

PRÉVENTION DU RISQUE ÉLECTRIQUE

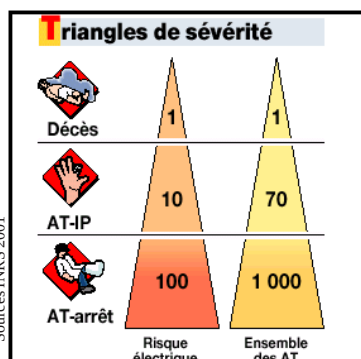
I/ LES DANGERS DU COURANT ÉLECTRIQUE

Bien que le courant électrique soit présent dans notre société depuis la fin du XIX^e siècle, il provoque chaque année encore de nombreux accidents. Ils sont en diminution, comme le présente la tableau ci-dessous, mais le risque existe toujours.

Année	Accident de travail avec arrêt	Accident ayant entraîné une incapacité permanente	Journées perdues pour incapacité temporaire	Décès
1998	896	89	37628	9
1997	906	86	39484	17
1996	916	99	45180	19
1995	930	122	46499	12
1994	958	118	44253	13
1990	1308	177	56175	35
1985	1306	185	40196	42
1980	1883	247	60447	50
1975	2793	360	89410	67
1970	3449	361	96952	?

Sources INRS 2001

En 1998, les accidents de travail d'origine électrique en France ont coûtés 10,1 millions d'euros.



AT-IP : _____

AT-arrêt : _____

Ce qui différencie les accidents d'origine électrique des autres accidents c'est que _____

Les statistiques nous montrent une baisse des accidents liées à une plus grande maîtrise du risque mais le triangle de sévérité nous rappelle la gravité des accidents d'origine électrique.

Le moyen le plus efficace pour réduire encore les accidents est une bonne sensibilisation au risque électrique.

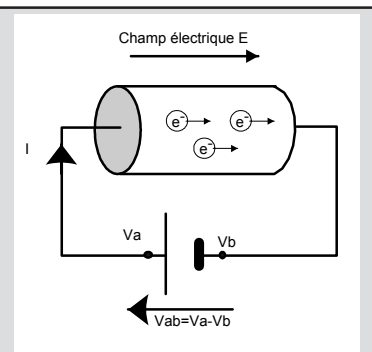
III/ DÉFINITIONS ET RAPPELS D'ÉLECTRICITÉ

Le courant électrique (I) : Il s'agit d'un mouvement de particules électriques (les électrons) déplacés sous l'action d'un champ électrique. Le courant électrique ne circule que dans des milieux conducteurs. Son intensité est exprimée en **AMPÈRES (A)**.

Tension électrique (U ou V) : Il s'agit d'une différence de charge électrique entre deux points (V_a et V_b sur la figure). Son intensité est exprimée en **VOLT**. Le parcours d'un courant dans un élément résistif (R) produit une différence de potentiel aux bornes de cet élément donc une tension. $U = R \times I$

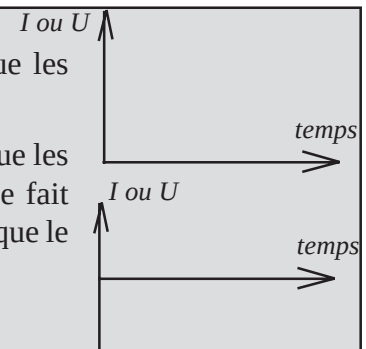
Résistance (R) : Une résistance est un dipôle qui s'oppose de manière plus ou moins efficace au passage du courant. Son unité est l'ohm (Ω).

Impédance (Z) : C'est l'équivalent de la résistance mais appliquée au courant alternatif. Sa valeur peut changer selon la fréquence qui lui est appliquée. Son unité est l'ohm (Ω).



Le courant continu : un courant continu est tel que les particules électriques ne changent jamais de sens.

Le courant alternatif : un courant alternatif est tel que les particules changent de sens. Si le changement de sens se fait toujours de la même manière en fonction du temps, on dit que le courant est alternatif et périodique.



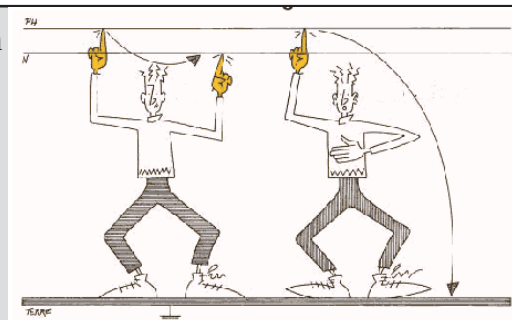
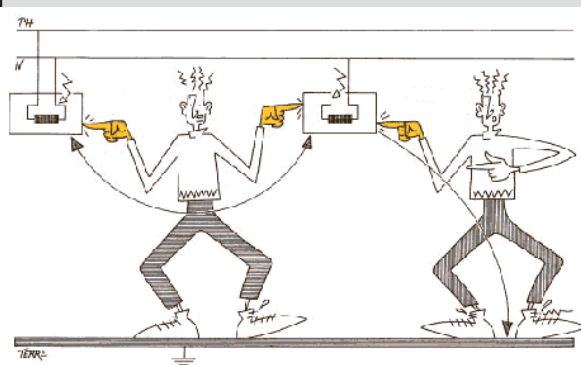
Citer une source de courant continu : _____

Citer une source de courant alternatif : _____

III/ L'EFFET DU COURANT ÉLECTRIQUE

III.1/ Définitions

Contact direct : contact entre un individu et un fil nu sous tension



Contact indirect : contact entre un individu et une masse métallique mise accidentellement, ou suite à un défaut, sous tension.

Corps électrisé : corps parcouru par un courant électrique. Par extension, on parle d'électrisation lorsqu'une personne est parcourue par un courant électrique non mortel

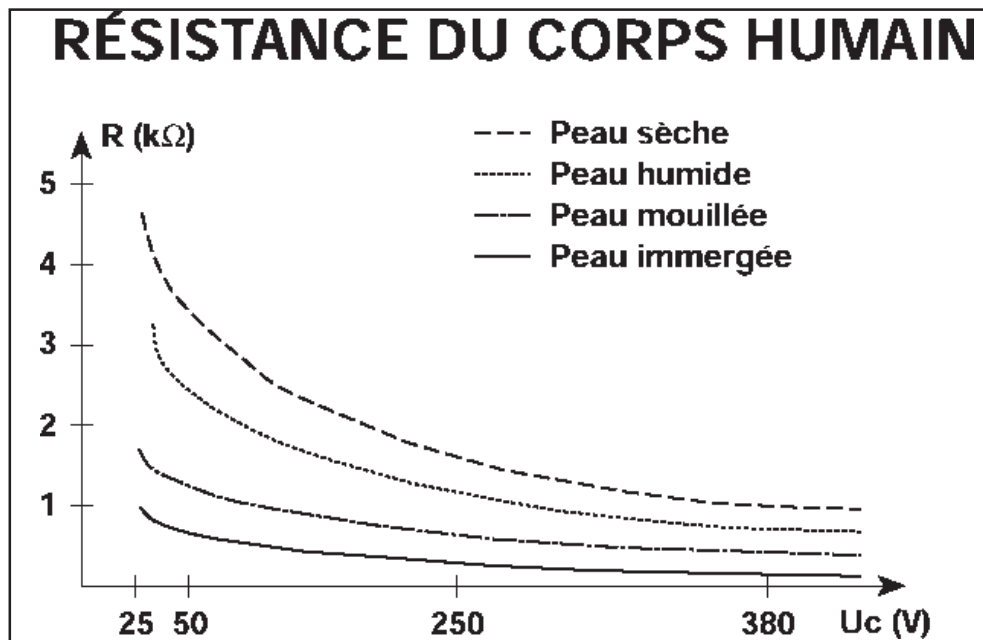
Electrocution : mort causée par le courant électrique

III.2/ Les effets sur l'organisme

Le **courant** électrique peut créer des lésions graves sur l'organisme.

Selon le milieu et la tension à laquelle est soumis notre organisme, la résistance du corps n'est pas la même. Plus cette résistance est faible et plus le courant est important ($I=U/R$).

La courbe ci-dessous présente cette résistance (source INRS) :

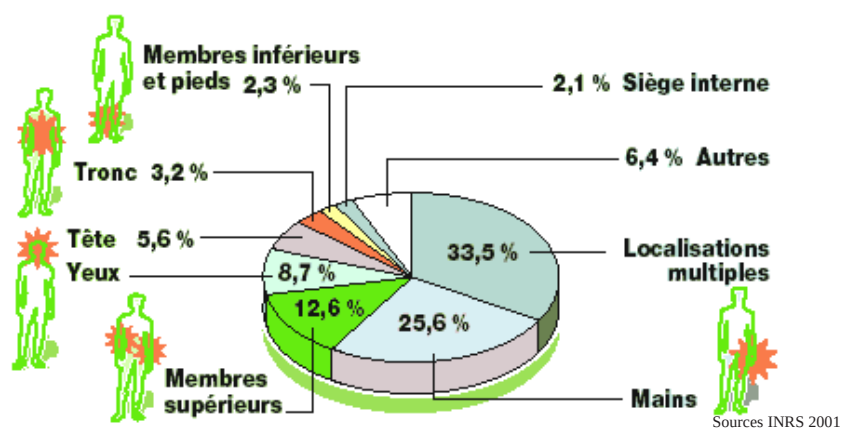


Effet du courant alternatif

0,5mA	Seuil de perception-sensation faible
10mA	Seuil de non lâcher
30mA (au bout de 30s)	Paralysie respiratoire
75mA (au bout de 1s)	Fibrillation cardiaque
1A (au bout de 25ms)	Arrêt du coeur

Effet du courant continu

2mA	Seuil de perception-sensation faible
?mA	Seuil de non lâcher
130mA (au bout de 1s)	Fibrillation cardiaque



IV/ LA PROTECTION DES PERSONNES

IV.1/Définition

Les dispositifs assurant la **protection des personnes** permettent d'éviter une électrisation d'un utilisateur du courant électrique.

Classification des tensions :

	TBT	BT		HT	
		A	B	A	B
Alternatif	$\leq 50V$	50V à 500V	500V-1KV	1KV à 50KV	$> 50KV$
Continu	$\leq 120V$	120V à 750V	750V à 1,5KV	1,5KV à 75KV	$> 75KV$

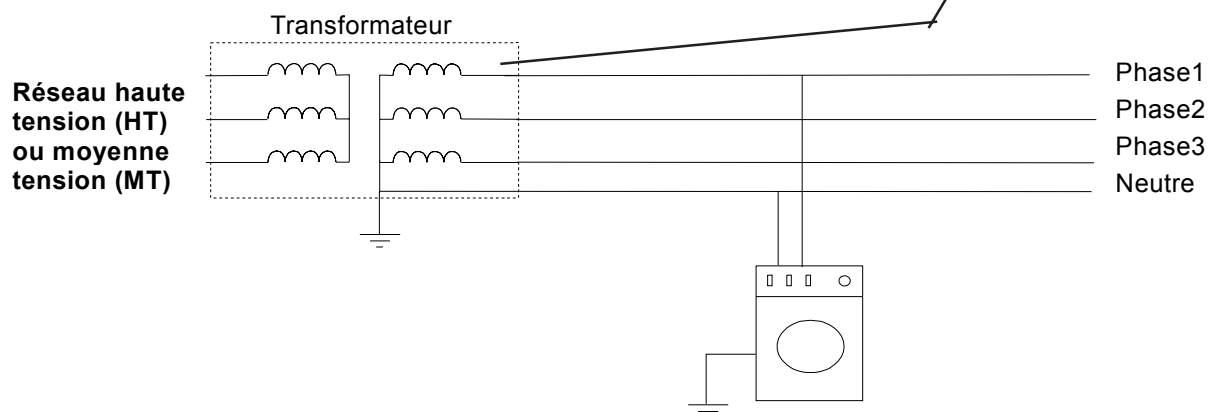
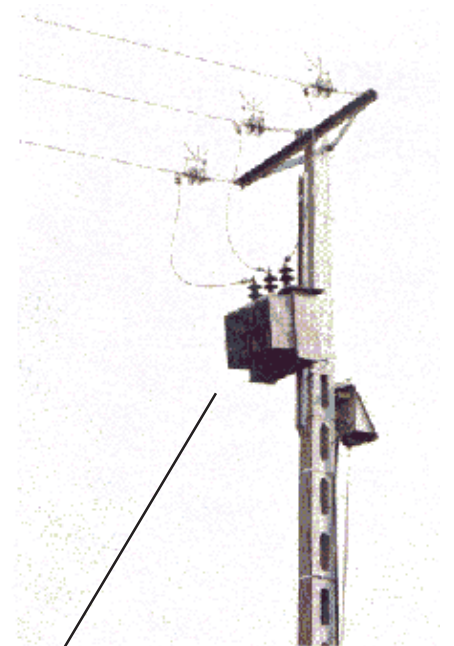
Régime de neutre : Afin de garantir une meilleure protection des personnes face au danger du courant électrique, celui-ci est distribué selon un régime de neutre spécifique au domaine d'emploi (domestique, industriel, etc.).

La norme C15-100¹ définit trois régimes de neutre caractérisés par deux lettres:

- la première lettre définit la situation de l'alimentation par rapport à la terre:
 - T : liaison du point à la terre
 - I : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre, ou liaison d'un point avec la terre à travers une impédance
- la deuxième lettre définit la situation des masses de l'installation par rapport à la terre :
 - T : masses reliées directement à la terre
 - N : masses reliées au neutre de l'installation, lui-même relié à la terre.



Le réseau utilisé en milieu scolaire et domestique est le réseau TT, ce qui signifie que le NEUTRE issu du transformateur HT/BT est relié _____ et que les masses métalliques de l'installation sont reliées _____.

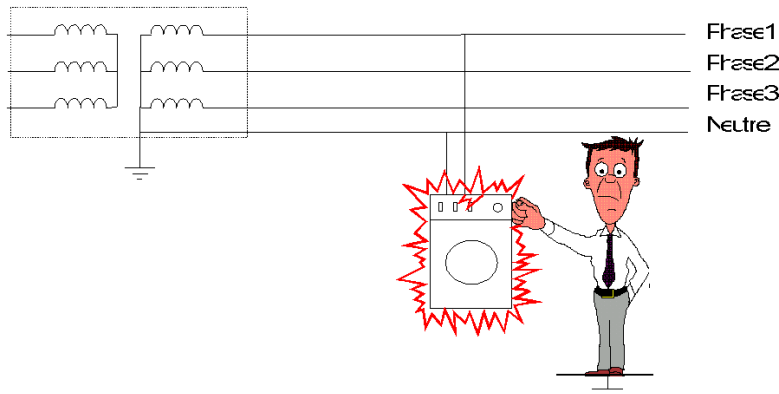


1: La norme C15-100 définie par l'UTE réglemente la sécurité des installations électriques

IV.2/ Le régime TT

Dans une installation respectant le régime TT, toutes les masses métalliques des appareils (machine à laver, grille pain, congélateur...) doivent être mises à la terre.

Cas d'une mauvaise installation :



✍ Le lave linge n'est pas relié à la terre. Un défaut de la machine entraîne un contact _____.

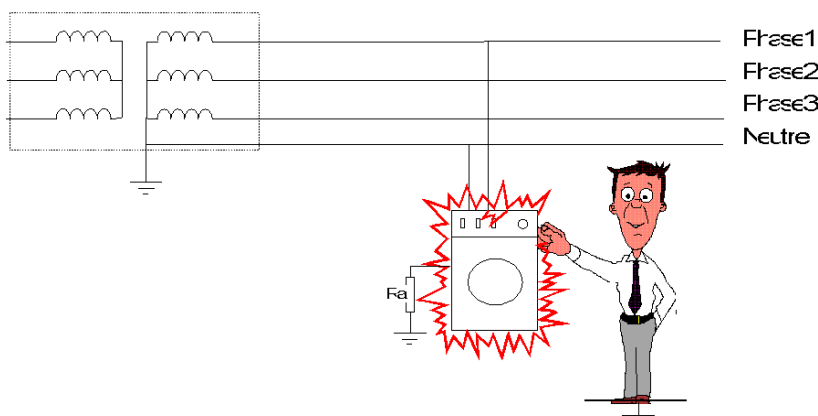
L'utilisateur subit un courant limité uniquement par la résistance de son corps et de contact et par la résistance de la terre.

$$I_d = 230V / (R_T + R_C)$$

L'utilisateur subit presque intégralement la tension de 230V.

La protection des personnes est mal assurée.

Cas d'une bonne installation :



La masse de la machine est reliée à la terre. Le courant est dévié vers la résistance R_a qui doit être obligatoirement faible. Le courant de défaut est limité par la résistance de la terre et la résistance R_a :

$$I_d = 230V / (R_a + R_T)$$

L'utilisateur est soumis à une tension égale à $I_d \times R_a$.

IV.3/ Règles de protection en régime TT



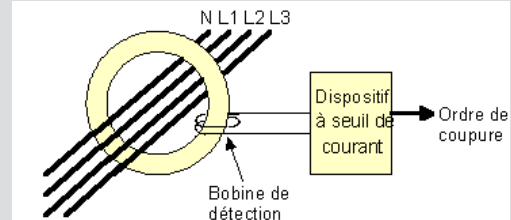
•1. Toutes les masses des matériels protégés par un même dispositif de protection doivent être interconnectées et reliés par un conducteur de protection électrique (PE) de couleur _____ et _____ à une même prise de terre.

•2. La condition de protection doit satisfaire à la relation $R_a \cdot I_a < U_L$ où
 I_a est le courant de fonctionnement du dispositif de protection (voir point 3)
 R_a est la résistance de la prise de terre
 U_L est la tension limite de contact. Elle peut être de 50V, 25V ou 12V selon les locaux

•3. L'installation doit être équipée d'un ou de plusieurs dispositifs (disjoncteurs) à courant différentiels résiduel. Dans ce cas le courant I_a sera égal au courant différentiel résiduel du disjoncteur. Le DDR doit être placé à l'origine de l'installation.

Disjoncteur à courant différentiel résiduel : Un DDR est un dispositif électromagnétique constitué de deux parties distinctes :

- Le disjoncteur : permet d'interrompre l'alimentation du circuit électrique en cas de surintensité ou de surcharge. Le calibre du disjoncteur définit l'intensité de surcharge.
- L'interrupteur différentiel : il mesure la somme algébrique des courants qui le traversent ($I_N + I_1 + I_2 + I_3$) et interrompt le circuit électrique lorsque celle-ci dépasse la valeur de courant correspondant à la sensibilité du disjoncteur $I_{\Delta N}$. Une somme algébrique non nulle sous-entend qu'un courant de défaut est présent dans le circuit électrique.



IV.4/ Usage des régimes de neutre

TT : Les décrets et textes officiels imposent ou recommandent le régime TT pour des bâtiments alimentés par un réseau public (habitations, commerces, etc...)

IT : le régime du neutre isolé évite des coupures parfois gênantes, mais impose une intervention immédiate d'un électricien dès l'apparition d'un défaut. Il est mis en oeuvre généralement dans les hôpitaux, les usines, etc..

TN : surtout employé par l'industrie ou des utilisateurs possédant plusieurs postes de transformation.

IV.5/ D'autres méthodes de protection des personnes

Contre les contacts directs

- Conducteurs sont recouverts d'isolant
- Mise sous coffret des appareillages
- Utilisation de matériel IP2X (protection contre la pénétration des corps de diamètre $>12,5\text{mm}$)
- Eloignement des lignes sous tension (lignes aériennes)
- Utilisation de très basse tension de sécurité (TBTS) : 12V, 25V, 50V
- Utilisation de DDR à haute sensibilité (30mA)



Contre les contacts indirects

- emploi de matériel de classe II à double isolation
- utilisation de transformateurs d'isolement
- liaison équipotentielle locale

V/ LA PROTECTION DES BIENS

V.1/ Définitions

Les dispositifs assurant la **protection des biens** permettent d'éviter la destruction de matériels électriques et par extension des matériels environnant (incendie par exemple).

Court-circuit : un court circuit est une surintensité liée à la liaison entre deux fils d'alimentation ($I = U/R$ avec $R=0$). Un dispositif magnétique permet généralement de détecter le court-circuit.

Surcharge : il s'agit d'une intensité supérieure à l'intensité nominale et se prolongeant. Un dispositif thermique (bilame) permet généralement de détecter la surcharge.

Fusible : il s'agit d'un appareil constitué d'un filament conducteur possédant une faible résistance et donc la section est prévue pour laisser passer un courant maximum calibré. Lorsque le courant devient supérieur au calibre, le filament fond interrompant le passage du courant. Selon l'application, les fusibles possèdent des temps de fusion plus ou moins rapide.

Disjoncteur divisionnaire : il s'agit d'un appareil électromagnétique qui a remplacé progressivement les fusibles dans les installations domestiques et qui a l'avantage d'être réutilisable grâce à un bouton de réarmement.

Sélectivité : La sélectivité sous-entend que les équipements de protection contre les court-circuits sont placés dans le circuit de sorte que, seule la partie où siège le défaut est mise hors tension. Le reste de l'installation doit rester sous tension.



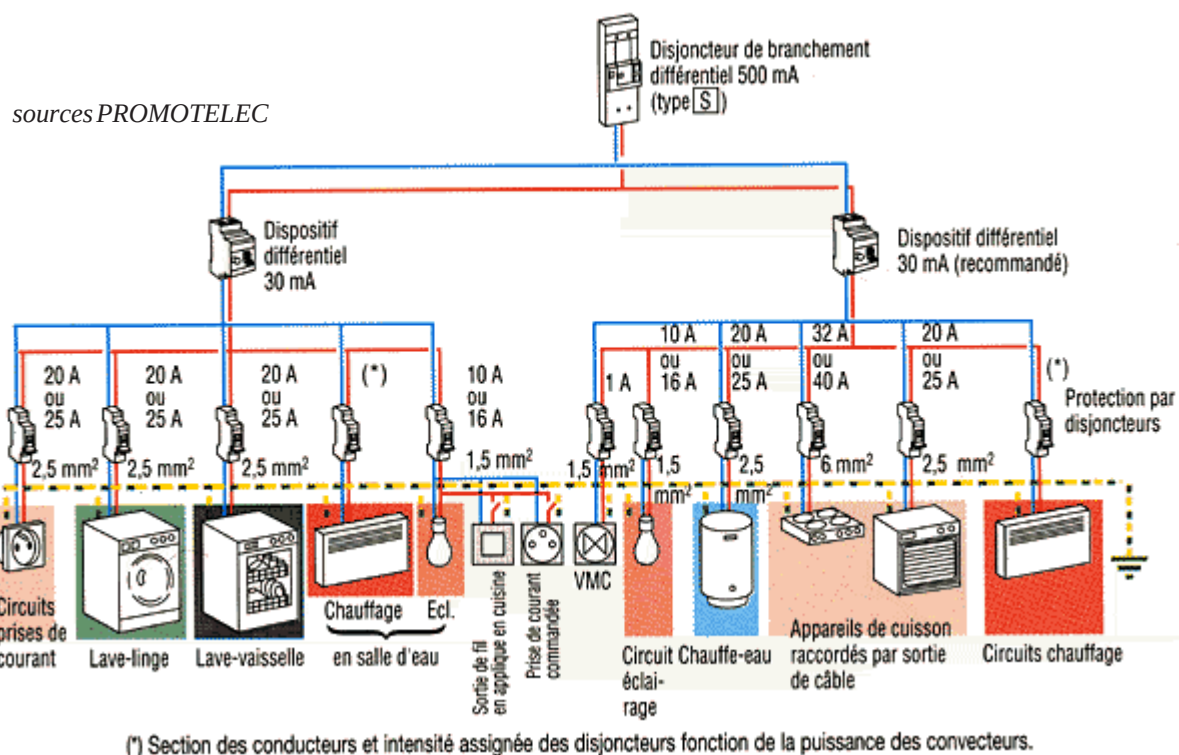
V.2/ Schéma de l'installation électrique d'une maison

Afin de garantir la sécurité des biens et des personnes, toute installation électrique doit être validée par le CONSUEL qui atteste de la conformité de l'installation avec les normes en vigueur.

Un schéma type est donné ci-dessous

On remarque en particulier :

- la présence d'un DDR en tête d'installation
- la présence de deux DDR haute sensibilité (30mA)
- la présence de disjoncteurs divisionnaires calibrés en fonction de la puissance des équipements à alimenter
- le diamètre des fils calibrés en fonction des puissances à fournir.



VI/ L'HABILITATION ELECTRIQUE

VI.1/ Introduction

L'habilitation électrique "désigne reconnaissance de l'employeur, de la capacité d'un agent à accomplir en toute sécurité les tâches qui lui sont assignées" ce qui signifie que Le niveau d'habilitation désigne les tâches électriques que l'on est autorisé à accomplir. Le niveau d'habilitation n'est pas directement lié à la classification professionnelle.

L'habilitation est délivrée par l'employeur ou son représentant légal. Les membres de la communauté éducative ne peuvent être qu'habilitable.

VI.2/ Vocabulaire



Consignation : ensemble d'opérations destinées à assurer la protection des personnes et des ouvrages contre les conséquences de tout maintien accidentel ou de tout retour intempestif de la tension. Exemple : _____

Travaux : Toute opération dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir, ou de réparer un ouvrage électrique. On distingue les travaux d'ordre électrique par le fait qu'ils concernent les parties actives d'un ouvrage ou d'un équipement.



Intervention : Opérations de courte durée et n'intéressant qu'une partie de l'ouvrage, réalisée sur une installation ou un équipement. Ne concerne que le domaine BT et TBT.

Exemple : _____



Manoeuvre : opération visant à modifier la configuration électrique du réseau. Exemple : _____



Mesurages : opérations permettant la mesure de grandeurs physiques électriques, mécaniques, thermiques.... Ils ne concerne que l'utilisation d'appareils mobiles.

Essais : Opérations destinées à vérifier le fonctionnement ou l'état électrique ou mécanique d'un ouvrage.

VI.3/ Degré d'habilitation

Le degré d'habilitation est défini par trois caractères :

■ le premier désigne le **niveau de tension** :

• **B** : BT ou TBT soit de 0V à 1000V

• **H** : haute tension : supérieure à 1000V

■ une deuxième lettre si elle existe précise la nature des opérations

• **R** : interventions de dépannage ou de raccordement, de mesures, essais ou vérifications

• **C** : autorisé à procéder à des consignations

• **T** : autorisé à travailler sous tension

• **N** : nettoyage sous tension

• **V** : travail au voisinage de la tension

■ l'indice :

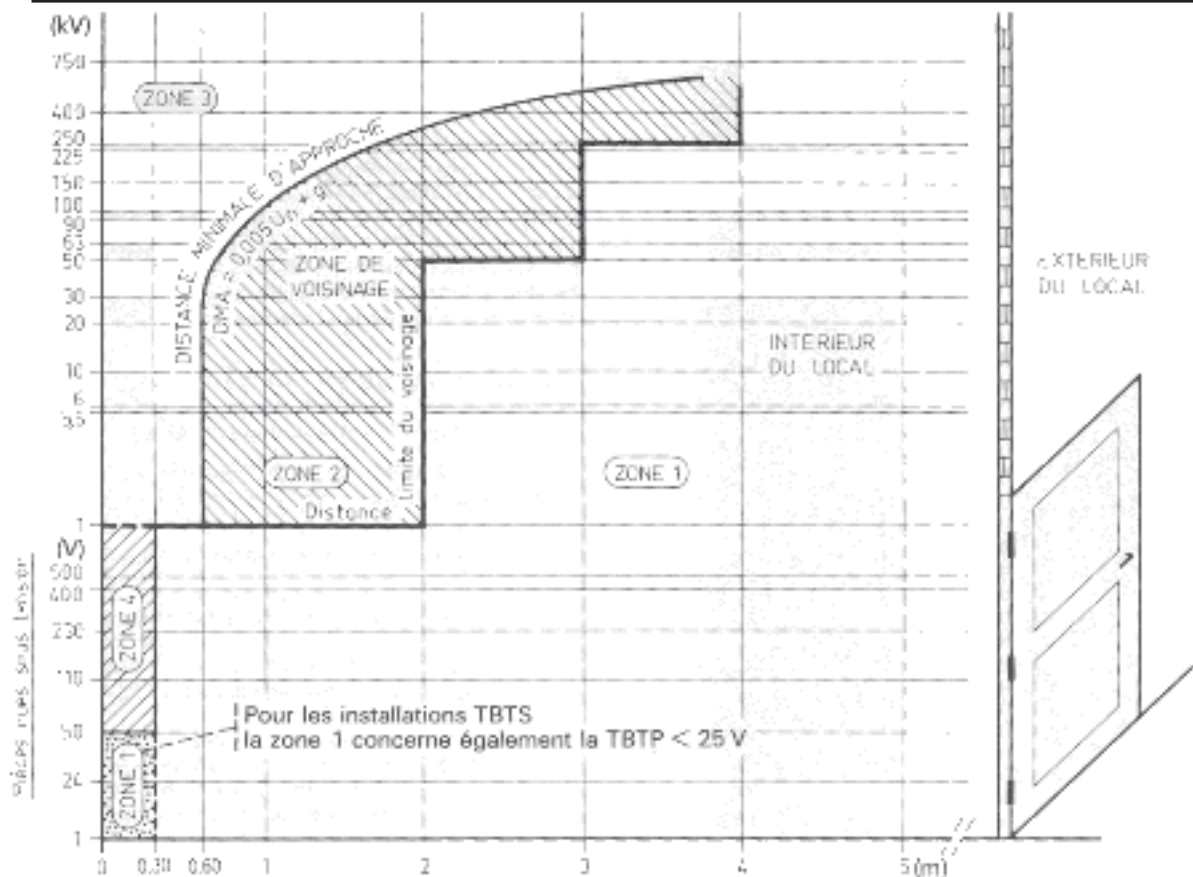
- 0 : Travaux non-électriques
- 1 : travaux d'ordre électrique et/ou de manoeuvres (exécutant électrique)
- 2 : chargé de travaux d'ordre électriques quel que soit le nombre d'exécutants placés sous ses ordres

VI.4/ Le niveau B1V

Les élèves de génie électronique doivent être habilitable au niveau B1V.



- Ils doivent travailler au voisinage des tensions comprises entre : ____ V et ____ V
- Ils sont des exécutants électriques ce qui signifie :
- Ils doivent veiller à leur propre sécurité
- Ils doivent suivre les instructions du chargé des travaux
- N'entreprendre un travail électrique que s'il en a reçu l'ordre
- Respecter les limites de la zone de travail qui lui a été définie et respecter les dispositions de sécurité mises en oeuvre à l'intérieur de cette zone
- Porter les équipements de protection individuelle
- N'utiliser que des outils adaptés au travail à effectuer
- Vérifier le matériel et les outils avant leur utilisation.



Zone 1 : en TBT il faut prendre en compte les risques d'explosions de court circuit ou brulure

Zone 4 : peut être considérée comme une zone de travail sous tension ou une zone de voisinage

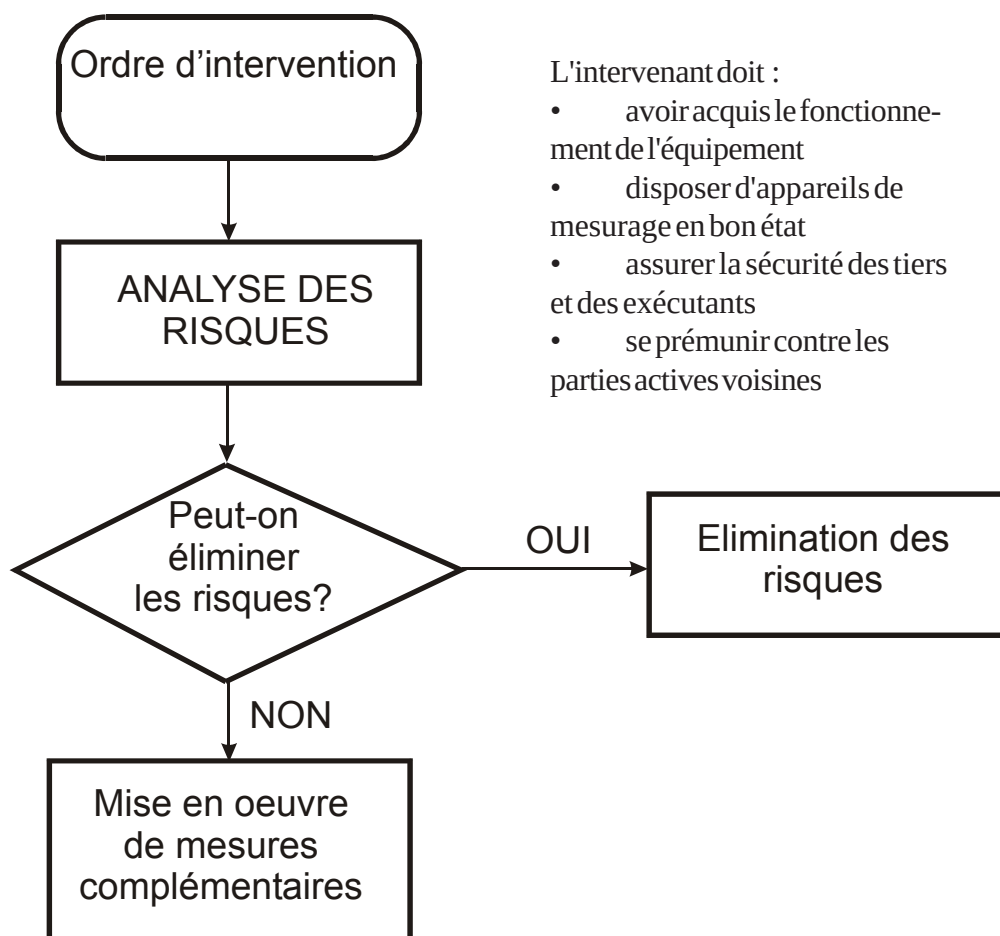
VII/ RÉALISER DES TRAVAUX ÉLECTRIQUES EN SÉCURITÉ

VII.1/ Méthode d'intervention

Les interventions sont généralement de **courte durée** et de **faible étendue**.

Elles sont **limitées aux domaines BT et TBT**

Réalisées sur une installation ou un équipement, elles sont précédées d'une **analyse de risque**.

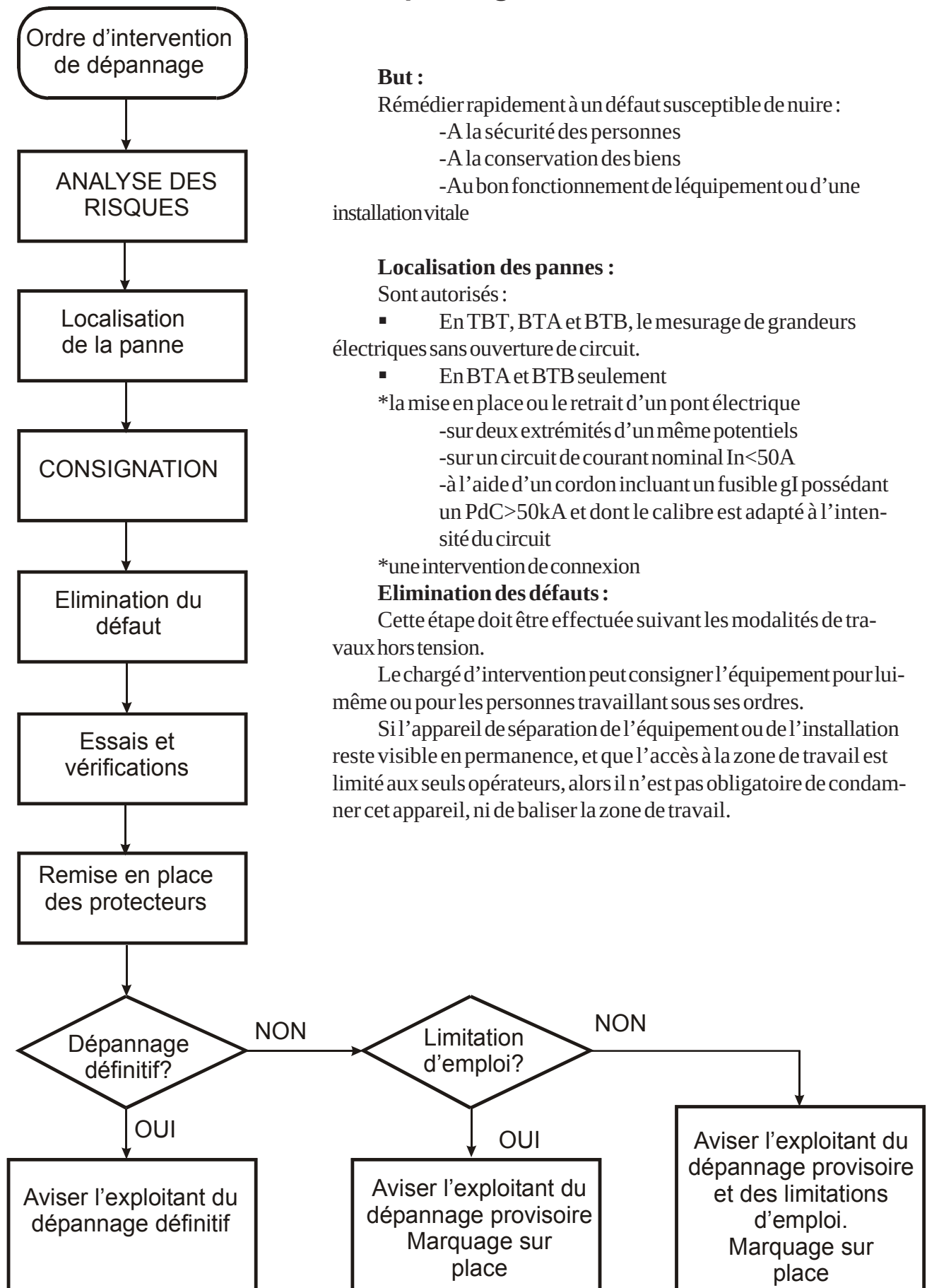


Les mesures complémentaires collectives seront privilégiées sur les mesures individuelles

VII.2/ Mesurage

- L'algorithme ci-dessus reste valable
- Pour les mesures au voltmètre et ampèremètre un degré d'habilitation 1 est nécessaire
- Dans le cas de mesures à l'oscilloscope, la mise en oeuvre de cet appareil s'apparente aux opérations réalisées lors d'une intervention de raccordement et nécessite l'intervention d'un habilité BR ou d'un B1 sous la direction d'un chargé des travaux ou d'un chargé d'intervention.

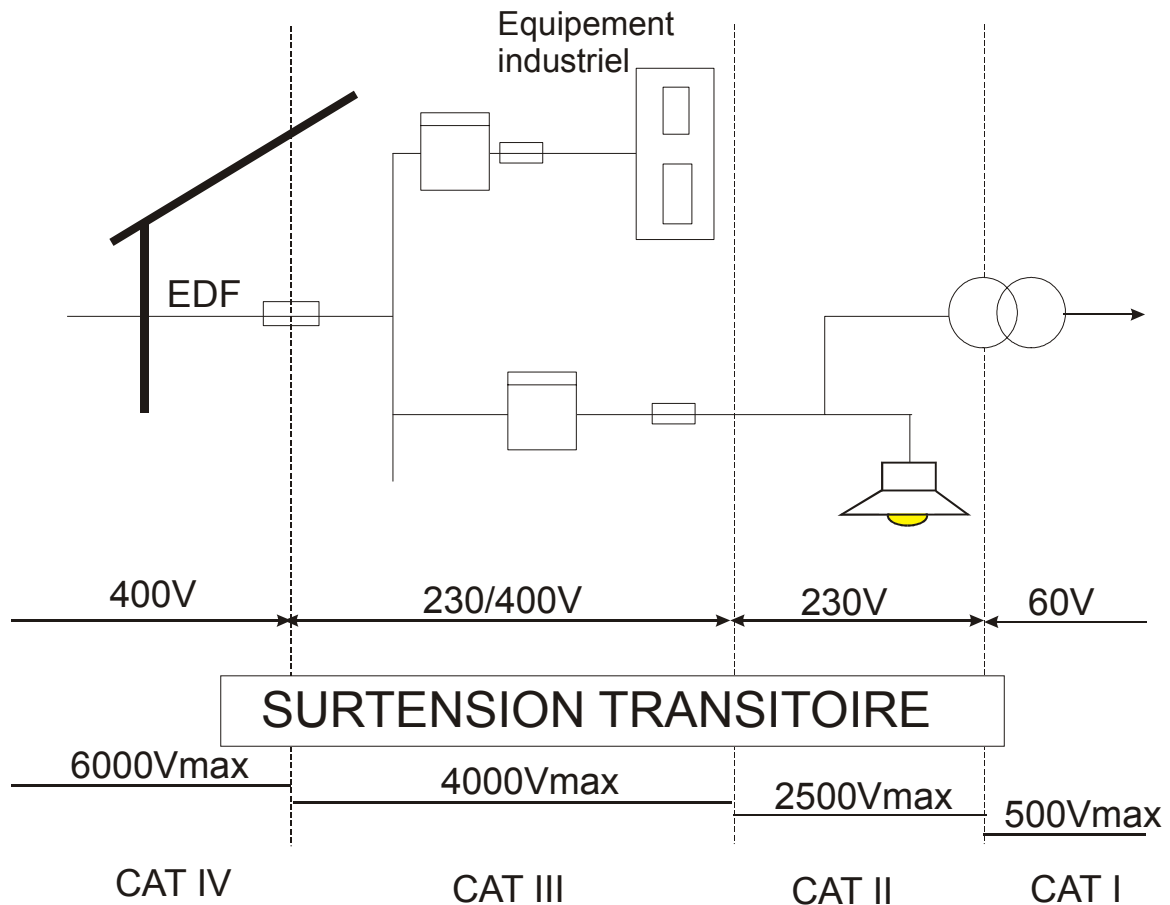
VII.2/ Intervention de dépannage



VII.3/ Choix des appareils de mesure

Catégories de surtension (CEI 664)

Utilisation des appareils en fonction des catégories de surtension



Catégorie IV : Distribution directe EDF...

Catégorie III : Distribution industrielle et circuits moteurs...

Catégorie II : Distribution domestique...

Catégorie I : Télécommunications, électronique avec faible surtension...

Mesure sur réseau triphasé 230/400V

catégorie III

- Il faut utiliser un multimètre de catégorie 3 ou 4
- Avec un oscilloscope de catégorie 1 ou 2, il faut utiliser une sonde de catégorie 3 ou 4

Mesure sur réseau domestique

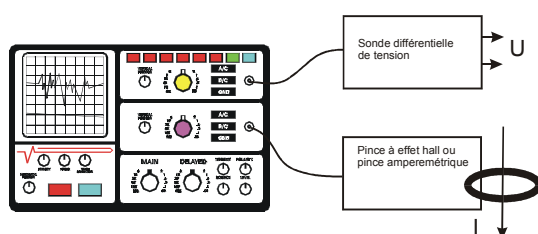
catégorie II

- Il faut utiliser un multimètre de catégorie 3 ou 4
- Avec un oscilloscope de catégorie 1 ou 2, il faut utiliser une sonde de catégorie 3 ou 4

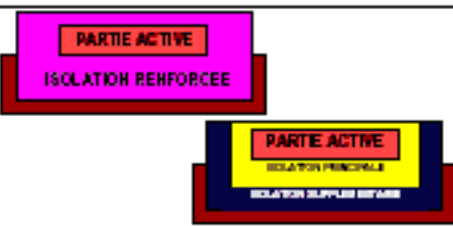
Mesure sur appareillage BT avec faible surtension

catégorie I

- Il faut utiliser un multimètre de cat 3 ou 4
- Oscilloscope de catégorie 1 ou 2

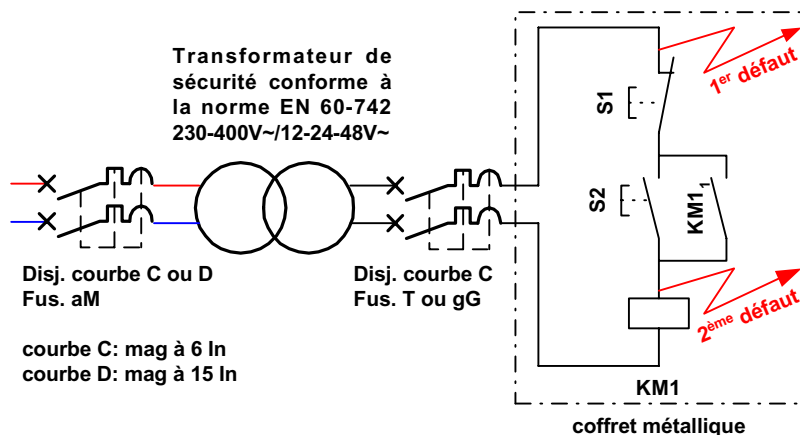


Classe d'un appareil

Type de classe	Symbole ou indication	Définition	Schéma ou autre indication
classe 0	pas de symbole	Interdite dans l'industrie	
classe I		Matériel ayant au moins une isolation fonctionnelle en toutes ses parties et comportant l'ensemble des dispositions permettant de relier ses parties métalliques accessibles à un conducteur de protection (mise à la terre).	 Enveloppe extérieure isolante ou/et métallique
classe II		Matériel dont les parties accessibles sont séparées des parties sous tension par une isolation ne comprenant que des éléments à double isolation ou à isolation renforcée, et ne comportant pas de dispositions permettant de relier les parties métalliques accessibles, s'il en existe, à un conducteur de protection.	
classe III		Matériel prévu pour être alimenté en très basse tension de sécurité et n'ayant aucun circuit ni interne ni externe fonctionnant sous une tension supérieure à ces limites	Alimentation par un transformateur de sécurité repéré par le symbole: 

Annexe : Catégories de TBT

TBTS TRES BASSE TENSION de SECURITE



DEFINITION: UTE C 18-510 § 2.3.3.1.

Installation du domaine TBT dont:

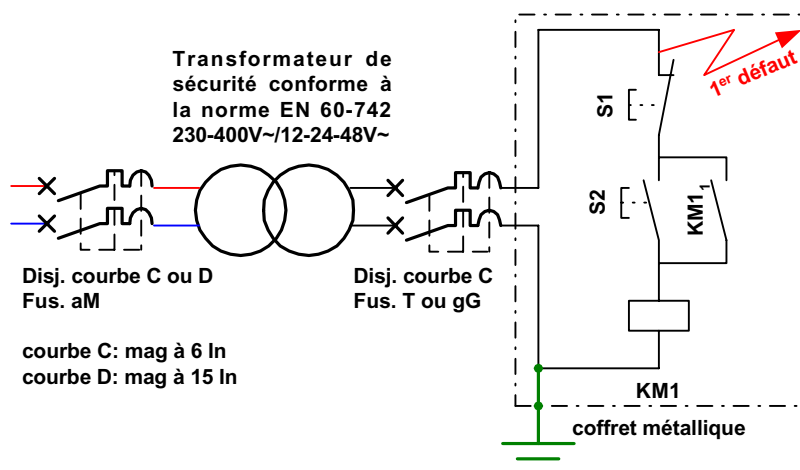
- toutes les parties actives sont séparées des parties actives de toutes autre installation par une isolation double ou renforcée.
- les parties actives sont isolées de la terre ainsi que de tout conducteur de protection appartenant à d'autres installations.

- Au 1^{er} défaut il ne se passe rien.

- Au 2^{ème} défaut la bobine KM1 est alimentée en permanence.

Inconvénient: ne peut être utilisé pour des machines dangereuses.

TBTP TRES BASSE TENSION de PROTECTION



DEFINITION: UTE C 18-510 § 2.3.3.2.

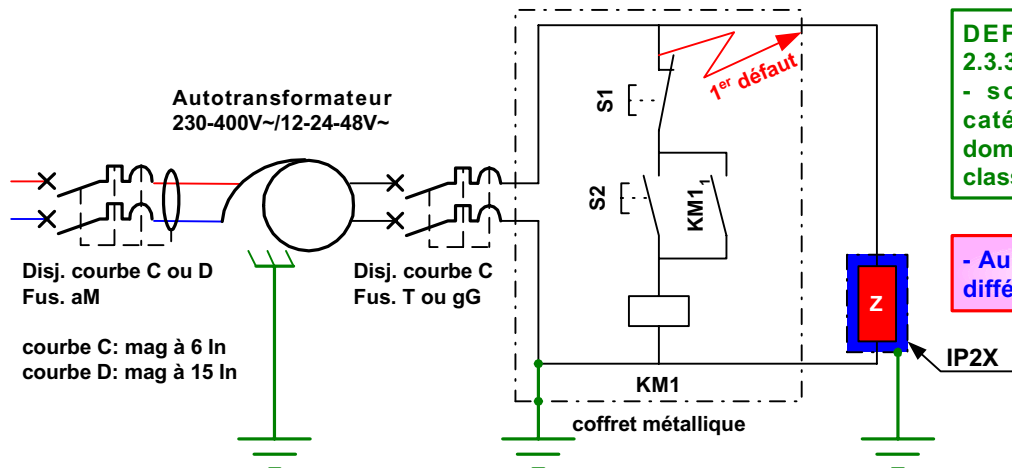
Installation du domaine TBT, répondant à la première condition de la TBTS, mais qui ne sont pas soumises à la seconde.

- toutes les parties actives sont séparées des parties actives de toutes autre installation par une isolation double ou renforcée.

- Au 1^{er} défaut il y a court-circuit.

Utilisation pour les machines dangereuses.

TBTF TRES BASSE TENSION FONCTIONNELLE

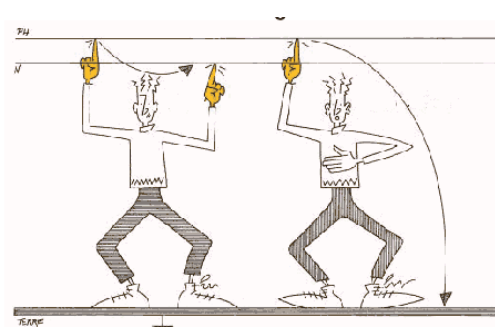
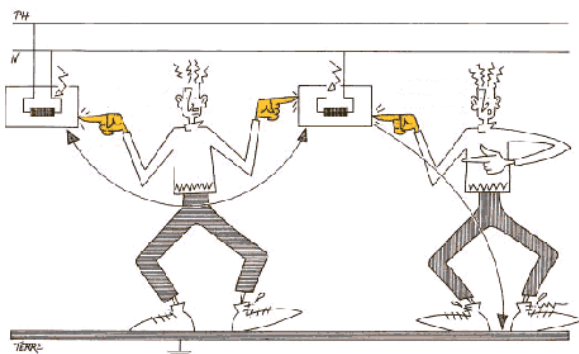
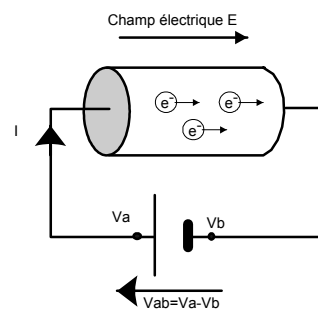
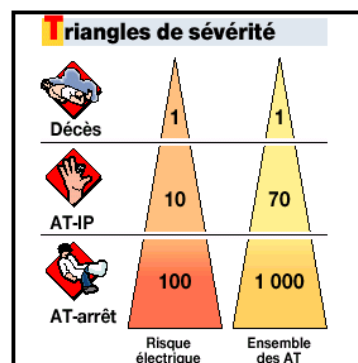


DEFINITION: UTE C 18-510 § 2.3.3.3.

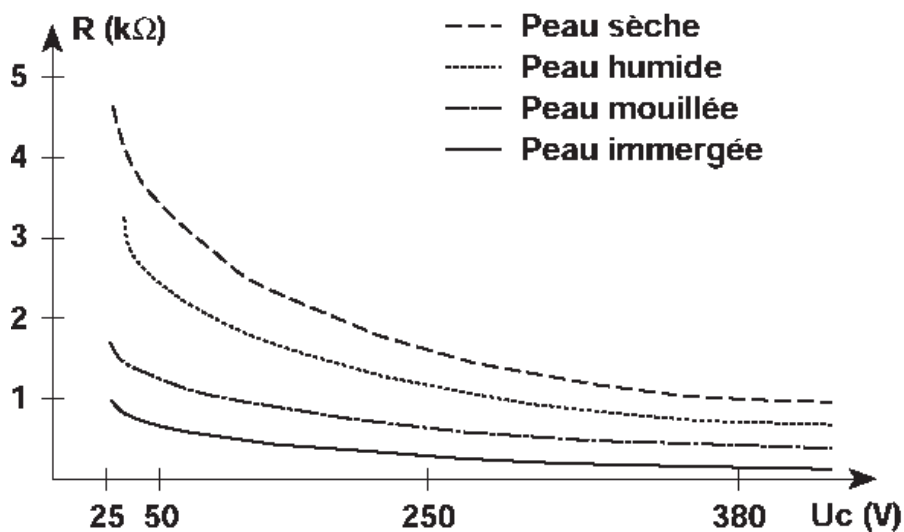
- sont classées dans cette catégorie, les installations du domaine TBT qui ne peuvent être classées en TBTS ou en TBTP.

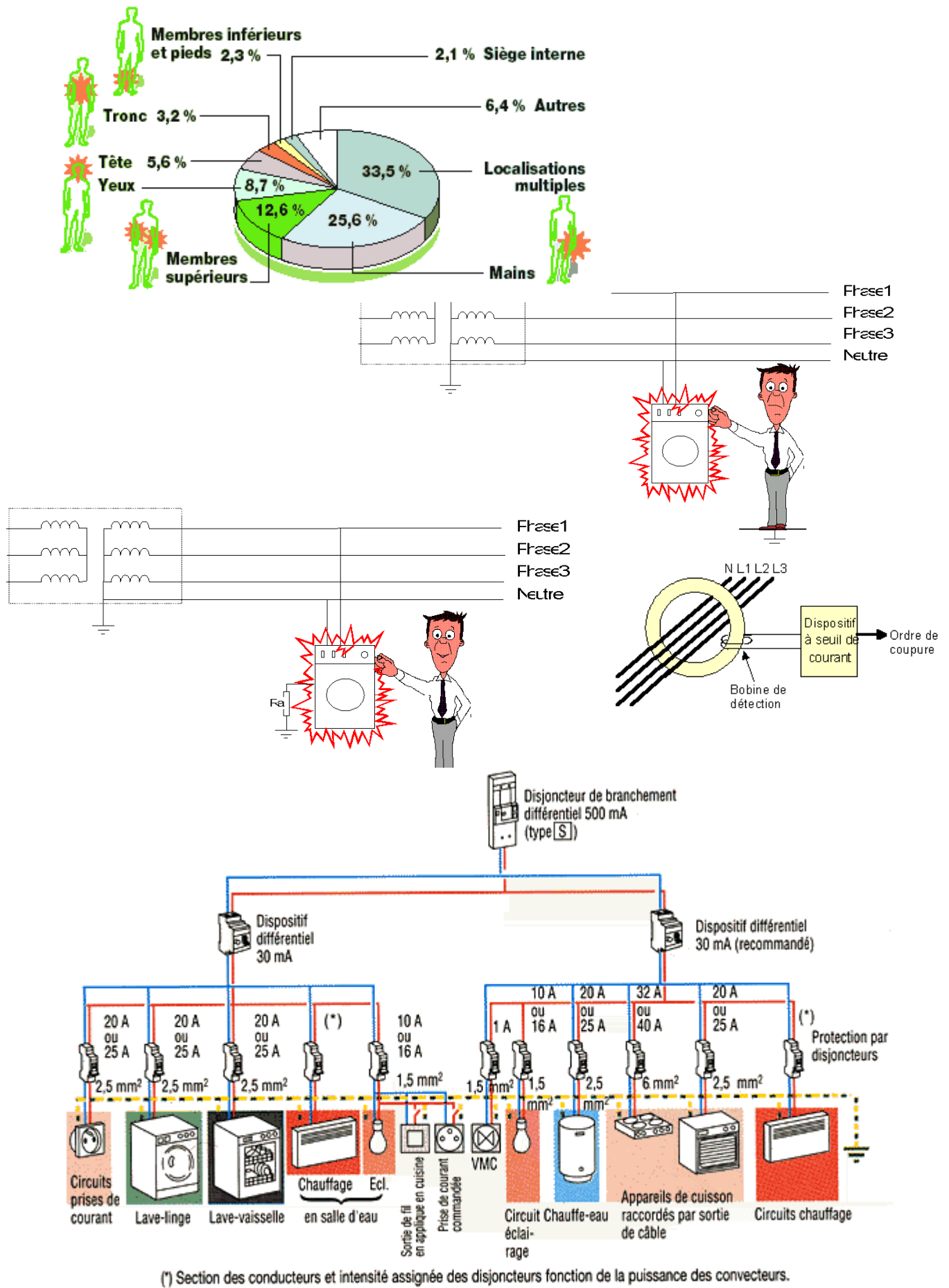
- Au 1^{er} défaut déclenchement du différentiel.

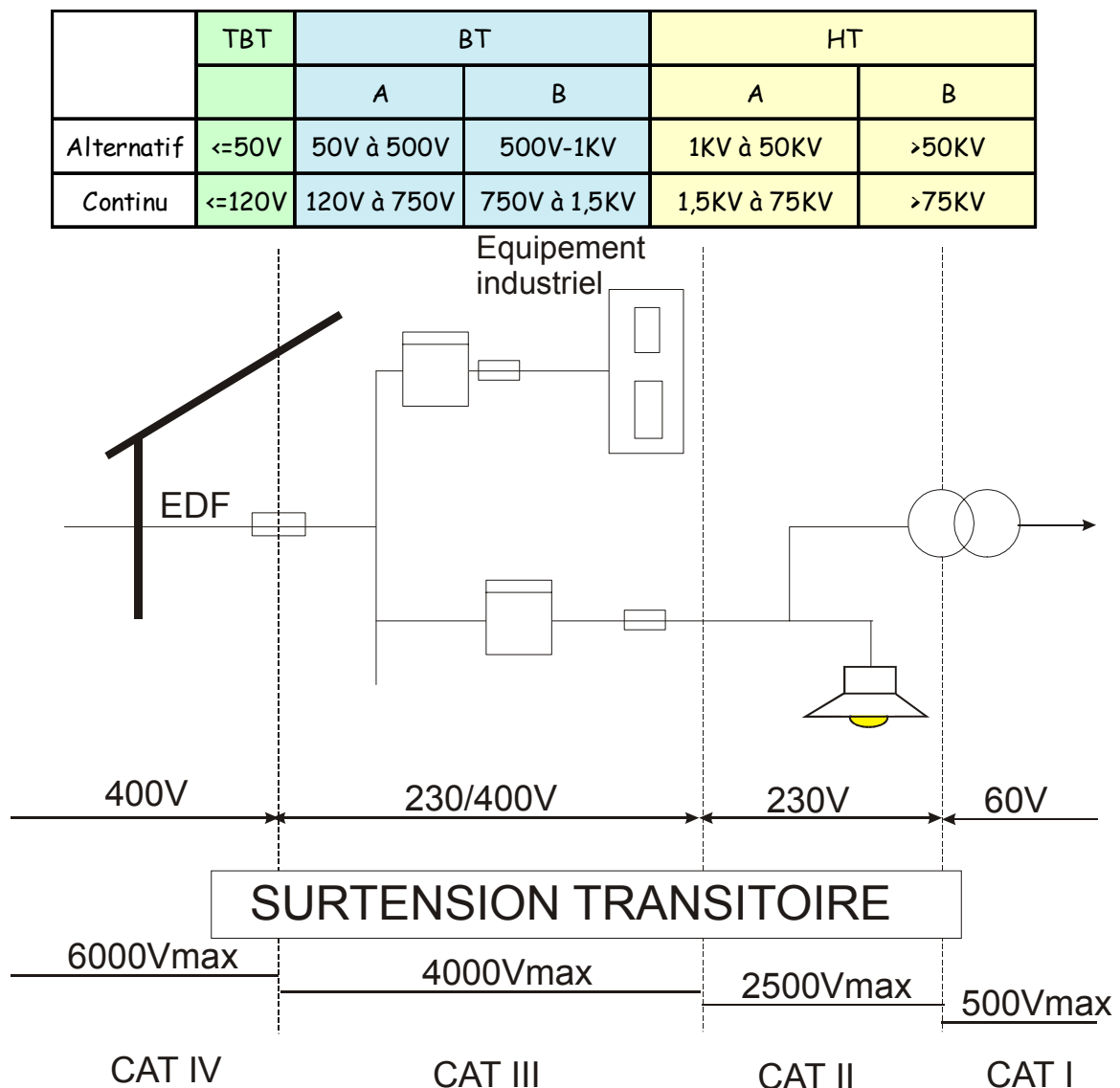
Année	Accident de travail avec arrêt	Accident ayant entraîné une incapacité permanente	Journées perdues pour incapacité temporaire	Décès
1998	896	89	37628	9
1997	906	86	39484	17
1996	916	99	45180	19
1995	930	122	46499	12
1994	958	118	44253	13
1990	1308	177	56175	35
1985	1306	185	40196	42
1980	1883	247	60447	50
1975	2793	360	89410	67
1970	3449	361	96952	?



RÉSISTANCE DU CORPS HUMAIN







Type de classe	Symbole ou indication	Définition	Schéma ou autre indication
classe 0	pas de symbole	Interdite dans l'industrie	
classe I		Matériel ayant au moins une isolation fonctionnelle en toutes ses parties et comportant l'ensemble des dispositions permettant de relier ses parties métalliques accessibles à un conducteur de protection (mise à la terre).	
classe II		Matériel dont les parties accessibles sont séparées des parties sous tension par une isolation ne comprenant que des éléments à double isolation ou à isolation renforcée, et ne comportant pas de dispositions permettant de relier les parties métalliques accessibles, s'il en existe, à un conducteur de protection.	
classe III		Matériel prévu pour être alimenté en très basse tension de sécurité et n'ayant aucun circuit ni interne ni externe fonctionnant sous une tension supérieure à ces limites	Alimentation par un transformateur de sécurité repéré par le symbole:

