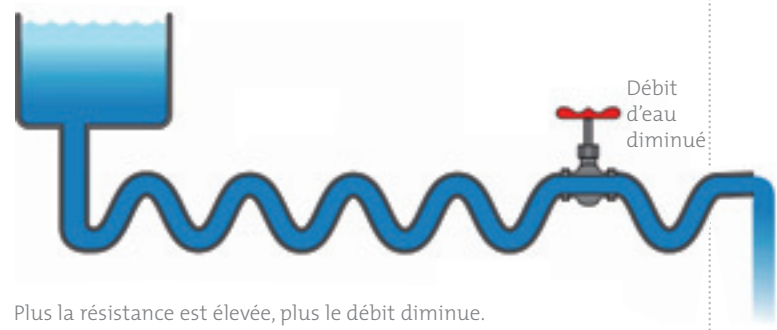


Le débit d'eau dépend entre autres de la pression exercée. L'augmentation du niveau d'eau a pour effet d'augmenter la pression, ce qui se traduit par une augmentation du débit d'eau qui s'écoule.



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.**

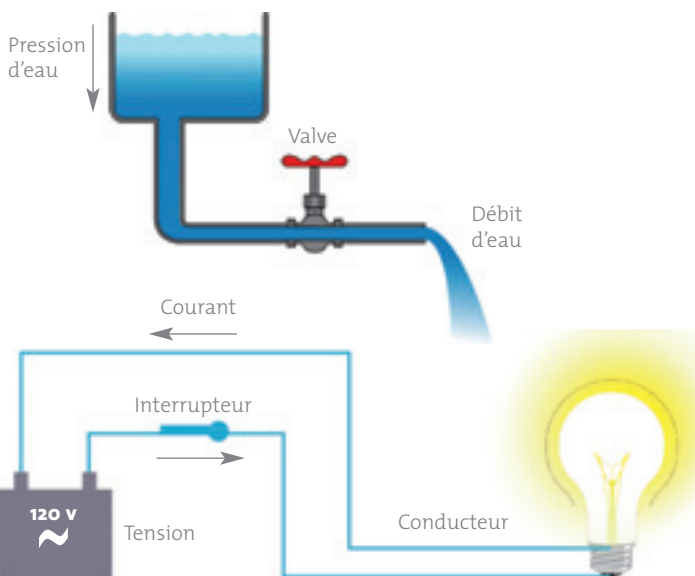
Le courant électrique est le déplacement de charges électriques dans un conducteur. Lorsqu'un individu subit un choc électrique, il y a passage d'un courant à travers son corps. L'unité de mesure qui permet d'évaluer l'intensité d'un courant est l'ampère « A » ou le milliampère « mA » qui correspond 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.

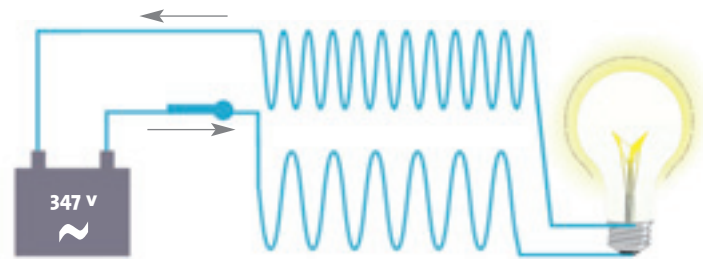


En faisant le même exercice avec l'électricité, on constatera qu'elle se comporte de manière similaire à l'eau. Par exemple, dans un circuit électrique donné, l'augmentation de la tension se traduira par l'augmentation du courant, comme l'augmentation de la pression dans le système hydraulique se traduit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

COMPRENDRE L'ÉLECTRICITÉ

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.

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.

À retenir



Tension élevée>	Courant élevé
Résistance faible>	Courant élevé
Tension faible>	Courant faible
Résistance élevée>	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.

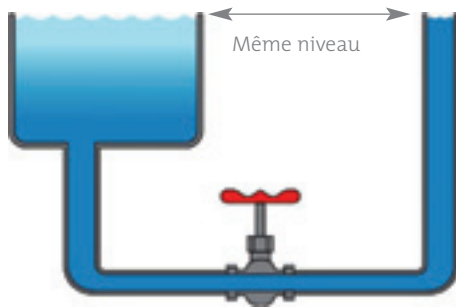


Cette section est consacrée à la compréhension du choc électrique. Vous y trouverez de l'information sur ce qui cause et ce qui influence l'importance des blessures au moment d'une électrisation, ainsi que les différents effets ressentis. La Loi d'Ohm y est utilisée pour démontrer le côté « roulette russe » du choc électrique. Suite à un choc sur une même installation électrique, les blessures peuvent aller 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 DE COURANT

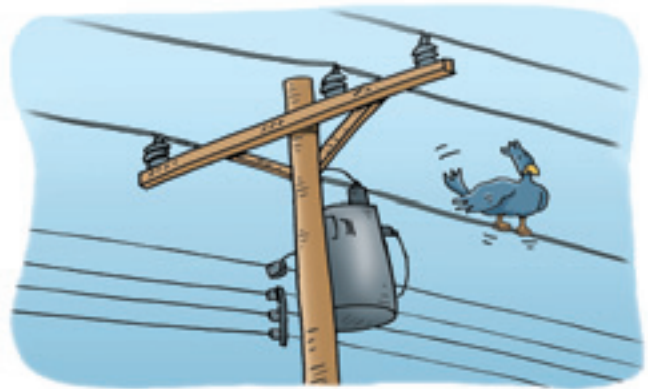
Dans le circuit hydraulique illustré ci-dessous, il n'y a aucun débit d'eau parce qu'il n'y a pas de différence de pression entre les deux extrémités; l'eau est au même niveau de part et d'autre.



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.

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

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 500Ω à $50\,000 \Omega$ selon différents paramètres (peau, trajet du courant, surface de contact, tension de contact).



COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

Exemple inspiré d'un document de sensibilisation
publié par Hydro-Québec

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 le 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 leurs corps.

Supposons d'abord que la 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.

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

$$\text{Pour Daniel : } I = 120 \text{ V} / 1\,500 \, \Omega = 80 \text{ mA}$$

$$I = 120 \text{ V} / 50\,000 \, \Omega = 2,4 \text{ mA}$$

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.

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

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.



300 mA	Brûlures
80 mA	Fibrillation ventriculaire
50 mA	Arrêt respiratoire
10 mA	Non-lâcher
3 mA	Douleur
1 mA	Perception

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 téτανisation musculaire (seuil de non-lâcher) : 10 mA

Le phénomène de téτανisation 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 téτανisation, 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 téτανisation 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 l'utilisation de défibrillateurs électriques. 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 sont 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.

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

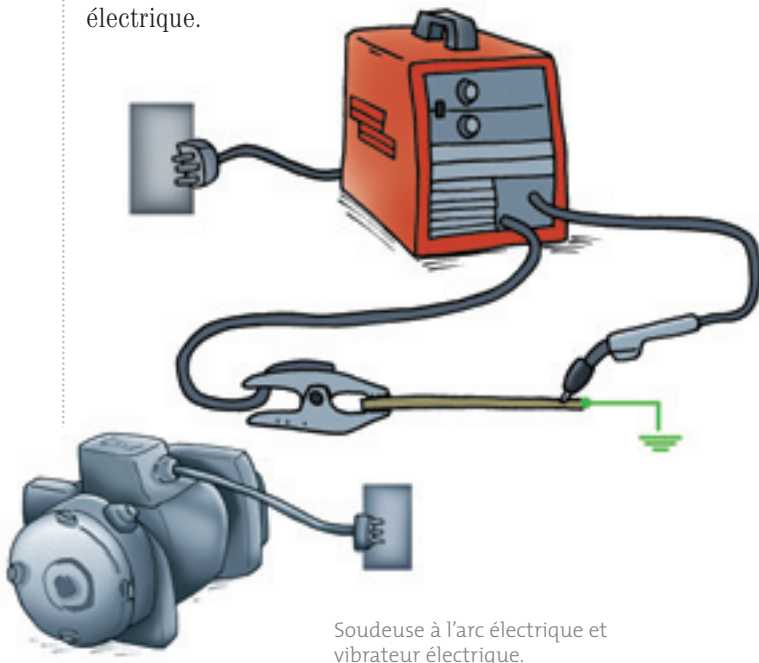
L'INFLUENCE DE LA TENSION

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 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 vibreur électrique

Un courant de 6 A circule dans les conducteurs du vibreur électrique monophasé alimenté à 230 V lorsqu'il fonctionne. Le vibreur 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 les 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 : $I = \Delta V / R$
- 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 230 V dans le cas du vibreur.
- La résistance électrique de Messieurs X et Y est estimée à $10\,000\ \Omega$ étant donné qu'ils étaient nus mains.
- 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 (vibreur) :
 $I = 230\text{ V} / 10\,000\ \Omega = 23\text{ mA}$

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 vibreur 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 $2\,000\ \Omega$. Il s'agit de la résistance électrique entre les deux mains, 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 115 mA dans le cas d'un choc sur le vibreur. Dans ce deuxième cas, Monsieur Y risquerait de mourir par électrocution puisque le seuil de fibrillation ventriculaire serait atteint.

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

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.

V : 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.

Certaines références établissent la limite de tension jugée non dangereuse à 50 V.

COMPRENDRE LE CHOC ÉLECTRIQUE

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 :

L'accident sans conséquence

Le choc ne dure qu'un instant et la personne ne ressent rien ou ressent légèrement le courant traverser son corps. L'intensité du courant n'est pas suffisamment élevée pour provoquer des effets dangereux.

L'accident alarmant

La personne est restée prise jusqu'à ce qu'une autre personne intervienne pour couper l'alimentation électrique. 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. Des complications cardiaques peuvent survenir suite à ce type de choc. Cette personne doit être hospitalisée pour être examinée.

L'accident grave

La personne reste inconsciente, même après avoir été dégagée 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.

L'accident mortel

Des efforts de réanimation doivent être appliqués et maintenus jusqu'à l'arrivée des ambulanciers.

Une victime d'électrification doit être accompagnée à l'hôpital si l'une de ces situations s'applique :

- La victime a perdu conscience;
- La victime est restée coincée à la source;
- La victime a été projetée après son contact avec la source de courant;
- La victime a senti le courant passer à travers son corps.

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 rapidement.

On doit absolument éviter de toucher une personne qui subit une électrification. 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.

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.





Plusieurs accidents d'origine électrique sont provoqués par la formation d'un arc électrique dans les appareillages électriques.

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.

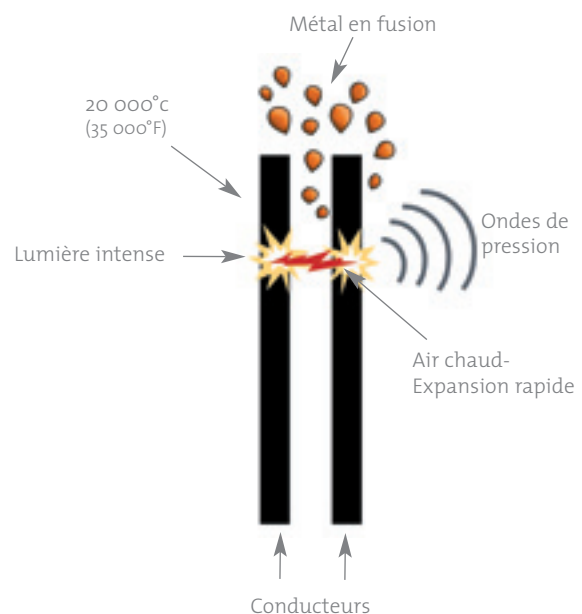
Dans les installations électriques, l'arc électrique peut se produire suite à la détérioration des isolants par vieillissement ou usure, suite à un défaut dans l'équipement électrique, suite à un court-circuit accidentel causé par un élément conducteur (tige d'un tournevis, sonde d'un multimètre, etc.) ou suite à l'utilisation d'un appareil de mesure inadéquat.

Par exemple, l'actionnement d'un relais électromécanique utilisé 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'arc électrique peut atteindre une intensité suffisante pour créer des blessures et des dommages.

L'énergie dégagée durant la formation d'un arc électrique est 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 qu'elle surchauffe l'air ambiant qui prend de l'expansion à la manière d'une explosion. Les composantes peuvent être complètement détruites, voire calcinées. C'est pourquoi on parle de « boule de feu », de « flash » et de « blast » suite à un arc électrique dans

un boîtier ou dans un panneau électrique. L'énergie dégagée en cas d'arc électrique dépend principalement de l'intensité du courant et de la durée pendant laquelle l'arc est maintenu. Évidemment, plus la différence de tension est élevée, plus l'intensité de courant risque d'être élevée et par conséquent, plus l'arc électrique risque d'être violent.

Les installations électriques de 480 volts et plus sont davantage susceptibles de produire des arcs électriques de grande intensité. Il peut se produire des arcs électriques dans les systèmes à plus basse tension, mais les effets ne sont généralement pas aussi destructeurs.



L'arc électrique génère une énergie très intense.

COMPRENDRE L'ARC ÉLECTRIQUE

LES CONSÉQUENCES D'UN ARC ÉLECTRIQUE

Les blessures subies suite à un arc électrique 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. L'arc électrique est associé 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.



Le tournevis glisse et crée un court-circuit qui provoque un arc électrique.

La vitesse à laquelle se produit l'arc est si grande qu'il est impossible de réagir à temps pour se protéger. C'est pourquoi il faut adopter des procédures de travail qui incluent le port d'équipements de protection individuelle (gants, lunettes, visière, etc.).

D'autre part, il est possible de réduire la « force » d'un éventuel arc électrique au moment de la conception des équipements électriques. Le choix des dispositifs de protection (fusibles, disjoncteurs) est particulièrement important.

Nous traitons de ces différents moyens dans les sections suivantes.



Arc électrique 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.

Les risques auxquels s'expose le travailleur qui effectue des travaux sous tension sont donc de deux types: le risque de subir une électrisation et le risque de subir des blessures suite à la formation d'un arc électrique.

Un électricien qui ajoute un disjoncteur dans un panneau électrique sous tension constitue un bon exemple. Le panneau est maintenu sous tension afin de ne pas couper l'alimentation électrique sur les autres circuits (machines de production en fonction, utilisateurs d'ordinateurs, etc.). Si le travailleur utilise un outil métallique tel qu'un tournevis non isolé pour effectuer les travaux et qu'il ne porte ni gants, ni lunettes, il risque de:

- Subir un choc électrique en entrant en contact avec des composantes sous tension.
- Provoquer un arc électrique en créant accidentellement un court-circuit si le tournevis lui glisse des mains.

À retenir

- L'énergie dégagée par un arc électrique est extrêmement intense.
- L'arc électrique se forme en une fraction de seconde.
- Les blessures subies sont typiquement des brûlures aux yeux, au visage et aux mains.



PRÉVENIR

TRAVAILLER HORS TENSION	4
TRAVAILLER SOUS TENSION	5
PRÉVENIR LES CHOCS ÉLECTRIQUES INDIRECTS	6
INSPECTER ET ENTRETENIR LES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES	7
CONNAÎTRE LA RÉGLEMENTATION ET LES RÉFÉRENCES	8

TRAVAILLER HORS TENSION

4



Le meilleur moyen pour se prémunir contre le risque de choc 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 seul 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.



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.



TRAVAILLER HORS TENSION

QUAND TRAVAILLER HORS TENSION ?

La mise hors tension doit toujours être appliquée durant les travaux sur des installations ou des appareils électriques, sauf dans certaines situations particulières telles que la recherche d'un problème, communément appelé « dépannage » ou « troubleshooting », ou encore lorsque la mise hors tension peut mettre la vie d'autrui en danger. Ces situations seront abordées dans la prochaine section du document.

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.

TRAVAILLER HORS TENSION

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 de réparation, de maintenance, de déblocage de machine 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 étapes à suivre sont :

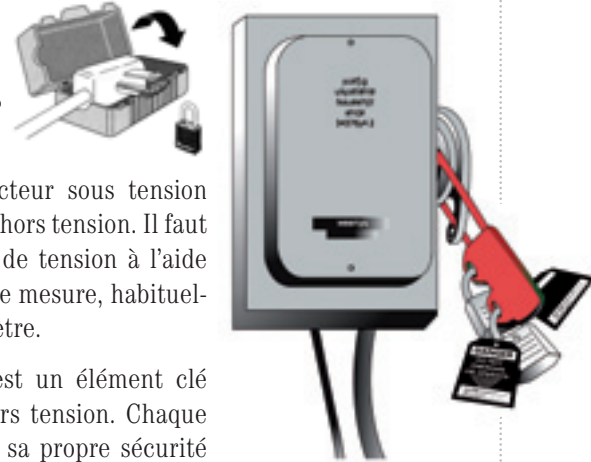
Planifier le moment et la durée des travaux ainsi que les impacts sur les utilisateurs touchés par cette mise hors tension. Doit-on installer une dérivation temporaire? Peut-on profiter d'un « set-up » de machine pour effectuer les travaux électriques sur cette machine? Est-ce que les travaux peuvent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

Connaître le système sur lequel on travaille et avoir, autant que possible, un plan du réseau électrique à jour. Y a-t-il un sectionneur unique qui désactive plusieurs machines en même temps? Les interrupteurs sont-ils bien identifiés? Les points de coupure d'alimentation sont-ils tous connus?

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;
- 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 est un élément clé lors du travail hors tension. Chaque travailleur assure sa propre sécurité en cadenassant lui-même les sources d'énergie. Si plusieurs personnes travaillent sur la même machine, plusieurs cadenas seront nécessaires. Il existe de nombreux documents traitant du cadenassage (voir la bibliographie). L'ampleur des procédures de cadenassage dépend de plusieurs facteurs, dont les situations rencontrées dans l'entreprise et les différentes sources d'énergie (électriques, pneumatiques, hydrauliques, etc.). Il appartient à chaque entreprise de développer sa propre procédure, en se référant toutefois aux règles de l'art dans ce domaine.

L'importance de cadenasser

Deux opérateurs travaillent près d'un convoyeur. Toutes les zones dangereuses sont munies de gardes protecteurs. Tout va bien jusqu'à ce que la chaîne de guidage déraile. Un des opérateurs (l'autre a quitté pendant quelques minutes son poste de travail), retire le garde protecteur à l'arrière du convoyeur pour accéder à la chaîne située sous le convoyeur et la remettre en place. Il s'agit d'une courte intervention. Le deuxième opérateur revient à son poste de travail, ne comprend pas que le convoyeur soit arrêté et le redémarre.

Le travailleur qui travaille à replacer la chaîne se fait coincer un doigt entre la chaîne et le pignon. Il a dû subir une amputation.



TRAVAILLER HORS TENSION

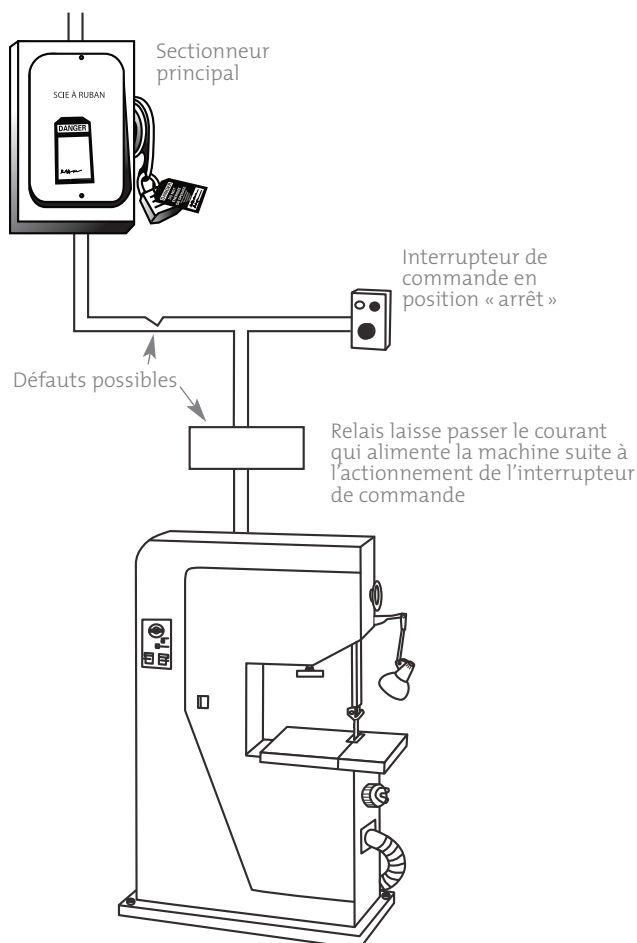
L'IMPORTANCE DU POINT DE COUPURE

L'image ci-dessous illustre une installation électrique simple. Il s'agit d'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 ils sont reliés au sectionneur pourvu de fusibles.

Dans l'exemple illustré ci-dessous, le conduit rigide a été écrasé accidentellement par un chariot élévateur. Les gaines isolantes des conducteurs placés à l'intérieur du conduit ont été abîmées.

Un ajustement à l'intérieur de la machine doit être fait. 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 ?

Est-ce que de mettre l'interrupteur de commande en position « arrêt », cadenasser ou verrouiller l'interrupteur de commande et vérifier la mise hors tension avant de commencer l'ajustement est suffisant pour prévenir tout risque de remise sous tension ou de démarrage accidentel ?



L'utilisation du sectionneur principal comme dispositif de coupure permet de mettre réellement l'équipement hors tension.

Cela n'est pas suffisant. 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. Un contact pourrait s'établir, ce qui déclencherait le démarrage de la machine.
- De la poussière s'est accumulée dans le relais ou encore celui-ci est usé. Un contact électrique pourrait se créer et faire démarrer la machine.
- Pendant que des opérations se font sur la machine, quelqu'un pourrait décider de vérifier le relais, ce qui pourrait déclencher le démarrage de la machine.

Ces défaillances peuvent survenir et faire démarrer la machine parce que 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 en plaçant le sectionneur en position « off » et le cadenasser pour toute la durée des 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 durant les travaux pour éviter toute remise sous tension.





Dans certaines circonstances, le travail sous tension est incontournable, que ce soit pour localiser une défectuosité en réalisant du « dépannage » ou encore lorsque la mise hors tension pourrait compromettre la vie d'autrui. Cette section présente plusieurs moyens pour se prémunir contre un choc dans les cas où des travaux sous tension sont réalisés.

Les moyens présentés sont variés : protection individuelle, aménagement de l'aire de travail, matériel isolé, etc. L'ensemble de ces moyens peut sembler un peu exagéré, mais des cas d'accidents survenus dans le passé témoignent de l'importance de combiner plusieurs moyens pour se protéger tout au long du travail sous tension. De plus, la norme *NFPA 70E Standard for electrical safety in workplace*, de plus en plus reconnue comme référence en sécurité reliée à l'électricité, mentionne plusieurs exigences pour se protéger dans les situations de travail sous tension.

Les moyens proposés reposent sur trois principes de base :

- Éviter d'entrer en contact avec des composantes sous tension.
- Augmenter la résistance électrique entre le corps et des composantes sous tension, en cas de contact accidentel.
- Se protéger contre la chaleur intense causée par un arc électrique accidentel.

L'ORGANISATION DES TRAVAUX SOUS TENSION

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

- Délimiter la zone dangereuse.
- Évaluer le niveau de risque auquel la personne affectée aux travaux sous tension s'expose.
- Choisir les moyens de protection en fonction du niveau de 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.

TRAVAILLER SOUS TENSION

L'AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE DE TRAVAIL

Les précautions générales à prendre

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.

Un aide-opérateur meurt électrocuté

Deux travailleurs de l'équipe de maintenance s'affairent à modifier le montage d'une extrudeuse. L'un d'eux quitte les lieux de travail pour aller chercher un outil. L'autre branche le moteur du système d'alimentation et constate que le moteur ne fonctionne pas. Il retire le couvercle du boîtier où se trouve le moteur et constate en effectuant des mesures que les bornes du moteur sont sous tension, mais qu'il n'y a pas de différence de tension entre chacune des phases. Il se dirige au panneau d'alimentation situé à quelques mètres plus loin. Pendant ce temps, l'aide-opérateur vient remplir le bac d'alimentation de l'extrudeuse. Il se penche au-dessus du moteur dont le boîtier de protection est ouvert. Son abdomen entre en contact avec les bornes sous tension. Le travailleur est électrocuté.

Les limites d'approche pour prévenir les chocs électriques

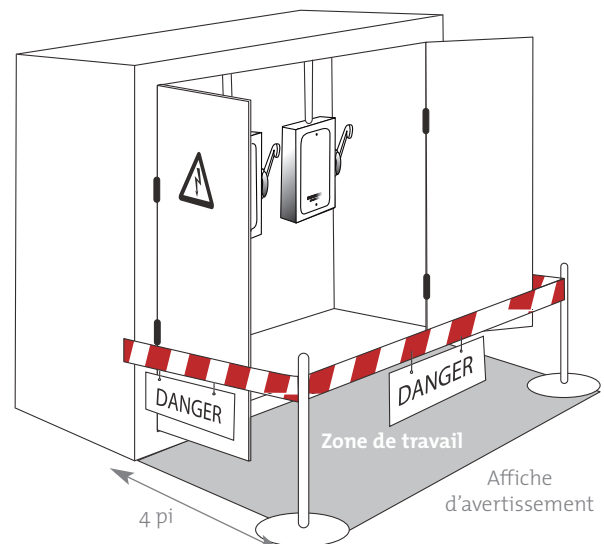
La limite d'approche définit l'espace à l'intérieur duquel il y a un risque de subir un choc électrique. Plus la tension à laquelle on risque d'être exposé est élevée, plus la limite d'approche est grande. Des moyens doivent être pris pour se protéger en cas d'accès à l'intérieur de cette limite (protection individuelle, méthode de travail, etc.). Normalement, seules les personnes qualifiées peuvent accéder à l'intérieur de cette limite. Les limites proposées sont les suivantes:

Tension nominale entre deux phases	Limite d'approche dans le cas de composants électriques fixes
Moins de 50 V	Aucune spécification
50 à 750 V	3,5 pi (environ 1 m)
751 à 15 000 V	5 pi (environ 1,5m)

La norme NFPA 70E « Electrical safety in the workplace » est beaucoup plus explicite. Elle répartit les limites d'approche en trois zones distinctes.

Limite de protection en cas d'arc électrique

La limite de protection détermine l'espace à l'intérieur duquel il existe un risque de subir des brûlures du deuxième degré en cas de formation d'un arc électrique dans le système. La norme NFPA 70E indique une limite de protection de 4 pi pour les systèmes électriques de 600 V et moins (sous certaines conditions). La norme propose des méthodes de calculs pour définir plus précisément les limites de protection contre les arcs électriques. Il est conseillé de consulter cette norme pour obtenir plus de détails, car la limite de sécurité en cas d'arc électrique peut varier grandement d'une installation à l'autre.



Exemple d'une limite de protection à l'intérieur de laquelle du travail sous tension est effectué.

TRAVAILLER SOUS TENSION

LES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (ÉPI)

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

- Soit d'augmenter la résistance électrique en créant une barrière isolante entre le corps et un point de contact sous tension;
- Soit de protéger la peau contre les brûlures en cas d'arc électrique.

Les gants isolants



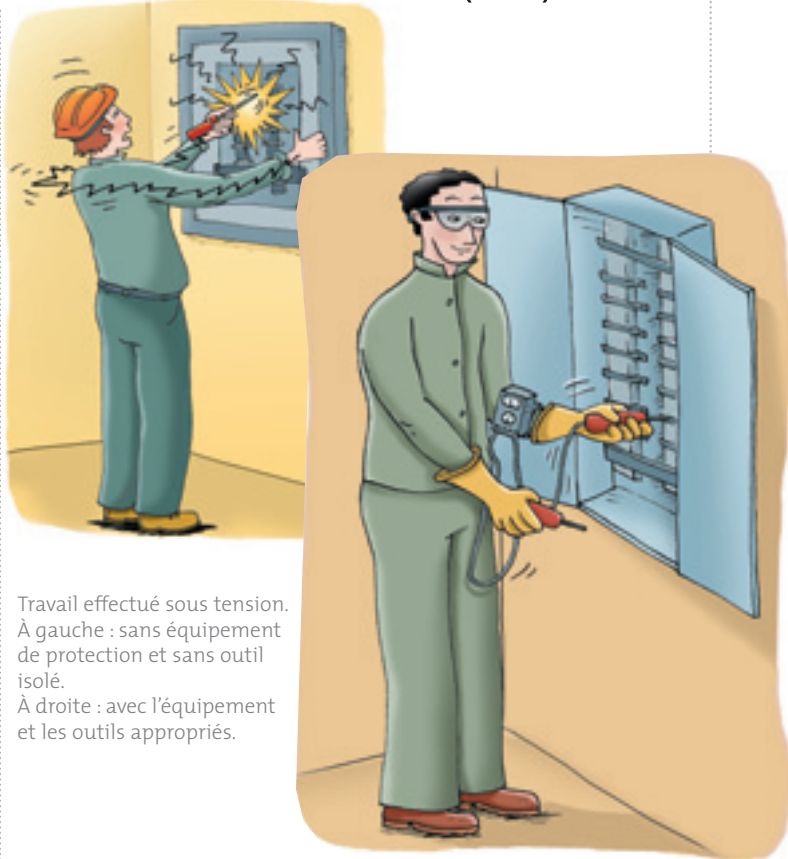
Les gants isolants sont faits d'un matériau qui présente une très grande résistance électrique, typiquement du caoutchouc. Ces gants sont utilisés pour manœuvrer des appareils électriques ou pour travailler près de pièces sous tension, mais bien pour protéger le travailleur d'un contact accidentel avec une pièce sous tension.

Il y a différentes classes de gants qui correspondent à la tension des appareils à proximité de la zone où les travaux sont effectués :

- 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

Le principal inconvénient de l'utilisation des gants isolants est la perte de dextérité. Ces gants sont faits d'un matériau relativement fragile aux lacérations et ils doivent normalement être protégés par un gant de cuir. Deux épaisseurs de gants... « c'est beaucoup ! » diront certains. Pour diminuer cet inconvénient, il est primordial de choisir la bonne grandeur de gants parce que des gants bien ajustés offrent une meilleure dextérité. Les catalogues de fournisseurs indiquent la façon de bien choisir la grandeur de gants qui convient.

Les gants doivent être inspectés visuellement avant chaque utilisation pour détecter toute fissure ou dommage. L'endroit où le gant est endommagé présente localement une résistance électrique plus faible, ce qui rend le gant non conforme à la classe pour lequel il a été approuvé.



Travail effectué sous tension.
À gauche : sans équipement de protection et sans outil isolé.
À droite : avec l'équipement et les outils appropriés.

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.

Visière ou lunettes

Le port de la visière ou des lunettes de sécurité n'offre aucune protection contre le risque de subir un choc électrique. Il permet de protéger le travailleur des éclats, de la « boule de feu » et de l'éblouissement provoqué par la formation d'un arc électrique suite à un court-circuit ou à une quelconque défaillance dans un appareil électrique. La protection des yeux et du visage ne doit pas être négligée durant le travail sous tension.

Les vêtements

Les vêtements de travail doivent être secs et n'avoir aucune composante métallique étant donné que le métal est un très bon conducteur d'électricité. Les bijoux et les accessoires métalliques sont également à éviter. Ils peuvent contribuer à provoquer un arc électrique et à causer de graves brûlures s'ils entrent en contact avec une pièce sous tension. Les vêtements synthétiques, comme le polyester ou les mélanges coton/polyester, sont à éviter parce qu'en cas d'exposition à un arc électrique, 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 dès qu'il s'agit de travail sous tension. Il peut

s'agir de vêtements en coton traité ou des vêtements dont la fibre possède intrinsèquement une certaine résistance à la flamme (Nomex, Kevlar, etc.).

Le degré de résistance à la flamme, nécessaire pour être protégé en cas d'arc électrique, dépend directement du niveau de risque auquel on s'expose. Celui-ci peut varier selon le système électrique sur lequel on doit travailler et des tâches à effectuer. Cette notion est abordée un peu plus loin dans le document.

Interdiction de porter des accessoires en métal



TRAVAILLER SOUS TENSION

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

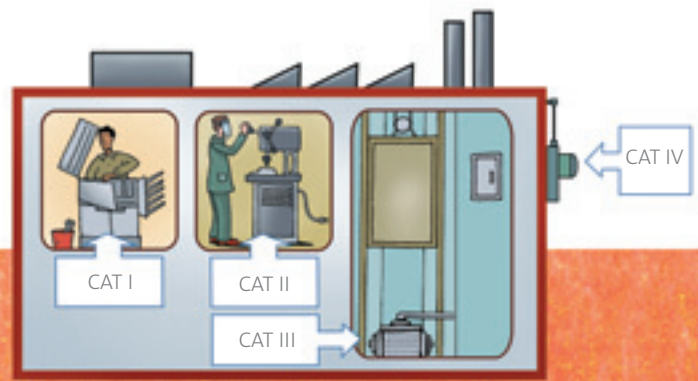
Un multimètre sécuritaire

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 court-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.

Catégories de surtension correspondant aux environnements de travail.



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 (30 pi) 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"> • Compteurs électriques • Extérieur du bâtiment, entrée électrique

Tiré d'une feuille d'information produite 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.

Mauvaise utilisation d'un multimètre



En vérifiant la mise à la terre au panneau de l'entrée électrique de 600 volts, un arc électrique se produit et le travailleur est brûlé au visage et aux mains. L'appareil de mesure utilisé n'est pas conçu pour effectuer des vérifications sous une tension de 600 volts et le fusible de protection de 250 volts n'a pas la capacité d'isolation requise. De plus, le travailleur n'a pas la formation adéquate pour exécuter ce genre de vérification.

D'autre part, le risque de créer un arc électrique par l'intermédiaire de l'embout métallique des sondes n'est pas à négliger. Il existe des sondes avec embouts rétractables qui contribuent à diminuer le risque de créer un court-circuit durant les mesures.



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.

TRAVAILLER SOUS TENSION

LE CHOIX DE LA PROTECTION EN FONCTION DU NIVEAU DE RISQUE

Le niveau de risque auquel un travailleur s'expose en effectuant une tâche peut varier considérablement selon la nature de la tâche en question. Par exemple, actionner un disjoncteur d'un panneau électrique 600 V est moins risqué qu'effectuer des mesures sous tension à l'intérieur ce même panneau électrique. Les moyens de protection et les équipements isolés à utiliser pour se protéger varieront selon le risque auquel on s'expose. La réalisation d'une analyse du risque est un moyen de « quantifier » le niveau de risque auquel on s'expose. Il s'agit toutefois d'une démarche souvent longue et laborieuse.

La norme NFPA 70E *Standard for electrical safety in workplace* fournit une longue liste de tâches auxquelles sont asso-

ciées un niveau de risque. L'analyse a en quelque sorte déjà été réalisée. Il y a cinq niveaux de risque; le niveau zéro étant celui qui représente le plus faible risque et le niveau 4, celui qui représente le risque le plus élevé.

Le tableau ci-dessous n'est pas exhaustif et est présenté uniquement pour donner un aperçu du contenu de la liste fournie dans la norme.

Une fois les niveaux de risque établis en fonction des tâches effectuées, la norme indique les équipements de protection individuelle à utiliser à l'intérieur des limites de sécurité : catégorie de vêtements ignifuges, gants, lunettes ou visière, etc.

Tâche (équipement sous tension et travaux effectués à l'intérieur de la limite de sécurité)	Niveau de risque 0 à 4
Panneau électrique de 240 V et moins	
Actionnement d'un sectionneur muni de disjoncteurs ou de fusibles (couvercle fermé)	0
Actionnement d'un sectionneur muni de disjoncteurs ou de fusibles (couvercle ouvert)	0
Travail sur les composantes sous tension incluant les tests de tension	1
Installation ou enlèvement de disjoncteurs ou de fusibles	1
Panneaux ou interrupteurs de plus de 240 V jusqu'à 600 V	
Actionnement d'un sectionneur muni de disjoncteurs ou de fusibles (couvercle fermé)	0
Actionnement d'un sectionneur muni de disjoncteurs ou de fusibles (couvercle ouvert)	1
Travail sur les composantes sous tension incluant les tests de tension	2
Équipements de 1000 V et plus	
Actionnement d'un interrupteur	2
Travail sur des composantes sous tension, incluant les tests de tension	4
Ouverture d'un couvercle monté sur charnières, exposant des composantes sous tension	3

Extraits d'un tableau de la norme NFPA 70E *Standard for electrical safety in workplace*, Éd. 2004

TRAVAILLER SOUS TENSION

LE RÔLE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS

Les dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles et disjoncteurs) ont pour fonction de protéger les équipements et les circuits électriques en cas de surintensités. Si le courant devient trop élevé, le fusible fond ou le disjoncteur se déclenche, coupant ainsi le passage du courant. À priori, ils ne sont pas conçus pour protéger les individus dans l'éventualité d'un choc électrique.

Par contre, le choix de ces dispositifs peut jouer un rôle significatif dans l'ampleur des blessures et des dégâts matériels en cas de formation d'un arc électrique. En effet, l'énergie dégagée durant l'arc électrique est reliée à deux caractéristiques des dispositifs de protection:

- **Le temps** que prend le dispositif de protection pour ouvrir le circuit (interrompre le passage de courant). Plus le déclenchement du dispositif en cas d'arc électrique est rapide, moins il y aura d'énergie libérée.
- **L'intensité** de courant (fault current) que le dispositif de protection laisse passer. Les dispositifs de protection à courant limité réduisent le courant qui s'échappe et par le fait même, réduisent l'énergie libérée.

Il y a plusieurs facteurs à considérer. C'est pourquoi il est important de confier ce choix à des personnes compétentes dans ce domaine.

À retenir



- Le travail sous tension présente réellement un danger.
- Différents moyens doivent être combinés pour assurer une protection contre les chocs électriques et la formation d'un arc électrique.



Cette section fournit différents moyens de se prémunir contre 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 ». Un choc électrique indirect se produit lorsqu'une personne entre en contact avec une masse mise accidentellement sous tension à la suite d'un défaut d'isolement. Les chocs électriques indirects peuvent être très dangereux dans certaines circonstances.

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.

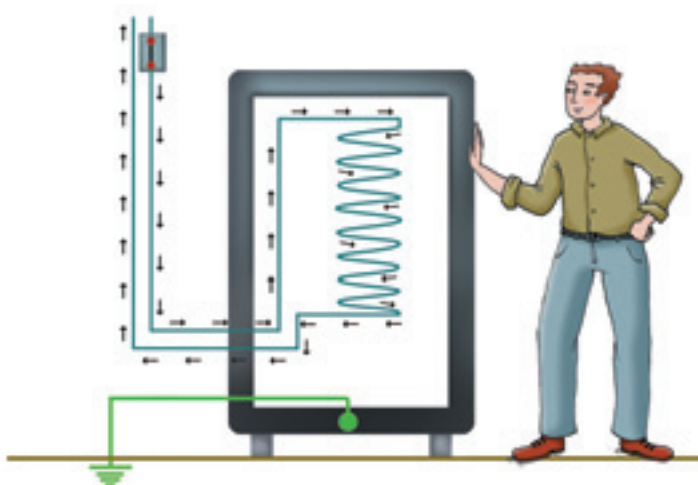
Le schéma ci-dessous illustre un équipement électrique dont les composantes sous tension sont protégées par une enveloppe métallique mise à la terre. Lorsque l'interrupteur de commande est mis en position « on », le courant circule dans le

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...

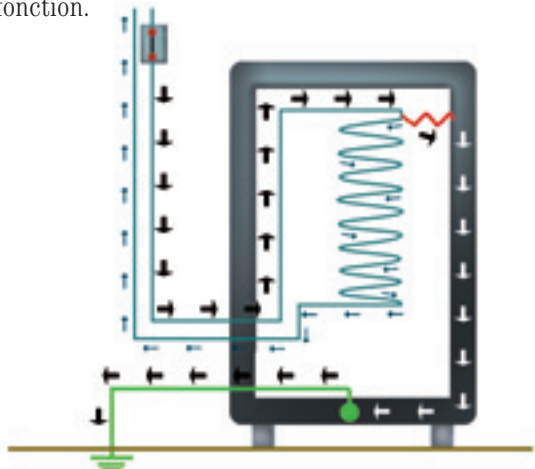
Supposons qu'avec le temps, la gaine isolante d'un des conducteurs s'abîme suite au frottement ou à des chocs mécaniques. Cette détérioration risque d'entraîner un contact entre le conducteur et l'enveloppe métallique qui devient alors sous tension.

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 (disjoncteur ou fusibles). Quelqu'un qui touche au boîtier ne subira pas de choc électrique parce que le boîtier n'est plus sous tension.

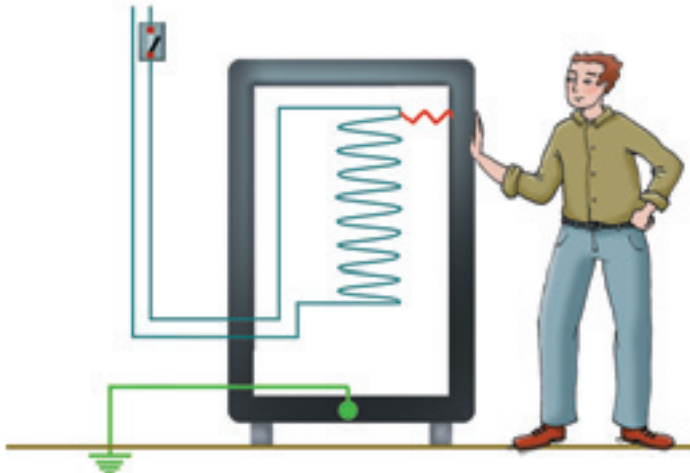


Il n'y a pas de défaut d'isolement. Le fonctionnement est normal et la mise à la terre est connectée.

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.

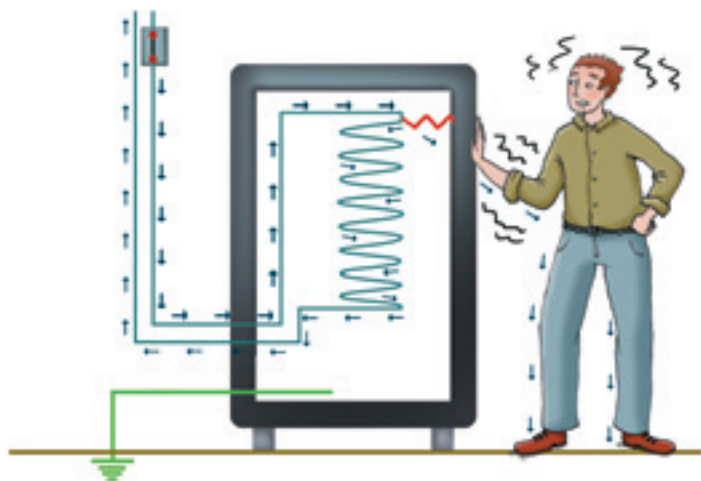


Il y a un défaut d'isolement. Une partie du courant passe par la mise à la terre, ce qui crée une augmentation du courant dans le circuit. Le boîtier est sous tension.



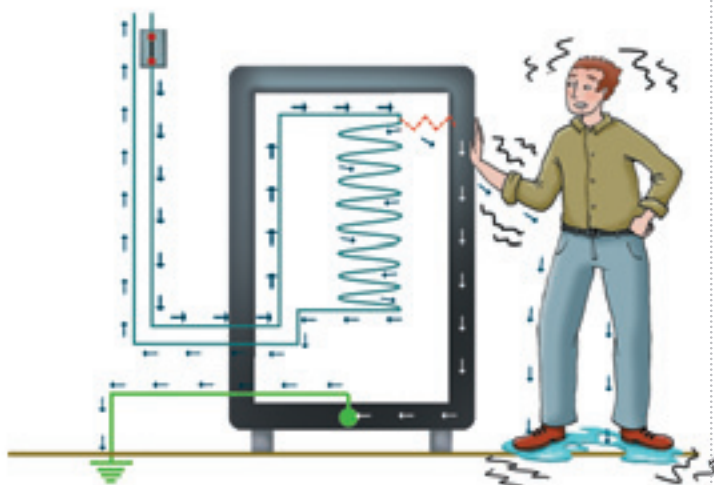
Le défaut d'isolement a provoqué une surintensité qui a fait déclencher le disjoncteur. Le courant ne circule plus. Le boîtier n'est plus sous tension.

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.



Il y a un défaut d'isolement et la mise à la terre n'est pas connectée. Le boîtier demeure sous tension.

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. 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.



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.

Si quelqu'un touche au boîtier dans un milieu sec et non conducteur, il ressentira un léger fourmillement ou peut-être rien du tout. Si quelqu'un touche au boîtier dans un milieu conducteur, il subira un choc électrique. Le moyen de se protéger contre le danger que représente les courants de fuite est l'utilisation d'un détecteur de fuite à la terre. Le fonctionnement de ce dispositif est présenté un peu plus loin dans le document.

PRÉVENIR LES CHOCS ÉLECTRIQUES INDIRECTS

LES OUTILS À DOUBLE ISOLATION

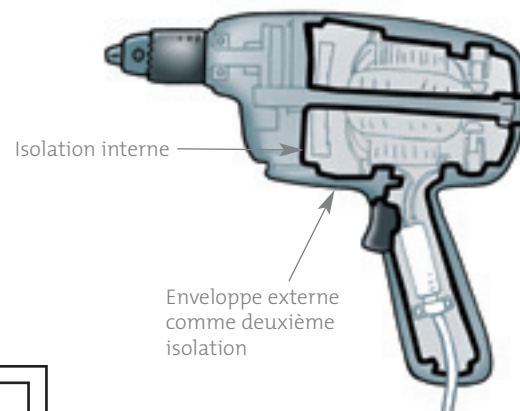
Certains outils ou équipements sont à double isolation électrique. Ils sont munis d'une première isolation interne autour des composantes électriques et d'une enveloppe externe en plastique qui constitue la deuxième isolation. Les pièces métalliques externes sont isolées des composantes électriques internes 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.

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

Un outil à double isolation ne doit pas être utilisé si le boîtier est fissuré puisque la protection de la double isolation repose sur l'intégrité de l'enveloppe de plastique comme isolant.

Il faut savoir que les outils à double isolation n'ont pas un degré de protection suffisant pour être utilisés dans des emplacements humides ou mouillés, par exemple, sous la pluie.



Perceuse à double isolation.

L'humidité pourrait créer un chemin conducteur entre l'extérieur et l'intérieur de l'outil par l'intermédiaire des orifices de ventilation.

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.

PRÉVENIR LES CHOCS ÉLECTRIQUES INDIRECTS

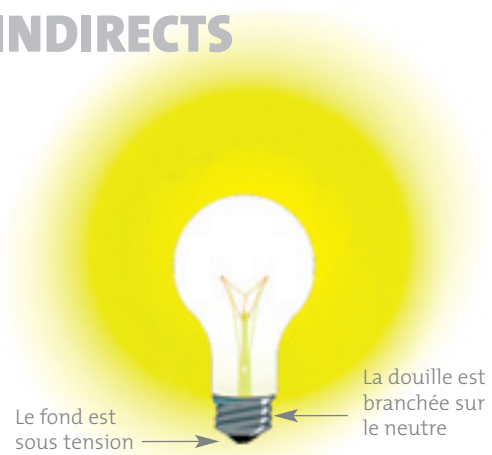
LA BONNE POLARITÉ

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. Deux conducteurs servent à l'alimentation électrique de l'ampoule : un conducteur sous tension à 120 V et un conducteur à 0 V appelé « neutre ». La différence de tension crée le passage du courant au travers l'ampoule qui constitue la résistance électrique du circuit.

Dans la situation où la polarité est respectée, le conducteur sous tension est relié au fond de la douille alors que le conducteur neutre 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 LES CHOCS ÉLECTRIQUES INDIRECTS

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 dans les prises des salles de bain et d'extérieur.

Les DDFT sont habituellement utilisés via des prises électriques. Il en existe différents modèles dont le plus courant est celui installé dans les résidences.

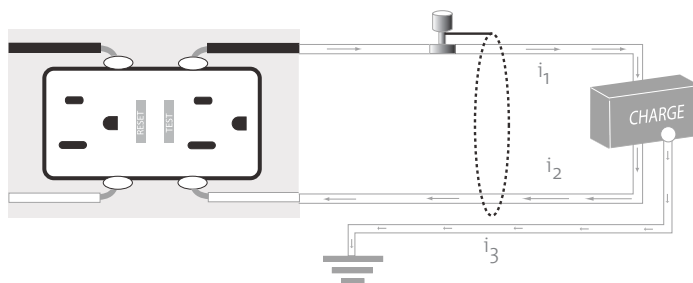


Différents modèles de DDFT

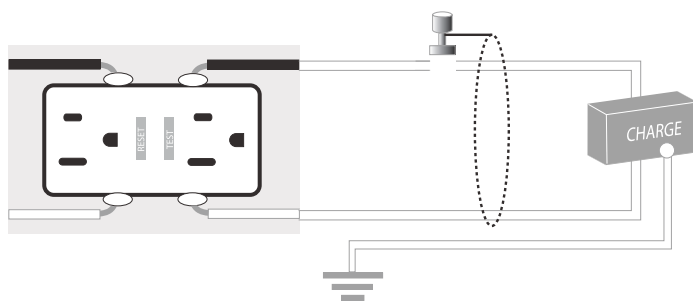
Le principe de protection contre les chocs repose sur la mesure de la différence entre le courant dans le conducteur sous tension et le courant de retour dans le conducteur neutre. Si ces deux courants ne sont pas égaux, c'est qu'il y a une fuite de courant. Dès qu'une différence de courant de quelques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

Le schéma ci-dessous illustre le principe de fonctionnement.

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.

À retenir



- La mise à la terre et la double isolation servent à protéger les personnes contre les chocs électriques indirects.
- Le détecteur de fuite à la terre est spécialement conçu pour protéger les personnes contre les chocs indirects lorsqu'elles se trouvent dans un milieu très conducteur.

↻ 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 ou manquantes.
- 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 est de la bonne dimension. Voir le tableau ci-dessous des calibres de câbles recommandés selon le courant consommé et la longueur des rallonges électriques utilisées pour les outils portatifs.

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.

Tiré de NFPA 70B Éd. 2006

Calibre des rallonges pour les outils électriques portatifs

Longueur de la rallonge (pi)	Courant consommé											
	0-2 A		2.1-3.4 A		3.5-5 A		5.1-7 A		7.1-12 A		12.1-16 A	
	115 V	230 V	115 V	230 V	115 V	230 V	115 V	230 V	115 V	230 V	115 V	230 V
25	18	18	18	18	18	18	18	18	16	18	14	16
50	18	18	18	18	18	18	16	18	14	16	12	14
75	18	18	18	18	16	18	14	16	12	14	10	12
100	18	18	16	18	14	16	12	14	10	12	8	10
200	16	18	14	16	12	14	10	12	8	10	6	8
300	14	16	12	14	10	14	8	12	6	10	4	6

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 ou faire vérifier périodiquement les équipements de protection individuelle. Le fabricant et certaines normes prescrivent la fréquence à laquelle ces vérifications doivent être faites.
- 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 l'électricité du Québec, il doit y avoir un espace utile d'au moins un mètre assurant une position stable autour de l'appareillage électrique tel 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

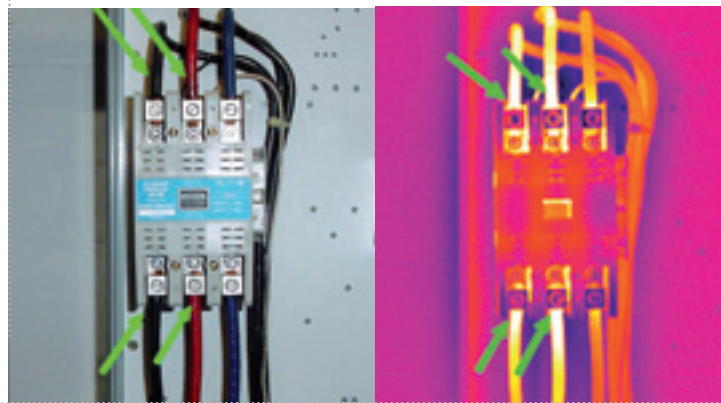
Des techniques de vérification plus spécialisées, comme la thermographie, peuvent être utilisées à titre préventif. Cette technique permet de détecter les endroits où il y a un dégagement de chaleur anormal. Ces « points chauds » sont habituellement des indicateurs de détériorations tels que des connexions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

Les flèches indiquent les endroits où il y a une surchauffe.

Tiré de Géroplex



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.

Règlement sur la santé et la sécurité du travail

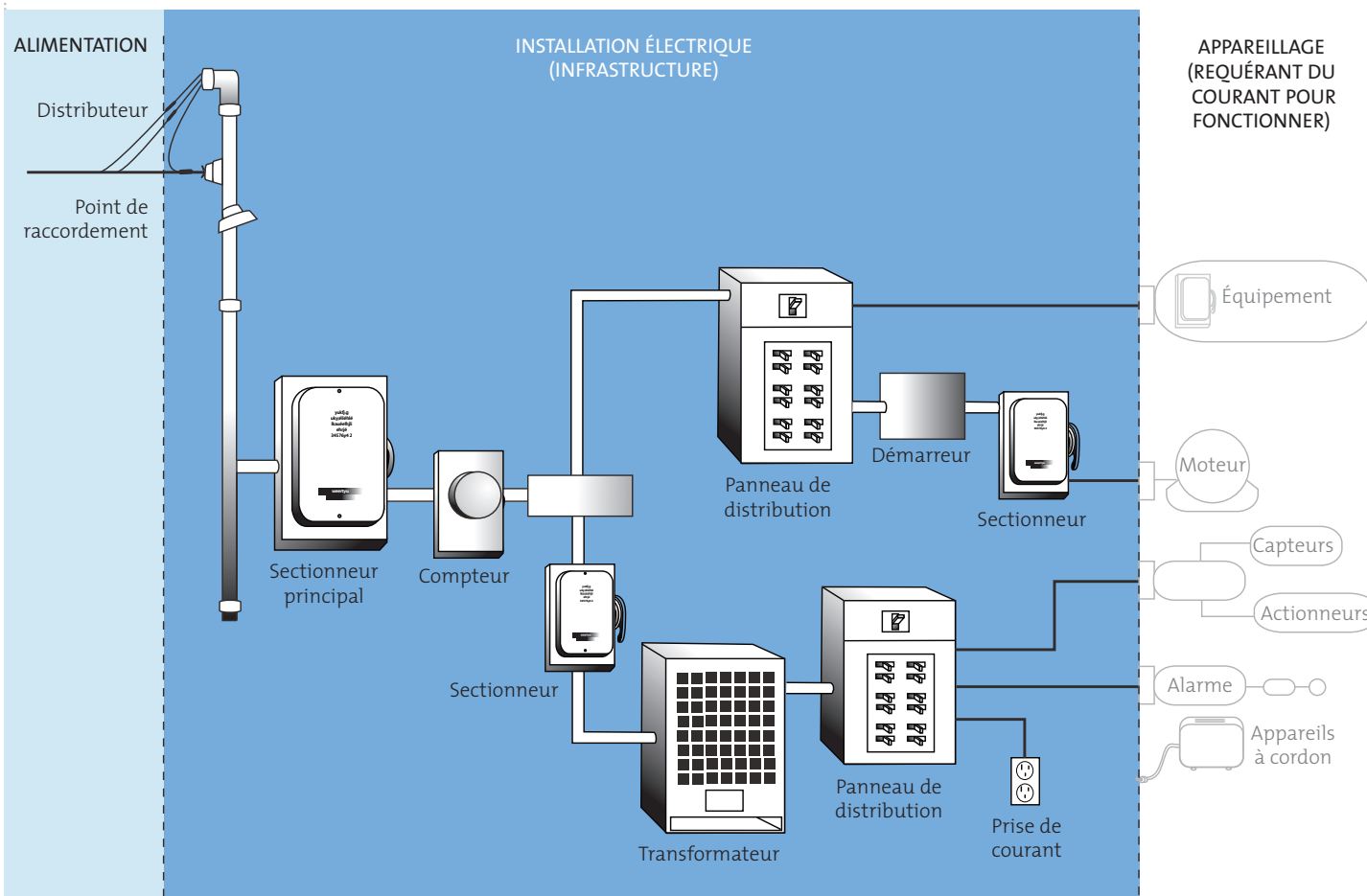
Ce règlement a pour objet d'établir des normes en vue d'assurer la qualité du milieu de travail, de protéger la santé des travailleurs et d'assurer leur sécurité et leur intégrité physique. Toutefois très peu d'articles traitent spécifiquement de l'électricité.

Code de l'électricité du Québec, maintenant appelé le Code de construction - chapitre V, Électricité

Ce code est essentiellement le Code canadien de l'électricité, première partie, avec quelques modifications pour le Québec. Il s'agit en fait de la norme CSA C22.10. Le code s'applique à tous les travaux de construction d'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. Le schéma suivant permet de distinguer l'installation électrique de l'alimentation et de l'appareillage.



Distinction entre l'alimentation, les installations et les appareillages électriques.

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

La finalité de cette loi est d'assurer la santé et la sécurité des personnes dans l'exécution de tâches qui demandent une formation et une qualification spéciale.

Règlement sur la formation et la qualification professionnelle de la main d'œuvre s'appliquant aux métiers d'électricien (...) (R.R.Q., 1981, c.F-5, r4.02)

Ce règlement régit l'exercice des métiers réglementés dont le métier d'électricien. On y retrouve entre autres les points suivants :

- La validation de la qualification (certificat de qualification, examen de qualification, etc.)
- La formation professionnelle (apprentissage, carnet de l'apprenti, relation employeur-apprenti, etc.)
- La définition des métiers réglementés. 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 formant 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.

Norme CSA Z460-05, Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes

Le cadenassage, une question de survie; Alain Daoust, éd. Héritage, 94p.

Il s'agit d'un document pratique et concret qui tient compte des conditions souvent variables que l'on rencontre en milieu industriel.

Norme américaine NFPA 70E Electrical safety in the workplace

Cette norme est une référence reconnue en sécurité électrique. Il est fort probable que son application devienne éventuellement obligatoire, même au Canada.

Norme américaine NFPA 70B Electrical equipment maintenance

Obligations en matière d'exécution des travaux

Pour exécuter ou faire exécuter des travaux d'installations électriques, il faut obligatoirement détenir une licence. Il y a deux types de licences :

La licence d'entrepreneur en électricité est émise par la Corporation des maîtres électriciens.

- L'entrepreneur en électricité est le seul professionnel qui 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 est émise par la Régie du bâtiment du Québec.

- Cette licence est rattachée à l'entreprise (propriétaire). Les travaux d'installations électriques doivent être exécutés par un électricien détenant un certificat de qualification. Celui-ci est émis par Emploi-Québec.

Inspection des installations électriques

Dans le but d'assurer l'observation de la loi et des règlements qui concernent les installations électriques, les inspecteurs de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) font des vérifications afin de signaler aux entrepreneurs ou aux propriétaires les déficiences qu'ils constatent.

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 formant 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 (presses mécaniques, 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.

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, en milieu industriel.

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 d'isolation (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*. Si l'instrument est limité à 3mA, il n'y a pas de danger de blessure. Si l'appareil est limité à 5 mA, ce qui est une valeur habituelle, il est très peu probable de subir des blessures. Par contre, lorsque l'appareil est ajusté à un courant supérieur à 5 mA, il y a danger de subir de sérieuses blessures. Dans ces cas, il faut absolument prendre des précautions telles l'utilisation des 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.

BIBLIOGRAPHIE

- NFPA 70B, *Electrical equipment maintenance*, 2006.
- BIRD, Benjamin L., *Take care of your PPE*, magazine EC&M on-line, 2005.
- NFPA 70E, *Standard for Electrical Safety in the workplace*, 2004.
- SAUCIER, Mario, *Les processus d'application du cadenassage*, Colloque CSST, 2004.
- Introduction au risque électrique*, site www.inrs.fr@INRS, 2003.
- 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, *Code de l'électricité du Québec*.
- APSAM (Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail secteur Affaires municipales), *Le cadenassage*, fiche technique #20, 1999.
- 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.
- SYMPOSOUD, *Les risques électriques*, Hygiène et sécurité en soudage, 1993, 6p.
- NATIONAL SAFETY COUNCIL, *Accident prevention manual for business & industry*, 10^e éd., 1992, p. 455-483.
- 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*.
- HOMBERGER, E., *Les dangers de l'électricité*, Cahiers suisses de la sécurité du travail, Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, 1986, 12p.
- Enquêtes d'accidents réalisées par la CSST.

Information sur les lois, règlements et obligations trouvée sur différents sites internet :

- Règlement sur la formation et la qualification professionnelles de la main-d'oeuvre s'appliquant aux métiers d'électricien (...) dans les secteurs autres que celui de la construction : www.mess.gouv.qc.ca/ministere/lois-et-reglements/loi_fqpm.asp
- Éditeur officiel du Québec : www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca
- Répertoire des programmes et services : www.formulaire.gouv.qc.ca
- Régie du bâtiment : www.rbq.gouv.qc.ca



***Association paritaire pour la santé
et la sécurité du travail du secteur
de la fabrication de produits en métal,
de la fabrication de produits électriques
et des industries de l'habillement***

www.asphme.org

*2271, boul. Fernand-Lafontaine
Bureau 301
Longueuil (Québec) J4G 2R7
Tél. : 450 442-7763
Télééc. : 450 442-2332*

*979, av. de Bourgogne
Bureau 570
Québec (Québec) G1W 2L4
Tél. : 418 652-7682
Télééc. : 418 652-9348*