

# Préparation à l'habilitation électrique du domaine haute tension

Centres de Compétences Génie Technique du Bâtiment  
et Parachèvement

03/2023



CENTRES DE COMPÉTENCES  
Génie Technique Parachèvement

# Table des matières

<b>I - Objectifs</b>	<b>6</b>
<b>II - Introduction</b>	<b>7</b>
<b>III - Partie théorique</b>	<b>8</b>
1. L'habilitation électrique .....	8
1.1. Introduction .....	8
1.2. Travaux sur les installations et les équipements électriques.....	9
2. Les prescriptions électrotechniques.....	11
2.1. Généralités.....	11
2.2. Réglementations .....	12
2.3. Normalisation.....	12
3. Les organismes de prévention .....	14
3.1. Introduction .....	14
3.2. L'Association d'Assurance Accident.....	14
3.3. La médecine du travail.....	16
3.4. L'Inspection du Travail et des Mines (ITM).....	16
3.5. La police.....	17
3.6. L'Administration des Douanes et des Accises .....	17
3.7. L'employeur .....	18
3.8. Le salarié.....	18
3.9. Les infractions commises.....	19
4. Les recommandations de prévention de l'Association d'Assurance Accident.....	19
4.1. Introduction .....	19
4.2. Travaux sur et à proximité d'installations et matériel électriques.....	20
4.3. Responsabilité de l'employeur .....	20
4.4. Responsabilité du salarié.....	21
4.5. Principe en cas d'absence de règles électrotechniques.....	22
5. Les EPI et EPC.....	22
5.1. Les EPI : définition.....	22
5.2. Rôle et responsabilité de l'employeur.....	23
5.3. Présentation des EPI .....	23
5.4. Les EPC : définition.....	27
5.5. Les outils.....	32
5.6. Les dispositifs de sécurité.....	33
6. Les principes et les règles de protection.....	34
6.1. Le contact direct.....	35
6.2. Les indices de protection .....	36
6.3. Le contact indirect.....	38
6.4. Les différentes classes de matériel.....	39
7. L'électricien et la personne formée à l'électrotechnique.....	40
7.1. L'électricien qualifié .....	40

7.2. La personne avertie à l'électrotechnique.....	41
7.3. Le non-professionnel .....	41
<b>8. Le courant électrique basse tension .....</b>	<b>42</b>
8.1. Le courant électrique basse tension.....	42
<b>9. Le courant électrique haute tension .....</b>	<b>44</b>
9.1. Définition .....	44
9.2. La haute tension au Luxembourg - Le réseau de transport d'électricité de Creos Luxembourg S.A. ....	44
9.3. L'acheminement vers le consommateur.....	45
9.4. La transformation et la répartition.....	45
<b>10. Analyse des risques .....</b>	<b>46</b>
10.1. La définition d'un accident.....	46
10.2. La prévention .....	47
<b>11. Les accidents d'origine électrique et leurs conséquences.....</b>	<b>48</b>
11.1. Statistiques des accidents d'origine électrique .....	48
11.2. L'arc électrique .....	48
11.3. Intensité du courant qui passe dans le corps humain .....	49
11.4. Électrisation - Électrocution .....	50
11.5. Les effets du courant électrique sur le corps humain.....	51
11.6. Le siège et la nature des lésions d'origine électrique.....	52
11.7. Les conséquences d'un accident.....	54
11.8. Les coûts des accidents.....	54
<b>12. Les comportements en cas d'accident d'origine électrique.....</b>	<b>55</b>
12.1. Comportement en cas d'accident .....	55
12.2. En cas d'accident à basse tension .....	56
12.3. Comportement en cas d'incendie .....	59
<b>13. Le contrôle et entretien des installations .....</b>	<b>61</b>
13.1. La démarche .....	61
<b>14. Les fonctions de l'appareillage électrique.....</b>	<b>62</b>
14.1. L'interrupteur de sécurité .....	62
14.2. Le contacteur ou relais de puissance .....	62
14.3. La connexion bus barre .....	62
14.4. Le disjoncteur .....	63
14.5. Le sectionneur .....	63
14.6. La coupure d'urgence .....	63
14.7. Les symboles du schéma électrique .....	64
<b>15. L'importance de la météo lors des travaux électriques à l'extérieur.....</b>	<b>64</b>
15.1. La chaleur .....	64
15.2. Les précipitations .....	64
15.3. Le brouillard .....	65
15.4. Les orages .....	66
15.5. Les vents .....	66
<b>16. Le responsable des travaux.....</b>	<b>67</b>
16.1. Les tâches du responsable des travaux.....	67

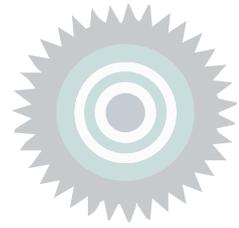


17. Les travaux au voisinage des parties actives .....	68
17.1. Zones de voisinage et zones sous tension .....	68
17.2. Travaux à proximité de parties actives .....	68
18. La consignation et les travaux électriques .....	70
18.1. La mise en place d'une consignation .....	70
18.2. La déconsignation .....	73
19. L'intervention et le dépannage .....	73
19.1. Analyse des risques avant une intervention .....	73
19.2. Réalisation d'une intervention .....	74
20. Schéma de branchement .....	75
20.1. Quelques exemples .....	75
21. Le système de mise à la terre .....	78
21.1. Importance de la mise à la terre .....	78
21.2. Schémas de raccordement à la terre.....	78
21.3. Réseau de terre.....	79
22. Le travail à proximité des parties actives.....	82
22.1. Distance de sécurité par rapport aux lignes aériennes sous tension.....	82
23. Les dommages sur la Haute Tension .....	82
23.1. Défauts dans les réseaux HT souterrains .....	82
23.2. Comparaison ligne aérienne et câble souterrain.....	84
24. Les appareillages Haute Tension .....	84
24.1. Interrupteur-sectionneur à gaz SF6.....	84
24.2. Fusibles .....	85
24.3. Détecteur de température .....	86
24.4. Disjoncteurs à haute tension .....	87
25. Les installations électriques spécifiques à la haute tension.....	91
25.1. La distribution haute tension .....	91
25.2. Le schéma électrique .....	91
25.3. Les différents types d'installations à haute tension .....	93
26. Le verrouillage dans la Haute Tension .....	95
26.1. Principe de verrouillage.....	95
26.2. La fiche de travail de l'ordre de commutation .....	98
27. L'établissement de l'état hors tension et travaux électriques sur un courant haute tension .....	98
27.1. Rappel des règles de base.....	98
28. Le transformateur .....	102
28.1. La mise hors tension d'un transformateur.....	102
28.2. La remise sous tension d'un transformateur .....	106
29. Les postes de transformation.....	110
29.1. Quelques exemples.....	110
30. Le matériel de sécurité spécifique à un poste Haute Tension .....	111
30.1. Matériel de sécurité.....	111
30.2. Matériel pour la réalisation de l'état sans tension / consignation .....	112

<b>IV - Partie Pratique</b>	<b>113</b>
<b>V - Conclusion</b>	<b>114</b>

# Objectifs

---



A l'issue de la formation préparatoire à l'habilitation électrique, les personnes averties doivent :

1. connaître les dangers de l'électricité et être capables d'identifier et d'analyser le risque électrique;
2. connaître les prescriptions et procédés de prévention du risque électrique et savoir les mettre en œuvre;
3. être capables de mettre en application les mesures de prévention adaptées pour prévenir le risque électrique sur les installations et matériel électriques concernés, ou dans leur environnement;
4. savoir intégrer la prévention dans la préparation du travail pour les personnes qui en ont la charge
5. être informées de la conduite à tenir en cas d'accident ou d'incendie d'origine électrique.

# Introduction

---



Avec l'habilitation électrotechnique, l'employeur confirme qu'une personne instruite en électrotechnique ou un électricien qualifié est en mesure d'exécuter en toute sécurité des activités définies. L'habilitation électrotechnique est indépendante de la qualification professionnelle du travailleur. L'employeur n'est pas pour autant déchargé de sa responsabilité de respecter les dispositions du Code du travail relatives à la protection des travailleurs. L'habilitation est délivrée par l'employeur sous la forme d'une attestation signée par l'employeur et le travailleur.

L'habilitation n'autorise pas son titulaire à exécuter seul les tâches pour lesquelles il est habilité. Il doit être expressément autorisé à le faire par son employeur.



# Partie théorique

---



## 1. L'habilitation électrique

### 1.1. Introduction

L'habilitation électrique est requise pour :

- les personnes instruites en électrotechnique chargées d'effectuer ou de superviser des travaux électriques ;
- les travaux non électriques, lorsque les distances de protection sont réduites.

Par l'habilitation électrique, l'employeur confirme qu'une personne instruite en électrotechnique ou un électricien qualifié est en mesure d'exécuter en toute sécurité des activités définies. L'habilitation électrique est indépendante de la qualification professionnelle du travailleur. L'employeur n'est pas déchargé de sa responsabilité de respecter les dispositions du Code du travail relatives à la protection des travailleurs. L'habilitation est délivrée par l'employeur sous la forme d'une attestation signée par le salarié et lui.

L'habilitation ne permet pas à son titulaire d'effectuer seul les tâches pour lesquelles il est habilité. Il doit être expressément mandaté par son employeur pour ce faire.

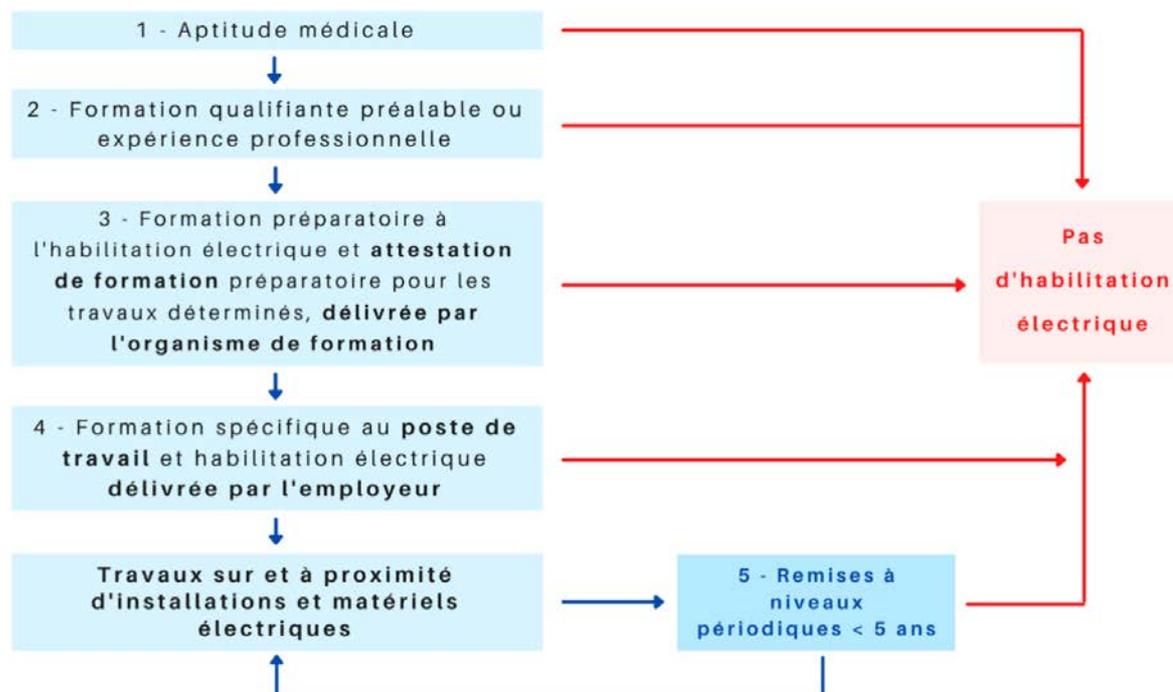
À l'issue de la formation préparatoire à l'habilitation électrique, les personnes instruites en électrotechnique doivent connaître et maîtriser les points suivants :

- connaître les dangers du courant électrique ;
- savoir reconnaître et analyser les dangers électriques ;
- connaître les prescriptions et les mesures de précaution ;
- savoir appliquer les prescriptions et les mesures de précaution ;
- être en mesure d'appliquer les mesures de protection appropriées ;
- pouvoir intégrer les mesures de protection dans les préparatifs du travail ;
- être informés de la conduite à tenir en cas d'accident ou d'incendie provoqué par le courant électrique.

## 1.2. Travaux sur les installations et les équipements électriques

Conformément au Code du travail, les travailleurs sur les postes de travail à risque doivent avoir une formation appropriée qui doit être complétée par une mise à jour périodique des connaissances complétée par un recyclage des connaissances en matière de sécurité et de santé.

Il existe une procédure en cinq étapes qui permet d'évaluer les connaissances des travailleurs et de garantir un travail en toute sécurité sur et à proximité des installations et équipements électriques :



L'habilitation doit être renouvelée si nécessaire et au plus tard après 5 ans en cas de :

- mutation avec changement de supérieur hiérarchique ;
- changement de domaine d'activité ;
- arrêt de travail prolongé ;
- non travail pendant un certain temps ;
- problèmes de santé,
- modification profonde des installations ;
- modification des procédures de travail ;
- non-respect avéré des règles de sécurité ou inaptitude.

Ci dessous, le tableau de classement des différentes habilitations électriques :

Nature des travaux	Domaine de tension BT		Domaine de tension HT		
	H/V	T	H/V	T	S
Habilitation électrique Personne <b>avertie</b> (A)	BT-H/V (A)	-	-	-	HT-S
Habilitation électrique Personne <b>qualifiée</b> (Q)	BT-H/V (Q)	BT-T (Q)	HT-H/V (Q)	HT-T (Q)	HT-S

## SYMBOLES

Domaine de tension	
<b>BT</b>	Domaine basse tension
<b>HT</b>	Domaine haute tension
Nature des travaux	
<b>H</b>	Travaux déterminés sur des installations ou matériels électriques hors tension
<b>V</b>	Travaux déterminés au voisinage de parties actives
<b>T</b>	Travaux déterminés sur des parties actives (sous tension)
<b>S</b>	Supervision de travaux non électriques

Après avoir défini les différentes habilitations possible, voici la troisième étape du tableau : la délivrance d'une attestation par un centre de formation autorisé.

L'institut de formation qui prépare à l'habilitation délivre au participant, après la réussite de l'examen, **une attestation de formation préparatoire** relative à sa participation au stage de préparation à l'habilitation électrique contenant les informations suivantes :

- cours de préparation à l'habilitation électrique ;
- niveau d'habilitation ;
- énumération des travaux respectifs pour lesquels l'habilitation électrique est valable ;
- noms du formateur et de l'organisme de formation ;
- nom de la personne qui a suivi la formation ;
- type de formation (formation initiale ou formation de mise à jour) ;
- lieu et date de la formation.



Une fois cette attestation délivrée, l'employeur se doit de former en interne le travailleur (quatrième et dernière étape) et de valider ses connaissances en lui délivrant un titre d'habilitation électrique.

**Le titre d'habilitation électrique** remis par l'employeur mentionne :

- le nom de l'entreprise ;
- le nom et prénom de l'employeur ou de son représentant, avec sa fonction ;
- le nom et prénom du titulaire ;
- l'aptitude médicale, avec délai de validité ;
- la qualification, personne avertie ou qualifiée ;
- le ou les niveaux d'habilitation acquis ;
- la liste des travaux déterminés pour lesquels l'habilitation électrique est valable ;
- les prescriptions pertinentes établies sur base des normes électrotechniques en vigueur, complétées, le cas échéant, par des instructions de sécurité particulières au travail effectué ;

- des indications supplémentaires quant à d'éventuelles autorisations ou restrictions ;
- la date de délivrance de l'habilitation électrique ;
- la date limite de validité de l'habilitation électrique ;
- la signature de l'employeur ou de son représentant, avec sa fonction ;
- la signature du titulaire.

Ci-joint, un modèle type de certificat :

Entête de l'entreprise	
Je soussigné(e) (Nom et prénom de l'employeur ou de son représentant, le cas échéant l'entreprise utilisatrice ou le donneur d'ordre d'un sous-traitant) :	
_____	
Atteste que (Nom et prénom) :	
_____	
<input type="checkbox"/> A été déclaré(e) apte médicalement au poste de travail (électricité) par le Médecin du travail (Nom, Prénom) :	
_____	
<input type="checkbox"/> Est titulaire d'une « habilitation électrique » délivrée par l'organisme de formation/le formateur (Nom) _____ en date du (date) _____ pour l'engin (indiquer la famille d'engins et le type d'engin) _____	
<input type="checkbox"/> A été accompagné(e) sur l'engin spécifique utilisé et a reçu les instructions à respecter sur le(s) site(s) d'intervention de (Nom(s)) _____	
En foi de quoi, j'autorise (Nom et prénom du conducteur) :	
_____	
à conduire le(s) engin(s) suivant(s) :	
_____	
Fait à _____	Le _____
	Signature de l'employeur ou de son représentant, le cas échéant de l'entreprise utilisatrice ou du donneur d'ordre d'un sous-traitant

## 2. Les prescriptions électrotechniques

### 2.1. Généralités

Les installations de production, de distribution, de transport et de transformation de l'énergie électrique ainsi que leurs installations, doivent être conformes aux normes, exigences et directives de sécurité en vigueur au Grand-Duché de Luxembourg, à savoir :

1. réglementations allemandes relatives aux normes DIN/VDE ;
2. normes européennes CENELEC, au fur et à mesure qu'elles apparaissent et remplacent les exigences DIN / VDE susmentionnées ;
3. arrêtés ministériels concernant les exigences pour le raccordement à la distribution d'énergie électrique à basse tension au Grand-Duché de Luxembourg.

Les nouvelles normes élaborées et publiées par le CENELEC (Comité européen de normalisation électrotechnique) sont transposées par l'ILNAS en normes nationales applicables au Grand-Duché de Luxembourg. La disponibilité des normes et leur mise à disposition sont assurées par l'ILNAS (Organisme luxembourgeois de normalisation). Exemple : EN 60204-33 - Équipement électrique des machines.

Les permis d'exploitation sont délivrés par l'Inspection du travail et des mines (ITM) pour des bâtiments ou des objets (par exemple un ascenseur), selon le Texte coordonné modifié du 13 juin 1979 relatif aux lignes directrices pour la sécurité dans les bâtiments publics (écoles, bâtiments municipaux, ...)



## 2.2. Réglementations

### Normes luxembourgeoises :

- ITM-CL 7.1 Relatif aux postes de transformation haute tension ;
- ITM-ET 32.10 Relatif à la protection des travailleurs ;
- ITM-CL 52 Relatif aux groupes électrogènes ;
- TAB-BT-HT Conditions techniques de raccordement : Réseau basse tension ;
- Réseau haute tension du Grand- Duché de Luxembourg catégorie 1.

### Normes allemandes :

- VDE 0100 - Règles pour les installations pour des tensions 1000 V AC ;
- VDE 0101 - Règles pour les installations pour des tensions > 1000 V AC ;
- VDE 0108 et/ou VDE - Règles pour les installations en lieux publics ;
- VDE 0100 Partie 718 - Règles pour les installations à courant fort et l'alimentation de secours ;
- DIN 4102 partie 12 - Règles relatives à la garantie de fonctionnement des câbles d'alimentation de secours.

### Exemple d'autres normes appliquées :

- VDE 0165 concerne les appareils électriques pour les zones à risque d'explosion ou les installations explosives sur les sites dangereux ;
- EN 1838 relative à l'éclairage de secours ;
- VDE 105-100 relative à l'exploitation des installations électriques, comme application de la norme européenne EN 50110 « relative à l'exploitation des installations électriques ».

## 2.3. Normalisation

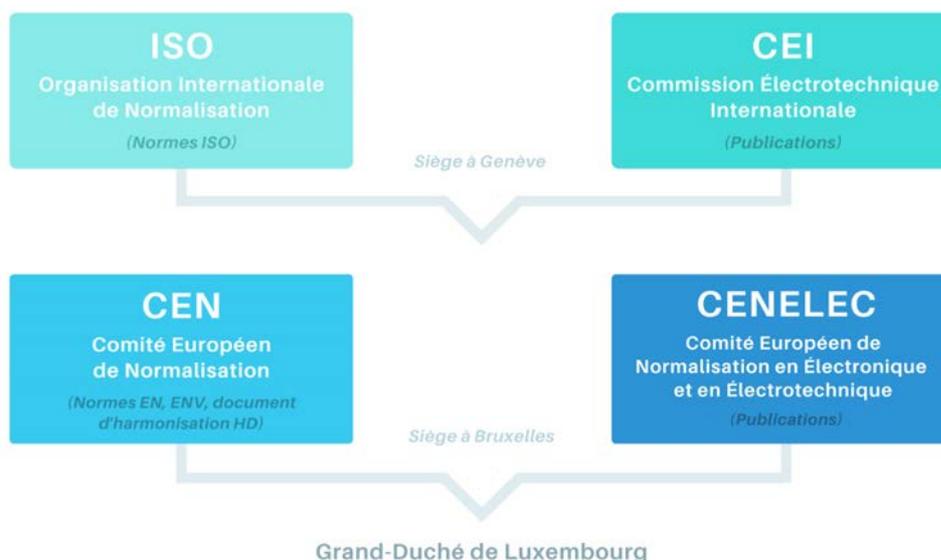


Une norme ISO est une norme publiée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Les normes ISO sont adoptées comme normes européennes (EN ISO).

Les normes ISO sont également transposées sous forme de DIN ISO et enregistrées dans DIN lorsqu'elles ne sont pas des normes européennes (DIN EN ISO).

Une norme CEI est une norme publiée par la Commission électrotechnique internationale (CEI).



Le Comité européen de normalisation (CEN) est une organisation privée à but non lucratif dont la mission est de promouvoir l'économie européenne dans le commerce mondial, d'assurer le bien-être des citoyens et de promouvoir la protection de l'environnement. Pour ce faire, il s'appuie sur une infrastructure efficace pour le développement, la gestion et la diffusion de normes et de spécifications cohérentes à l'échelle européenne, accessibles à toutes les parties intéressées. Le CEN est l'un des trois principaux organismes de normalisation en Europe.



Le Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC ; en français : Comité Européen de Normalisation Électrotechnique ; en anglais : European Committee for Electrotechnical Standardization) fait également partie des trois grands organismes de normalisation en Europe.

Le CENELEC est responsable de la normalisation européenne dans le domaine de l'électrotechnique (marquage ENEC).

L'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) est un organisme de normalisation indépendant dans le domaine de l'information et des communications. L'ETSI soutient le développement et l'essai de normes techniques mondiales pour les systèmes, applications et services basés sur les TIC.

L'ETSI (normalisation dans le domaine des télécommunications), le CEN (normalisation dans tous les autres domaines techniques) et le CENELEC



constituent la European Standards Organization (ESO) - système européen des normes techniques - officiellement reconnu par l'Union européenne comme un organisme européen de normalisation.

## 3. Les organismes de prévention

### 3.1. Introduction

Voici les différents organismes de prévention, ainsi que leurs rôles, qui sont essentiels dans l'exercice en toute sécurité des activités artisanales.

Il va sans dire que les travaux dans le domaine électrotechnique exposent à des risques d'accidents.

En effet, la particularité des accidents du travail d'origine électrique est leur gravité.

**15 fois plus mortels que les accidents professionnels « ordinaires ».**

**Les accidents du travail d'origine électrique entraînent régulièrement, lorsqu'ils ne tuent pas, des lésions graves et souvent irréversibles .**

Pour prévenir les blessures, les incapacités permanentes de travail et les décès, le législateur luxembourgeois a mis en place de nombreuses dispositions réglementaires. Pour plus de détails, il s'agit de consulter le Code du travail et plus particulièrement son livre III, intitulé « Protection, sécurité et santé des salariés ».

Plusieurs organismes veillent au respect de l'application de ces dispositions et émettent même des recommandations.

### 3.2. L'Association d'Assurance Accident



L'Association d'Assurance Accident (AAA) est un établissement public chargé de la prévention et de l'indemnisation des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Créée par le législateur en 1901, l'AAA est placée sous la tutelle du ministère de la Sécurité sociale. L'AAA est gérée par un conseil d'administration dont la composition est la suivante :

- 1 président ;
- 8 délégués des employeurs ;
- 8 délégués des salariés.

L'AAA est chargée de la prévention et de l'indemnisation des accidents du travail, des accidents de trajet et des maladies professionnelles. Dans le domaine de la prévention, l'AAA s'est dotée d'un Service Prévention : il met l'accent sur les activités d'information, de conseil et de formation en entreprise. Sur le plan de l'indemnisation, le Service Prestations de l'AAA assure l'instruction des affaires en vue de la décision sur la prise en charge en tant qu'accident du travail, de trajet ou maladie professionnelle et de l'indemnisation des assurés.

### Missions du Service Prévention

1. Information, conseil et sensibilisation en matière de sécurité et de santé au travail (SST)
2. Mise à disposition de matériel didactique, comme des brochures ou des affiches
3. Aides financières en matière de gestion de la SST dans les entreprises
4. Formations
5. Contrôles et surveillance des dispositions légales et réglementaires en matière de SST  
Élaboration de recommandations de prévention
6. Campagnes de prévention
7. Analyse des causes d'accidents et de maladies professionnelles
8. Enquêtes et études de postes de travail
9. Gestion du système bonus-malus

### Missions du Service Prestations

1. Instruction des dossiers accidents du travail, de trajet ou maladies professionnelles
2. Demandes d'avis médicaux à l'Administration du Contrôle médical de la Sécurité Sociale
3. Décisions sur l'accord ou le refus de prise en charge d'une affaire
4. Suivi des dossiers et collaboration avec d'autres institutions de sécurité sociale au niveau national et international
5. Traitement des demandes en obtention de prestations, par exemple pour dégât matériel, indemnités pour préjudices extrapatrimoniaux, rentes accident, ou encore réouvertures de dossiers
6. Calcul des prestations à allouer
7. Conseil et information aux assurés au sujet de leur dossier
8. Instruction et préparation de toute demande particulière en matière de prestation qui doit être tranchée par le conseil d'administration de l'AAA
9. Traitement de factures et leur transmission à la Caisse Nationale de Santé
10. Traitement de recouvrements dans le cadre de conventions internationales

Les services Prévention des accidents et Prestations sont les deux services administratifs de l'AAA les plus importants. Ils assurent les relations avec les employeurs et les assurés.

Les décisions individuelles prises par l'AAA à l'égard des assurés et des employeurs sont susceptibles d'une opposition à valider par le comité directeur dans le délai de 40 jours. La décision de celui-ci peut à son tour, et dans le même délai, faire l'objet d'un recours auprès du Conseil arbitral de la Sécurité Sociale, dont le jugement est susceptible d'appel devant le Conseil supérieur de la Sécurité Sociale. Les avis de l'Administration du Contrôle médical de la Sécurité Sociale à caractère médical et à portée individuelle lient l'AAA.



### 3.3. La médecine du travail



Le médecin du travail a un rôle de prévention afin d'éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail. Il est le conseiller du chef d'entreprise en ce qui concerne notamment :

- l'amélioration des conditions de vie et de travail dans l'entreprise ;
- l'adaptation des postes, des techniques et des rythmes de travail ;
- la protection des salariés contre l'ensemble des nuisances ;
- les risques liés à l'utilisation des produits dangereux ;
- l'hygiène générale de l'établissement.

Il procède également à des examens médicaux dans les domaines suivants :

- visite d'embauche ;
- visite périodique ;
- visite lors de la reprise après un accident ou une maladie ;
- visite demandée par l'employeur en cas de changement de poste ;
- visite demandée par un salarié.

### 3.4. L'Inspection du Travail et des Mines (ITM)



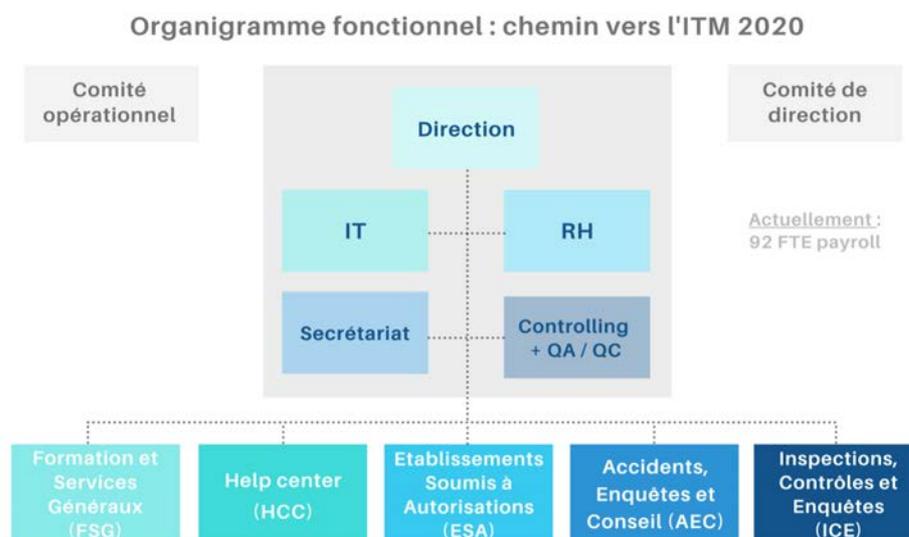
Les inspecteurs du travail et des mines contrôlent le respect de la législation du travail ; ils vérifient l'existence et le fonctionnement des institutions, réalisent des missions de conseil et assurent des enquêtes sur les accidents et les conditions de travail.

Pour réaliser ces missions, ils disposent de nombreux pouvoirs :

- saisie du juge des référés ;
- analyse de produits dangereux ;
- arrêt ou fermeture d'un chantier ;
- droit d'entrer de jour et de nuit dans les entreprises ;
- procès-verbaux en cas d'infraction et transmission au procureur ;

- mise en demeure de faire cesser les situations dangereuses ;
- possibilité de faire réaliser les vérifications règlementaires ou l'état de conformité.

Voici l'organigramme fonctionnel représentant le chemin vers l'ITM.



### 3.5. La police



Lorsqu'un accident du travail est signalé et que les secours sont appelés au 112, la Police arrive toujours automatiquement sur les lieux de l'accident. Elle mène une enquête sur les causes de l'accident.

Selon la gravité de l'accident, les résultats de l'enquête peuvent donner lieu à des poursuites judiciaires. Les accidents graves et mortels ainsi que les catastrophes doivent être immédiatement signalés à la Police et à l'Inspection du Travail.

### 3.6. L'Administration des Douanes et des Accises



Conformément à la loi du 17 juin 1994 sur la sécurité et la santé au travail, l'Administration des Douanes et des Accises peut mener des enquêtes et sanctionner les infractions constatées en vertu de cette loi.

Lorsqu'un fonctionnaire des l'Administration des Douanes et des Accises constate une infraction, il est tenu de rédiger un rapport et de le transmettre à l'ITM.

### 3.7. L'employeur

L'employeur a une obligation générale de sécurité ; il doit prévenir les risques professionnels par la mise à disposition d'équipements de travail conformes, par la réalisation d'analyses des risques, la mise en place de mesures d'organisation et de consignes de travail, ou encore la formation des travailleurs.

L'employeur a divers rôles :

- il assure la santé et la sécurité des travailleurs ;
- il met à leur disposition des équipements de travail conformes, adaptés et maintenus en état ;
- il définit l'organisation et les consignes de travail permettant d'assurer la sécurité ;
- il forme les conducteurs et leur délivre les autorisations de conduite ;
- il procède, ou fait procéder, aux vérifications lors de la mise en service, puis effectue des vérifications périodiques ;
- il signe l'habilitation électrique.

L'employeur a également diverses responsabilités :

- la première civile, couverte par les assurances ;
- et la seconde pénale, notamment en cas d'accident de travail.



### 3.8. Le salarié

Conformément au règlement intérieur et aux instructions qui lui sont données par son employeur, il incombe à chaque salarié de prendre soin, en fonction de sa formation et selon ses possibilités, de sa sécurité et de sa santé ainsi que de celle des autres personnes concernées, du fait de ses actes ou de ses omissions au travail.

Le Code du travail prévoit l'obligation pour le salarié d'informer immédiatement l'employeur ou son représentant de toute situation de travail dont il a un motif raisonnable de penser qu'elle présente un danger grave et imminent pour sa santé ou sa vie.

Dans ce cas, le salarié peut cesser son activité en utilisant son droit de retrait et demander la mise en sécurité.



### 3.9. Les infractions commises



## 4. Les recommandations de prévention de l'Association d'Assurance Accident

### 4.1. Introduction

L'Association d'Assurance Accident a pour objectif d'aider les employeurs et les salariés à remplir au mieux leurs obligations légales et réglementaires en matière de sécurité et de santé au travail. Ces recommandations entendent attirer l'attention des salariés et des employeurs sur les risques encourus si les mesures de prévention ne sont pas prises.

Par exemple : une installation électrique défectueuse représente un risque important d'électrisation et cause de nombreux départs de feu. 30% des incendies sont d'origine électrique.

Mais attention ! Les accidents ne sont pas dus uniquement à la défaillance des installations électriques.

Les intervenants doivent connaître les risques liés à l'électricité et adopter des règles simples afin d'éviter tout problème.

Pour cela, l'AAA a écrit une série de recommandations pour prévenir les accidents.





## 4.2. Travaux sur et à proximité d'installations et matériel électriques



La recommandation, portant le numéro 14 dans le document publié par l'AAA, s'applique aux travaux électriques et non électriques, sur ou au voisinage d'installations et matériel électriques. Cette recommandation ne fait pas partie de la réglementation, mais offre un complément à la législation en vigueur.

Cette législation est constituée de 3 grands volets :

- le Code du travail, et particulièrement son livre III sur la protection, sécurité et santé des travailleurs ;
- les règlements grand-ducaux, transcrits par les prescriptions types de l'inspection du travail et des mines ;
- les normes électrotechniques européennes en vigueur.

Les recommandations proposent des solutions pour prévenir les accidents du travail et les maladies professionnelles.

## 4.3. Responsabilité de l'employeur

La responsabilité de l'employeur est aussi définie dans la recommandation.

L'employeur doit veiller à ce que les installations et le matériel électrique soient utilisés conformément aux règles électrotechniques. De plus, l'accès aux installations et aux matériels électriques doit être clairement signalé et surveillé, voire limité aux personnes autorisées.

L'employeur ou le sous-traitant doivent :

- déterminer les travaux à réaliser ;
- organiser leur bon déroulement ;
- veiller à ce que les ouvrages électriques soient installés, modifiés et entretenus en application des règles électrotechniques, par des salariés disposant d'une habilitation électrique pour les travaux déterminés.

Lorsqu'un défaut est constaté sur des installations ou du matériel électriques, l'employeur doit veiller à ce que le défaut soit immédiatement corrigé. En cas de danger imminent, il doit empêcher l'utilisation de l'installation ou du matériel électrique défectueux.



L'employeur doit mettre à disposition des salariés des EPI et EPC, c'est-à-dire des équipements de protection individuelle et collective, des outils de sécurité, ainsi que des moyens de protection auxiliaires.

L'employeur doit s'assurer de la conformité avec les normes électrotechniques en vigueur des EPI et des moyens de protection auxiliaires. Il doit également s'assurer de la formation de son personnel afin qu'il les utilise correctement.

Pour rappel, les travailleurs sont obligés de leur côté d'utiliser correctement les équipements de protection individuelle et les moyens de protection auxiliaires.



#### 4.4. Responsabilité du salarié

Le salarié doit signaler toute anomalie constatée sur des installations et matériel électriques au chargé de la surveillance des installations. Tout le monde peut être considéré comme responsable en cas d'accident.



## 4.5. Principe en cas d'absence de règles électrotechniques

Les installations et le matériel électrique doivent être dans un état sûr et maintenus dans cet état.



Un état sûr signifie que les installations et le matériel électriques doivent être conçus de manière à éviter tout danger direct ou indirect, et ce afin que le travailleur puisse les utiliser correctement.

L'état sûr requis comprend :

- la protection contre des effets extérieurs prévisibles ;
- le choix du type de protection ;
- ainsi que la classe de protection et d'isolation.

Lors du choix, il faut toujours tenir compte des conditions d'utilisation particulière (chantiers, domaines agricoles, écoles, hôpitaux, piscines, etc.). Les parties actives des installations et appareils électriques doivent être conçues en fonction de :

- leur tension ;
- leur type d'utilisation ;
- leur fréquence ;
- leur lieu de travail.

Elles doivent être protégées du contact direct par une isolation ou par des mesures fixes.

Les installations et le matériel électriques ne peuvent être utilisés que s'ils sont conformes aux exigences de sécurité de l'entreprise et des lieux de travail, en relation avec le mode d'exploitation et les influences provenant de l'environnement.

Les parties actives des installations et du matériel électriques doivent être protégées par isolation ou par des dispositifs fixés à demeure contre tout contact direct, en fonction de leur tension et de leur fréquence, de la nature de leur utilisation, ainsi que du lieu de travail.

## 5. Les EPI et EPC

Il est important de travailler hors tension. Malgré cela, il faut s'assurer de travailler en toute sécurité en utilisant des équipements de protection individuelle et collective, ainsi que des outils adéquats. C'est une sécurité supplémentaire au cas où on n'aurait pas identifié une partie sous tension.

### 5.1. Les EPI : définition



L'acronyme EPI signifie Équipements de Protection Individuelle. Ce sont des dispositifs, ou moyens personnels de protection. Ces équipements sont destinés à être portés ou tenus par le travailleur afin de le protéger contre d'éventuels risques électriques, susceptibles de mettre en péril sa sécurité ou sa santé au travail.

## 5.2. Rôle et responsabilité de l'employeur

En ce qui concerne les EPI, l'employeur a plusieurs rôles et responsabilités :

- sensibiliser et informer sur les risques électriques ;
- mettre à disposition des équipements adaptés ;
- veiller à l'entretien des équipements.

Il doit informer ses salariés sur les risques existants, notamment lorsqu'on travaille avec du courant électrique. Il doit également mettre à disposition des équipements nécessaires et appropriés aux risques, et veiller à ce que leur utilisation soit effective. Il doit aussi assurer le remplacement, l'entretien et le maintien en conformité des équipements, et informer les utilisateurs des risques auxquels ils seront confrontés.

## 5.3. Présentation des EPI

### CASQUE DE PROTECTION ISOLANT

Il est important de protéger sa tête avec un casque isolant. En cas de chute, ou de coup accidentellement porté à la tête, un casque fait toute la différence. Le lignard, pour monter les lignes électriques, doit obligatoirement porter un casque doté d'une jugulaire.

*EN 50365 en BT – EN 397 – EN 160 – EN 170*



### ÉCRAN FACIAL OU VISIÈRE INTÉGRÉE

Il est essentiel de porter un écran facial ou une visière intégrée, lors de travaux ou interventions au voisinage de pièces nues sous tension, et également lors de contrôles, d'essais ou de mesurages. Cette protection protège de l'éblouissement dû aux arcs électriques, ainsi que des brûlures causées par la projection de métal en fusion.

*EN 166 et EN 170*



### **GANTS ISOLANTS**

Ils sont indispensables afin d'éviter tout risque d'électrification.

Ils doivent être adaptés à la tension d'emploi, et testés tous les 6 mois pour évaluer leur capacité d'isolation. Par sécurité, ils doivent être rangés dans leur housse de protection. Il faut penser à vérifier ses gants avant chaque utilisation ! De plus, des gants anti-coupure ou kevlar assurent une résistance maximale contre les chocs et risques d'abrasion.

*EN 60903 et IEC 60903*



### VÊTEMENT DE PROTECTION ISOLANT

Il est conseillé de protéger tout le reste du corps avec un vêtement de protection isolant. Il doit couvrir les bras et les jambes, être près du corps, ignifuge et isolant afin d'éviter tout risque de conduction électrique. Le port de ce type de vêtement de travail sert à atténuer les conséquences des effets de l'arc électrique. Les vêtements haute visibilité sont de rigueur pour les techniciens intervenant près des voies de circulation.

*EN 531 – EN 1149-5 – EN 470 – CEI 61482-1-2 classe 1*



### BOTTES ISOLANTES

Il faut bien faire attention à porter des bottes isolantes, afin de protéger les pieds d'éventuelles chutes d'objets. Elles créent une barrière efficace contre le passage du courant.

Les chaussures sont désignées et marquées comme chaussures ESD (ESD = Electro Static Discharge) lorsque la résistance électrique de contact selon EN 61340-5-1 se situe dans la plage recommandée entre  $7,5 \times 10^5$  et  $3,5 \times 10^7$  ohms.

Le port de chaussures ESD est recommandé lorsqu'il est nécessaire de réduire une charge électrique en dissipant les charges.

*EN 50321:2018 – EN ISO 20345*



## HARNAIS

Les électriciens peuvent travailler en hauteur, notamment quand il s'agit de procéder à la maintenance des lignes électriques. A cet effet, il doivent mettre une protection antichute, appelée harnais.

Les équipements antichute permettent de sécuriser la personne tout en assurant confort et souplesse des mouvements.



### Attention : à ne pas porter

Il y a divers vêtements ou accessoires qu'il ne faut surtout pas porter lors d'une intervention : des bijoux, une montre, des lunettes de soleil, une fermeture éclair, des manches courtes ou encore un short. Ces éléments ne remplissent pas les exigences de sécurité.



## 5.4. Les EPC : définition



L'acronyme EPC signifie Équipements de Protection Collective. Ce sont des dispositifs techniques qui permettent d'isoler et de protéger une personne du danger lors d'une intervention électrique. À la différence des EPI, les EPC protègent toute personne se trouvant à proximité du danger.

### TAPIS ISOLANT

Le tapis isolant isole l'utilisateur (tension d'isolation de l'équipement) :

1. du sol, de sorte qu'aucun courant électrique ne le traverse en cas de contact direct ou indirect ;
2. contre la tension de pas.



### NAPPE ISOLANTE

Une nappe isolante, ou écran isolant, est utilisée pour isoler, pendant la durée des travaux, des pièces conductrices nues ou insuffisamment isolées. Elle est fixée à l'aide de pinces isolantes.



## TABOURET ISOLANT

Un tabouret isolant doit être d'un matériel non conducteur. Il a pour but d'isoler le travailleur du sol, afin de le protéger des risques électriques.



## MARQUAGE DU PERIMETRE

La délimitation de la zone de travail se fait par le marquage de tout le périmètre. On peut utiliser des boules, des barrières, des piquets, la structure même de la SAT ...

Le ruban ou la chaîne doit être rouge et blanc. Si un ruban est utilisé, il doit être placé à deux hauteurs différentes.

A l'intérieur de la zone de travail, un cône ou une balise d'un mètre de haut doit être placé(e) et recouvert(e) sur tous les côtés par des panneaux portant la légende : "Zone de travail".

Deux cônes de 1 m de haut (= porte d'accès à la zone de travail) doivent être placés dans la zone d'entrée/sortie de la zone de travail.

Les deux cônes sont reliés par une chaîne qui porte un panneau (et le caisson) avec une légende :

- "Zone de travail + pictogramme de danger électrique" (vu de l'extérieur de la zone de travail) ;
- "Ne pas quitter la zone de travail sans être accompagné d'une personne autorisée ou qualifiée" + pictogramme de danger électrique (vue de l'intérieur de la zone de travail).



  
CENTRE DE COMPÉTENCES  
Génie Technique

Exemple de mise en  
place des  
équipements de  
protection  
collective.

**CHAÎNE DE DÉLIMITATION**

Une chaîne de délimitation pour balisage sert à délimiter une zone d'intervention afin d'empêcher le passage à cet endroit.



## **POTEAU**

Un poteau sert de support aux chaînes de délimitation, à installer afin de baliser une zone d'intervention.



**PANCARTE DE SIGNALISATION**

Une pancarte de signalisation permet de prévenir les personnes de la présence d'une zone de danger.



## 5.5. Les outils

Il existe des kits d'équipements complets. Ils sont constitués de divers outils isolés : des pinces, des douilles, des couteaux et coupe-câbles, des clés ou encore des tournevis.

Ces outils permettent à l'utilisateur de créer une barrière efficace afin d'absorber le choc électrique et éviter les accidents. Il est fortement recommandé de travailler avec des outils portant la norme européenne IEC 60900 qui donne la garantie que l'équipement supportera une tension allant jusqu'à 1000 volts (V) en courant alternatif et 1500 volts (V) en courant continu.

### Les échelles

L'utilisation d'une échelle en fibre de verre détermine sa conception optimale. Par exemple, il existe des escabeaux en plastique. Ceux-ci peuvent être installés librement et ne nécessitent qu'une base solide pour un support sûr. Les escabeaux peuvent être empruntés des deux côtés et avoir une surface de marche particulièrement large. Dans ce dernier cas, il y a également une poignée qui permet de travailler en hauteur en toute sécurité.

Les échelles simples sont également en matière composite. Elles sont principalement utilisées pour les travaux en façade ou en hauteur dans les pièces fermées.

Un type particulier d'échelle simple est l'échelle coulissante en composite, qui se compose de deux ou trois parties ajustables à différentes hauteurs selon les besoins.

Des échelles à plate-forme en composite sont également disponibles. Pour une utilisation flexible, elles sont équipées de roulettes permettant un déplacement rapide et facile.

Dans le cas des échelles en plastique sans marche supérieure, un dispositif de sécurité anti-écartement empêche l'échelle de se rabattre. Ce dispositif de sécurité de l'épandeur peut être desserré d'une seule main, de sorte que l'escabeau peut être replié rapidement et facilement pour le transport.

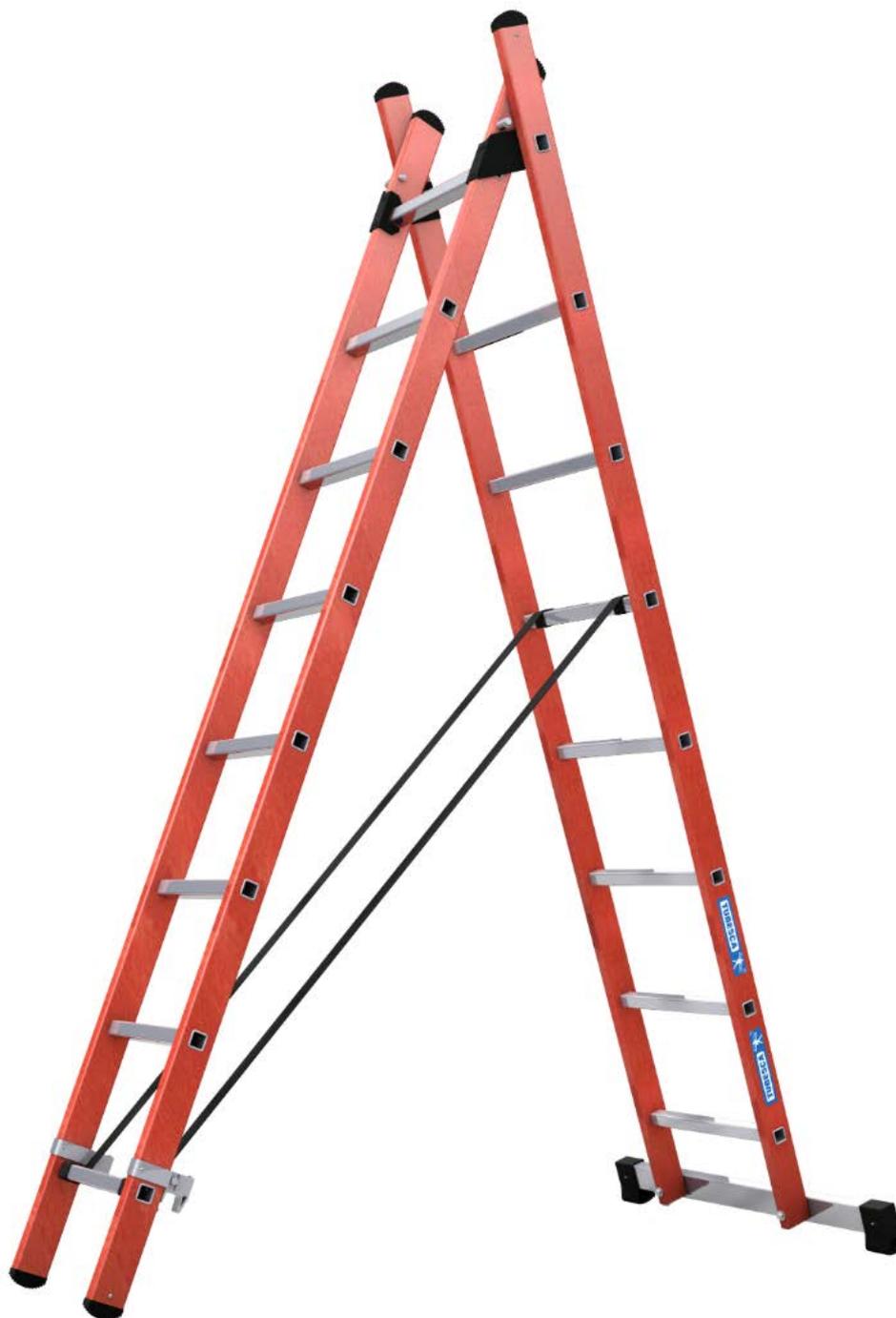
Les pieds d'échelle font partie de l'équipement de la plupart des échelles. Ces pieds sont généralement en caoutchouc, antidérapants et sûrs.

Avantages du composite comme matériau pour les échelles :

- faible poids ;
- transport aisé ;
- résistance aux intempéries ;

et, dans le cas d'une construction composite en PRV, aux produits chimiques.

Contrairement au métal, un conducteur en plastique renforcé de fibre de verre (GRP) ne peut pas conduire l'électricité. C'est la raison pour laquelle un conducteur en plastique solide fait partie de l'équipement de base d'un électricien et de tous les métiers qui travaillent avec des circuits électriques.



## 5.6. Les dispositifs de sécurité



Photos :  
disjoncteurs à gauche,  
fusibles à droite

Les disjoncteurs et les fusibles sont des dispositifs de sécurité pour protéger contre les courts-circuits ou les surtensions. Le coupe-circuit à fusible, appelé en abrégé fusible, va avoir pour rôle d'ouvrir un circuit électrique lorsque le courant électrique dans celui-ci atteint une valeur d'intensité donnée pendant un certain temps. Son nom vient du fait qu'il fonctionne par fusion d'un

filament conducteur, sous l'effet de l'élévation de température provoquée par la surintensité. Ils ont chacun un pouvoir de coupure : c'est l'intensité maximale à laquelle le dispositif va pouvoir assurer sa fonction de coupure du courant en cas de court-circuit.

Il existe plusieurs niveaux de pouvoir de coupure : jusque 4 kA en domestique, et entre 20 et 120 kA en industrie. Tous les fusibles fonctionnent par interruption du courant, mais encore faut-il que le fusible soit correctement choisi, tant au niveau du calibre que de la courbe de réponse. Il existe principalement 3 modes de fonctionnement de fusibles suivant la norme CEI 60269 :

- le fusible à usage général, offrant une protection contre les surcharges et les courts-circuits. C'est le plus courant sur les installations domestiques ;
- le fusible accompagnement moteur est utilisé pour la protection contre les courts-circuits uniquement ; il est souvent associé à un autre élément protégeant contre les surcharges. Il est utilisé dans l'industrie, principalement pour l'utilisation avec des charges à fort courant d'appel comme les moteurs ou les primaires de transformateurs par exemple ;
- le fusible ultra-rapide, qui est employé, quant à lui, pour la protection des semi-conducteurs.

Les fusibles à usage général et accompagnement moteur sont proposés, selon la norme CEI 60269, dans de nombreuses technologies et formes différentes, définies par des normes locales comme les normes anglaises, françaises ou allemandes par exemple.

Les formes peuvent être variées : CP cylindriques, BS88 cylindriques à contacts à couteaux déportés, NH à couteau, ou encore D Diazed en forme de bouteille.

FUSIBLE FF	FUSIBLE F	FUSIBLE T	FUSIBLE TT
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ultra-rapide</li> <li>• &lt; 1 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rapide</li> <li>• 1 à 10 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• retard</li> <li>• 10 à 100 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ultra-retard</li> <li>• 100 ms à s</li> </ul>

Le standard CEI 60127 prévoit 4 types de fusibles, chacun étant défini suivant le temps nécessaire pour couper dix fois le courant nominal : le fusible FF, ultra-rapide, inférieur à 1 ms, le fusible F, rapide, de 1 à 10 ms, le fusible T, retard, de 10 à 100 ms, et le fusible TT, ultra-retard, de 100 ms à 1s. Pour des besoins de coupure plus élevés, il existe également le type HPC : Haut Pouvoir de Coupure, allant jusque 100 kA.

## 6. Les principes et les règles de protection

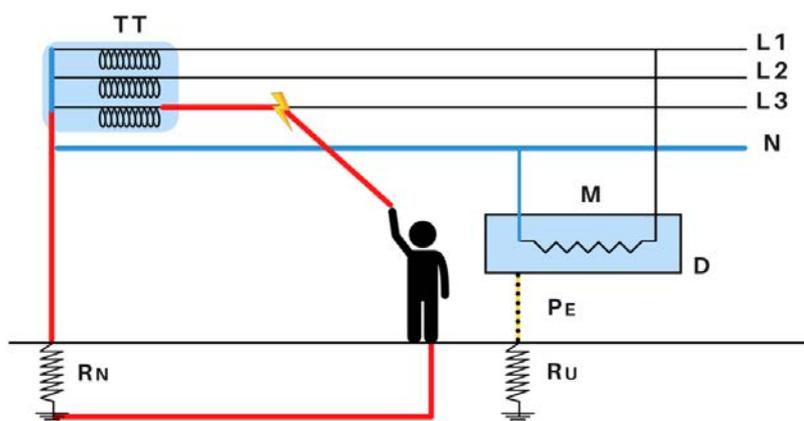
La prévention du risque électrique repose sur des dispositions réglementaires figurant dans le Code du travail. Elle concerne la mise en sécurité des installations et des matériels électriques, et ce dès leur conception. L'objectif est d'éviter tout contact, qu'il soit direct ou indirect, avec des pièces nues sous tension ou mises accidentellement sous tension. En outre, le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.



## 6.1. Le contact direct



Le contact direct, c'est lorsqu'une personne entre en contact avec une pièce conductrice généralement sous tension. En cas de négligence ou de maladresse, il y a un risque de choc électrique.



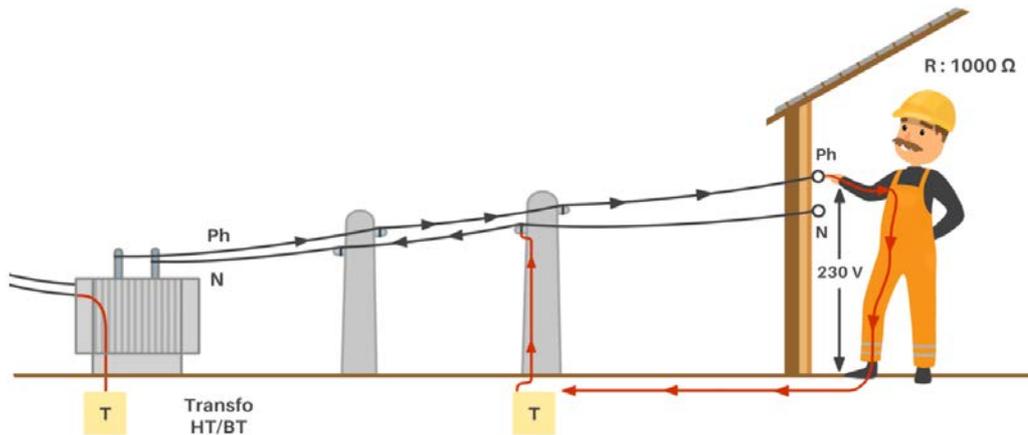
### Protection contre le contact direct

Il existe 3 moyens de protection contre le contact direct. Il y a d'abord la protection par **éloignement**, qui permet d'écartier la source de danger d'une personne : en présence d'une ligne haute tension, la pièce conductrice est tenue hors de portée.

Ensuite, on a la protection par **isolation**, c'est-à-dire que l'isolation et la tension des câbles doivent être adaptées à l'installation.

Et enfin la protection par **obstacle** ; il s'agit d'un élément qui va être placé entre la personne et la pièce nue afin de créer une barrière de protection. On peut utiliser des grillages, des parois, ou encore des armoires électriques fermées à clef.

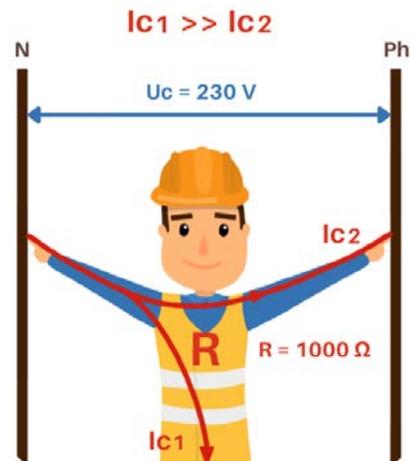
Le premier cas est celui d'une électrisation par **contact direct**, une personne en contact direct avec une phase se voit soumise à la tension du réseau. Le courant part de la phase, il passe ensuite par le corps de l'individu, et retourne ensuite au Neutre du transformateur par la terre. L'intensité du courant sera plus faible si le degré d'isolement par rapport au sol est grand.



Il existe un deuxième type d'électrisation par **contact direct**, mais peu fréquent.

La personne étant isolée du sol, le courant va circuler directement par la cage thoracique via le système respiratoire et cardiaque.

La personne est considérée par le réseau comme une charge classique !



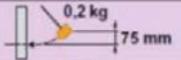
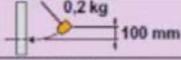
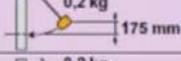
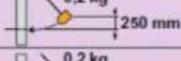
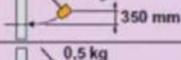
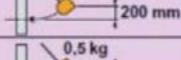
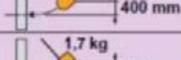
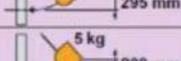
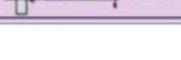
## 6.2. Les indices de protection

L'indice IP-IK permet de connaître le degré de protection d'un matériel par rapport aux influences externes et aux contacts directs.

L'indice IP est constitué de deux chiffres : un premier, de 0 à 6, qui détermine le niveau de protection contre l'entrée de corps solides. Le deuxième, allant de 0 à 8, permet d'indiquer le degré de pénétration des liquides. L'indice IK, se mesurant de 0 à 10, permet quant à lui, de montrer le niveau de protection contre les chocs mécaniques.

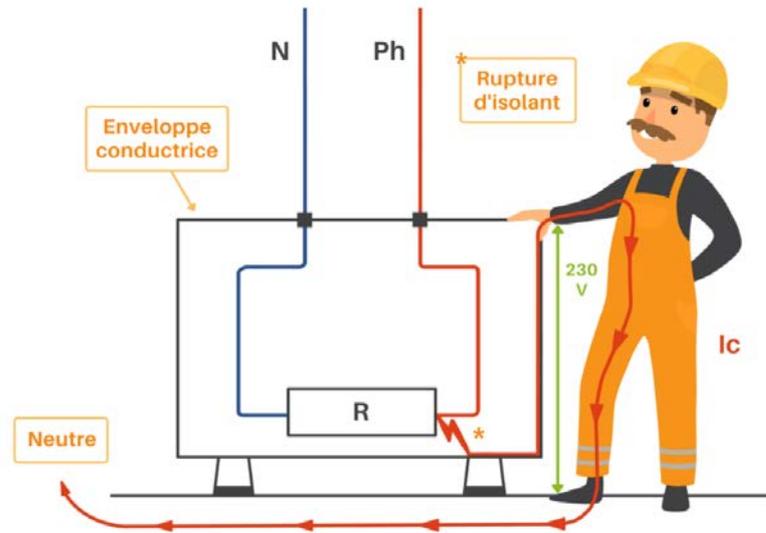
1er chiffre de la norme Protection corps solides		2ème chiffre de la norme Protection corps liquides	
Indice IP	Signification	Indice IP	Signification
0	Aucune protection	0	Aucune protection
1	Protection contre les corps solides > 50 mm de diamètre	1	Protection contre les chutes verticales de gouttes d'eau
2	Protection contre les corps solides > 12 mm de diamètre	2	Protection contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3	Protection contre les corps solides > 2,5 mm de diamètre	3	Protection contre la pluie jusqu'à 60° de la verticale
4	Protection contre les corps solides > 1 mm de diamètre	4	Protection contre les projections d'eau provenant de toutes directions
5	Protection contre les poussières	5	Protection contre les jets d'eau provenant de toutes directions
6	Hermétique à la poussière	6	Protection contre les paquets d'eau/de jets d'eau puissants
		7	Protection contre l'immersion provisoire dans l'eau jusqu'à 1m
		8	Protection contre l'immersion prolongée dans l'eau au-delà de 1m
		9	Protection contre l'immersion prolongée dans l'eau au-delà de 1m
			Protection contre le nettoyage à grande pression
		9K	Protection contre l'immersion prolongée dans l'eau au-delà de 1m
			Protection contre le nettoyage à grande pression
			Norme alimentaire

Degrés de protection IK contre les impacts mécaniques selon la norme CEI 62262

Degré IK	Tests	Energie en Joules
IK 00		0
IK 01		0,15
IK 02		0,2
IK 03		0,35
IK 04		0,5
IK 05		0,7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

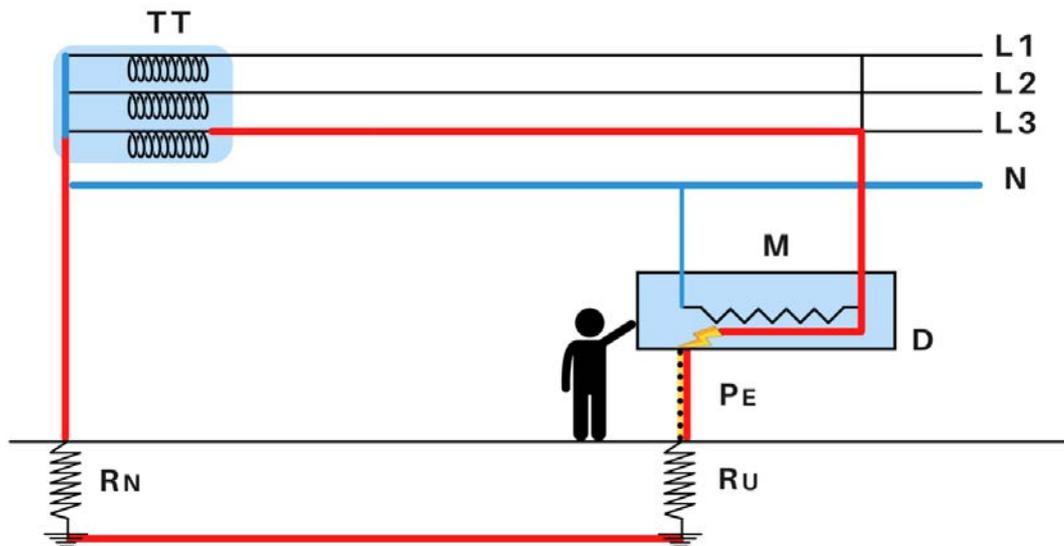
### 6.3. Le contact indirect

Il y a aussi l'**électrisation par contact indirect**. C'est un cas très dangereux car l'électrisation n'est pas liée à l'imprudence ou à la maladresse de l'utilisateur, mais à un défaut d'isolement ! Le contact n'est pas visible, et on ne peut pas l'anticiper.



#### Définition

Voici un second schéma permettant d'illustrer cette situation : une personne avec une masse mise accidentellement sous tension suite à un défaut d'isolement.



## 6.4. Les différentes classes de matériel

Dans le domaine de l'électrotechnique, les classes de protection sont utilisées pour classer et marquer les équipements électriques (par ex. les appareils et les composants d'installation) en fonction des mesures de sécurité existantes pour éviter les chocs électriques.

Selon le type d'équipement électrique basse tension, on distingue 3 classes de protection :

CLASSES	SYMBOLE	EXEMPLES
0 : Appareil non isolé	Aucun	 Sonnette
I : Appareil dont les masses doivent être reliées à la terre		 Micro-ondes
II : Appareil protégé par une double isolation (pas relié à la terre)		 Sèche-cheveux
III : Appareil alimenté en 12V ou 24V		 Interphone

### Classe de protection 1

Les dispositifs de protection de **classe I** ont la mesure de protection la plus efficace de toutes. Il est destiné aux gros appareils électroménagers tels que les machines à laver et les lave-vaisselles. La classe de protection 1 est également appelée "classe de conducteur de protection". Il s'agit des appareils qui sont équipés du connecteur de protection nommé. Il n'y a pas de symbole au sens propre du terme pour la classe de protection 1, mais le circuit avec le pictogramme de mise à la terre est autorisé.

Lors du remplacement d'un bouchon d'un appareil de classe de protection 1, il faut s'assurer que le bouchon est muni d'une décharge de traction. Celle-ci est produite par une languette en plastique vissable qui presse fermement le câble et l'isolant sur le boîtier à l'aide de deux vis. Le conducteur de protection, identifiable par le câble jaune-vert, doit être conçu de telle sorte qu'il s'arrache en dernier lorsque le câble est arraché. La fabrication est très simple : le câble du conducteur de protection jaune/vert est simplement laissé plus long que le câble noir ou bleu. Une extension de deux centimètres est suffisante.

L'une des raisons pour lesquelles les appareils électroménagers doivent être équipés de la lourde fiche « Schuko » et, entre autres, de leur connecteur métallique.

Mais même un boîtier en plastique ne peut fournir qu'une protection limitée contre les pannes électriques. Toutefois, à titre indicatif, on peut supposer que chaque appareil équipé d'un gros moteur électrique appartient à la classe de protection 1.

Bien entendu, la qualité d'une fiche avec contact de mise à la terre dépend de la qualité du câble de protection entre la prise et la boîte à fusibles. Le conducteur de protection rayé jaune est souvent encore absent des anciennes prises. Afin de pouvoir continuer à fonctionner électriquement, la ligne neutre de ces prises est souvent reliée à la ligne de terre. Cette installation, réalisée en tant que conducteur PEN, n'est plus autorisée aujourd'hui pour les nouvelles installations. Toutefois, nous recommandons également de remplacer les anciens câbles par de nouveaux câbles d'alimentation avec des conducteurs de protection. Le risque de pannes électriques dans les appareils de classe de protection I est tout simplement trop élevé. La seule solution est de remplacer tout le câble de manière professionnelle et de rebrancher le fusible. Avec un peu de chance, les tuyaux ont été posés dans des

tuyaux vides, de sorte que l'échange est très simple. Si ce n'est pas le cas, le mur doit être ouvert et un tout nouveau conduit de câbles doit être posé. C'est une chose assez compliquée et sale, mais cela améliore considérablement la sécurité électrique dans la maison.

## Classe de protection 2

Les appareils de **la classe de protection II** n'ont généralement pas de connexion avec le conducteur de protection. Cependant, ils ont un blindage particulièrement fort contre les décharges électriques. La norme parle généralement d'isolation renforcée ou doublée. Il est utilisé dans de nombreux appareils électriques portatifs équipés d'un moteur moyennement puissant d'une puissance de 500 à 2000 watts.

Même si l'appareil possède un boîtier métallique, il n'est pas nécessaire qu'il soit blindé selon la classe de protection 1 et équipé d'un conducteur de protection. Il est également techniquement possible de réaliser une double isolation avec un boîtier métallique.

Pour les appareils de la classe de protection II, le connecteur usuel est le "connecteur contour". Cela ressemble beaucoup à une fiche « Schuko ». Cependant, il lui manque les supports métalliques qui le relie au conducteur de protection. Les fiches contour portent leur nom parce qu'ils remplissent complètement une douille à partir du contour. Ceci assure un ajustement particulièrement ferme.

Le pictogramme de la classe de protection II est le double du carré.

## Classe de protection 3

Les appareils de la **classe de protection III** exigent la protection la plus faible contre les pannes électriques. Ils fonctionnent avec une très basse tension de sécurité (SELV) ou une très basse tension de protection (PELV). Ces appareils fonctionnent avec une tension alternative maximale de 50 volts ou une tension continue de 120 volts. S'ils fonctionnent avec des tensions plus élevées, ils doivent être équipés d'un transformateur de protection intégré. Il s'agit, par exemple, des rasoirs électriques ou des chargeurs pour téléphones portables.

En l'absence d'un transformateur intégré, qui produit les tensions maximales spécifiées, une source de courant admissible pour les appareils de classe de protection III est par exemple un transformateur de sécurité ou une connexion de batterie avec une tension suffisante. Le symbole de la classe de protection III est un diamant à trois lignes verticales parallèles. Les dispositifs typiques de la classe de protection III sont, par exemple, les lampes à main électriques.

Cependant, une "fiche Euro" peut également être utilisée pour des courants plus faibles dans l'appareil. Il s'agit des fiches simples, plates, avec un emboîtement assez lâche dans la prise, qui n'ont pas non plus de conducteur de protection. Toutefois, les fiches Euro ne sont généralement utilisées que pour les appareils de classe de protection III.

# 7. L'électricien et la personne formée à l'électrotechnique

## 7.1. L'électricien qualifié

Dans les pays germanophones, l'électricien qualifié désigne une personne autorisée à exécuter et à surveiller des travaux électrotechniques professionnels.

Selon la norme européenne EN 50110-1:2008-09-01 section 3.2.3 l'électrotechnicien est défini comme « une personne possédant une formation professionnelle appropriée, des connaissances et une expérience lui permettant d'identifier et d'éviter les dangers pouvant être causés par l'électricité ».

La qualification professionnelle est généralement attestée par l'achèvement avec succès d'une formation (en tant qu'ingénieur électricien, électrotechnicien, maître électricien, compagnon électricien... ). Elle peut également être attestée par une activité de plusieurs années comprenant une

formation théorique et pratique validée par un examen organisé par un électricien ou par la reconnaissance des compétences acquises (validation des acquis de l'expérience - VAE). La preuve doit être documentée.



## 7.2. La personne avertie à l'électrotechnique

Une personne avertie à l'électrotechnique est une personne qui a été « informée par un électricien qualifié des tâches qui lui sont confiées et des dangers potentiels en cas de comportement non conforme; elle a, si nécessaire, reçu une formation et a été instruite sur les dispositifs de protection et les mesures de protection nécessaires à la sécurité. » (DIN VDE 0105-100)

Elle est en mesure d'exécuter des tâches définies et connaît les conditions locales, les mesures de protection à prendre ainsi que les dangers possibles en cas de comportement inapproprié.



## 7.3. Le non-professionnel

Le non-professionnel est une personne qui n'est pas familiarisée avec les dangers liés à l'électricité et qui peut seulement être chargée de travaux non électriques. Dans le langage courant, il s'agit d'une personne qui n'a pas de connaissances spécialisées dans un domaine particulier.

## 8. Le courant électrique basse tension

### 8.1. Le courant électrique basse tension



Un domaine de tension est une classification des installations électriques. On y trouve le type de courant ainsi que le type de tension.

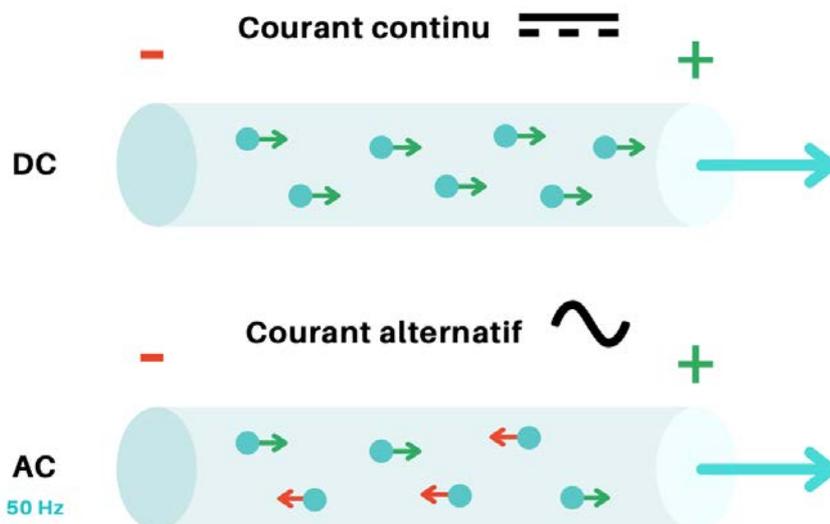
Tous les ouvrages et installations électriques sont classés en domaines de tension, définis selon le standard VDE 0100. Un domaine de tension permet de déterminer le domaine d'intervention du personnel, en fonction de son niveau d'habilitation.

Voici un tableau représentatif des différentes valeurs de la tension nominale. Le domaine de la basse tension est défini par une tension nominale allant jusqu'à 1000 Volt en courant alternatif ou 1500 Volt en courant continu.

BASSE TENSION BT	HAUTE TENSION HT
Courant alternatif $\leq 1000 \text{ V}$	Courant alternatif $> 1000 \text{ V}$
Courant continu $\leq 1500 \text{ V}$	Courant continu $> 1500 \text{ V}$

Le domaine de la haute tension est défini par une tension nominale supérieure à 1000 Volt en courant alternatif ou 1500 Volt en courant continu.

Le courant peut être alternatif ou continu. Ces deux types de courant sont utilisés au quotidien pour le transport, la distribution et la consommation de l'électricité. Mais leurs caractéristiques ne sont pas les mêmes.



Le courant électrique est produit par le déplacement d'électrons dans un milieu conducteur, sous l'impulsion d'une tension électrique. Cette tension, selon qu'elle est continue ou alternative, peut générer deux types de courants :

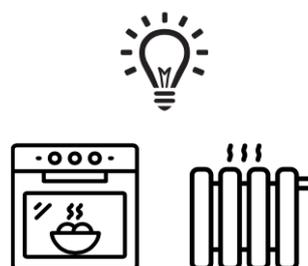
1. Le courant continu, le flux d'électrons s'écoule toujours dans le même sens, de la borne négative vers la borne positive.
2. Le courant alternatif, les électrons circulent de façon alternative dans les deux sens du circuit. Concrètement, cela veut dire que les électrons suivent un mouvement de va-et-vient. Ils oscillent, et c'est cette oscillation qui permet à l'énergie vibrationnelle d'être répercutée jusqu'à l'extrémité du conducteur.

Mais le courant alternatif et le courant continu ne sont pas produits de la même manière :

## COURANT ALTERNATIF

Le courant alternatif est produit à l'aide d'un alternateur. Cet alternateur est muni d'un « rotor » qui tourne sur lui-même, et imprime aux électrons un mouvement sinusoïdal. La vitesse de rotation du rotor détermine la fréquence du courant.

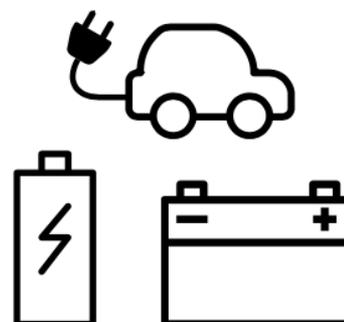
Le courant alternatif est généralement celui que l'on utilise dans les foyers pour l'éclairage, le chauffage, la cuisine, etc.



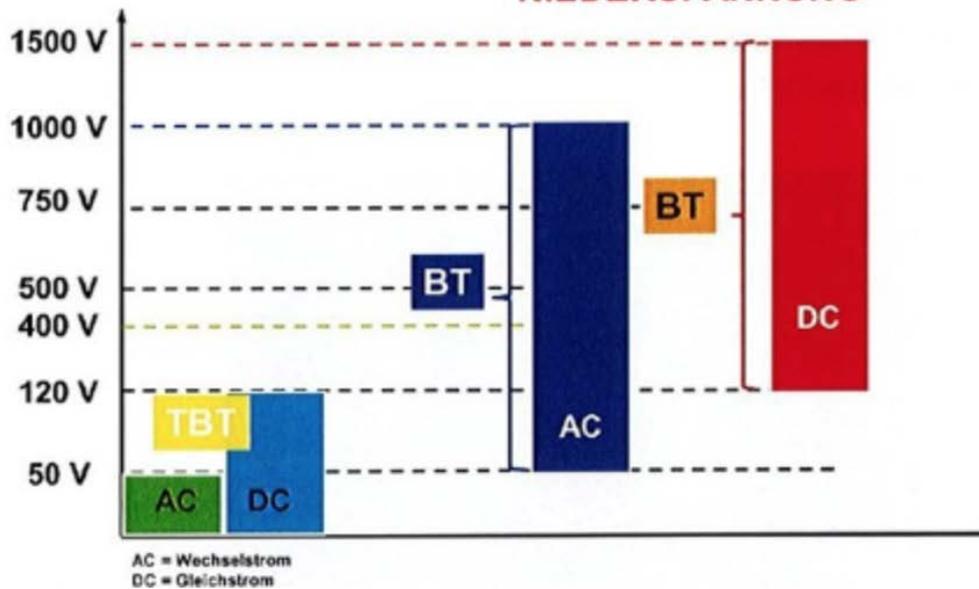
Le courant continu est, quant à lui, produit par des générateurs électrochimiques ou électroniques, c'est-à-dire par toutes sortes de batteries, de piles ou de panneaux solaires.

Il est également très présent dans notre quotidien. En effet, tous les objets qui fonctionnent avec une batterie ou avec des piles reposent sur un courant de type continu. C'est le cas, donc, des ordinateurs portables, des téléphones mobiles, ou encore des lampes de poche. Les voitures électriques fonctionnent également avec un moteur à courant continu, qui, relié à une ou plusieurs batteries, permet de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

## COURANT CONTINU



## Plage de tension selon VDE 0100

**Basse Tension****NIEDERSPANNUNG**

## 9. Le courant électrique haute tension

### 9.1. Définition

La haute tension est un terme qui caractérise, selon des normes européennes, les valeurs de la tension électrique à partir de 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu.

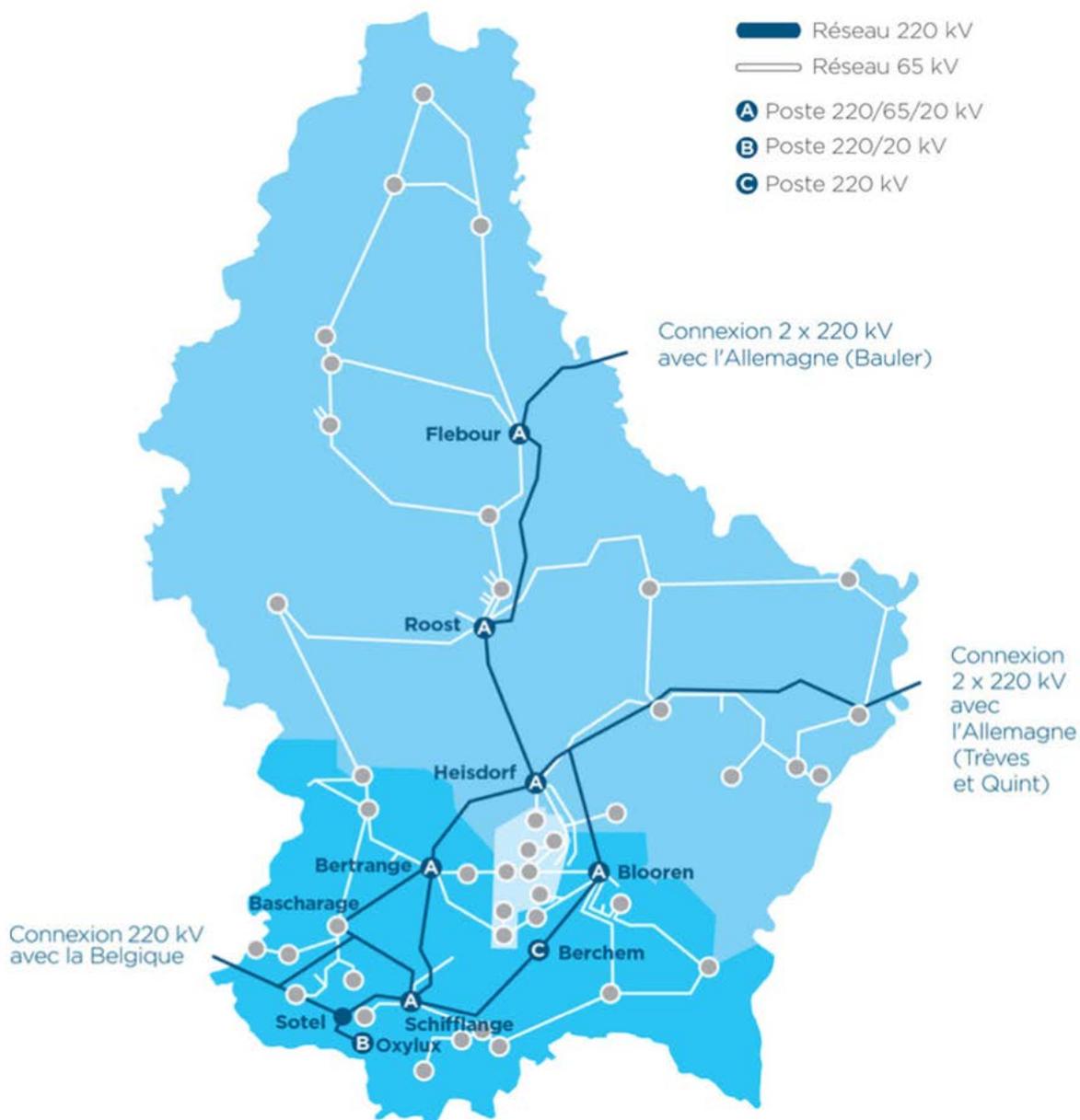
Le domaine de la haute tension (HT) concerne les installations électriques dans lesquelles la tension est de 1 000 volts et plus, en courant alternatif et de 1 500 volts et plus, en courant continu.

### 9.2. La haute tension au Luxembourg - Le réseau de transport d'électricité de Creos Luxembourg S.A.

La plus grande partie de notre courant électrique provient d'Allemagne via deux lignes doubles à haute tension de 220.000 volts.

La longueur du réseau électrique national géré par Creos est actuellement d'environ 10.270 kilomètres, dont 593 km de lignes à haute tension, 3.780 km de lignes à moyenne tension et 5.895 km de lignes à basse tension !

Plus de 8.540 km – donc 83% du réseau - sont enfouis, une performance au niveau européen !



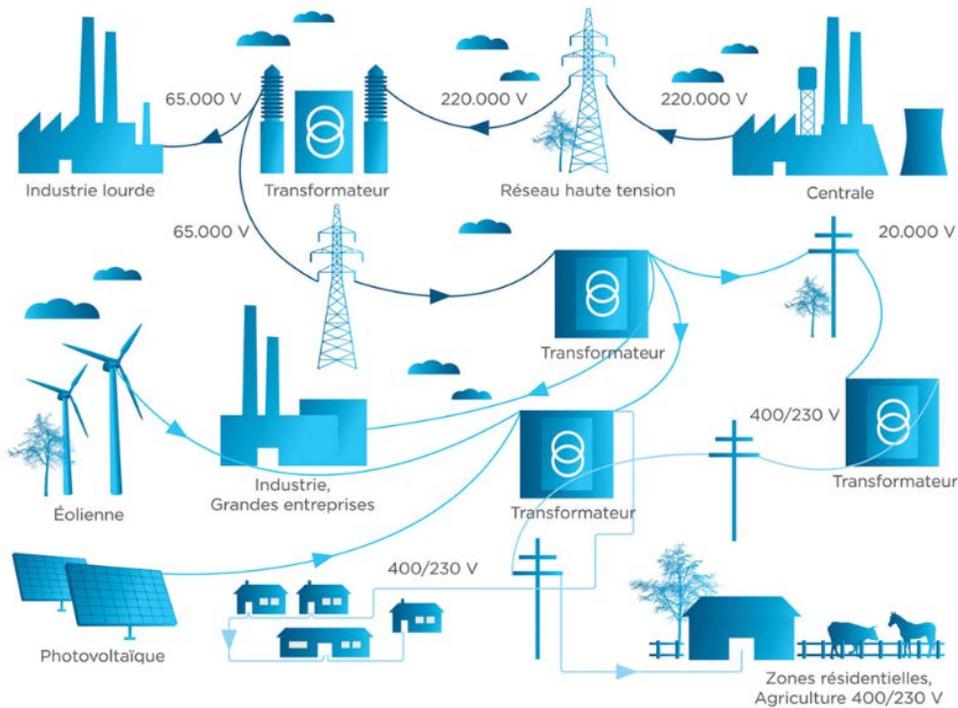
### 9.3. L'acheminement vers le consommateur

Le réseau d'électricité luxembourgeois est raccordé au réseau allemand. Le courant est acheminé à Heisdorf et à Flebour au moyen deux lignes doubles à haute tension de 220 kV (= 220 000 volts) avant d'être distribué aux consommateurs.

### 9.4. La transformation et la répartition

Creos Luxembourg S.A. compte 6 postes de transformation-répartition, dans lesquels la tension est d'abord abaissée de 220 kV à 65 kV à l'aide de transformateurs, avant d'être distribuée aux gros clients (c-à-d les industries et les grandes distributions communales). Les postes de transformation-répartition se situent à Heisdorf, Flebour, Roost, Blooren, Schiffflange et Bertrange.

La tension de 65 kV est à nouveau abaissée dans des postes de transformation-répartition à 20 kV, de sorte à obtenir une tension communément appelée moyenne tension. L'énergie électrique ainsi obtenue est alors distribuée aux PME, villes et villages.



Des transformateurs dans chacune des localités baissent la tension du courant pour une toute dernière fois à 0,4 kV.

Cette énergie électrique à basse tension est alors distribuée au consommateur final.

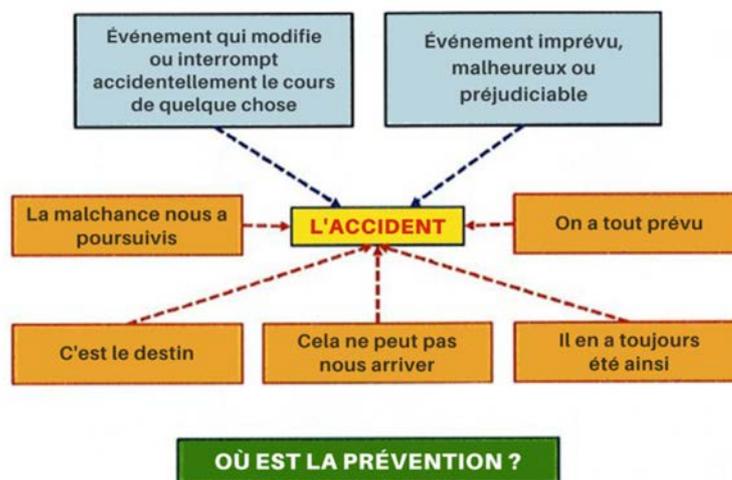
## 10. Analyse des risques

### 10.1. La définition d'un accident

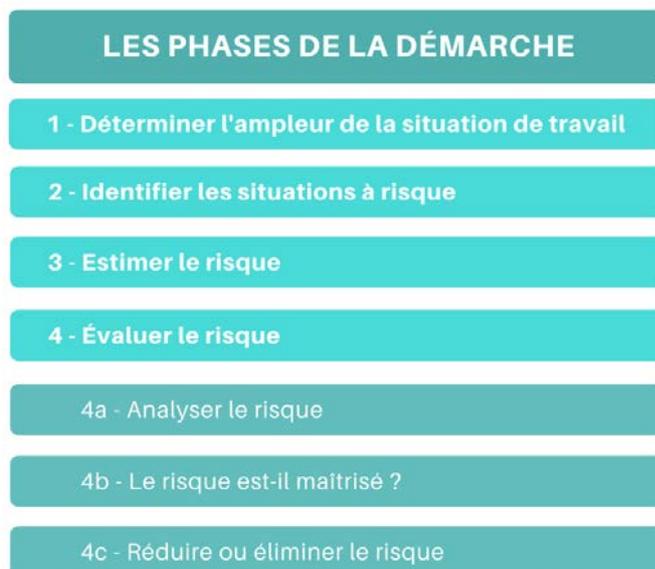


Un accident est un événement soudain, déterminable dans le temps et dans l'espace ainsi que d'origine externe, au cours duquel une personne physique subit involontairement un dommage corporel ou occasionne un dommage à un bien involontairement.

L'évaluation des risques est terminée lorsque la sécurité est atteinte.



Pour évaluer les risques, il est nécessaire de les analyser.



## 10.2. La prévention

Par prévention, on entend des mesures visant à prévenir des événements ou des conditions indésirables qui pourraient se produire avec une certaine probabilité si aucune mesure ne serait prise.

La prévention présuppose tout d'abord que des mesures appropriées soient disponibles pour influencer la survenue de ces événements.

Des mesures préventives sont prises dans des domaines tels que la prévention de la toxicomanie (par exemple la protection des non-fumeurs), la prévention de la violence et de la criminalité, la prévention des accidents, la prévention des incendies et plus généralement la prévention des crises en politique.

La prévention est de plus en plus au cœur des politiques sociales et de santé. La prévention est un domaine d'action central dans les domaines de la médecine (voir prévention des maladies) et de la dentisterie (voir prophylaxie en dentisterie).

MAIS :

- le risque zéro n'existe pas ;
- toute situation présente des risques.

**Avec une situation changeante, les risques changent aussi.**

Il est nécessaire d'analyser la situation de manière systématique. L'analyse permet :

1. d'identifier les risques dont dépend la sécurité ;
2. de définir et d'implémenter des mesures appropriées pour minimiser les risques.

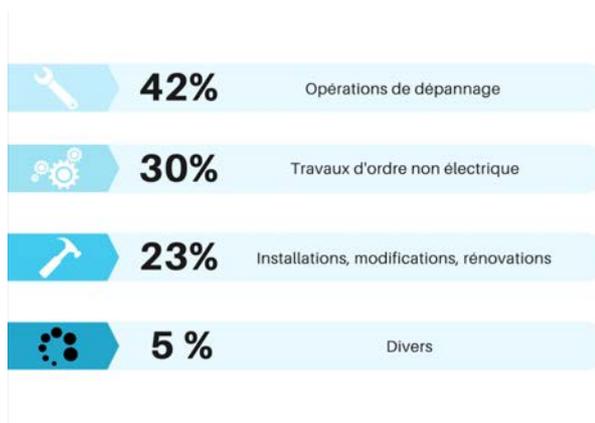


## 11. Les accidents d'origine électrique et leurs conséquences

Les conséquences d'un accident électrique peuvent être graves et de longue durée :

1. conséquences corporelles ;
2. conséquences matérielles ;
3. conséquences économiques ;
4. conséquences sociales ;
5. conséquences financières ;
6. conséquences psychologiques.

### 11.1. Statistiques des accidents d'origine électrique



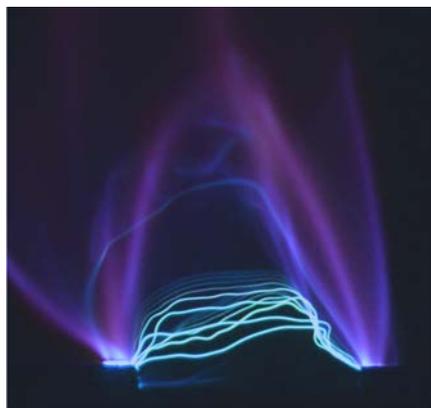
Voici un schéma qui représente les interventions qui sont le plus susceptibles de provoquer un accident.

### 11.2. L'arc électrique

Les risques liés à l'électricité sont de différentes natures. Il s'agit principalement de risques d'électrisation, d'électrocution et de brûlures. Ces risques ont pour origine des contacts directs ou indirects et des arcs électriques.

L'**arc électrique** peut être à l'origine de brûlures plus ou moins graves, et pour les installations électriques, d'incendie ou d'explosion.

Un arc électrique est susceptible d'apparaître lorsque l'on ouvre ou que l'on ferme un circuit. En effet, sous l'influence de la tension électrique créée entre les extrémités des conducteurs que l'on sépare ou que l'on approche, les électrons libres sortent du métal et heurtent violemment les molécules d'air de l'espace interstitiel. Cela a pour conséquence d'arracher des électrons aux atomes de l'air et de le rendre subitement conducteur. Le courant électrique, passant d'un point à un autre de l'air, devient visible. Ce phénomène recouvre aussi bien l'étincelle électrique que l'éclair.



Un court-circuit peut provoquer un arc électrique. En cas de création d'un arc électrique, celui-ci provoque différents effets :

- des effets d'ionisation, avec possibilité d'allumage d'arcs secondaires ;
- des effets lumineux, ainsi que des effets de pression, conséquence des effets thermiques ;
- des effets de bruits, provenant de l'addition des effets thermiques au déplacement de la vitesse proche de celle du son.

Des projections de matières à des vitesses de 1 100 km/h peuvent également se produire.

### Les protections contre le courant de court-circuit

Il existe plusieurs règles concernant la protection contre le courant de court-circuit :

1. utiliser des appareils de mesure avec fusibles HPC, en cas de remplacement d'appareillage ;
2. vérifier sa tenue au court-circuit ;
3. porter des EPI (écrans faciaux, gants, ... ) en cas de manœuvres ;
4. se souvenir que les disjoncteurs perdent leurs propriétés de coupure avec le nombre de manœuvres ;
5. respecter les réglages des protections ;
6. identifier les dispositifs de mise à la terre pour travaux ;
7. utiliser des écrans protecteurs isolants pour prévenir tout contact accidentel avec des éléments sous tension et inspecter les chantiers avant une remise en service.

## 11.3. Intensité du courant qui passe dans le corps humain

Il a été expérimentalement démontré que c'est l'intensité ( $I = \text{ampère}$ ) qui traverse le corps humain, et non pas la tension, et qui occasionne les lésions en cas d'accident électrique. Il est important de distinguer ces deux éléments.

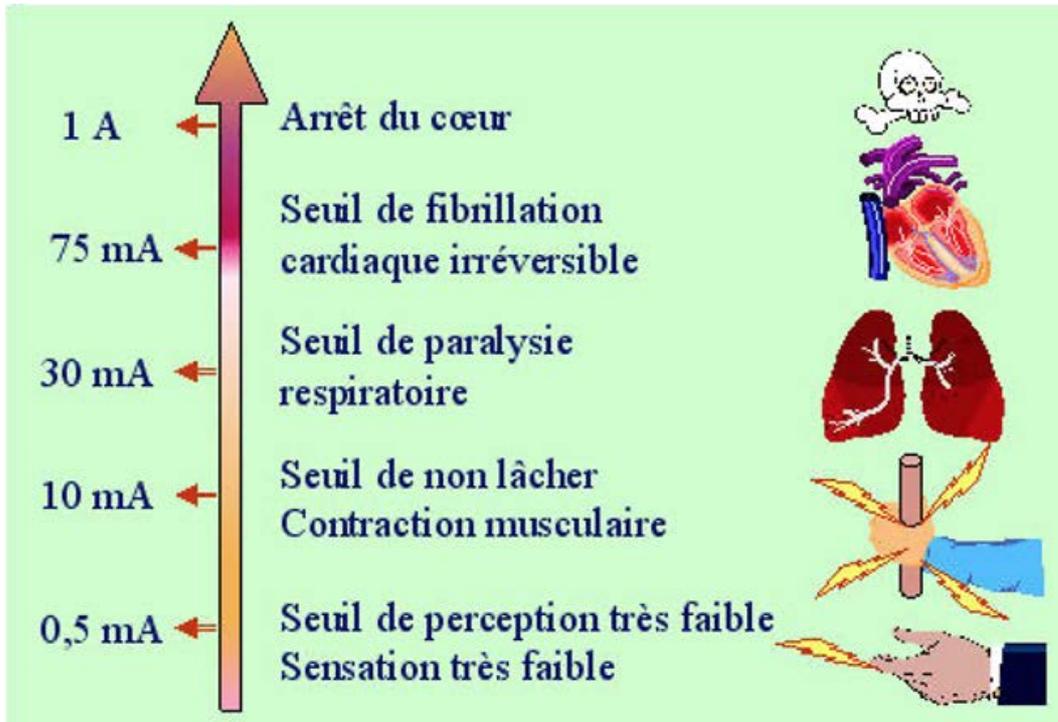
Le seuil de perception, qui est la valeur de l'intensité du courant qu'une personne commence à percevoir lorsqu'elle touche un conducteur avec sa main, provoque de légers fourmillements. Elle a été testée, pour un courant alternatif, à 1 mA.

L'intensité limite, qui est l'intensité maximale de courant à laquelle une personne est encore capable de lâcher le conducteur, a été expérimentalement fixée pour un courant alternatif à 10 mA.

Il y a 2 conséquences du courant électrique sur le corps :

1. Il y a tout d'abord **la stimulation** : les muscles et les nerfs sont alors stimulés. Tout le monde a déjà ressenti une sensation de fourmillement, de picotement, sans pour autant avoir une blessure. Ces effets peuvent survenir à des courants aussi faibles que 0,25 milliampères (mA). À partir de 10 mA, la plupart des gens ne peuvent plus lâcher prise parce que leurs muscles sont contractés. Au-delà de 50 mA, il peut y avoir un arrêt cardiaque si le courant passe par le cœur.
2. Il y a aussi **la brûlure électrique**, qui touche les tissus et les organes. À plus de 100 mA, il y a des marques électriques aux points de contact sur le corps. Au-delà de 10 000 mA, soit 10 A, des brûlures graves surviennent, et certaines devront nécessiter une amputation.





## 11.4. Électrisation - Électrocution

### Électrisation



Il s'agit du passage du courant électrique à travers le corps humain et qui provoque des blessures plus ou moins grave.

### Électrocution



Le terme désigne exclusivement les cas d'électrisation entraînant un décès, c'est-à-dire à partir de 50 volts (V) et 50 milliampères (mA).



Notre corps a une capacité de résister aux accidents qui varie selon divers éléments à prendre en compte : la surface de contact, la pression de contact, l'épaisseur de la peau, la présence d'humidité, mais aussi le poids, la taille, et la fatigue. Il est donc difficile d'estimer précisément les effets physiologiques d'une électrisation.

## Les facteurs influents sur l'électrisation

Différents facteurs interviennent dans les accidents électriques. Lorsque le courant électrique circule dans le corps humain, celui-ci réagit comme une résistance, et conformément à la loi d'Ohm, l'intensité du courant de passage est déterminée par 3 éléments :

- **I** qui représente l'**intensité du courant** qui passe dans le corps humain, dont l'unité de mesure est en Ampère ;
- **R** qui est la **résistance** opposée par le corps lors du passage du courant, qui est représentée en Ohm ;
- **U** qui représente la **tension de contact** entre le point d'entrée du courant et le point de sortie, mesurée en Volt.

## 11.5. Les effets du courant électrique sur le corps humain

Le courant électrique traversant le corps génère de la chaleur, qui brûle et détruit les tissus. Les brûlures peuvent affecter les tissus internes ainsi que la peau. La décharge électrique peut court-circuiter (interférer avec) les systèmes électriques propres à l'organisme (influx nerveux) et entraîner le dysfonctionnement du système nerveux en arrêtant ou en altérant la transmission des influx nerveux.

Utilisé de manière ciblée et en petite quantité, il peut avoir des effets curatifs en médecine, comme par exemple dans la thérapie par courant de stimulation ou pour réactiver le muscle cardiaque (défibrillation). Cette page ne décrit que les effets dangereux du courant électrique, contre lesquels nous voulons nous protéger au mieux.

L'altération de la transmission des influx nerveux peut affecter :

- les muscles, en provoquant de violentes contractions ;
- le cœur, en arrêtant ses battements (arrêt cardiaque) ;
- le cerveau, en causant des convulsions, une perte de conscience ou d'autres anomalies.

La gravité des lésions varie de mineure à mortelle et dépend des facteurs suivants :

- l'intensité du courant
- le type de courant ;
- le trajet du courant à travers le corps ;
- la durée de l'exposition au courant ;
- la résistance électrique opposée au courant.

### Effet thermique

L'effet thermique du courant électrique provoque des brûlures aux points d'entrée et de sortie lorsque l'intensité du courant est élevée. Les parties du corps peuvent être carbonisées par les arcs électriques qui se forment. Suite à ces fortes brûlures, les reins sont surchargés, ce qui entraîne la mort.

### Effet chimique

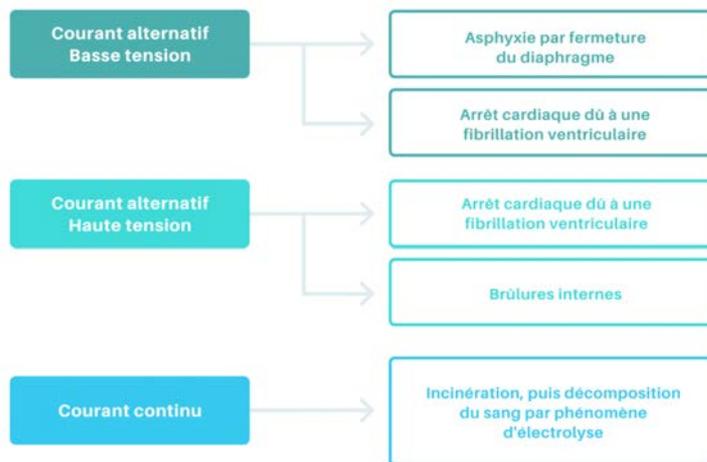
Les liquides du corps humain, comme la sueur, la salive, le sang et le liquide cellulaire, sont des électrolytes. Cela signifie qu'ils conduisent particulièrement bien le courant électrique à travers notre corps. L'effet chimique du courant peut, surtout en cas d'exposition prolongée, provoquer une décomposition électrolytique du sang. Il en résulte de graves intoxications ! Ces séquelles peuvent également apparaître après quelques jours et sont donc particulièrement insidieuses.



### Effet stimulant sur les muscles

Presque tous les organes humains fonctionnent sur la base d'impulsions électriques émises par le cerveau. Ainsi, de faibles impulsions d'environ 50 mV commandent le mouvement des muscles de notre corps. Les impulsions sont transmises du cerveau aux muscles par les nerfs. Si un nerf est interrompu, le muscle ne fonctionne plus correctement. Si le flux de courant est suffisamment important, un muscle se contracte. S'il s'agit des muscles d'une main, on ne peut plus lâcher un objet saisi. Si la cage thoracique est touchée, la respiration s'arrête. Un arrêt cardiaque peut être déclenché ou le déroulement régulier des différents mouvements du muscle cardiaque tellement perturbé qu'il en résulte un mouvement désordonné sans effet de pompage - la fibrillation ventriculaire.

Conditions	Effets
Courant élevé, comme celui de la foudre ou de la haute tension	Effets thermiques
Courant continu, longue durée d'action	Effets chimiques
Courant alternatif, impulsions électriques qui stimulent ou paralysent les muscles	Effets de stimulation musculaire



### 11.6. Le siège et la nature des lésions d'origine électrique

Le principal symptôme est souvent une brûlure cutanée, mais toutes les lésions graves ne sont pas toujours visibles. Les médecins examinent les personnes pour détecter des troubles du rythme cardiaque, fractures, luxations, lésions de la moelle épinière ou d'autres lésions.

Les troubles du rythme cardiaque sont surveillés, les brûlures traitées et, si une brûlure a causé des dommages internes étendus, des liquides et d'autres traitements sont administrés par voie intraveineuse.

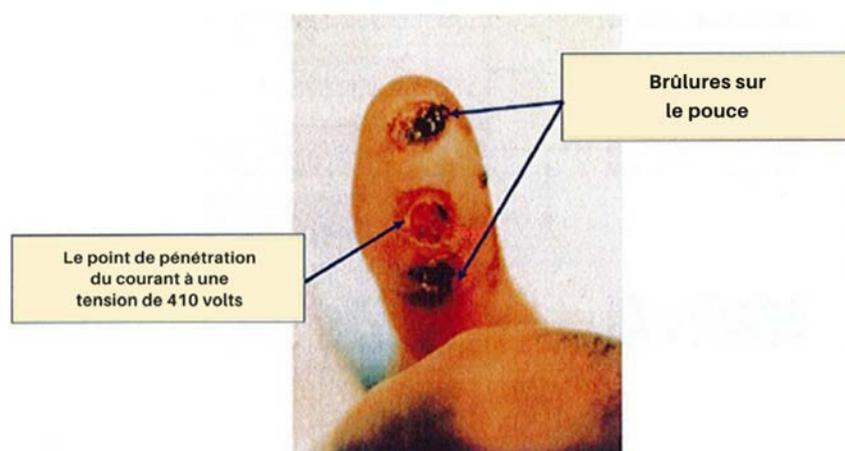


Les lésions dues à l'électricité peuvent survenir de différentes façons : contact avec une machine ou un appareil électrique défectueux, contact accidentel avec une installation électrique domestique ou, à l'extérieur, avec les lignes du réseau d'alimentation électrique. Une décharge électrique consécutive au contact avec une prise de courant domestique ou un petit appareil électrique est rarement grave, mais l'exposition accidentelle à de hautes tensions est la cause d'environ 300 décès annuels aux États-Unis.

### Brûlures sur un pouce

Les brûlures sur les mains occasionnées par la manipulation de matériel sous tension sont monnaie courante chez les électriciens. Celles causées par du courant à une tension de 410 volts sont impressionnantes mais entraînent rarement des amputations. Ce n'est pas le cas avec du courant haute tension.

Le courant traverse le corps humain depuis une porte d'entrée jusqu'à une porte de sortie. Le point de sortie est aléatoire ; il est fonction de la proximité ou du contact d'une masse (la plus conductrice s'il y en a plusieurs).



### Brûlures consécutives à un contact avec une tension de 5000 V

Les accidents électriques par haute tension (AEHT) (>1000 V) provoquent des brûlures profondes par effet Joule le long des axes vasculo-nerveux entre les points d'entrée et de sortie.



L'effet Joule est une réaction thermique qui se produit lorsque l'électricité se déplace au sein de matériaux conducteurs. Découverte en 1840 par un physicien anglais répondant au nom de James Prescott Joule, cette manifestation s'est depuis imposée comme une norme irréfutable.

L'effet Joule se matérialise par la chaleur qui se dégage lors du passage du courant électrique au sein de matériaux conducteurs comme les câbles en cuivre. Cette chaleur est due à la résistance opposée par les conducteurs et leurs atomes au courant électrique. L'effet Joule nécessite donc de surdimensionner la puissance électrique au départ du circuit afin de délivrer, au bout du chemin, la bonne quantité d'énergie.

Le courant traverse le corps et brûle par effet Joule ( $J = R \times I^2 \times T$ ). Cette loi nous enseigne que la quantité de chaleur émise est en rapport avec le voltage ( $U = R \times I$ ) et est proportionnelle à la résistance du corps ( $R$ ), l'intensité du courant électrique ( $I$ ) et le temps de contact ( $T$ ).]

## 11.7. Les conséquences d'un accident

Pour les victimes, les conséquences d'un accident sont diverses :

- diminution des aptitudes physiques ;
- inaptitude temporaire ou définitive de travail ;
- perte des acquis ;
- perte de salaire ;
- diminution de la qualité de vie.

On constate également **des conséquences psychologiques** pour la victime et son entourage.

Pour l'entreprise et la collectivité, les conséquences sont multiples. En ce qui concerne **les coûts commerciaux**, les organes de décision de la direction, la hiérarchie ainsi que les représentants du personnel seront remis en cause.

**Les coûts organisationnels et les coûts de production** vont s'en ressentir ; en effet, l'accident va entraîner : une désorganisation, une diminution de la qualité des prestations, et une augmentation des risques et retards. Il faudra par ailleurs trouver un remplaçant pour assurer le travail du salarié blessé. L'entreprise peut également recevoir des amendes et être contrainte de payer des frais judiciaires. Les conséquences peuvent être lourdes en termes de gestion financière.

## 11.8. Les coûts des accidents

Le coût financier des accidents et des maladies professionnelles se répartit en deux catégories.

### Les coûts directs

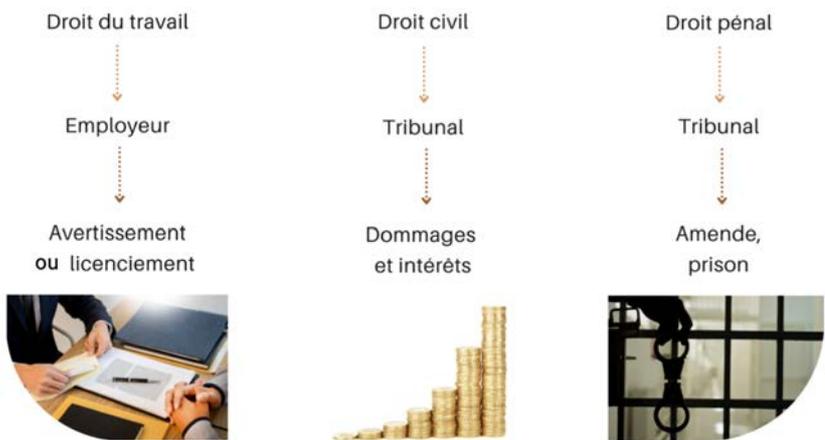
Des indemnités permanentes, des frais médicaux, des pensions, etc. doivent être payés. Ce à quoi on ne pense généralement pas, c'est que l'entreprise les paie sous forme de cotisations de sécurité sociale.

Un soutien important est demandé à la victime.

### Les coûts indirects

1. Temps de traitement administratif du sinistre
2. Le temps de convalescence du blessé
3. La casse éventuelle de matériel
4. Le retard de livraison, de production, de projet, etc.
5. Perte potentielle de contrats
6. Le coût éventuel de formation du remplaçant
7. L'image de marque de l'entreprise (atteinte à la réputation de l'entreprise)

En fonction de la nature de l'accident et de sa gravité, le cadre légal et les conséquences varient.



## 12. Les comportements en cas d'accident d'origine électrique

### 12.1. Comportement en cas d'accident

Sur chaque chantier figurent diverses affiches. Sur celles-ci sont indiquées les adresses et numéros de téléphone des services d'urgence, ainsi que le nom du secouriste du chantier. Lorsque l'on est témoin d'un accident électrique, il faut en premier lieu avertir le secouriste du chantier.



S'il s'agit d'une électrocution, il ne faut surtout pas toucher la victime, mais couper tout de suite le courant électrique !

Attention : il ne faut pas bouger la victime, ni lui donner à boire.

**Si l'on n'est pas formé ou qualifié, ne pas pratiquer les gestes de premier secours.**

Si on est formé aux premiers secours alors on peut commencer immédiatement le bouche-à-bouche et le massage cardiaque en attendant les secours.



En cas d'accident d'origine électrique, il y a 3 étapes clés :

1 - PROTÉGER : En premier, il faut protéger toute personne se trouvant sur le lieu de l'accident, et veiller à couper le courant.

2 - ALERTER : Ensuite, il faut appeler les secours, donner son nom et son numéro de téléphone et ne jamais raccrocher le premier.

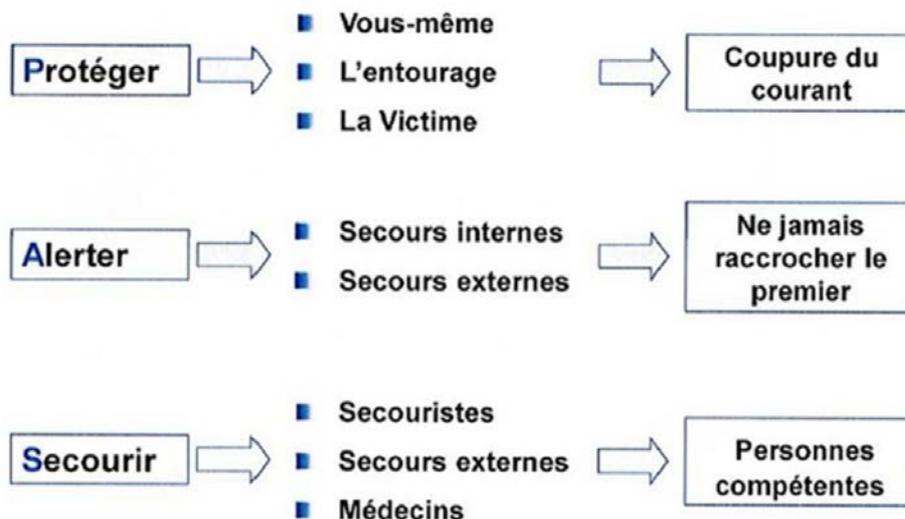
3 - SECOURIR : Et enfin, il faut attendre que les personnes compétentes viennent sur les lieux secourir la ou les victimes.

## 12.2. En cas d'accident à basse tension

Quelles sont les mesures à prendre en cas d'accident à basse tension ?

- Assurer sa propre sécurité
- Couper la source de courant
- Débrancher la prise
- Eloigner le conducteur électrique avec un objet non conducteur (manche à balai, etc.)
- Parler à la victime, contrôler l'état de conscience, la respiration, le cas échéant contrôler le pouls
- Alerter les services de secours en composant le 112, numéro d'urgence européen
- Se tenir prêt à des mesures de réanimation
- Réanimer en cas de perte de connaissance et d'arrêt respiratoire (respiration non normale)
- Mettre un DAE (défibrillateur) en état de marche.

- En cas de perte de connaissance, mettre en position latérale de sécurité
- Repos physique si la personne est consciente
- Soigner les brûlures
- Maintenir la chaleur
- Surveillance et soins continus jusqu'à la prise en charge par les services de secours



Les installations électriques peuvent s'avérer dangereuses, même si elles respectent les règles de sécurité de l'époque de leur commercialisation. En effet, elles vieillissent du fait de leur utilisation et de l'usure naturelle des matériaux.

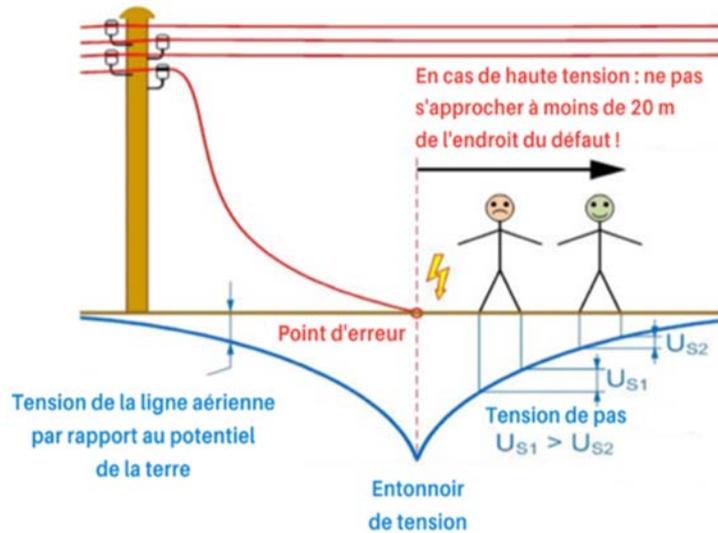
Par ailleurs, les appareils électroménagers se sont multipliés et les puissances consommées ont augmenté. Les installations anciennes ne permettent plus d'alimenter correctement ces appareils. Le nombre de prises de courant est souvent insuffisant et l'utilisation de multiprises et de rallonges peut provoquer une dégradation et des faux contacts dans la prise.

Voici plusieurs exemples d'installations qui, si elles présentent un défaut, peuvent causer un incendie : des dispositifs de protection insuffisants, une isolation insuffisante ou dégradée, des connexions défectueuses, un appareil surchargé, un appareil ou une armoire électrique mal ventilée, une décharge électrostatique ou encore touché la foudre.

### En cas d'accident à haute tension

Attention :

1. Le circuit électrique ne peut être débloqué que par un spécialiste (opérateur de réseau) ;
2. L'extraction ne peut se faire que sur un sol isolant et sec, et avec un outil de récupération approprié (des gants isolants, des chaussures en caoutchouc ou des vêtements ne suffisent en aucun cas) ;
3. Dégager le lieu de l'accident, 10 à 20 m à l'air libre à cause des entonnoirs de tension. Risque d'arc électrique avec des câbles posés au sol (1 cm / 1000 V) ;
4. Déclarer l'accident à l'ESTI ;
5. Ne rien changer ;
6. Prendre des photos et des notes.



### Définition

La tension de pas est la tension entre les pieds d'une personne se tenant debout près d'un point d'injection du courant à la terre. Elle est égale à la différence de tension, donnée par la courbe de distribution de tension, entre deux points situés à différentes distances du point d'injection.

Il faut mettre hors tension avant de toucher à la victime ou au conducteur. Cette manœuvre ne peut être assurée que par une personne qualifiée connaissant l'installation. L'isolement du sauveteur ne suffit pas.

Tirer la victime hors de la zone de danger avec du matériel isolant (une perche de sauvetage, par exemple).

Éviter de s'approcher du conducteur sous tension.

Se déplacer en faisant des sauts successifs ou des petits pas (tension de pas).

Afin de bien connaître les gestes qui peuvent sauver la vie, il est fortement conseillé de recevoir régulièrement une formation de secouriste.

Dès que l'accidenté a été soustrait au contact qui a causé l'accident, il faut regarder s'il respire ; dans la négative, et sans perdre une seconde, commencer la réanimation, de préférence par une méthode orale, par insufflation bouche-à-bouche ou bouche-à-nez. Toute autre méthode de réanimation, en particulier le massage cardiaque externe, complément indispensable si la circulation est arrêtée, devra être pratiquée si le sauveteur est formé et entraîné. Cette réanimation devra être poursuivie jusqu'à l'arrivée de secours spécialisés.

On l'a dit plus haut, la haute tension provoque des brûlures graves, externes et internes. Dans tous les cas, il faut :

1. ne pas perdre de vue l'accidenté ;
2. le faire allonger ;
3. protéger les brûlures ;
4. éviter le refroidissement ;
5. appeler le 112.

## 12.3. Comportement en cas d'incendie

Les 3 causes les plus fréquentes d'incendies sont : l'usure, la non-conformité ou encore une mauvaise utilisation de l'installation.

Une installation électrique peut provoquer un incendie pour plusieurs raisons :

- défaillance de mise à la terre ;
- mauvaise isolation des fils électriques ;
- cordons d'alimentation coincés, écrasés ou cachés sous un tapis ;
- rallonges et multiprises trop nombreuses et surchargées ;
- manque de maintenance ou de contrôles réguliers.

### Incendie sur les installations électriques

Pour qu'il y ait un feu, il faut réunir 3 éléments :

- **un combustible**, c'est-à-dire une matière susceptible de brûler, comme du bois, de l'essence ou de l'huile ;
- **un comburant**, c'est l'oxygène, qui en se combinant avec le combustible, va permettre la combustion ;
- **une énergie d'activation**, qui va permettre le démarrage de la réaction chimique, par exemple de la chaleur ou une flamme.



Pour éteindre un feu, il existe plusieurs principes d'extinction :

- Il faut d'abord **supprimer le combustible**, en fermant le robinet de gaz par exemple.
- Ensuite, il faut **agir sur l'énergie d'activation**, par refroidissement grâce à la projection d'eau.
- Pour **agir sur le comburant**, il faut l'étouffer, avec du sable ou un tissu.
- Et enfin il faut **séparer le combustible et le comburant** par une barrière étanche, par exemple de la poudre ou de la mousse.

Agent Extincteur	Classes de feu (UNE EN 23.010)				
	A	B	C	D	F
Pulvérisation d'eau	Idéal	Recommandable	NON	NON	NON
Jets d'eau	Très Recommandable	NON	NON	NON	NON
Poudre ABC (conventionnelle)	Très Recommandable	Idéal	Très Recommandable	NON	NON
Poudre ABC (polyvalente)	Très Recommandable	Très Recommandable	Très Recommandable	NON	NON
Poudre pour métaux	NON	NON	NON	Idéal	NON
Mousse physique	Très Recommandable	Très Recommandable	NON	NON	NON
Anhydride carbonique	Recommandable	Recommandable	NON	NON	NON
Hydrocarbures halogénés	Recommandable	Très Recommandable	NON	NON	NON
Acétate de Potassium	NON	NON	NON	NON	Idéal

Pour un incendie sur une installation électrique, il faut utiliser un extincteur CO<sub>2</sub>. Le dioxyde de carbone contenu dans ce type d'extincteur est sous forme comprimée liquéfiée et gazeuse. Il va agir par étouffement sur les feux de classe B : les feux de liquides. Le CO<sub>2</sub> sort de l'extincteur à une température de -78°C à l'état de neige carbonique et provoque une baisse importante de la température. Le CO<sub>2</sub> a la particularité de passer directement de l'état gazeux à l'état solide lorsqu'il est soumis à une forte élévation de température, c'est ce qui explique sa transformation en neige carbonique. Celle-ci se vaporise au contact des produits en feu en formant une couverture de gaz qui refroidit et étouffe les flammes.

Voici un résumé des différents types d'extincteur et leurs différentes utilités :

### **Eau + additif**



- Efficace contre feux de classes B (non recommandé pour les feux électriques).
- Crée une pellicule étanche isolant de l'air.
- Agit par refroidissement.

### **Mousse**



- Efficace contre feux de classe B, et dans une moindre mesure A.
- Isole de l'air.
- Agit par refroidissement.
- Éteint entièrement les flammes sans risque de redémarrage.

### **Poudre**



- Extincteur le plus rapide pour éteindre les feux.
- Très efficace pour les feux de gaz de grande ampleur (classes ABC).
- et les feux électriques avec tension inférieure à 1 000V.
- Seul extincteur utilisable par températures négatives.

### **Gaz**



- Ne laisse aucun résidu et ne cause aucun dégât.
- Pratique pour les feux de classe B, en milieu électrique, électronique (informatique, etc.) et en cuisine.
- Refroidit les équipements en surchauffe.

## 13. Le contrôle et entretien des installations

### 13.1. La démarche

1. Contrôle et mise en service
2. Contrôle visuel
3. Essais de fonctionnement
4. Continuité des conducteurs de protection et des liaisons équipotentielles principales et supplémentaires
5. État de l'isolation de l'installation électrique
6. Vérification des conditions de protection par coupure automatique de l'alimentation
7. Résistance des sols et des murs
8. Protection par TBTS ou TBTP ou par séparation des circuits électriques
9. Vérification du fonctionnement

Pour les spécifications concernant la période d'essai et l'inspection des installations et équipements électriques fixes, l'entrepreneur peut se référer au tableau 14.6.4 travaux sur et à proximité d'installations et matériel électrique de l'AAA.

Installations / matériel électriques d'exploitation	Périodicité	Nature du contrôle	Responsable du contrôle
Installations et matériels électriques fixes	4 ans	Etat réglementaire	Personne qualifiée
Installations et matériels électriques fixes dans des ateliers, locaux et installations particulières	1an	Etat réglementaire	Personne qualifiée
Mesures de protection avec disjoncteurs à courant de défaut dans des installations non stationnaires	1 mois	Efficacité	Personnel qualifiée ou personne avertie en utilisant des appareils de mesure et de contrôle appropriés
Disjoncteur de protection contre le défaut le courant différentiel, déclencheur par tension de défaut dans - Installations stationnaires - Installations non stationnaires	6 mois <u>journellement</u>	Contrôle du fonctionnement correct en actionnant le dispositif de contrôle	Utilisateur

Tableau : Périodicité des contrôles de matériel électrique mobiles

Installations / matériel électrique	Périodicité Valeur indicative et Valeur maximale	Nature du contrôle	Responsable du contrôle
Matériel électrique mobile  Câbles prolongateurs et de raccordement d'appareils munis de connecteurs  Câbles de raccordement avec fiches  Câbles mobiles à fiches et prises fixes	Valeur <u>indicative</u> : 6 mois <u>Chantier</u> : 3 mois Lorsque le taux de défauts <2%  Valeurs maximales : <u>sur</u> chantiers dans des ateliers de fabrication et autres ateliers ou dans des conditions similaires: 1 an Dans des bureaux ou dans des conditions similaire deux ans	Etat réglementaire	Personne qualifié En cas d'utilisation d'appareils de mesure et de contrôle appropriés <u>également</u> une personne avertie

## 14. Les fonctions de l'appareillage électrique

### 14.1. L'interrupteur de sécurité



L'interrupteur de sécurité a un rôle de séparation. Il permet d'effectuer la coupure forcée de l'alimentation électrique en cas de risque ou d'intervention. La séparation assure la mise hors tension de tout ou d'une seule partie d'une installation.

### 14.2. Le contacteur ou relais de puissance



IL a un rôle de commande. Il peut établir ou interrompre l'énergie, mais également la moduler (variateur de lumière ou de vitesse).

### 14.3. La connexion bus barre



La connexion bus barre permet de raccorder et de distribuer le courant.

## 14.4. Le disjoncteur



Le disjoncteur permet de protéger du court-circuit et des surcharges.

## 14.5. Le sectionneur



Le sectionneur permet d'isoler le circuit du reste de l'installation, afin de garantir la sécurité des personnes qui interviennent sur ce circuit. Un sectionneur n'est pas capable d'interrompre un courant car il n'y a pas de pouvoir de coupure.

**Il est interdit d'ouvrir un sectionneur en charge**, c'est-à-dire quand les pôles sont traversés par un courant.

Ceci peut être réalisé par un relais de puissance, un contacteur, un sectionneur porte-fusibles, un interrupteur de sécurité ou encore une fiche 380.

## 14.6. La coupure d'urgence



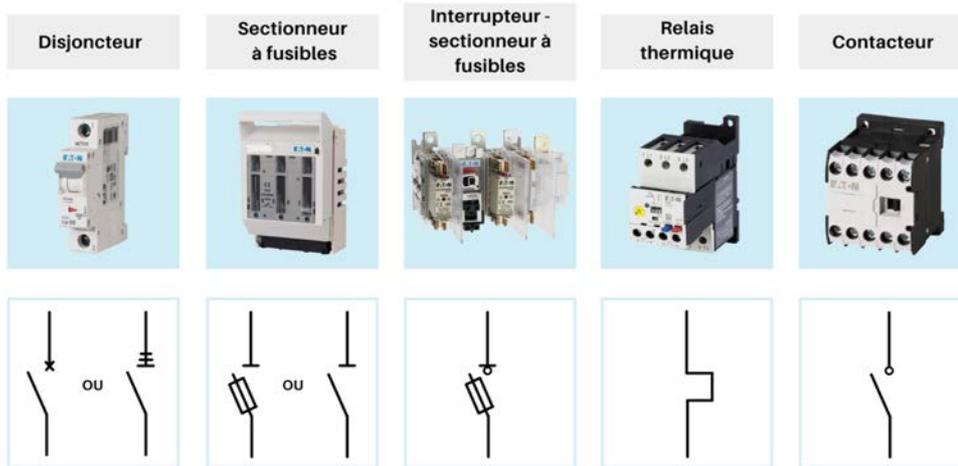
La coupure d'urgence est destinée à supprimer aussi rapidement que possible les dangers qui peuvent survenir de façon imprévue en raison du courant électrique.

La coupure implique tous les conducteurs actifs. L'action est aussi directe que possible, et en une seule manœuvre de l'organe de commande.

Enfin, la manipulation est aisée facile et rapidement accessible.

Il faut également que soit assurée la protection des biens et des personnes contre les surcharges, les courts-circuits, les défauts d'isolement et les surtensions. Celle-ci peut être réalisée par la protection thermique, la cartouche fusible, le porte-fusibles ou encore un disjoncteur différentiel.

## 14.7. Les symboles du schéma électrique



## 15. L'importance de la météo lors des travaux électriques à l'extérieur

### 15.1. La chaleur

Lorsqu'il fait chaud, l'être humain a la tendance à transpirer. La transpiration est un processus corporel tout à fait normal, qui aide à réguler sa température. Quand notre corps se réchauffe, il évacue la chaleur par la peau. La sueur, composée principalement d'eau, s'évapore et refroidit ainsi l'organisme. Plus nous avons chaud, à cause du stress, de l'exercice ou de la météo, plus nous transpirons et nous avons envie de nous dévêtir.

Ce qui est normal peut cependant s'avérer dangereux car la tendance est alors de renoncer aux équipements de protection individuelle. Par conséquent, en présence de températures extérieures élevées, il faut éviter de demander à des travailleurs, équipés d'une combinaison de protection isolante, des travaux physiques pénibles.

Lors de travaux dans des tranchées à câbles, la mise en place de parasols permet une protection adéquate contre le soleil.



### 15.2. Les précipitations

Des précipitations telles que la pluie, la neige, la grêle, la bruine, la pluie fine ou encore le givre sont également à prendre en compte lors de la réalisation de travaux électriques. Suivant le niveau de tension, le type d'installation et la méthode de travail mise en œuvre, il y a lieu d'interrompre le travail si ces précipitations augmentent. Des tentes de protection ou de grands parapluies peuvent réduire les risques engendrés par les précipitations. Il est cependant essentiel que les pieds restent au sec.



### 15.3. Le brouillard

Le brouillard est un phénomène naturel, fait de vapeur d'eau qui forme un nuage juste au-dessus du sol, gênant la visibilité. Le brouillard est considéré comme épais lorsqu'il entrave la visibilité au point de compromettre la sécurité, en particulier lorsque le responsable des travaux ne parvient plus à voir nettement les travailleurs.

Il est essentiel que ceux-ci distinguent nettement les éléments sous tension sur lesquels, ou à proximité desquels, ils travaillent. Si ce n'est pas le cas, il est impératif d'interrompre le travail.



## 15.4. Les orages

Un orage est une perturbation atmosphérique d'origine convective associée à un type de nuage particulier : le cumulonimbus. Ce dernier est à forte extension verticale; il engendre des pluies fortes diluviennes, des décharges électriques de foudre accompagnées de tonnerre. Dans des cas extrêmes, l'orage peut produire des chutes de grêle, ou des vents très violents. Les orages peuvent se produire en toute saison, tant que les conditions d'instabilité et d'humidité de l'air sont présentes. Dans les latitudes moyennes, le nombre varie avec la saison. Les orages se traduisent par des éclairs et des coups de tonnerre.



Dès qu'un travailleur perçoit un éclair ou entend un coup de tonnerre, il doit interrompre immédiatement les travaux.

Cela est d'autant plus vrai si ces travaux sont exécutés sur des conducteurs nus, des câbles aériens ou sur des tableaux de distribution connectés.

## 15.5. Les vents

Le vent est défini comme un déplacement d'air horizontal de la haute vers la basse pression. Plus la haute tension est proche de la basse tension, plus le vent est fort.

Le vent peut être mesuré en m/s ou en km/h; il est variable et instable, présente plusieurs directions et peut être schématisé sur ce qu'on appelle rose des vents. Le vent est considéré comme fort lorsqu'il empêche le travailleur de manipuler ses outils et appareils avec suffisamment de précision. Dans ce cas, il sera préférable d'interrompre les travaux.



## 16. Le responsable des travaux

### 16.1. Les tâches du responsable des travaux

#### Avant de commencer les travaux

Avant de commencer les travaux,

le responsable des travaux doit s'assurer que :

- le travail a été clairement défini
- les risques électriques ou non électriques analysés
- le personnel dispose
- du matériel de protection et de sécurité
- des compétences appropriées
- des autorisations spéciales



#### Avant le début des travaux

- Obtenir du responsable de la mise hors tension le certificat de mise hors tension
- Constater / vérifier l'absence de tension et mettre à la terre et en court-circuit
- Délimiter la zone de travail
- Informer le personnel sur la nature des travaux, sur les limites de la zone de travail et sur les précautions à prendre
- Donner les instructions pour commencer les travaux

#### Pendant les travaux

- Toujours veiller à l'application des mesures de sécurité
- Assurer la surveillance de son personnel
- Veiller à la bonne exécution des travaux
- Veiller à la bonne utilisation des équipements et du matériel de sécurité

### À la fin des travaux

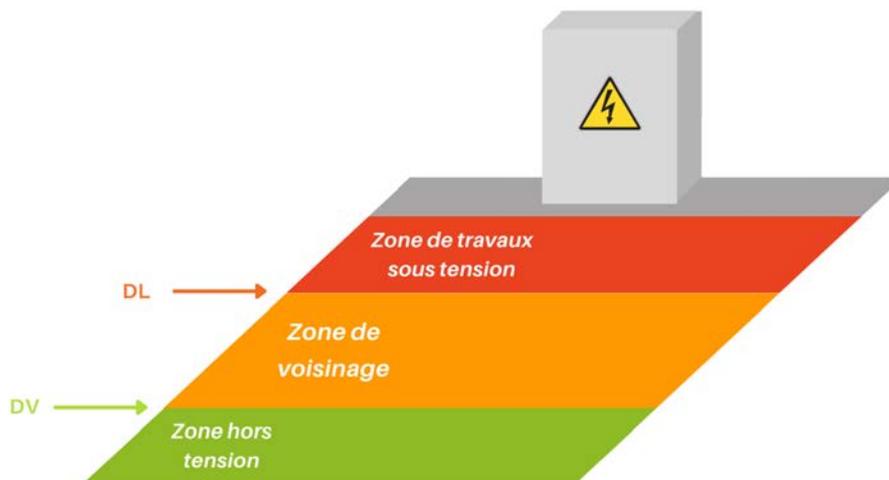
- S'assurer de la bonne exécution du travail et de l'enlèvement de tous les outils / les compter
- Rassembler le personnel pour un débriefing
- Retirer le matériel qui délimite la zone de travail
- Enlever les dispositifs de mise à la terre et de court-circuit
- Remettre le rapport de fin de travaux au responsable qui remettra l'installation en service

## 17. Les travaux au voisinage des parties actives

### 17.1. Zones de voisinage et zones sous tension

Pour les travaux électriques, on définit 3 zones par rapport aux pièces nues sous tension :

- **La zone de travaux sous tension** : la distance est si faible que l'on considère être en contact avec des sources électriques (uniquement en haute tension).
- **La zone de voisinage** : la distance est suffisante, mais une fausse manœuvre ou une erreur pourrait nous faire entrer en contact avec des sources électriques. Il est important de veiller à bien retirer les objets métalliques personnels, repérer les zones dangereuses... Porter les équipements de protection individuelle et opter pour une position stable de travail est alors indispensable.
- **La zone hors tension** : le matériel est hors de portée normale.



### 17.2. Travaux à proximité de parties actives

Par travaux à proximité de parties actives effectués par des personnes averties ou qualifiées, on entend des activités de toute nature au cours desquelles ces personnes peuvent pénétrer, avec des parties de leurs corps ou des objets, dans la zone de voisinage sans pour autant toucher les parties actives ni pénétrer dans la zone de danger.

À tout moment, il faut s'assurer que les limites de la zone de danger DL ne peuvent être atteintes. Les distances de sécurité doivent également être respectées en cas de balancement de charges, de moyens de levage, moyens de suspension de charges ou en cas de phénomène d'oscillation des câbles conducteurs.

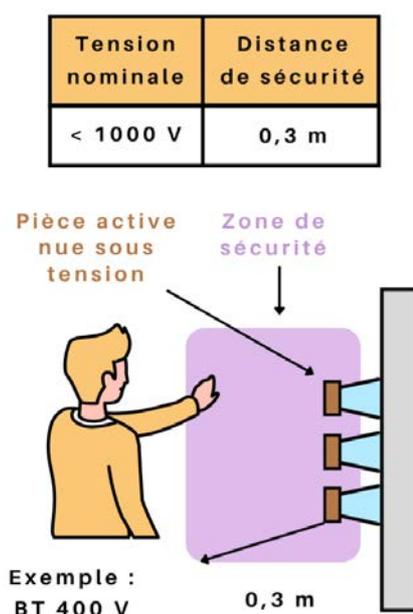
L'employeur (ou la firme utilisatrice) est responsable du contrôle et du respect des distances de sécurité.

En fonction des travaux à effectuer, il y a lieu de se référer aux normes en vigueur, qui peuvent mentionner des distances de sécurité plus élevées. La limite de la zone de danger correspond à la distance minimale dans l'air. Le fait d'atteindre la limite extérieure de la zone de danger équivaut à toucher la partie active.

Tension nominale efficace (kV)	Distance limite Zone sous tension DL (mm)	Distance limite Zone de voisinage DV (mm)
≤ 1	Pas de contact	300
3	60	1120
6	90	1120
10	120	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
36	380	1380
45	480	1480
60	630	1630
70	750	1750
110	1000	2000
132	1100	3000
150	1200	3000
220	1600	3000
275	1900	4000
380	2500	4000
480	3200	6100
700	5300	8400

Dans ce type de situation, les personnes averties ou qualifiées peuvent pénétrer, avec des parties de leur corps ou des objets, dans la zone de voisinage sans pour autant toucher les parties actives ni pénétrer dans la zone de danger.

Les EPI sont obligatoires.



Pour les travaux non électriques, effectués par des personnes ordinaires au voisinage de parties actives dans des locaux ou zones réservés aux personnes averties ou qualifiées, la distance de sécurité de 1 mètre pour la basse tension doit être respectée.

La distance de sécurité peut être réduite, pour des travaux non électriques, à 0,5 mètre à condition que les personnes ordinaires se trouvent à tout moment sous la supervision continue d'une personne avertie ou qualifiée.

Le responsable de la supervision ne peut effectuer en même temps d'autres travaux susceptibles d'entraver la supervision.

Tension nominale	Distance de sécurité
< 1000 V	0,5 m

## 18. La consignation et les travaux électriques

La consignation correspond à une suite d'étapes permettant d'assurer la protection des personnes contre un éventuel retour ou réenclenchement de tension.

Avant de commencer une consignation, il y a plusieurs étapes à effectuer :

- Préparer le travail en amont
- Analyser les risques électriques mais aussi les autres risques comme l'environnement ou la hauteur
- Disposer du matériel de protection et de manœuvre, comme les EPI et EPC
- Vérifier le bon état du matériel de sécurité et de manœuvre
- Consulter la météo.

Avant toute opération à effectuer sur une installation consignée, il faut vérifier l'absence de tension.

### 18.1. La mise en place d'une consignation

Pour mettre en place une consignation, il faut :

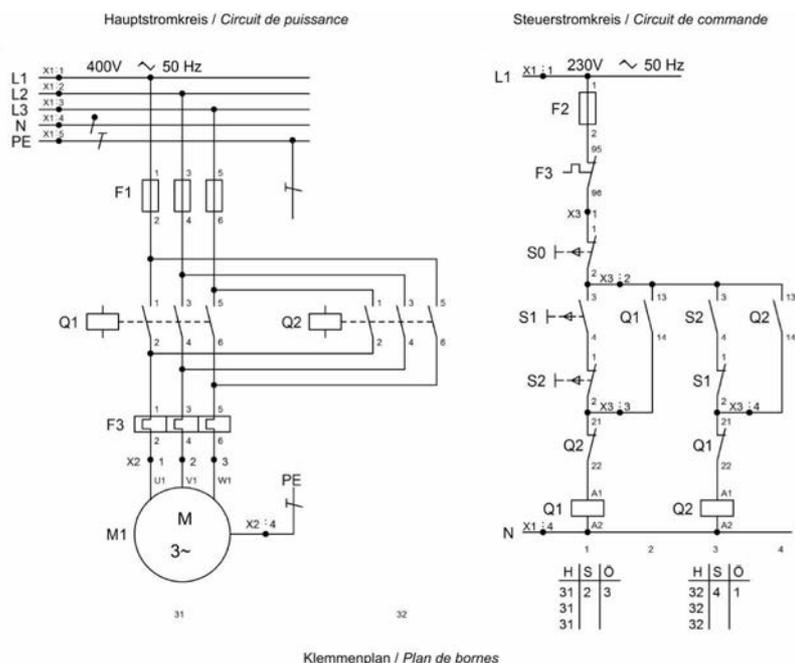
1. Couper l'alimentation
2. Effectuer la condamnation, qui consiste à cadenasser et étiqueter
3. vérifier l'absence de tension en suivant la méthode des 3A
4. Mettre à la terre et en court-circuit, et enfin
5. Isoler les parties actives avec la mise en place d'une nappe isolante

#### La séparation

Elle consiste à couper l'alimentation afin de travailler sans danger d'électrocution.

Cette étape permet d'isoler la surface de travail de toute source de tension. Cette séparation peut être effectuée grâce à divers appareils prévus à cet effet, comme un sectionneur, un disjoncteur ou un appareil débrochable, mais aussi par enlèvement de fusibles, de ponts, ou encore par retrait de fiche de prise de courant.

## Attention, il faut impérativement utiliser les EPI !

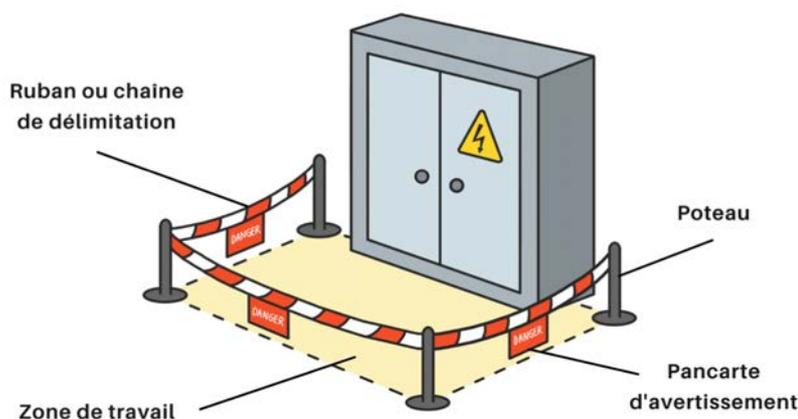


Il est important de consulter le schéma électrique de l'appareil sur lequel on intervient : celui-ci, qui présente un circuit à inversion indirecte du sens de rotation d'un moteur, permet de voir où couper l'alimentation. Les équipements doivent être repérés sur des plans et sur le site afin d'éviter les confusions.

### La condamnation

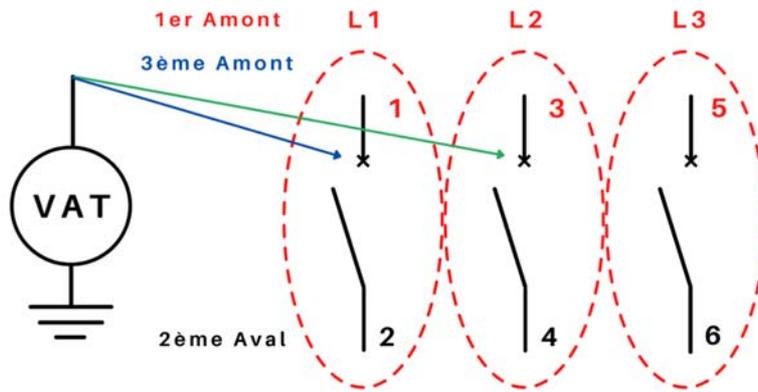
La condamnation, permet de verrouiller le séparateur afin d'empêcher la remise sous tension.

Pour cela, on vient baliser la zone d'intervention à l'aide de chaînes et de poteaux, on immobilise les appareils cités dans l'étape précédente à l'aide d'un cadenas, et on installe un support de signalisation qui est un élément obligatoire.



### La vérification d'absence de tension

Aussi appelée VAT, cette opération sera réalisée à l'aide d'un appareil dédié et normé. Cette opération permet, juste avant d'intervenir sur un ouvrage, de contrôler l'absence d'énergie résiduelle et d'éviter un court-circuit lors de la mise à la terre.



On peut effectuer les mesures selon la méthode des 3A : d'abord en amont, puis en aval, et de nouveau en amont du sectionneur.

L'électricien doit venir vérifier la tension entre chaque phase. S'il constate qu'il y a bien une absence de tension, il peut alors travailler sans danger.

### La mise à la terre et en court-circuit

Le but de cette opération est d'évacuer les potentielles tensions résiduelles, afin d'éviter une éventuelle réalimentation de l'installation.

Voici à quoi ressemble l'équipement dédié à cette étape. Pour installer l'étoile de mise à la terre, tu dois commencer par poser le contact de terre, et ensuite poser les contacts de circuits actifs.



Une mise à la terre n'est pas forcément nécessaire, mais en basse tension elle est à effectuer en cas de présence de batteries de condensateurs, d'un risque de tension induite, de câbles de grande longueur ou de générateur comme un onduleur ou un groupe électrogène.

### L'isolation des parties actives

Pour les tensions nominales jusqu'à 1 kV, les parties actives sont isolées par un recouvrement afin d'assurer au moins une protection partielle contre le contact.

Pour les tensions nominales supérieures à 1 kV, les parties actives sont recouvertes ou délimitées par des écrans. Il faut veiller à ce que les salariés ne puissent pas entrer en contact avec des parties actives.

Avant de remettre en service l'installation, c'est-à-dire la remise sous tension, il est important d'analyser les risques de court-circuit ou encore de casse mécanique.

## 18.2. La déconsignation



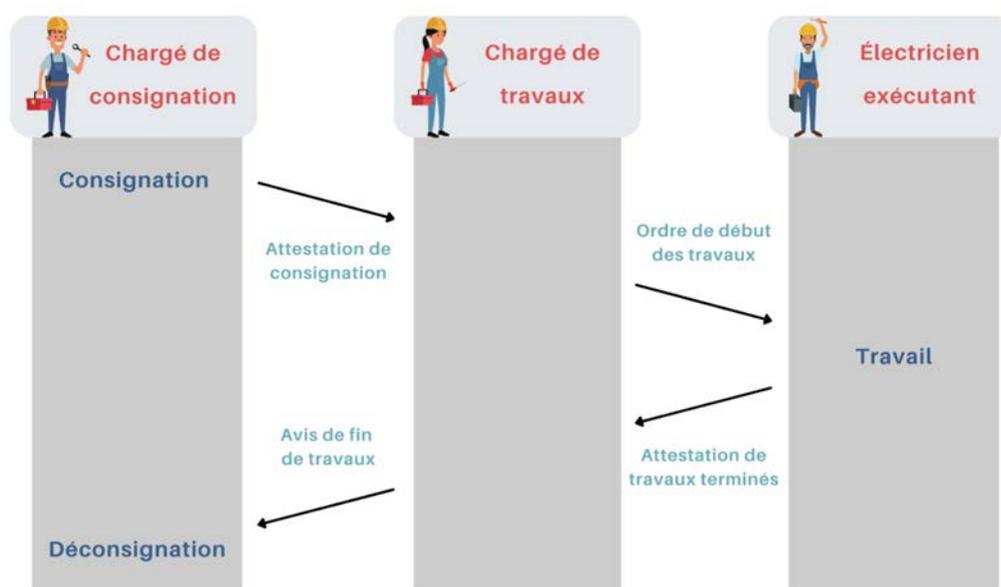
La déconsignation consiste à remettre en service l'installation.

En fin d'intervention, chaque dispositif doit être enlevé par l'intervenant qui l'a placé.

Il faut :

- retirer les éventuelles protections, balisages ou autre élément
- déposer les mises en court-circuit puis les mises à la terre
- ouvrir les sectionneurs ou interrupteurs de mise à la terre et en court-circuit
- retirer la condamnation de l'organe de séparation
- mettre en position de marche l'organe de séparation.

Ensuite, on peut prévenir toutes les personnes concernées après la remise en route.



## 19. L'intervention et le dépannage

### 19.1. Analyse des risques avant une intervention

Avant d'effectuer ou de faire effectuer une intervention sur des équipements de travail, l'employeur doit s'assurer que :

- les modes opératoires à mettre en œuvre sont définis, que les risques ont été analysés,
- les mesures appropriées pour éliminer ces risques ont été prises,
- le personnel chargé de cette intervention possède les aptitudes et compétences requises, ce personnel dispose des documents et moyens nécessaires au bon déroulement de l'intervention,
- et qu'il l'utilise de façon conforme aux préconisations des fournisseurs et de l'entreprise.



## 19.2. Réalisation d'une intervention

Un dépannage s'effectue en 3 étapes :

1. Recherche et localisation des défauts,
2. Élimination du ou des défauts,
3. Réglage et vérification du fonctionnement.

Il y a plusieurs dispositions concernant le personnel lors des interventions de dépannage. Il doit connaître le fonctionnement de l'équipement, disposer d'appareils de mesure et d'outils appropriés et assurer sa sécurité et celle des tiers, en délimitant la zone de travail, en faisant attention à ne pas porter d'objets métalliques, et plus encore.

Pour ce qui est de l'étape 2 - l'élimination du ou des défauts - il faut appliquer la procédure de consignation, et analyser les risques résiduels.

Pour la dernière étape - le réglage et la vérification du fonctionnement - l'opération est considérée comme terminée si l'équipement fonctionne normalement avec les organes de commande habituels, les réglages normaux et les dispositifs de protection mécaniques et de verrouillages opérationnels.

À l'issue de l'intervention, on informe et remet à disposition l'équipement à l'exploitant. On peut également effectuer un dépannage définitif **ou provisoire. Attention : il ne faut jamais oublier la mise à jour des plans électriques !**



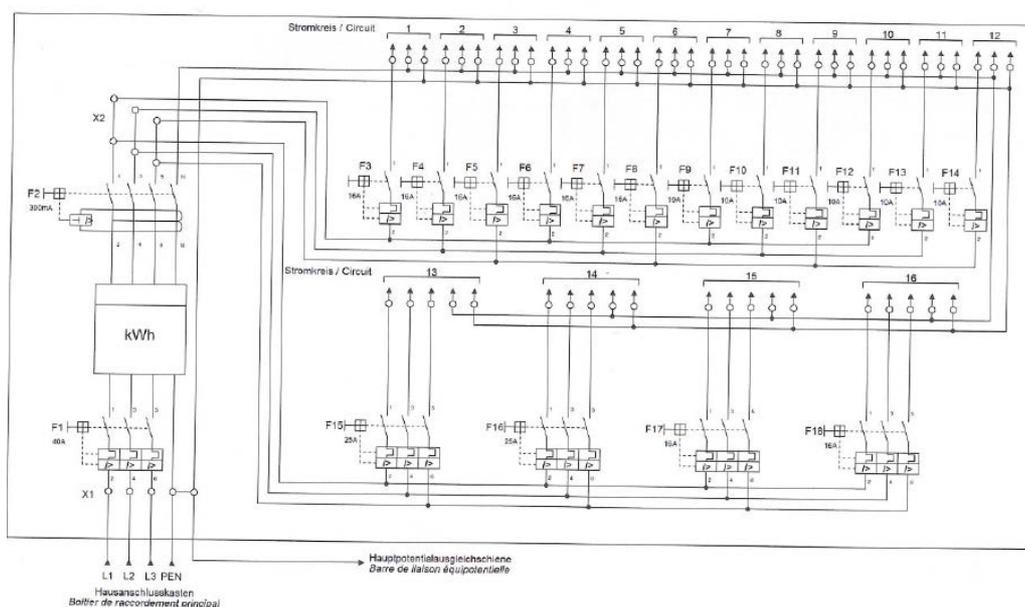
## 20. Schéma de branchement

Un schéma de circuit est une représentation graphique d'un circuit électrique utilisé en électrotechnique et en technique d'installation électrique. Généralement on le retrouve au niveau de modules individuels ou d'éléments tels que des interrupteurs, fusibles, contacteurs, moteurs électriques ou lampes à incandescence. Il ne tient pas compte de la forme et de la disposition réelles des composants, mais est une représentation abstraite des fonctions électriques et des cours actuels.

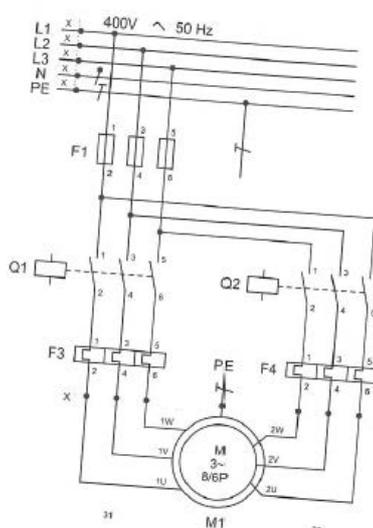
Un schéma de câblage est généralement compris comme un document adressé au client, à une autorité d'homologation, au constructeur ou à l'électricien d'entretien. Les symboles utilisés chevauchent en partie les schémas de circuit utilisés dans l'électronique.

### 20.1. Quelques exemples

#### Tableau de comptage

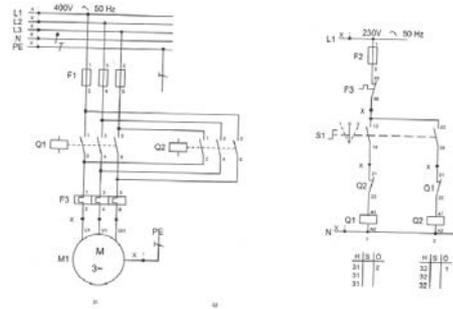


#### Couplage de pôles

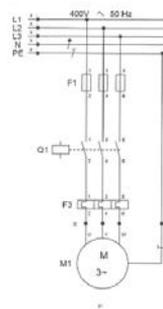




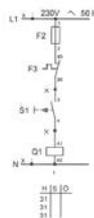
### Circuit inverseur sens de rotation



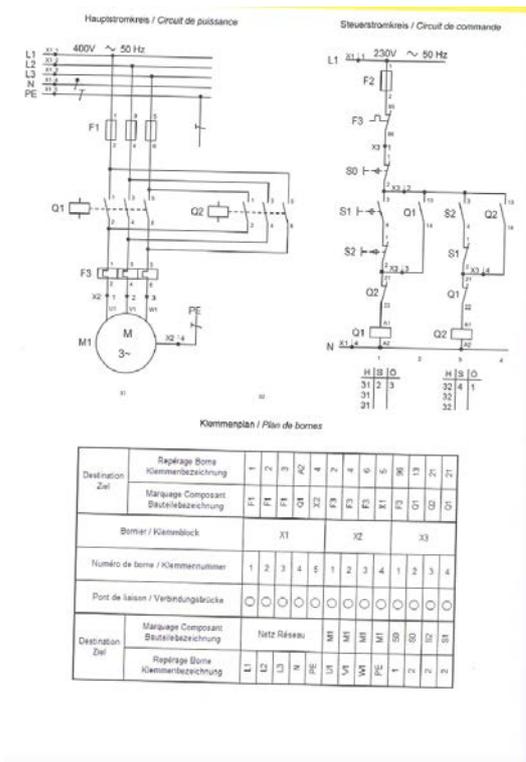
### Commande d'un moteur



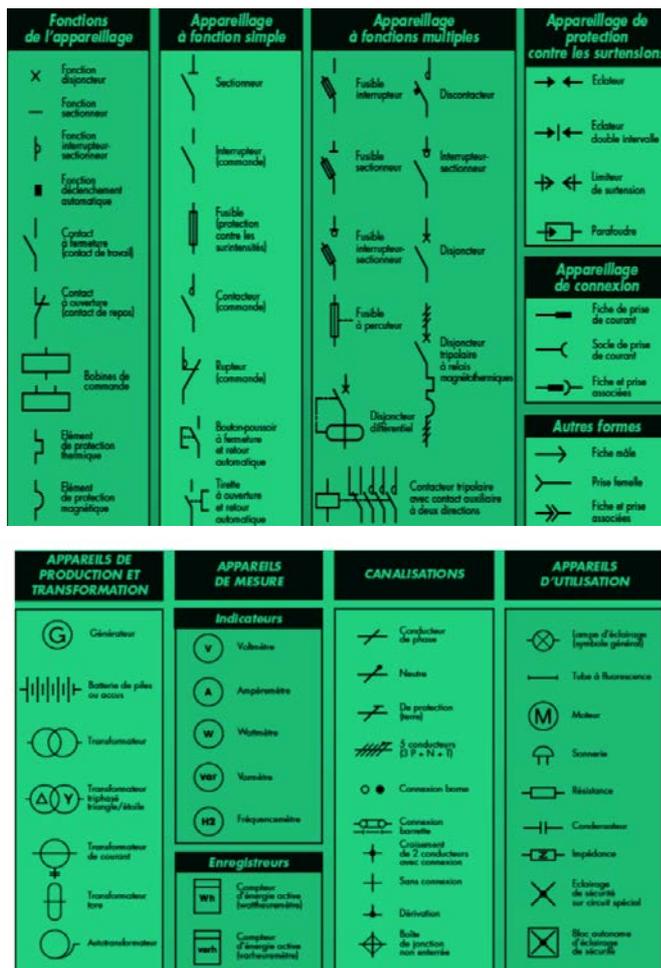
Tippbetrieb / Commande par impulsion



Documents circuits



Légende explicative des schémas



## 21. Le système de mise à la terre

### 21.1. Importance de la mise à la terre

Il est important de raccorder le potentiel du conducteur neutre à celui du système de mise à la terre afin d'éviter ou de limiter les surtensions.

La conception du système de mise à la terre a une influence sur l'apparition de tensions dangereuses en cas de défaut d'isolement et pendant le fonctionnement des dispositifs de protection.

Les différents dispositifs sont :

1ère lettre : Type de point étoile (mis à la terre ou isolé) ;

2ème lettre : Type de mise à la terre.

TT-System	Terre - Terre
TN-System (TNC-TNS)	Terre - Neutre
IT-System	Isolation - Terre

### 21.2. Schémas de raccordement à la terre

Le schéma TNS peut suivre un schéma TNC, mais jamais l'inverse !

Dans un système TN-C (Terre Neutre Combiné), on utilise un conducteur PEN qui est à la fois un conducteur de protection (PE) et un conducteur neutre (N).

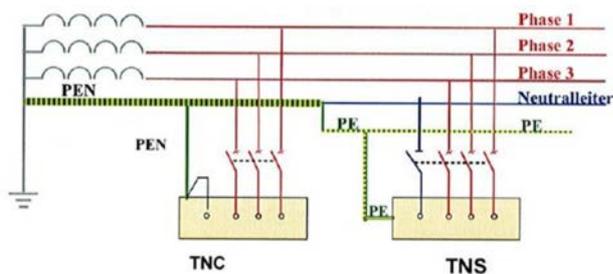
Si un conducteur PEN est interrompu dans une installation, les boîtiers conducteurs des appareils raccordés avant le point d'interruption - en raison de la connexion entre le conducteur extérieur et le conducteur PEN de l'appareil - sont alimentés avec la pleine tension du conducteur extérieur à la terre, c.-à-d. normalement 230 V. Un système TN-C dans les foyers, comme c'était souvent le cas il y a des décennies, représente donc une source potentielle de danger considérable.

Même en fonctionnement normal, une certaine tension est appliquée aux boîtiers contre la terre qui, selon la loi d'Ohm, est causée par la résistance du conducteur PEN et le courant qui le traverse. Dans les installations multiphasées, des charges inégales sur les conducteurs extérieurs provoquent également des décalages de zéro et dans les cas défavorables, la quasi-totalité de la tension entre les conducteurs extérieurs (jusqu'à 400 V) peut être appliquée à l'appareil, ce qui entraîne dans la plupart des cas la destruction électrique des appareils concernés.

Dans un système TN-S (Terre Neutre Séparé), des conducteurs neutres et des conducteurs de protection séparés sont acheminés du transformateur aux consommables.

Un système TN-S est plus sûr qu'un système TN-C ou TN-C-S. Les problèmes qui peuvent résulter d'une interruption du conducteur PEN ne se produisent pas ici, la protection est nettement mieux garantie. Cependant, l'utilisation n'est pas très fréquente et se produit principalement dans les grandes installations commerciales qui sont généralement alimentées en moyenne tension et sont équipées de leurs propres transformateurs (ce qui correspond à un système TN-C-S).

Le passage d'un système TN-C à un système TN-S est indiqué par une ligne bleue.



## 21.3. Réseau de terre

### Mise en oeuvre d'un bon réseau de prise de terre

Qu'il s'agisse de bâtiments existants ou neufs, un réseau de prise de terre en état de fonctionnement est nécessaire pour protéger les personnes contre les hautes tensions et l'exploitation des systèmes électriques et de communications dans les bâtiments.

Un système de prise de terre constitue la base d'un bon fonctionnement pour :

- les systèmes électriques (alimentation en énergie)
- les systèmes électroniques (réseaux de données)
- la liaison équipotentielle
- le système de protection contre la foudre externe
- les parafoudres
- la comptabilité électromagnétique (CEM)
- la mise à la terre des antennes

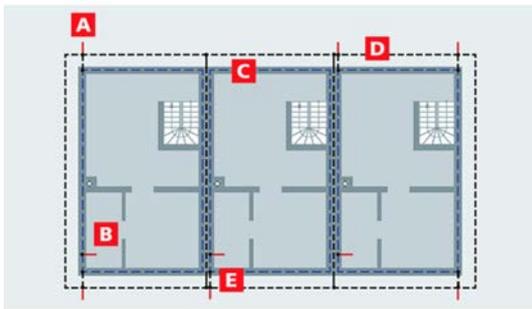
Pour les nouvelles constructions, une électrode de mise à la terre doit être enterrée dans les fondations conformément à la norme DIN 18014. Elle doit être mise en place par l'électricien et être certifiée conforme.



### Liaisons équipotentielles

La norme DIN 18014 décrit les installations de mise à la terre pour les fondations présentant une résistance accrue au contact avec la terre. Dans ce cas, une électrode de terre en anneau avec un conducteur de liaison fonctionnelle dans la fondation et les connexions correspondantes sont nécessaires (voir le planificateur de foudre page 149 et suivantes). En pratique, une électrode de terre

en anneau avec des connexions transversales autour de la maison jumelée s'est avérée être une bonne solution, car la dalle de sol est généralement coulée d'une seule pièce. L'électrode de terre en anneau doit être connectée à la liaison équipotentielle fonctionnelle au niveau des intersections.



A- Connexion à la protection extérieure contre la foudre

B - Raccordement à la BPT

C - Liaison équipotentielle fonctionnelle

D - Électrode de terre en anneau

E - Connexion de l'électrode de terre en anneau avec la liaison

equipotentielle fonctionnelle

### A quoi servent les liaisons équipotentielles?

Le but des liaisons est de protéger les personnes contre l'électrocution.

Pour prévenir le risque d'électrocution, il ne suffit pas d'effectuer une mise à la terre, de prévoir des interrupteurs différentiels ou d'installer un conducteur de protection. Il se peut, par exemple, qu'un tuyau d'une installation de chauffage entre quelque part en contact (direct ou indirect) avec un conducteur électrique, ce qui peut faire apparaître une tension dangereuse entre la tuyauterie et les radiateurs. Grâce aux liaisons équipotentielles, le courant de fuite d'un radiateur ne passera pas dans le corps de celui qui le touche, mais prendra la direction de la terre.

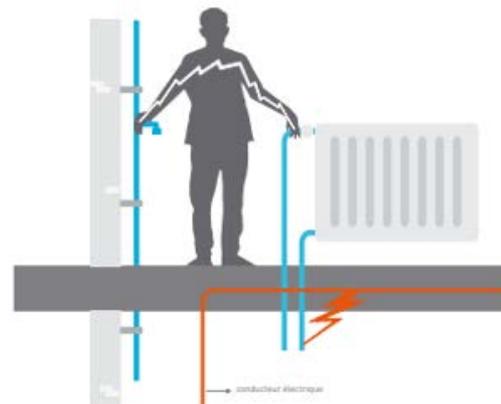
### Liaison équipotentielle principale

Les liaisons équipotentielles principales partent de la borne principale de terre.

Même avec une bonne mise à la terre, il existe toujours un risque de voir apparaître une tension sur les éléments conducteurs qui ne font pas partie de l'installation électrique.

Voilà pourquoi les éléments suivants doivent être raccordés à la terre:

- les conduites principales de gaz et d'eau.
- les conduites principales du chauffage central.
- les parties métalliques accessibles du bâtiment



## Les liaisons équipotentielle principales partent de la bare principale de terre

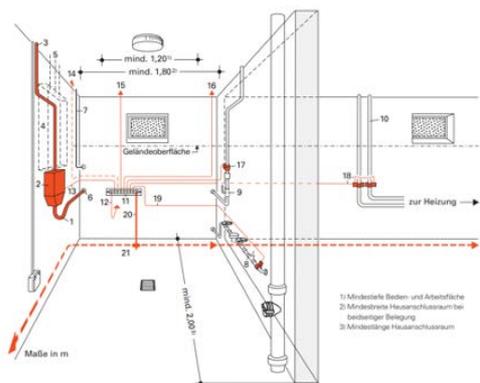


Bild 2: Beispiel für einen Hausanschlussraum mit Schutzpotentialausgleich und Haupterdungschiene

- 1 Alimentation principale réseau
- 2 Coffret de raccordement CREOS
- 3-6 Distribution interne avec comptage
- 7 Câble télécom
- 11 Barre équipotentielle
- 12 Connexion de l'électrode de terre en anneau avec la liaison équipotentielle fonctionnelle
- 20 Raccordement à la BPT
- 21 Liaison équipotentielle fonctionnelle

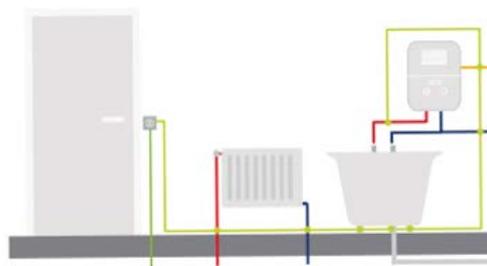
## Section du conducteur de protection

Le conducteur de protection doit être distribué dans l'ensemble de l'installation et aboutir à tous les appareils d'utilisation tels que prises, luminaires, appareils à poste fixe et autres, à l'exception des appareils électriques à très basse tension de sécurité (TBTS).

Conducteur (jaune/vert)	Section min.
Conducteur de terre	16 mm <sup>2</sup>
Conducteur principal de protection	6 mm <sup>2</sup>
Liaisons équipotentielles principales	6 mm <sup>2</sup>
Liaisons équipotentielles supplémentaires	4 mm <sup>2</sup>
Conducteur de protection prises	2.5 mm <sup>2</sup>
Conducteur de protection éclairage	1.5 mm <sup>2</sup>

## Liaisons équipotentielles supplémentaires

Tous les éléments conducteurs étrangers (baignoire, tube de douche...) et les masses du matériel électrique à basse tension et très basse tension doivent être reliés localement aux conducteurs de protection des circuits aboutissant dans la salle d'eau.

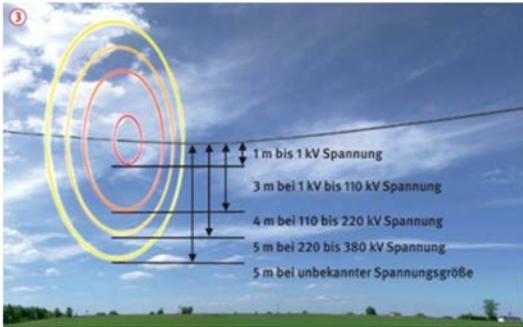


## Chauffage du sol

Les résistances électriques doivent être recouvertes d'un grillage métallique relié à la liaison équipotentielle supplémentaire.

## 22. Le travail à proximité des parties actives

### 22.1. Distance de sécurité par rapport aux lignes aériennes sous tension



Distance de sécurité des conducteurs aériens sous tension :

- 1 m jusqu'à 1 000 V
- 3 m de 1 000 à 110 000 V
- 4 m de 110 000 à 220 000 V
- 5 m de 220 000 à 380 000 V
- 5 m pour une tension inconnue

Lors du dimensionnement de la distance de sécurité, il faut tenir compte de l'oscillation des câbles sous l'influence du vent.

Leur état hors tension doit être établi et assuré pendant toute la durée des travaux. Ou bien, les parties sous tension doivent être protégées par un revêtement ou des barrières.

## 23. Les dommages sur la Haute Tension

Alors que les conducteurs électriques sont « nus » en aérien, ils ont besoin d'un isolant spécifique en souterrain dont l'épaisseur augmente avec la tension. Les lignes aériennes sont constituées de conducteurs nus en alliage d'aluminium, qui est moins bon conducteur que le cuivre de l'électricité mais qui présente l'avantage d'avoir une masse bien plus faible (contraintes mécaniques).

Les câbles à isolants synthétiques constituent la technologie la plus couramment utilisée aujourd'hui. La variation de leur composition (plomb, aluminium, cuivre) conditionne leur poids et leur capacité à supporter des intensités plus ou moins élevées.

Les réseaux souterrains sont limités à des tensions de 225 000 Volts au plus, car en 400 000 volts, la technique souterraine est difficile à mettre en œuvre (emprise au sol, refroidissement du câble). Les réseaux souterrains sont mal adaptés aux contraintes d'exploitation du réseau interconnecté.



### 23.1. Défauts dans les réseaux HT souterrains

Les origines les plus fréquentes des défauts sont le vieillissement, les dommages mécaniques, la surtension, les surcharges thermiques, les dommages dus à la corrosion, une pose non conforme des câbles, des défauts d'usure et des dommages dus au transport et au stockage. Les types de défaut les plus courants sont des courts-circuits, des ruptures de câbles, des défauts d'isolation et de gaine.

**Court-circuit** : Des isolations endommagées conduisent à une liaison à faible résistance de deux conducteurs ou plus à l'emplacement du défaut.

**Court-circuit à la terre** : Les pannes peuvent être dues à un court-circuit à la terre (liaison à faible résistance à la masse) d'un réseau supprimé ou exploité en étant isolé et/ou à un court-circuit d'un réseau mis à la terre.

**Rupture de câbles** : Des dommages mécaniques et des mouvements de terrain peuvent entraîner la rupture d'un ou plusieurs conducteurs.

**Défauts d'isolation** : Il arrive fréquemment que les défauts ne surviennent pas en continu, mais uniquement de temps en temps et en fonction de la charge du câble. L'une des raisons expliquant ce phénomène est le séchage de câbles isolés à l'huile en cas de faible charge. Une autre raison est la décharge partielle due au vieillissement ou à des « arborescences électriques » dans des câbles isolés par matière plastique.

**Défauts de gaine** : Les dommages de la gaine extérieure du câble ne conduisent pas toujours à des pannes directes, mais peuvent générer à long terme des défauts de câbles, notamment suite à la pénétration de l'humidité et à des dommages d'isolation.

S'ils n'affectent pas toujours le fonctionnement du câble à leur apparition, les défauts peuvent à terme provoquer une panne et engendrer une coupure de courant. Repérer les défauts sur les liaisons souterraines est donc un enjeu de taille.

La technique est basée sur la propriété qu'a un signal électrique parcourant un conducteur de créer un écho, lorsqu'il passe sur un changement d'impédance. L'appareil envoie une impulsion calibrée dans le câble. Le signal parcourt le câble et au passage d'un défaut crée un écho, qui retourne vers l'instrument.

Les lignes souterraines de forte puissance et de grande longueur sont équipées d'un dispositif spécifique de mise à la terre indispensable. Ce dispositif fait perdre en efficacité les méthodes de détection employées pour repérer les défauts : il perturbe en effet le signal qui est injecté dans la ligne pour repérer le défaut par échométrie.

Sur l'écran de l'échomètre, type oscilloscope avec en abscisse le temps (ou la distance) et en ordonnée la tension, on peut voir plusieurs changements brusques de tension : le premier correspondant à l'impulsion initiale, les autres au retour des échos. On mesure ainsi le temps mis pour faire l'aller et retour entre le point de mesure et un défaut. Ce temps multiplié par la vitesse de propagation, divisé par deux, donne la longueur de câble entre le point de mesure et le défaut.

Équipées d'un camion de recherche de défaut permettant de mettre en œuvre l'ensemble des méthodes référencées, les équipes de maintenance spécialisées câbles (EMSC) sont capables d'effectuer des recherches de défaut sur des liaisons souterraines.

Il existe des véhicules équipés de générateurs de tension continue 110 kV, de générateurs d'ondes de choc 50 kV 2 500 J, d'échomètres, de générateurs de brûlage 15 kV 25 A et de générateurs de fréquences audibles. Les générateurs d'ondes de choc appliquent une forte détonation d'amorçage sur l'emplacement du défaut grâce à une décharge capacitive.

La méthode du brûlage des câbles n'est utilisée que pour modifier les caractéristiques du défaut afin d'en diminuer la résistance par le passage d'un courant important. Les générateurs ont une puissance de sortie élevée et une résistance aux courts-circuits qui permettent, dans la majorité des cas, une conversion de défauts de câbles haute impédance et intermittents, en dérivation à basse impédance jusqu'au court-circuit.



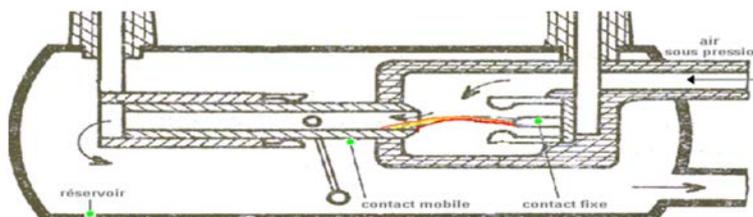
## 23.2. Comparaison ligne aérienne et câble souterrain

- Les lignes aériennes sont soumises plus fréquemment que les câbles souterrains à des interruptions de courte durée (orage, brouillard, givre, branches d'arbres, oiseaux, grues, engins de terrassement, matériels de construction de la ligne...). Les câbles souterrains nécessitent une durée de réparation plus longue que les lignes aériennes.
- Des surcharges de longue durée sont plus critiques en souterrain qu'en aérien. Le vieillissement des câbles risque d'être fortement affecté. Par contre, les surcharges de courte durée sont plus facilement supportées par les câbles.
- Les câbles souterrains ont une impédance plus faible que leur équivalent aérien, ce qui donne des courants de défaut plus élevés et une rétrogradation de la sélectivité des protections. La répartition de charge est également fortement modifiée.
- Les contraintes environnementales et de coûts, ainsi que la sécurité et la fiabilité de l'alimentation doivent être parallèlement envisagées lors d'une comparaison souterrain-aérien.
- L'impact visuel des lignes peut nécessiter un aménagement approprié.
- Champ électromagnétique : les câbles souterrains génèrent moins de champs électromagnétiques (sauf aux bornes terminales et aux endroits de la liaison dans les dispositions en nappe où il peut être jusqu'à trois fois plus élevé), pas d'effet couronne et peu d'interférences.
- Une liaison souterraine occupe moins de passage au niveau du sol.
- Le courant capacitif d'un câble souterrain haute tension est plus élevé que celui d'une ligne aérienne. De longs tronçons nécessitent l'installation de compensateurs réactifs.
- La plupart des défauts en aérien sont temporaires, tandis qu'ils sont permanents en souterrain.
- Du fait de sa section de conducteur plus importante, la liaison souterraine permet une diminution des pertes électriques d'environ un quart par rapport à l'aérien.
- Le coût de réalisation d'une ligne aérienne est largement plus faible que celui d'un réseau avec des câbles souterrains.

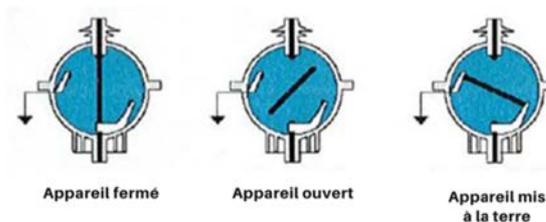
## 24. Les appareillages Haute Tension

### 24.1. Interrupteur-sectionneur à gaz SF<sub>6</sub>

La chambre de coupure remplie avec le gaz SF<sub>6</sub> (Hexafluorure de soufre) a une pression relative de 0,4 bar et contient trois contacts rotatifs. Le gaz SF<sub>6</sub> possède une résistance non conductrice 2,5 fois supérieure à la pression atmosphérique. La sécurité est assurée par un interrupteur à trois positions : fermé, ouvert, mis à la terre. Il s'agit d'un verrouillage naturel qui empêche toute fausse manœuvre.



Vue en coupe d'un interrupteur-sectionneur



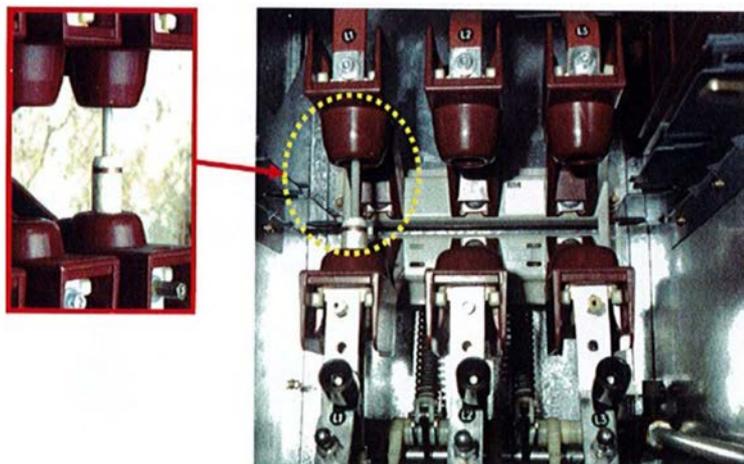
## 24.2. Fusibles

### Déclenchement d'un fusible haute tension

Le percuteur déclenche l'interrupteur fusible sur les 3 phases.

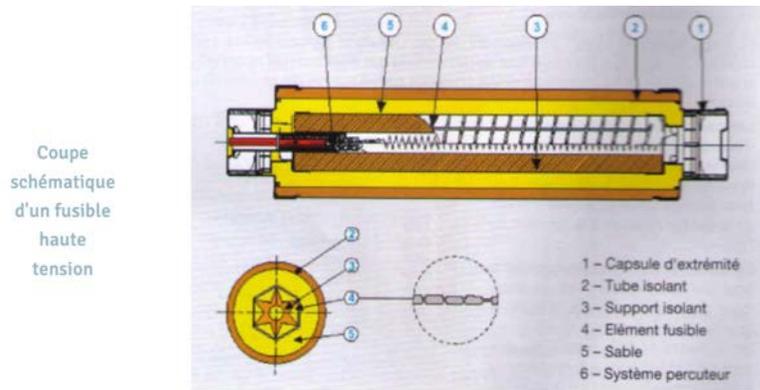


### Interrupteur haute tension avec un pôle bloqué



### Remplacement des fusibles haute tension

En cas de défaut en-dessous de l'interrupteur, on constate souvent que 1 ou 2 fusibles ont fondu ; le 3e semble apparemment intact. Il est cependant possible que seules certaines bandes de fusibles aient fondu (la partie active du fusible est constituée de plusieurs bandes parallèles). Il est donc nécessaire de changer les 3 fusibles et de les détruire immédiatement pour empêcher toute utilisation ultérieure.



Lors du remplacement des fusibles haute tension, il est très important de vérifier leur sens de montage indiqué par la flèche qui montre le sens de sortie du percuteur. Il faut veiller à ce que les fusibles haute tension soient stockés correctement.

### 24.3. Détecteur de température

Il est important de savoir que la température du transformateur dépend de la charge et que le refroidissement est difficile à assurer.

Une température ambiante trop élevée peut entraîner un déclenchement de la protection haute tension / basse tension. Selon le type de transformateur, il existe une détection par :

- sondes de température interne (transformateur sec)
- sondes de température dans le liquide de refroidissement.

En général, les déclencheurs sont de types :

1. mise en service de la ventilation forcée
2. alarme
3. déclenchement de la coupure de la basse tension ou de la haute tension.

En cas de surchauffement, il en faut éliminer les causes :

- refroidissement forcé
- nettoyage des filtres de ventilation
- prévoir une décharge (délestage) avant le déclenchement de la 2ème alarme.



#### Procédure à suivre après un déclenchement

1. Déclin progressif du petit flotteur
2. Alarme
3. Dégagement de gaz faible et lent
4. Dégazage du diélectrique, souvent lors de la mise en service
5. Fuite du diélectrique

6. Contrôler visuellement le transformateur
7. Le redémarrage est généralement possible si aucune anomalie n'est constatée
8. Examiner les jours suivants
  - Descente du grand flotteur, arrêt
  - Dégagement de gaz faible et lent qui n'a pas été pris en compte
  - Fuite importante du diélectrique Court-circuit entre les spires Défaut d'isolation
  - Trace visuelle de l'incident



L'analyse chimique des gaz permet d'identifier un défaut interne. Il ne faut donc pas vider immédiatement, mais prélever un échantillon contenant du gaz.

Il faut ensuite envisager un remplacement ou une réparation du transformateur, après un contrôle électrique.

#### 24.4. Disjoncteurs à haute tension

Un **disjoncteur à haute tension** est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège), selon la définition donnée par la Commission électrotechnique internationale. Il opère à la fois:

- dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique ;
- dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit dans le réseau provoqué par la foudre ou d'autres causes.

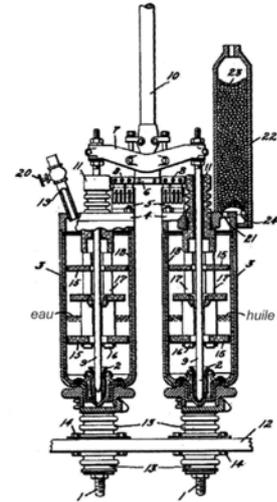
De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel d'un réseau à haute tension, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc d'éviter que le matériel connecté sur le réseau soit endommagé par ce court-circuit.

## Disjoncteur à huile



Sous l'action de l'arc électrique, l'huile est décomposée. Plusieurs types de gaz sont produits (essentiellement de l'hydrogène et de l'acétylène) lors de cette décomposition. L'énergie de l'arc est utilisée pour décomposer et évaporer l'huile, ceci permet de refroidir le milieu entre les contacts et par suite d'interrompre le courant à son passage par zéro.

Les « disjoncteurs à faible volume d'huile » ont été conçus pour réduire la quantité d'huile nécessaire et surtout limiter le risque d'incendie inhérent aux disjoncteurs à gros volume d'huile. L'arc se développe dans un cylindre isolant afin de limiter sa longueur et de contrôler autant que possible l'énergie contenue dans l'arc. Cette énergie est utilisée pour générer le soufflage par vaporisation de l'huile comme expliqué précédemment.



## Disjoncteur avec ampoules à vide



Dans un disjoncteur à vide, l'arc est alimenté par les particules issues des contacts. La haute tenue diélectrique obtenue dans un vide poussé permet de tenir la tension transitoire de rétablissement entre contacts après interruption du courant. Le passage du courant dans des contacts de forme appropriée génère un champ magnétique qui entraîne la rotation de l'arc et évite que ce dernier reste attaché sur la même surface de contact. Il est ainsi possible d'éviter la fusion des contacts d'arc et une production excessive de particules métalliques qui aurait limité la tenue de la tension après l'interruption du courant.

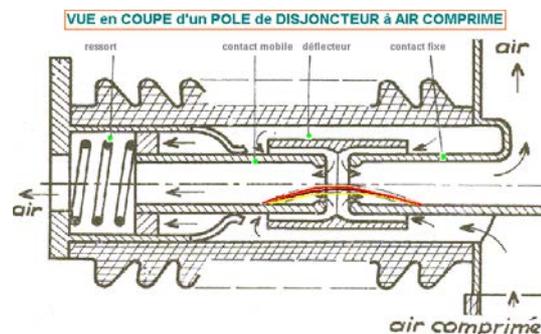


## Disjoncteur à air comprimé



Le gaz contenu dans les disjoncteurs à air comprimé est maintenu sous haute pression à l'aide d'un compresseur. Cette haute pression permet d'assurer la tenue diélectrique et de provoquer le soufflage de l'arc pour la coupure.

Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 kA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut.



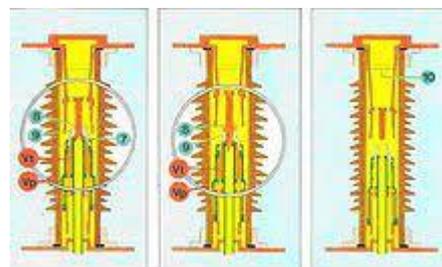
## Disjoncteur à haute tension au SF<sub>6</sub> (Hexafluorure de soufre)



Le développement des réseaux haute tension et la nécessité de faire pénétrer ces réseaux à l'intérieur des agglomérations et des zones industrielles ont entraîné la conception de nouveaux types de postes à haute tension à encombrement réduit du type "blindé" ou "sous enveloppe métallique". Pour assurer l'isolement, l'air atmosphérique a été remplacé par du SF<sub>6</sub>, qui possède de très bonnes propriétés diélectriques, ce qui a permis de réduire fortement l'encombrement de l'appareillage à haute-tension.

Le mécanisme de disjoncteur est rempli de gaz SF<sub>6</sub> qui est 5 fois plus lourd que l'air et qui a une résistance de claquage électrique 3 fois plus que l'air. Les disjoncteurs sous vide à une tension nominale de 36 kV sont produits conformément à la norme CEI 62271-100 et les essais de type ont été complétés avec succès.

Les disjoncteurs au gaz SF<sub>6</sub> sont également largement utilisés en raison d'être des solutions rentables.

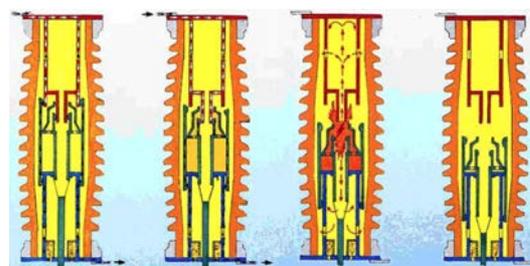


## Disjoncteur autopneumatique



Lorsque le disjoncteur est en position "fermé", le courant transite par des contacts dits "permanents" qui sont situés sur le diamètre extérieur de la partie active. Lors d'un déclenchement du disjoncteur, la partie mobile se déplace vers le bas, entraînant la séparation des contacts permanents. Le courant passe alors par une autre série de contacts, appelés "contacts d'arc". Quand la partie mobile a fait une course suffisante, les contacts d'arc se séparent, ce qui provoque l'amorçage d'un arc entre ces contacts. Les contacts d'arc sont réalisés avec des matériaux à base de tungstène de manière à pouvoir supporter sans dommage les effets de l'arc électrique.

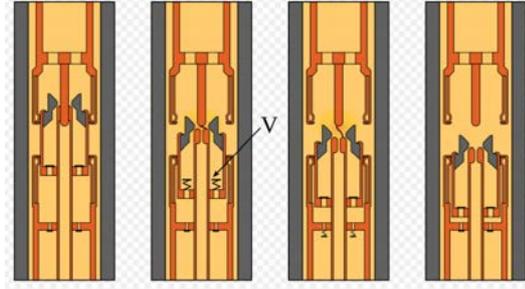
Pendant la manœuvre d'ouverture, le disjoncteur produit lui-même la compression du gaz nécessaire au soufflage de l'arc. Le déplacement relatif du cylindre de soufflage par rapport au piston fixe crée une surpression dans le cylindre qui s'évacue à l'intérieur de la buse et refroidit l'arc, permettant ainsi son extinction.



## Disjoncteur à autosoufflage



Les disjoncteurs à autosoufflage sont caractérisés par l'utilisation importante de l'énergie d'arc pour la coupure : le soufflage par autosoufflage s'est substitué en grande partie au soufflage autopneumatique pour la coupure des forts courants. La coupure des courants faibles est toujours obtenue par un soufflage autopneumatique, l'énergie de l'arc n'étant pas suffisante pour contribuer au soufflage.



## Disjoncteur de générateurs



Ces disjoncteurs sont connectés entre un générateur de centrale électrique et le transformateur qui élève la tension avant transport de l'énergie électrique par le réseau.

Les disjoncteurs de générateurs sont généralement utilisés à la sortie des générateurs de forte puissance (jusqu'à 1 800 MVA, dans le cas de centrales nucléaires) pour les protéger de manière sûre, rapide et économique.

Ces disjoncteurs ont une conception particulière car ils doivent pouvoir transiter des courants très élevés en service continu (6 300 A à 40 000 A), et être aussi dotés d'un très fort pouvoir de coupure. En outre, ils doivent être capables de couper des forts courants avec une vitesse de rétablissement de la TTR qui est très supérieure à celle des appareils de distribution utilisés dans la même gamme de tension<sup>21</sup>.

Les disjoncteurs à coupure dans le SF<sub>6</sub> sont utilisés lorsque le pouvoir de coupure ne dépasse pas 160 kA ou 210 kA, au-delà, les disjoncteurs à air comprimé fournissent les pouvoirs de coupure les plus élevés qui peuvent être requis, jusqu'à 275 kA.



## 25. Les installations électriques spécifiques à la haute tension

### 25.1. La distribution haute tension

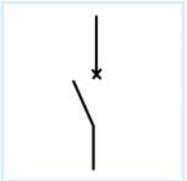
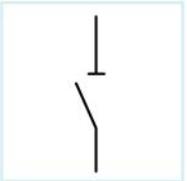
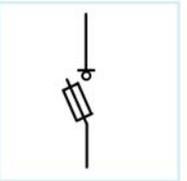


Transformateur



### 25.2. Le schéma électrique

#### Signes de commutation

Disjoncteurs	Sectionneur	Interrupteurs-sectionneurs	Interrupteur à fusibles
			
			

Pour bien comprendre le terme « d'interrupteur-sectionneur » il faut revenir aux fondamentaux avec la définition du sectionnement en électricité. Sectionner un circuit électrique, c'est le séparer de son alimentation de façon mécanique. L'objectif est de pouvoir travailler sur le circuit électrique en question tout en étant hors tension. Le travail peut ainsi se faire en toute sécurité en évitant les dangers liés au courant électrique (électrisation, électrocution) : on parle de séparation du circuit électrique. Cette séparation se fait le plus souvent dans un tableau ou une armoire électrique.

### ***L'interrupteur***



Un interrupteur, c'est un appareil mécanique qui permet d'interrompre le passage du courant dans des conditions normales de fonctionnement. L'interrupteur est utilisé le plus souvent comme une commande, pour piloter un récepteur qui est alimenté.

### ***Le sectionneur***



Le sectionneur est également un appareil mécanique qui permet de séparer un circuit électrique de son alimentation. La différence avec un interrupteur, c'est que cette séparation ne peut pas se faire en charge ; en d'autres termes, cela signifie que le sectionneur ne doit pas être activé lorsque le courant passe à travers ce sectionneur au risque de créer un arc électrique.

### ***L'interrupteur-sectionneur***



L'interrupteur-sectionneur, c'est la combinaison entre un interrupteur et un sectionneur. Il possède les deux capacités : séparation d'un circuit avec capacité de manœuvrer en charge.

### ***L'interrupteur à fusibles***



C'est un composant qui intervient dans le milieu de l'électricité industrielle. Il est équipé de « cartouches fusibles » pour protéger contre les surcharges et court-circuits. Ce n'est pas un disjoncteur ni un interrupteur-sectionneur : il ne doit pas être manipulé en charge.

### ***Le disjoncteur***



Un disjoncteur à haute tension est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège), selon la définition donnée par la Commission électrotechnique internationale. Il opère à la fois :

- dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique;
- dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit dans le réseau provoqué par la foudre ou d'autres causes.

De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel d'un réseau à haute tension, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc d'éviter que le matériel connecté sur le réseau soit endommagé par ce court-circuit.

## 25.3. Les différents types d'installations à haute tension

### Type ouvert



### Type fermé

Cellule au gaz SF6 compacte non extensible  
(3 fonctions)



Schéma de la cellule SF6  
(4 fonctions)



## Poste de réception avec 2 bouclages + 1 fonction P



La protection diffère selon qu'il s'agit :

- de transformateurs secs



- de transformateurs à huile



## 26. Le verrouillage dans la Haute Tension

### 26.1. Principe de verrouillage

Les dispositifs de verrouillage ne sont pas des installations obligatoires. Cependant, ils constituent un complément de sécurité appréciable qui permet de vérifier les procédures de commutation appliquées.

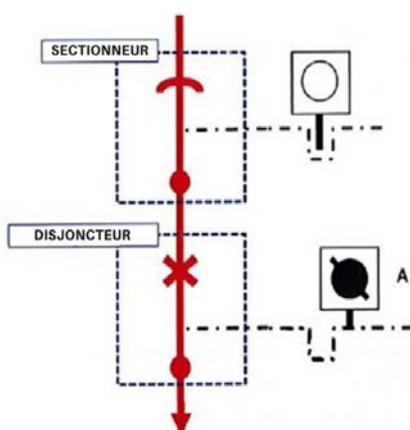
Ne jamais forcer la commutation, car le cas échéant, une opération de commutation non autorisée est effectuée. Rechercher plutôt les conditions manquantes. La présence de verrouillages ne remplace pas l'application des règles de sécurité, notamment la vérification de l'absence de tension (VAT). Les verrouillages autorisent ou interdisent certaines opérations ou les obligent à effectuer des manœuvres dans un certain ordre.



### Ouverture d'un sectionneur



L'ouverture d'un sectionneur sous charge est interdite.



#### Le sectionneur

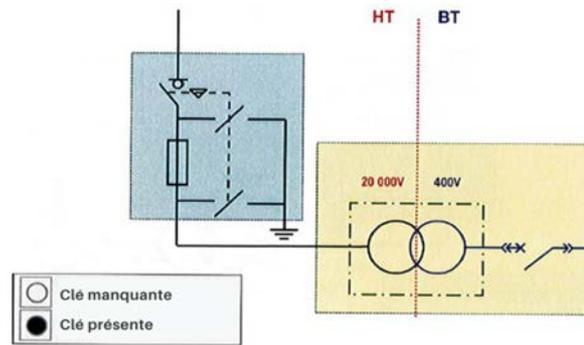
- Clé enlevée
- Verrouillé
- Appareil non commutable

#### Le disjoncteur

- Clé A présente
- Déverrouillé
- Appareil commutable

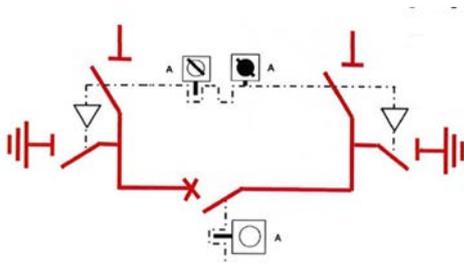
## Fermeture d'un sectionneur de terre

La fermeture d'un sectionneur de terre est interdite lorsque l'installation est sous tension.



## Manœuvres des sectionneurs et des disjoncteurs

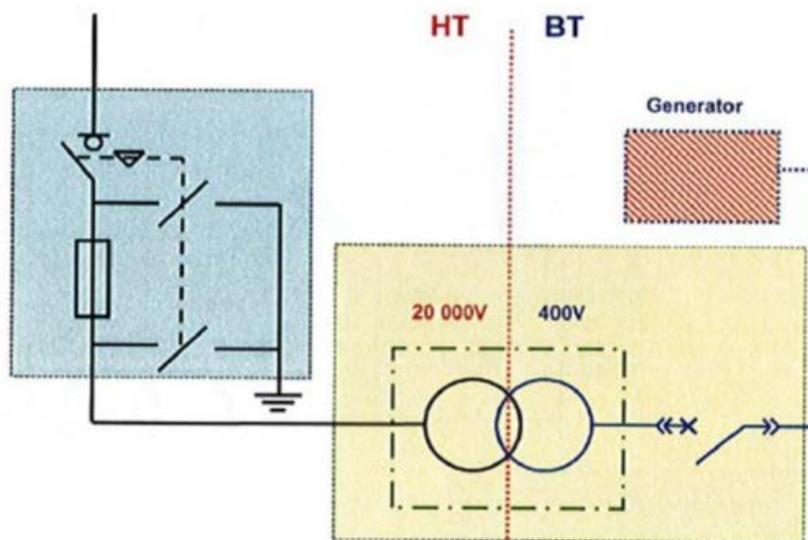
Il est interdit de manœuvrer un sectionneur sous charge.



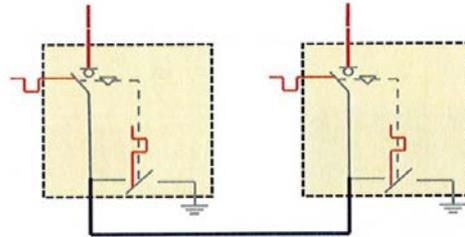
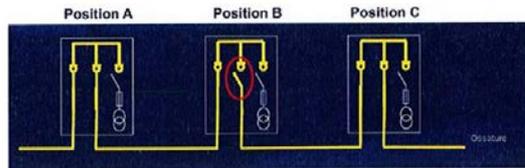
### Manipulation des sectionneurs

- Ouvrir le sectionneur - le verrouiller (la clé A est libre)
- Insérer la clé A dans la serrure prévue du sectionneur
- Déverrouiller puis commuter

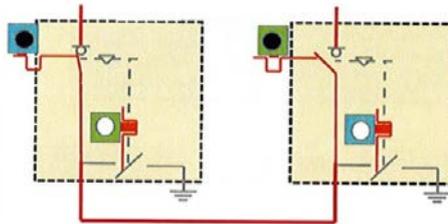
## Déconnexion d'un transformateur haute tension



## Principe de l'alimentation en boucle en haute tension



## Remise sous tension d'une alimentation en boucle après travaux



## 26.2. La fiche de travail de l'ordre de commutation

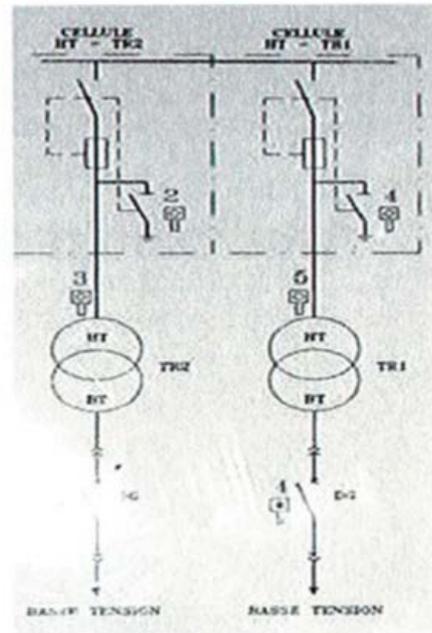
### Une installation avec verrouillage à clé

? Exemple

**TRANSFORMATEUR**

**POUR METTRE L'INSTALLATION HORS TENSION**

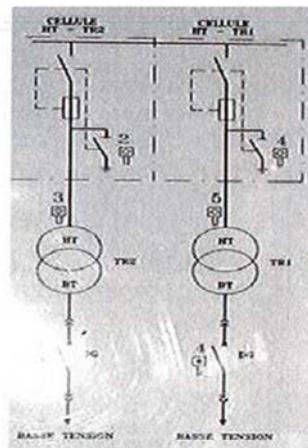
1. Ouverture du disjoncteur basse tension.
2. **Déconnecter l'interrupteur.**
3. Verrouiller avec la clé 2.
4. Retirer la clé 2.
5. Ouvrir le disjoncteur haute tension.
6. Fermer le sectionneur de terre et le verrouiller avec la clé 2.
7. Retirer la clé 3, à l'avant du panneau - l'insérer dans la serrure près du transformateur haute tension.
8. Débloquer la clé pour pouvoir démonter les terminaisons HT du transformateur.



**TRANSFORMATEUR**

**POUR METTRE L'INSTALLATION SOUS TENSION**

1. Remonter les embouts HS sur le transformateur.
2. Verrouiller le côté HT du transformateur avec la clé 3.
3. Insérer la clé 3 sur la face avant de la cellule haute tension.
4. Débrancher le sectionneur de terre, l'ouvrir et retirer la clé 2.
5. Enclencher l'interrupteur haute tension.
6. Insérer la clé 2 dans la serrure du disjoncteur basse tension.
7. Déverrouiller l'interrupteur basse tension.
8. Rentrer l'interrupteur basse tension et le fermer.



## 27. L'établissement de l'état hors tension et travaux électriques sur un courant haute tension

### 27.1. Rappel des règles de base

Les travaux électriques ne peuvent commencer que si :

- l'état hors tension de l'installation ou de l'équipement sur lequel le travail est à effectuer a été établi ;
- les instructions du responsable sont disponibles ;
- les instructions concernant les limites de la zone de travail ont été données au personnel.

## Travaux sur des parties hors tension – les 8 principes

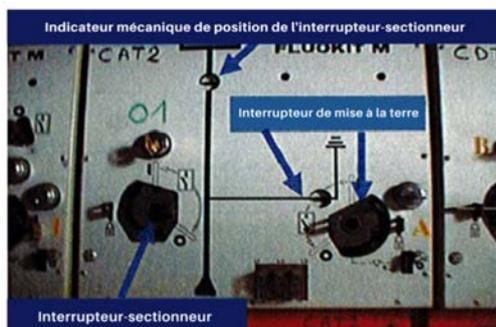
1. Préparer le travail
2. Déconnecter l'installation électrique
3. Sécuriser contre toute remise en marche
4. Constater l'absence de tension
5. Mettre à la terre et court-circuiter
6. Recouvrir et isoler les pièces voisines sous tension
7. Déposer un certificat d'établissement de l'état hors tension
8. Remettre l'installation pour les travaux

## Travaux sur des parties hors tension



1. Analyser les risques électrique
2. Analyser les autres risques (environnement, altitude...)
3. Mettre à disposition le matériel de sécurité et les outils
4. S'assurer du bon état du matériel de sécurité
5. S'assurer du bon état du matériel utilisé
6. Vérifier les schémas électriques
7. Disposer de schémas électriques à jour
8. Vérifier le rapport météorologique pour les travaux en extérieur

## Débrancher l'installation électrique



Attention : utiliser impérativement les EPI !

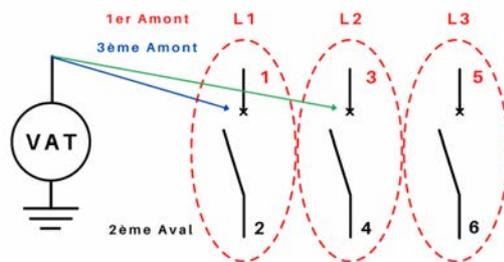
## Sécuriser contre toute remise en marche



## Constater l'absence de tension



Pour cela, il faut utiliser l'outil de contrôle correspondant en appliquant la méthode des 3 A à proximité immédiate de la zone de travail.



On peut effectuer les mesures selon la méthode des 3A : d'abord en amont, puis en aval, et de nouveau en amont du sectionneur.

## Mettre à la terre et court-circuiter

L'électricien doit vérifier la tension entre chaque phase. S'il constate qu'il y a bien une absence de tension, il peut alors travailler sans danger. Puis on passe à la mise à la terre et en court-circuit. Le but de cette opération est d'évacuer les potentielles tensions résiduelles, afin d'éviter une éventuelle réalimentation de l'installation.

Voici à quoi ressemble l'équipement dédié à cette étape. Pour installer l'étoile de mise à la terre, il faut commencer par poser le contact de terre, et ensuite poser les contacts de circuits actifs.



## Recouvrir et délimiter les pièces voisines sous tension



## Déposer un certificat d'établissement de l'état hors tension

ATTESTATION DE CONSIGNATION EN UNE ETAPE	
Etablissement : .....	N° : .....
Le chargé de consignation, M. .... Tél. .... atteste qu'en vue de l'exécution de ces travaux il a consigné : .....	
Le chargé de travaux, M. .... habilitation ..... de l'Etablissement ou de l'Entreprise ..... est chargé de l'exécution des travaux suivants : ..... sur l'ouvrage ou l'installation ci-après : .....	
Le chargé de travaux doit considérer comme étant sous tension tout ouvrage ou installation électrique autre que ceux dont la consignation lui est certifiée par la présente attestation ou par d'autres attestations en sa possession.	
Dispositions particulières .....	
L'avis de fin de travail doit être rendu au plus tard le ..... à ..... h .... min Le délai de restitution des installations en cas d'urgence est de ..... h ..... min	
Attestation délivrée le ..... à ..... h ..... min au chargé de travaux qui s'engage à respecter les prescriptions de sécurité en vigueur.	
Signatures ou numéro des messages	Le chargé de consignation : Le chargé de travaux :

Celui-ci permet de donner l'autorisation de travailler sur l'installation.

## Remise sous tension

- Remettre le rapport de fin de travaux signé
- Enlever les mises à la terre Enlever les barrières et les couvertures
- Enlever les dispositifs de blocage Mise en service de l'installation Remettre le rapport signé Vérifier l'absence de risque de court-circuit
- Vérifier l'ordre des phases après les travaux sur la boucle



Et pour finir, l'avis de fin de travaux est produit.

AVIS DE FIN DE TRAVAIL						
Le chargé de travail, M. _____ de l'établissement ou de l'entreprise _____ de l'installation, déclare que les travaux délimités ci-dessus sont terminés le _____ à _____ heures et que son personnel a été rassemble et informé de la fin du travail. Le chargé de travail déclare, en outre, avoir enlevé les dispositifs de sécurité et autres matériels placés par ses soins et remis les ouvrages ou les installations à la disposition de l'exploitation en ordre de marche en ce qui le concerne.						
Signatures ou numéro des messages			Le chargé de consignation :			
<b>AVIS D'INTERRUPTION DE TRAVAIL ET RESTITUTIONS SUCCESSIVES DE L'ATTTESTATION DE CONSIGNATION EN UNE ETAPE</b> Le chargé de travail avise le chargé de consignation que son personnel a été rassemble et informé de l'interruption de travail. Il déclare :						
- que les travaux sont interrompus momentanément, - qu'il a enlevé les dispositifs de sécurité et autres matériels placés par ses soins et remis les ouvrages ou les installations à la disposition de l'exploitation en ordre de marche et ce qui le concerne, - qu'il ne reprendra les travaux qu'après être rentré en possession de l'attestation de consignation en une étape, physiquement ou par échange de messages.						
Remise de l'avis d'interruption de travail au Chargé de consignation			Restitution de l'attestation de consignation en une étape au Chargé de travail			
Date et heure	Signature ou N° des messages		Date et heure	Signature ou N° des messages		
	Chargé d'exploitation électrique	Chargé de travail		Chargé d'exploitation électrique	Chargé de travail	Chargé de consignation
<b>REMPLACEMENT DU CHARGE DE CONSIGNATION OU DU CHARGE DE TRAVAUX</b> REMPLACEMENT DU CHARGE DE CONSIGNATION REMPLACEMENT DU CHARGE DE TRAVAUX						
Date et heure	Remise et signatures (ou N° des messages)		Date et heure	Remise et signatures (ou N° des messages)		
	Remplacé	Remplaçant		Remplacé	Remplaçant	Remplacé
Liste des documents fournis et transmis						

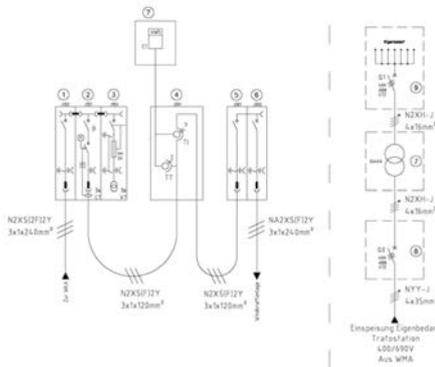
## 28. Le transformateur

### 28.1. La mise hors tension d'un transformateur

#### L'opération de mise hors tension



Ensemble des opérations destinées à assurer le maintien ou le retour de la tension.



Vérification des schémas électriques

#### Marche à suivre



### TRANSFORMATEUR

Exemple

#### POUR METTRE L'INSTALLATION HORS TENSION

#### 1. Prise de connaissance de la carte d'opérateur

- 1 - Ouverture du disjoncteur basse tension
- 2 - Débrancher l'interrupteur
- 3 - Verrouillage par la clé n° 2
- 4 - Retirer la clé n° 2
- 5 - Ouvrir le disjoncteur haute tension
- 6 - Fermer le sectionneur de terre et le verrouiller avec la clé n° 2
- 7 - Prendre la clé n° 3 à l'avant de la cellule, l'insérer dans la fermeture du transformateur haute tension
- 8 - Déverrouiller pour pouvoir démonter les terminaisons HT du transformateur.

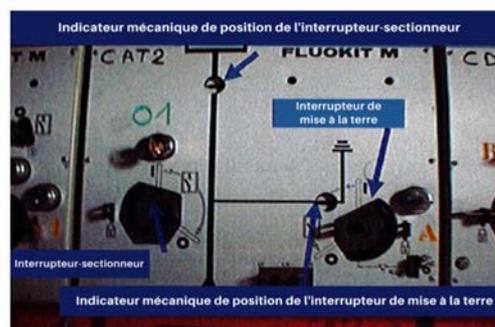
## 2. Vérification des équipements de protection individuelle et les équipements de protection collective

Vérification du matériel de commande

Vérification du matériel de sécurité nécessaire à l'ouverture Vérifier également :

- Les manivelles
- Les perches de mise à la terre
- Les détecteurs de tension
- La propreté du sol : absence d'objets.

## 3. Vérification des indicateurs se trouvant sur la cellule



## 4. Manipuler l'appareillage électrique

Même si le dispositif de coupure au-dessus du transformateur est prévu pour la coupure en charge, effectuer une coupure en dessous du transformateur en raison du retour de la tension par le transformateur en aval (onduleur, groupe électrogène...).

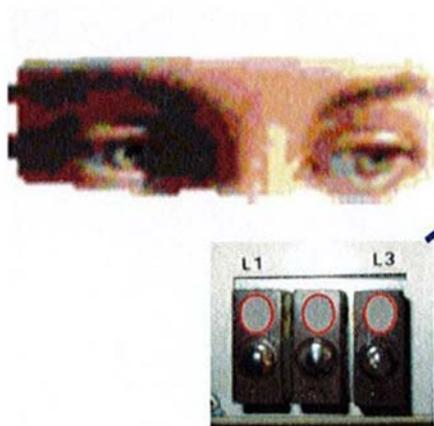


## 5. Vérification visuelle de la présence de tension

## 6. Commutation du disjoncteur haute tension



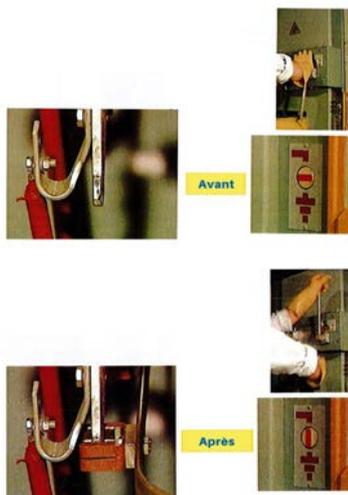
## 7. Vérification de l'extinction des lampes de contrôle



## 8. Protection contre toute remise en marche



### 9. Mise à la terre et court-circuit



### 10. Consignation du sectionneur de terre contre toute manipulation



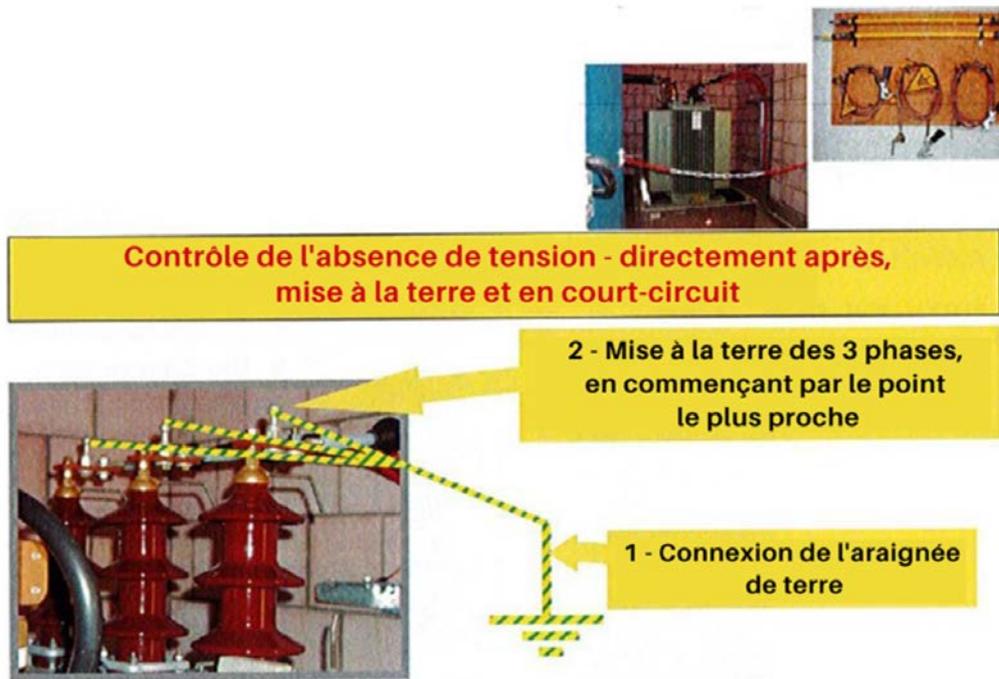
### 11a. Vérification de l'absence de tension dans la cellule



### 11b. Vérification de l'absence de tension sur les bornes MT du transformateur



## 12. Mise à la terre et court-circuit au poste de travail



## 13. Signature et remise du certificat de consignation

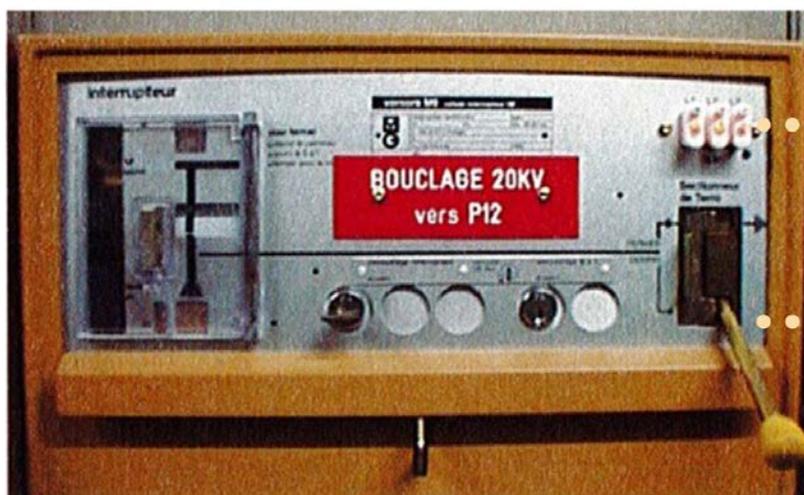
### 28.2. La remise sous tension d'un transformateur

#### Remettre sous tension



Remettre sous-tension un transformateur c'est :

- Réceptionner le rapport de fin de travail signé
- Enlever les mises à la terre
- Enlever les barrières et les couvertures
- Enlever les dispositifs de blocage
- Et pour finir assurer la mise en service de l'installation.



Indicateur de présence de tension

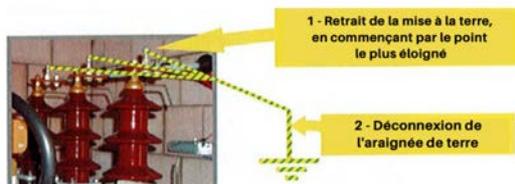
Levier de commande pour la m.a.l.t.

## Marche à suivre



### 1. Réception de l'avis de fin de travaux auprès du chargé de travaux

### 2. Retrait de la mise à la terre et du court-circuit



### 3. Vérification du matériel nécessaire à l'opération

- Vérification du matériel de sécurité nécessaire à la commande
- Vérifier également : les manivelles
- La propreté du sol : absence d'objets

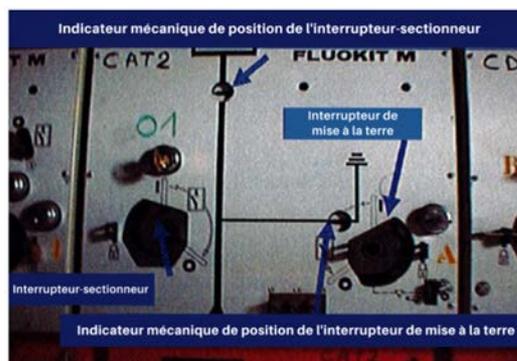
### 4. Prise de connaissance de la carte d'opérateur

## TRANSFORMATEUR

### POUR METTRE L'INSTALLATION SOUS TENSION

1. Monter les têtes de câbles sur le transformateur.
2. Verrouiller le couvercle avec la clé 3.
3. Insérer la clé 3 sur le côté avant de la cellule haute tension.
4. Déverrouiller et ouvrir le sectionneur de terre et retirer la clé 2.
5. Fermer le disjoncteur haute tension.
6. Insérer la clé 2 dans la serrure du disjoncteur basse tension.
7. Déverrouiller le disjoncteur basse tension.
8. Embrocher et réenclencher le disjoncteur basse tension.

### 5. Vérification des indicateurs de positions se trouvant sur la cellule

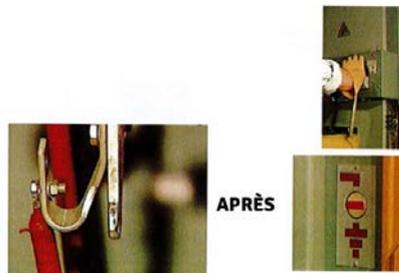
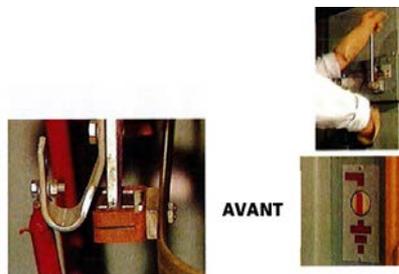


### 6. Vérification de l'intérieur de la cellule



### 7. Réinitialisation de l'interrupteur de mise à la terre haute tension

### 8. Déclencher l'interrupteur de la mise à la terre et du court-circuit



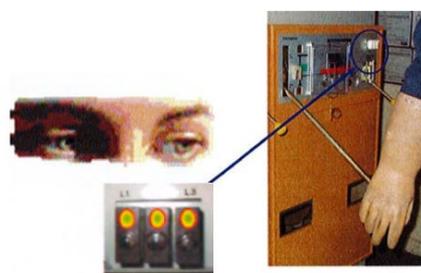
### 9. Vérification de la position de l'interrupteur de mise à la terre haute tension



### 10. Retrait des dispositifs de blocage



### 11. Enclenchement du disjoncteur haute tension



### 12. Vérification de la présence de tension, attention portée au ronflement du transformateur

### 13. Enclenchement du disjoncteur basse tension

Il est préférable de mettre l'interrupteur principal hors charge après les travaux sur le réseau basse tension.



## 29. Les postes de transformation

### 29.1. Quelques exemples



## 30. Le matériel de sécurité spécifique à un poste Haute Tension

### 30.1. Matériel de sécurité

#### Perche isolante



Cet outil est utilisable pour tous travaux en grande hauteur dans un environnement électrique haute tension :

- pose ou dépose (de ligne de vie, crochet de mesure ...),
- manœuvre en traction ou compression (sectionneur),
- élagage,
- levage des conducteurs (transport exceptionnel),
- vérification d'absence de tension nominale (attention: la tension d'utilisation tous temps et donnée avec le dernier élément entièrement déployé),
- tous travaux qui n'engendrent pas de grandes contraintes mécaniques.



#### Détecteur de tension



Le détecteur de tension est conçu pour vérifier qu'une tension nominale est effectivement absente d'un circuit dans un système H.T. entre 1 kV et 69 kV (Vérification d'Absence de Tension) :

- L'appareil doit détecter toute tension nominale présente sur un réseau ou dans un poste.
- Il permet d'éviter de détecter les tensions induites afin de permettre les opérations de mise à la terre.



#### Équipement de mise à la terre



Ce dispositif est composé de :

- Un jeu de 3 pinces
- Une TRIFURCATION : ensemble de liaison de câbles cuivre sous gaine extra souple équipés de cosses étanches et relié par un bloc de jonction
- Un étau de terre
- Une perche isolante télescopique
- Un coffret métallique.



## 30.2. Matériel pour la réalisation de l'état sans tension / consignation

### Plaques d'identification / de condamnation



Elles permettent l'interdiction de manœuvre sur les dispositifs électriques. Cet accessoire restreint les actions possibles sur le tableau électrique ainsi que les disjoncteurs. C'est indispensable pour éviter les risques et les accidents pouvant subvenir durant les interventions ou les maintenances et pour interdire le réarmement des appareils endommagés.



### Cadenas de condamnation



Le cadenas de condamnation est un accessoire de consignation de dispositif électrique comme les disjoncteurs ou les interrupteurs différentiels. Il sert à condamner un appareil et d'interdire toute manipulation de celui-ci. Il est aussi utilisé pour éviter le réarmement des appareillages électriques en panne ou lors de travaux de rénovation.



### Poignée porte-cadenas



Cet outil permet la condamnation d'une porte en permettant le blocage efficace d'une poignée grâce à un cadenas.



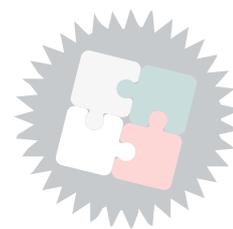
# Partie Pratique

---



# Conclusion

---



## Crédits

Centres de Compétences GTB / PAR

448 ZAE Krakelshaff L-3290 Bettembourg

*Site internet*

<https://www.cdc-gtb.lu/>

*Graphismes et images*

Freepik et Canva