

**HT**  
**GUIDE**

**GUIDE  
D'INSTALLATION  
ET DE  
MISE EN SERVICE  
DES  
ALIMENTATIONS H.T. REGULEES**

Indice b

**Sefelec**

---

Parc d'Activité du Mandinet - 19, rue des Campanules  
77185 LOGNES - FRANCE  
Téléphone : 01.64.11.83.40  
Télécopie : 01.60.17.35.01  
E-mail : [Sefelec.marketing@sefelec.com](mailto:Sefelec.marketing@sefelec.com)  
Site Web : [www.sefelec.com](http://www.sefelec.com)

## SOMMAIRE

<b><u>INTRODUCTION</u></b>	Page
Objet de ce document .....	1
 <b><u>CHAPITRE I - PREPARATION DU SITE D'UTILISATION</u></b>	
<b>I-1- RAPPEL DE REGLES DE SECURITE .....</b>	<b>2</b>
<b>I-2- DEFINITION DU SITE D'UTILISATION .....</b>	<b>4</b>
I-2-1- CONDITIONS GENERALES DE SECURITE .....	4
I-2-2- CONDITIONS D'INSTALLATION .....	5
I-2-3- PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'ELEVATION EN POTENTIEL .	5
I-2-4- PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'ECHAUFFEMENT, DE BRULURE ET D'INCENDIE .....	6
 <b><u>CHAPITRE II - INSTALLATION DE L'ALIMENTATION</u></b>	
<b>II-1- IMPLANTATION DANS LA ZONE D'ESSAIS HT .....</b>	<b>9</b>
<b>II-2- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES .....</b>	<b>11</b>
II-2-1- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « RESEAU » .....	11
II-2-2- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « BASSE TENSION ».....	12
II-2-3- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « A LA TERRE » .....	13
II-2-4- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « HAUTE TENSION » .....	14
 <b><u>CHAPITRE III - UTILISATION</u></b>	
<b>III-1- REGLES DE SECURITE .....</b>	<b>16</b>
<b>III-2- PREPARATION D'ESSAIS HT .....</b>	<b>16</b>
<b>III-3- EXECUTION D'ESSAIS HT .....</b>	<b>18</b>
<b>III-4- ARRET D'ESSAIS HT .....</b>	<b>18</b>
 <b><u>ANNEXE I- RAPPEL DES RISQUES D'ORIGINE ELECTRIQUE .....</u></b>	 <b>20</b>
<b><u>ANNEXE II- PROCEDURE D'ESSAI : MODELE pour alimentation HT .....</u></b>	<b>22</b>

- AVERTISSEMENT -

*Ce document d'information technique ne peut être considéré comme un document à caractère réglementaire ou normatif ayant une valeur officielle et légale.*

*Il est diffusé pour servir de guide et de première approche aux règles de sécurité dans le domaine des essais électriques en haute tension.*

*La société SEFELEC ne peut être tenue pour responsable en matière de sécurité en cas d'utilisation de ce document comme preuve de conformité d'une installation ou de moyens d'essais ou comme support à une formation de personnes en vue de leurs habilitations pour exécuter des travaux en haute tension.*

## INTRODUCTION

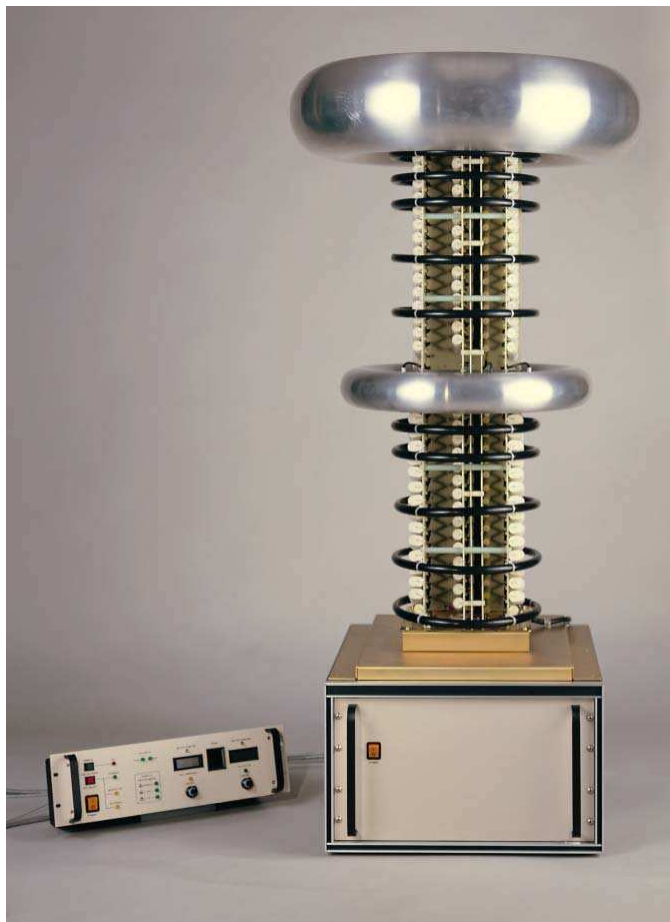
Ce document a pour objectif d'aider à la mise en œuvre d'une installation HT utilisant une alimentation HT régulée et de donner des conseils pour une utilisation dans les meilleures conditions de sécurité.

Ce guide concerne plus particulièrement les alimentations HT régulées délivrant des tensions continues comprises entre 0 et 400 kV dont la sortie HT est directement accessible sur une borne constituée par une couronne toroïdale ou sphère (voir photo ci-dessous).

Ces générateurs peuvent délivrer des courants faibles (pour des applications en électrostatique), des courants relativement élevés pour des essais diélectriques ou pour l'alimentation d'équipements HT.

Dans tous les cas la sécurité et la sûreté de fonctionnement (CEM par exemple) doivent être assurées.

Les règles d'utilisation et de sécurité définies dans ce document ne sont pas exhaustives. Elles peuvent aussi s'appliquer à des alimentations HT de tensions alternatives ou à des alimentations dont la sortie par câble blindé HT est raccordée à un équipement présentant des parties dangereuses accessibles au toucher.



ALIMENTATION 400 kV

## CHAPITRE I - PREPARATION DU SITE D'UTILISATION

Le site désigné pour effectuer des essais en HT, et par extension tout type d'essais électriques dangereux, doit dans sa conception répondre à un certain nombre de règles de sécurité.

Quel que soit le lieu, local spécialement aménagé ou zone affectée aux essais, il faut vérifier qu'il est apte à assurer la sécurité des personnes présentes.

### **I-1- RAPPEL DE REGLES DE SECURITE**

Ce document reprend les dispositions générales exposées dans la norme européenne

"NF EN50191 janvier 2004 - Installation et exploitation des équipements électriques d'essais.",

ainsi que les règles particulières de sécurité définies par le décret du 14/11/88 et par l'arrêté du 13/12/88 fixant des *dispositions particulières applicables à certains laboratoires, plates-formes d'essais et ateliers pilotes*.

Ces dispositions sont complétées par un certain nombre de prescriptions de sécurité extraites des documents suivants :

-UTE C 18-510 novembre 1988 mise à jour 1994

"Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique"

-UTE C 18-530 mai 1990

"Carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité"

NOTA : les dispositions et règles de sécurité particulières exposées dans ce document ne concernent que les essais exécutés par des équipements H.T. délivrant des tensions généralement supérieures à 1 kV (domaine HTA > 1500 V continu lisse) et présentant un danger pour les personnes de par la puissance délivrée ou l'énergie stockée.

Sur le plan électrique les essais électriques sur ou avec des équipements HT sont considérés comme dangereux lorsque :

- a) le courant délivré par la source H.T. peut dépasser **12 mA** en courant continu  
ou **3 mA** en courant alternatif.
- b) la charge dépasse **45 µC** pour les tensions inférieures ou égales à **15 kV crête** ou continu.
- c) l'énergie accumulée (et susceptible d'être déchargée) est supérieure à **350 mJ** pour les tensions supérieures à 15 kV crête ou continu.



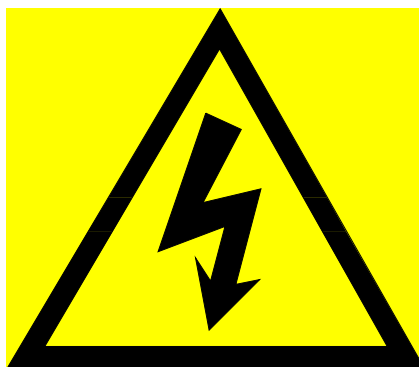
**Un équipement Haute Tension doit être utilisé par du personnel qualifié.**

**Les réglages, la maintenance et la réparation d'un équipement HT doivent être exécutés par du personnel qualifié.**

**Pour une utilisation correcte en toute sécurité d'un équipement HT, il est essentiel que le personnel soit habilité pour effectuer des essais en haute tension et que toutes les consignes et procédures de sécurité soient respectées.**

## **ATTENTION !**

**Une alimentation HT régulée est un système électronique conçu et destiné à être utilisé dans un environnement haute tension et les instructions et précautions d'emploi doivent être respectées.**



**HAUTE TENSION  
DANGER DE MORT**

## I-2- DEFINITION DU SITE D'UTILISATION

Le site d'essais HT peut être fixe et construit « en dur », ou être constitué par une structure légère et mobile (panneaux démontables), ou simplement être délimité comme « zone dangereuse » en matérialisant les limites, le tout complété par une signalisation adaptée. Dans tous les cas le but premier est d'assurer la sécurité des personnes présentes.

### I-2-1- CONDITIONS GENERALES DE SECURITE

#### ETAT DE L'INSTALLATION

- 1 ---> La zone d'essai, à partir du moment où des parties accessibles au toucher sont dangereuses, doit être clairement délimitée.  
Cette délimitation doit être réalisée par tous moyens adéquats tels que cloisons, écrans, barrières fixes ou mobiles comportant des parois en matériaux incombustibles.
- 2 ---> Le local doit être maintenu propre et ne pas servir de dépôt de matériels quelconques.
- 3 ---> Le local ou la zone d'essais ne doit pas être traversé par des canalisations non nécessaires à son exploitation sans dispositions compensatrices (mise à la terre, isolation renforcée, etc..).
- 4 ---> L'éclairage électrique doit être suffisant pour permettre une exploitation sûre et facile.
- 5 ---> Un éclairage de sécurité est obligatoire dans le local ou la zone d'essais.

#### CONSIGNES – AFFICHAGE - REPERAGE

- 6 ---> L'emplacement délimité doit être signalé par des dispositifs d'avertissement graphiques sur chaque face externe accessible.  
Cette signalisation doit être complétée par des lampes de couleur rouge allumées préalablement à la mise sous tension, restant allumées pendant toute la durée de l'essai et disposées à chaque accès à l'emplacement dangereux, de façon à être parfaitement visibles.
- 7 ---> L'autorisation d'accès ne doit être délivrée qu'à des personnes ayant acquis une formation à la sécurité spécifique à la nature des travaux à exécuter.  
Les personnes étrangères à l'emplacement de travail ne doivent en aucun cas participer aux essais.
- 8 ---> Chaque point d'alimentation en énergie doit être repéré par une plaque spécifiant la valeur et la nature de la tension .

## ISOLEMENT DES OPERATEURS

- 9 ---> Les opérateurs doivent disposer du matériel de sécurité nécessaire.  
Le matériel de sécurité doit être adapté à la tension de service ou d'essai et maintenu en parfait état.

## PIECES NUES DES DOMAINES HT

- 10 --> Pour les tensions des domaines HTA et HTB il doit être prévu un dispositif lumineux pulsé, visible de l'ensemble de l'emplacement de travail, complété par un dispositif sonore qui doit prévenir de l'imminence de la mise sous tension.

## I-2-2- CONDITIONS D'INSTALLATION

### SEPARATION DES INSTALLATIONS

- 1 ---> Un dispositif à action omnipolaire simultanée doit assurer la séparation de toute source d'énergie, à l'origine de tout circuit et à l'origine de l'installation.  
Ce dispositif doit assurer une séparation apparente et être verrouillable en position d'ouverture.
- 2 ---> La nature des parties isolantes des conducteurs (ou pièces sous tension) ou leurs protections doit être adaptée à la tension appliquée.

### ISOLATION

- 3 ---> Le recouvrement des conducteurs et pièces sous tension doit être adapté à la tension et conserver ses propriétés à l'usage.
- 4 ---> Pour les circuits du domaine BTA de courant d'emploi au plus égal à 16 A, les raccordements des canalisations électriques mobiles aux installations fixes et aux appareils de mesure doivent être effectués à l'aide de dispositifs présentant le degré de protection IP2X ou IPXXB tels que prises de courant normalisées, fiches bananes à manchon rétractable, pinces crocodiles à mâchoires capotées, dispositifs agrippe-fil.

## I-2-3- PROTECTION CONTRE LES RISQUES D'ELEVATION EN POTENTIEL

### PRISE DE TERRE

- 1 ---> Les prises de terre doivent avoir une valeur appropriée à l'usage auquel elles sont destinées.
- 2 ---> Les prises de terre ne doivent pas être exposées à des dégradations dues aux actions mécaniques, thermiques, corrosives ou électrolytiques.
- 3 ---> Les prises de terre ne peuvent être constituées par des pièces métalliques simplement plongées dans l'eau.
- 4 ---> Les connexions entre prises de terre et conducteurs de protection doivent être assurées de manière efficace et durable.

## CONDUCTEURS DE TERRE ET DE PROTECTION

- 5 ---> Toutes les masses doivent être interconnectées et reliées à la terre.
- 6 ---> Les connexions entre conducteurs de protection ou entre ces conducteurs et les masses doivent être assurées de manière efficace et durable.
- 7 ---> Aucun fusible, interrupteur ou disjoncteur ne doit être intercalé dans les conducteurs de terre ou de protection.
- 8 ---> Les conducteurs de protection doivent avoir des sections suffisantes eu égard à l'intensité et à la durée des courants susceptibles de les parcourir.
- 9 ---> Toute masse doit être reliée directement à un conducteur de protection : le raccordement par d'autres masses montées en série est interdit.
- 10 --> Toute barrette de sectionnement insérée sur un conducteur de terre doit être démontable uniquement à l'aide d'un outil.
- 11 --> Les conducteurs de terre connectés à une prise de terre autre que celle des masses doivent être isolés :  
- des masses  
- des éléments conducteurs étrangers à l'installation.
- 12 --> Lorsqu'il existe des prises de terre électriquement distinctes, les conducteurs de protection correspondants doivent être isolés pour les tensions susceptibles d'apparaître.

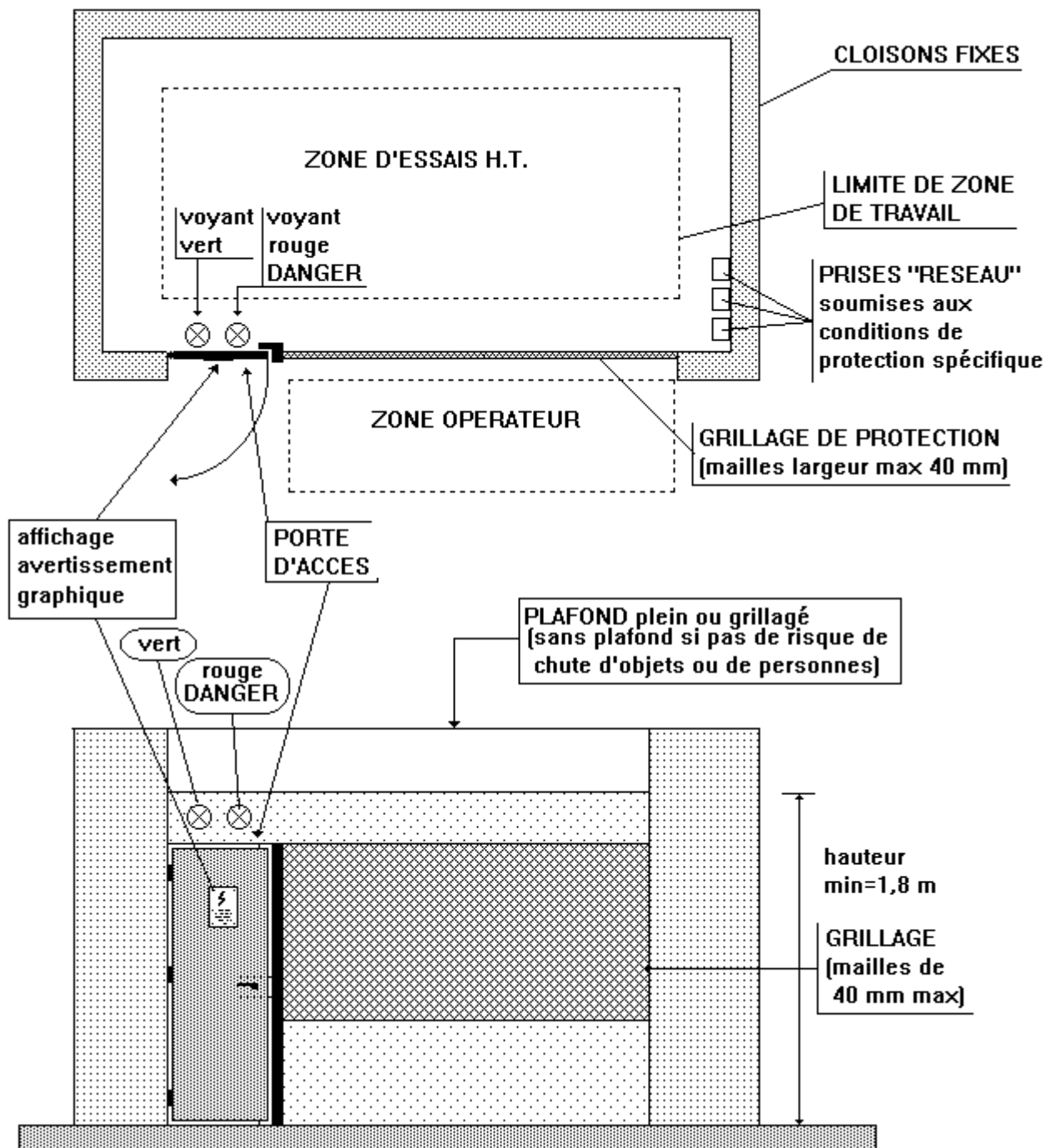
### I-2-4- PROTECTIONS CONTRE LES RISQUES D'ECHAUFFEMENT, DE BRULURE ET D'INCENDIE.

- 1 ---> La température atteinte en service normal par les équipements situés dans la zone de travail H.T. ne doit pas compromettre la bonne isolation des circuits électriques ni provoquer des brûlures aux opérateurs.
- 2 ---> L'équipement électrique ne doit pas être utilisé dans des conditions de service plus sévères que celles pour lesquelles il a été construit.

---

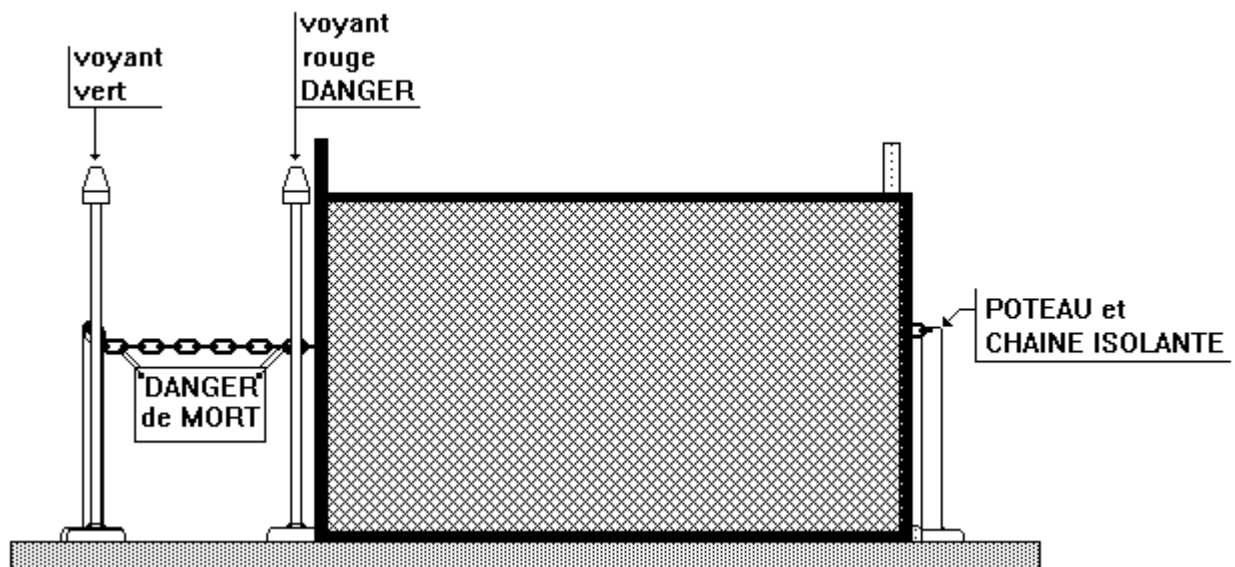
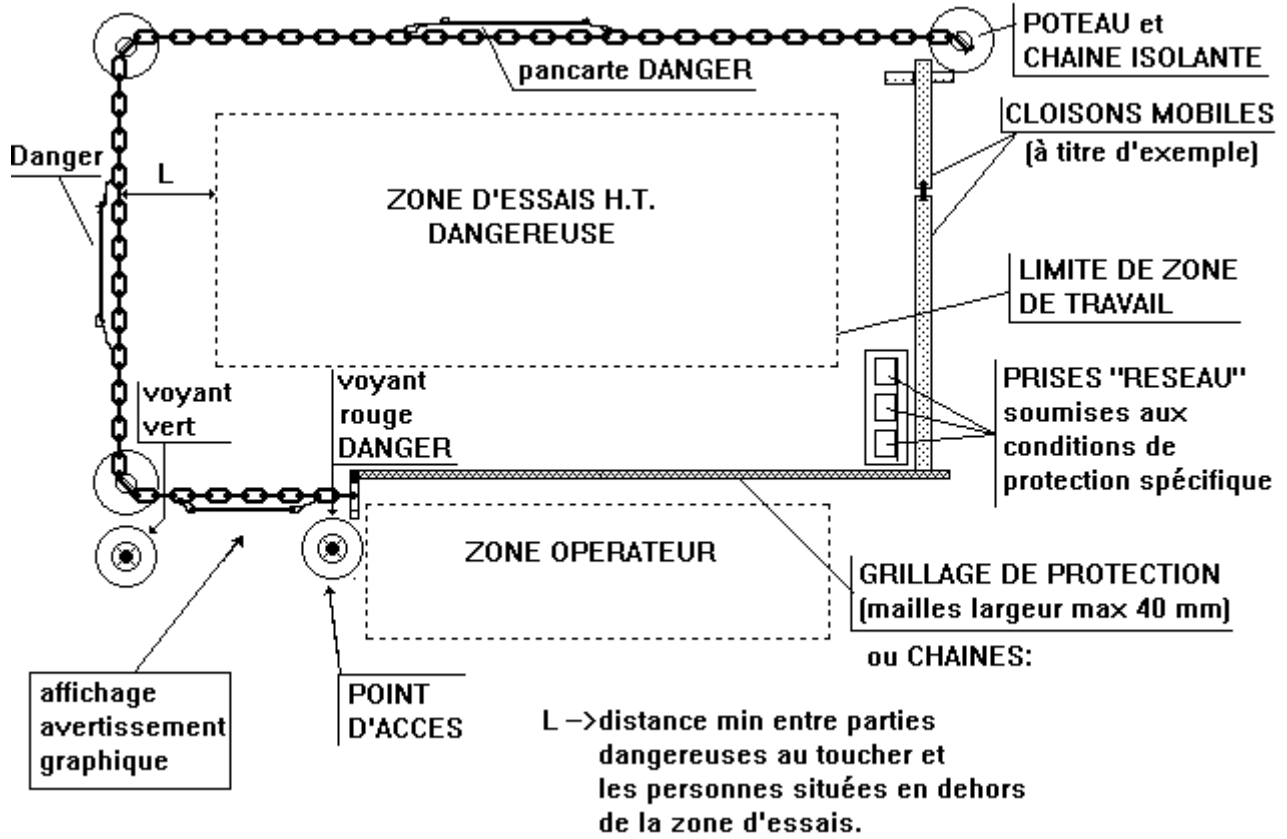
En faisant la synthèse de toutes les prescriptions qui précèdent, un exemple d'installation d'une plate-forme d'essais fixe et un exemple d'installation d'une zone d'essais mobile sont représentés sur les 2 pages suivantes.

**PLATE-FORME D'ESSAIS**  
**EXEMPLE D'INSTALLATION**



## ZONE D'ESSAIS MOBILE

### EXEMPLE D'INSTALLATION



## **CHAPITRE II - INSTALLATION DE L'ALIMENTATION**

### **II-1- IMPLANTATION DANS LA ZONE D'ESSAIS HT**

En dehors des considérations de sécurité, il est impératif de disposer l'alimentation HT et le reste des équipements HT (appareils de mesures ou produits en essais) dans le local ou la zone d'essais en respectant des distances minimales entre les parties portées à la HT et les parties référencées au potentiel de la terre.

Ces distances minimales permettent d'éviter l'apparition de phénomènes d'ionisation de l'air, de charges électrostatiques importantes, d'effets corona ou d'arcs électriques susceptibles de perturber les mesures ou de détruire certaines parties des équipements présents.

Une plate-forme d'essais HT, un local ou une zone prévue à cet usage doit avoir des dimensions minimum adaptées à la tension maximum d'utilisation.

Les plans d'implantation ainsi que les tableaux de la page suivante permettent de définir (ou de vérifier) les dimensions et l'emplacement optimal du générateur et des équipements en essais.

Ces dimensions sont définies pour des panneaux ou surfaces conductrices reliées au potentiel de la terre qui ne présentent aucune irrégularité de surface susceptible de créer un phénomène de renforcement de champs électrostatique local (effet de pointe).

Dans le cas contraire (exemple : tuyaux, poutres métalliques, objets avec des angles vifs, etc..), il est nécessaire de majorer les distances initiales.

Le coefficient de majoration est difficile à définir en théorie sauf si les formes des objets concernés constituent un système simple et parfaitement identifiable tel que « pointe / plan » ou « pointe / pointe ». Dans ce cas des formules de corrections peuvent être utilisées.

Dans le cas contraire, des essais d'évaluation ou des coefficients arbitraires doivent être appliqués ( x 2 ou x 3).

D'une manière générale il est recommandé d'éviter la présence, dans le local HT, d'objets dont le rayon de pliage des parties anguleuses ou la courbure de leurs surfaces soit inférieur à  $D/2$  pour une distance minimale  $C$  et pour des *conditions normales d'environnement*.

#### **Rappel : conditions normales d'environnement**

L'atmosphère normalisée de référence, selon la CEI 68-1 est :

Température	$t_0 =$	20 °C
Pression	$\rho_0 =$	101,3 kPa (1013 mbar)
Humidité absolue	$h_0 =$	11 g/m <sup>3</sup>

Dans la pratique, on peut considérer que les conditions suivantes ont une influence négligeable sur les essais :

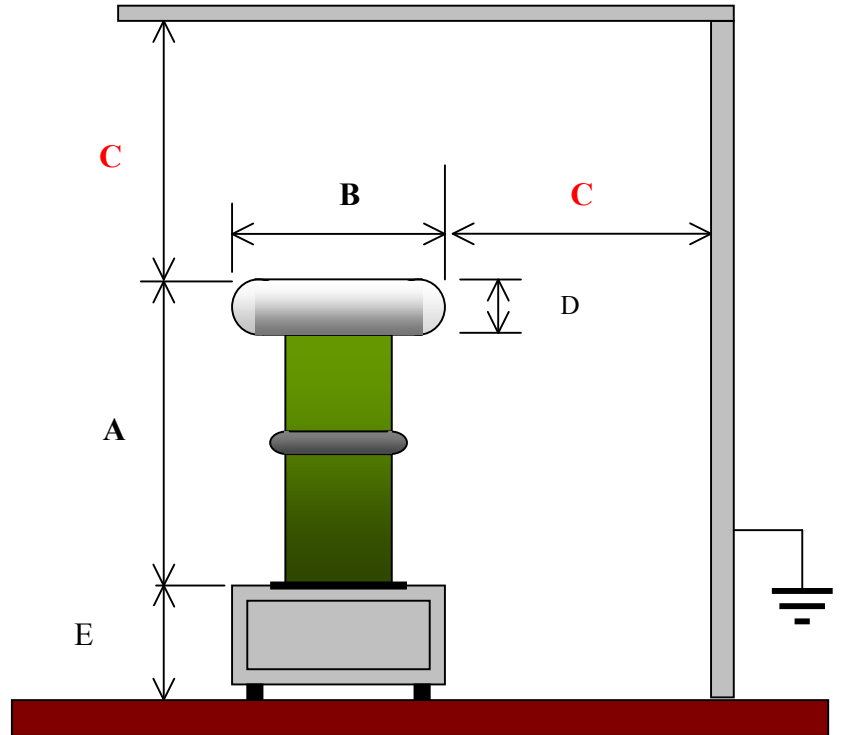
Pression atmosphérique :	de 86 kPa à 106 kPa
Température ambiante :	de + 15 °C à +35 °C
Degré hygrométrique :	de 25 % HR à 75% HR (t < 40 °C)
Degré de pollution :	1 ou 2 selon la CEI 664

## IMPLANTATION D'UNE ALIMENTATION HAUTE TENSION DANS UN LOCAL D'ESSAI

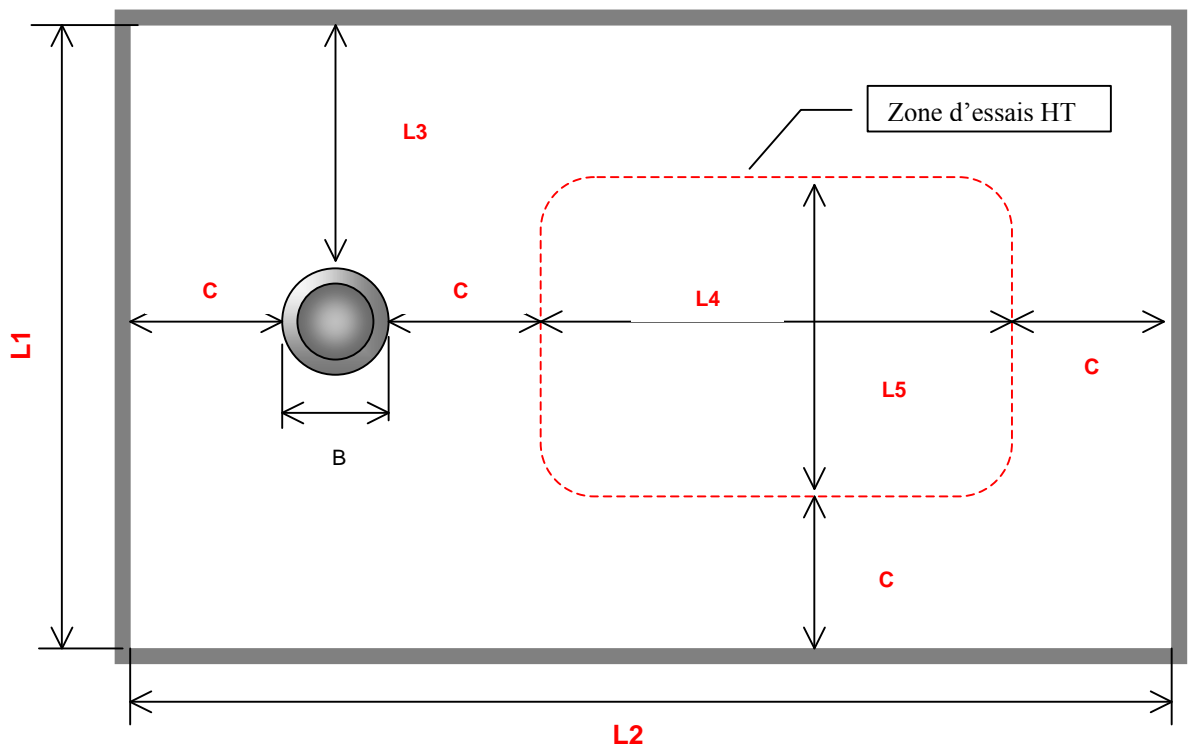
U <sub>HT</sub> kV	A mm	B mm	C mm	D mm
100	<b>370</b>	<b>305</b>	<b>400</b>	<b>50</b>
150	<b>550</b>	<b>355</b>	<b>550</b>	<b>90</b>
200	<b>675</b>	<b>510</b>	<b>700</b>	<b>125</b>
250	<b>820</b>	<b>610</b>	<b>850</b>	<b>180</b>
300	<b>1085</b>	<b>710</b>	<b>1000</b>	<b>180</b>
400	<b>1400</b>	<b>865</b>	<b>1200</b>	<b>215</b>

U <sub>HT</sub> kV	L1 (L5+2C) mm	L2 (L4+B+3C) mm	H (210+A+C) mm
100	<b>L5+800</b>	<b>L4+1505</b>	<b>980</b>
150	<b>L5+1100</b>	<b>L4+2015</b>	<b>1310</b>
200	<b>L5+1400</b>	<b>L4+2610</b>	<b>1585</b>
250	<b>L5+1700</b>	<b>L4+3160</b>	<b>1880</b>
300	<b>L5+2000</b>	<b>L4+3710</b>	<b>2295</b>
400	<b>L5+2400</b>	<b>L4+4465</b>	<b>2810</b>

$$L5_{\min} = B \Rightarrow L3_{\min} = C$$



Nota : E hauteur du coffret intégrant l'électronique de puissance  
(exemple E ≈ 210 mm)



## II-2- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES

Les règles de mise en œuvre des raccordements électriques pour une installation HT ont une importance non seulement sur le plan sécurité, mais aussi sur le plan fonctionnel, immunité aux perturbations d'ordres électrique, électrostatique et électromagnétique.

On peut distinguer 3 catégories de raccordements : - réseau d'alimentation,  
- liaison à la terre et  
- liaisons HT.

Il est important de séparer au maximum les câbles, conducteurs ou éléments de liaison des différentes catégories pour éviter des interférences.

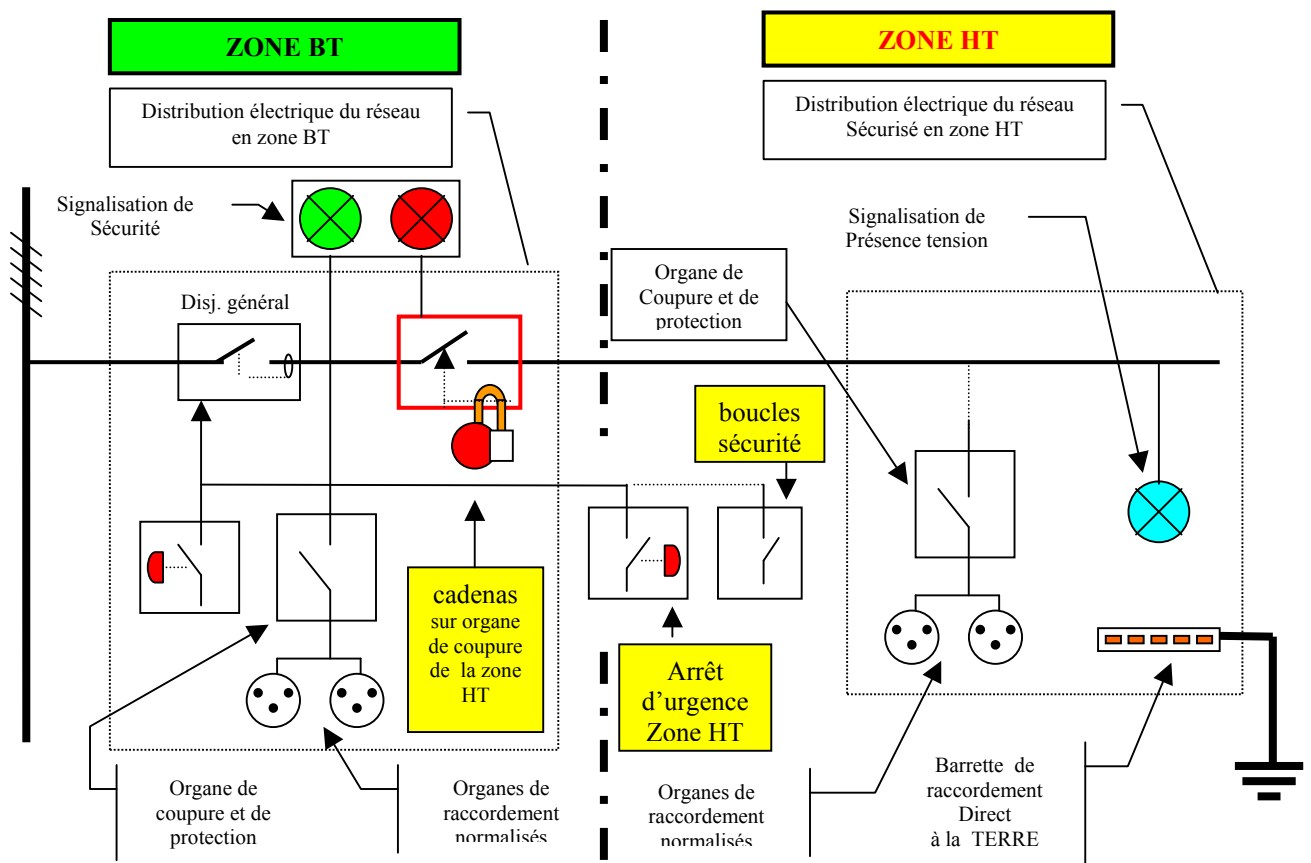
### II-2-1- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « RESEAU »

Pour répondre aux conditions de sécurité du paragraphe I-2-2 sur la séparation des installations, il est conseillé de regrouper sur un même tableau électrique les sources du réseau mono et (ou) triphasé de la zone HT .

Toutes ces sources doivent être séparées du réseau général par un organe de coupure à action omnipolaire simultanée (contacteur) contrôlé par une « boucle de sécurité » prenant en compte toutes les conditions de sécurité (commande d'enclenchement, contacts de porte, arrêt d'urgence, etc..).

Pour éviter une mise en service intempestive du réseau dans la zone HT, l'organe de coupure doit être muni d'un dispositif de verrouillage en position d'ouverture. En pratique, l'usage de cadenas de condamnation donne un bon niveau de sécurité.

#### SYNOPTIQUE



## II-2-2- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « BASSE TENSION »

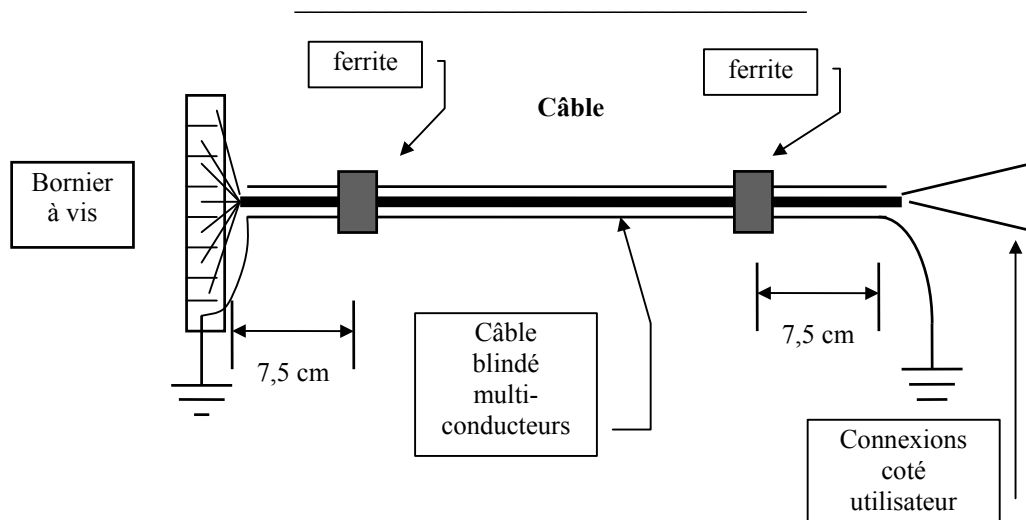
Les raccordements électriques « basse tension » regroupent tous les signaux de contrôle à distance de l'alimentation tels que programmation des consignes de tension, de courant ainsi que les signaux de recopie de la tension et du courant de la sortie HT, les signaux d'états, etc.. Il est essentiel que ces signaux, qui ne dépassent pas en général 25 V, soient correctement immunisés contre des signaux parasites.

Compte tenu des risques importants liés à la HT (champs électromagnétiques élevés générés par les arcs électriques) des précautions particulières de câblage des liaisons externes doivent être prises.

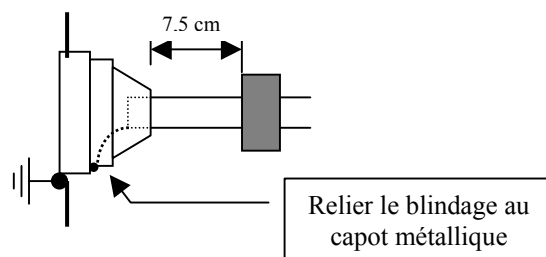
### RECOMMANDATION C.E.M.

Une alimentation H.T. est étudiée et testée pour être en conformité avec la Directive Européenne sur la C.E.M. lorsque celle-ci est utilisée suivant les prescriptions de son manuel technique. Néanmoins, un tel équipement n'étant pas fourni en standard avec un **câble d'interface**, les précautions suivantes doivent être prises lors de sa conception et de son raccordement pour assurer la continuité de la conformité à la directive C.E.M. comme spécifié dans la norme EN55011 groupe 1 classe B .

- 1- Le câble **d'interface** doit être du type blindé avec des écrans et capots de connecteurs reliés à un point de terre adéquate :
- 2- Une ferrite de suppression HF doit être placée aux deux extrémités du câble par-dessus le blindage. Ces éléments doivent être positionnés à environ 7,5 cm des terminaisons de câbles (voir dessin ci-dessous). Ces ferrites doivent avoir une impédance  $> 200 \Omega$  à 100 MHz .



Alimentation avec embase sub-D  
(exemple)

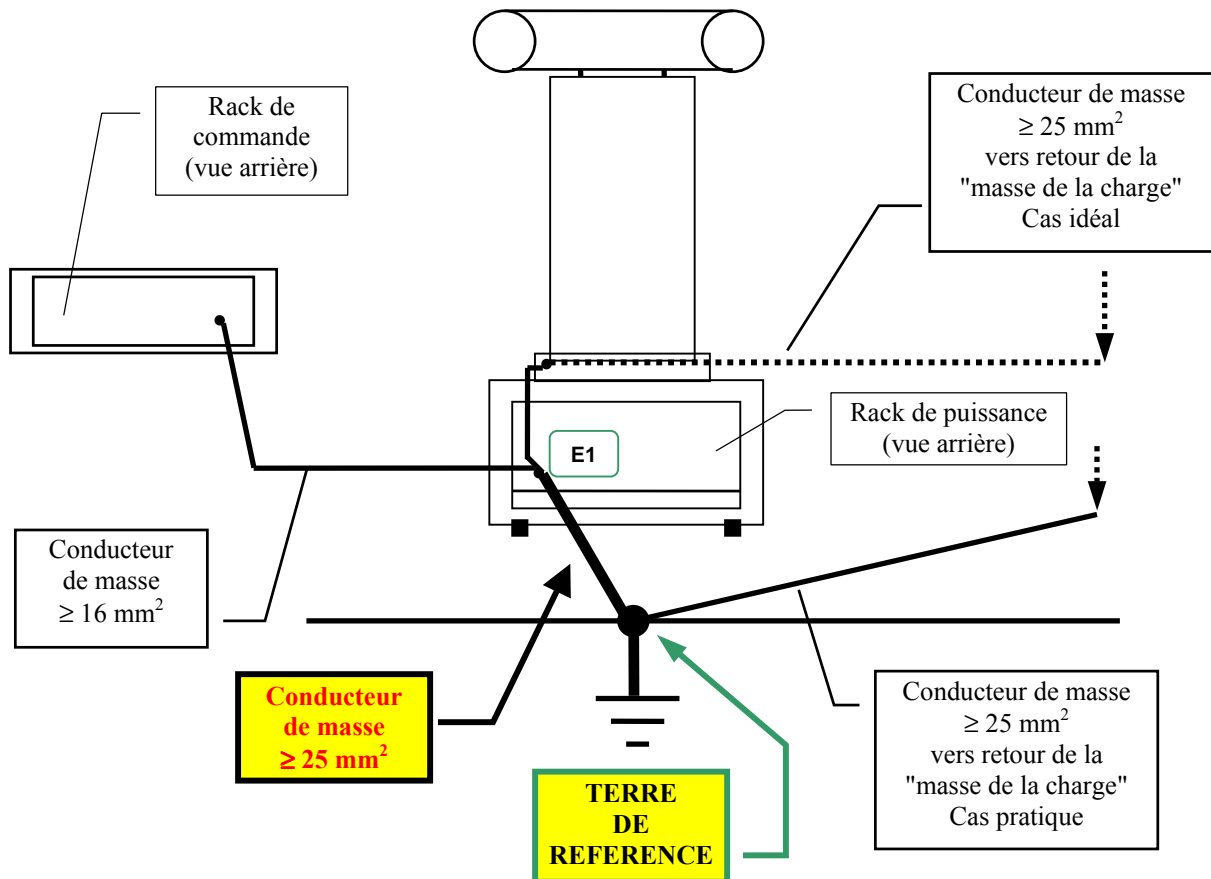


## II-2-3- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « A LA TERRE »

### - Raccordement des masses

Pour une bonne immunité aux parasites et pour éviter au maximum les élévations transitoires de potentiel par rapport à la terre en cas de rupture diélectrique au niveau de la charge (accidentelle ou décharge volontaire), il est recommandé de réaliser le réseau de liaisons de masses suivant :

*Réaliser des liaisons courtes et de fortes sections.*



**Il est important que la liaison entre la TERRE DE REFERENCE et la borne de référence de l'alimentation E1 soit la plus courte possible et que son impédance (résistance et self-inductance) soit la plus faible possible.**

**Rappel :** Lorsqu'une rupture diélectrique se produit (arc entre la HT et la terre) un courant de décharge très important (de 100 A à >1000 A) peut se produire avec un front de montée pouvant être très bref ( $\approx 10 \text{ ns}$ ). Pour un tel signal, un simple conducteur est assimilé à une résistance faible en série avec une self-inductance. Cette impédance parcourue par le courant génère une tension  $e \approx -L \frac{di}{dt}$ . Avec  $L \approx 200 \text{ nH}$  (fil de 25 cm et de section  $25 \text{ mm}^2$ ) on peut obtenir une élévation de potentiel de l'équipement par rapport à la terre  $> 2500 \text{ V}$  ! (avec  $di = 100 \text{ A}$ ). Cette valeur peut être diminuée de 30 à 40 % par l'emploi d'une tresse plate de même section.

## II-2-4- RACCORDEMENTS ELECTRIQUES « HAUTE TENSION »

Les raccordements HT doivent respecter certaines règles pour éviter l'apparition d'effluves et de phénomènes d'ionisation dans l'air pouvant perturber les essais et être générateurs de ruptures diélectriques (arcs ou perforation d'isolants).

Les règles principales sont :

- le respect des distances minimales entre parties soumises à des différences de potentiels.  
La distance minimale est donnée, sur le tableau de la page suivante, par **C** en mm en fonction de la tension max. d'essai exprimée en kV.
- le respect des distances sur des surfaces isolantes (ou lignes de fuite). En pratique, le coefficient utilisé est **Lf = 3 x C** pour une tension continue lisse, à l'intérieur d'un local de degré de pollution 1 ou 2 (selon norme CEI 664-1).
- l'absence de surfaces rugueuses ou déformées pouvant créer des « effets de pointe ».  
Le champ électrique local peut être renforcé dans certaines conditions jusqu'à favoriser l'ionisation de l'air (avec création d'ozone) et devenir un point d'amorçage d'une rupture diélectrique (de l'air ou du matériau isolant).

L'utilisation de conducteurs nus (ou isolés basse tension) est possible pour des liaisons HT à condition que la distance par rapport à toutes parties portées au potentiel de la terre ne soit jamais inférieure à **C**. Compte tenu qu'un conducteur a un diamètre  $d \ll D$  il est important de réaliser des liaisons courtes  $< 2 D$  et présentant des courbures de rayon  $> D$ , pour éviter l'ionisation de l'air autour de l'âme.

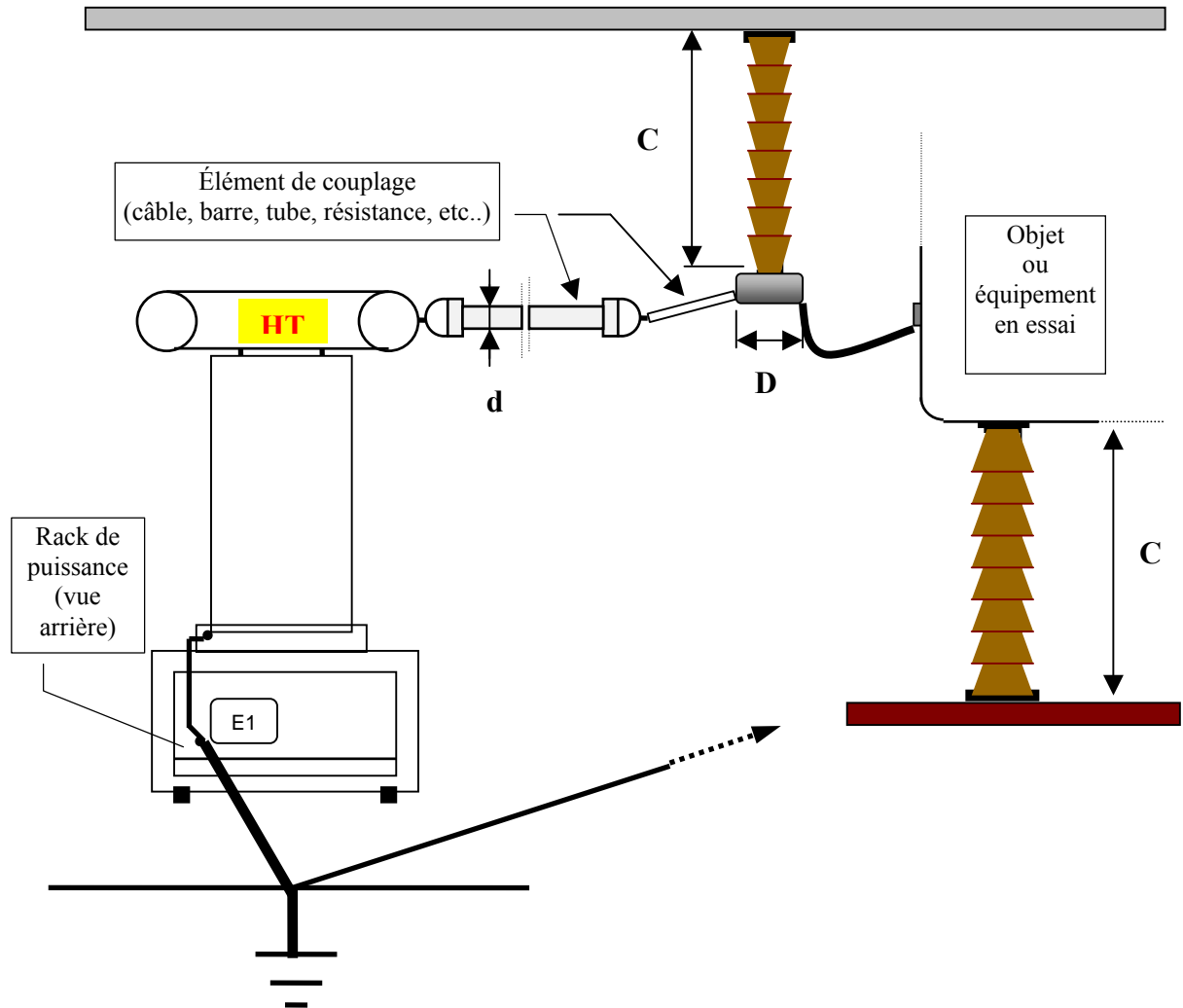
Rappel : Ligne de fuite : Distance la plus courte à la surface d'un matériau isolant entre deux parties conductrices. (VEI 151-03-37) .  
*voir dessin page suivante*

Degré de pollution 1 : Il n'existe pas de pollution où il se produit seulement une pollution sèche, non conductrice.

La pollution n'a pas d'influence.

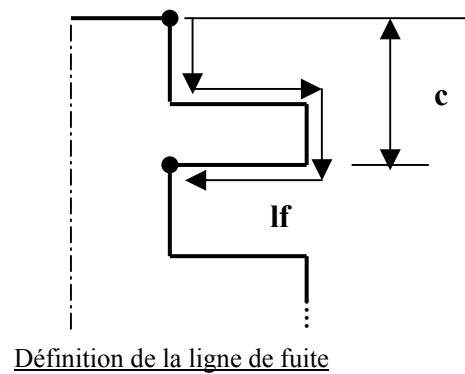
Degré de pollution 2 : Il ne se produit qu'une pollution non conductrice.

Cependant, on doit s'attendre de temps en temps à une conductivité temporaire provoquée par de la condensation.

**EXEMPLE DE RACCORDEMENTS HAUTE TENSION**

U HT kV	C mm	D mm	Lf mm	d* mm
100	400	50	1200	40
150	550	90	1650	55
200	700	125	2100	70
250	850	180	2550	85
300	1000	180	3000	100
400	1200	215	3600	120

\* à titre indicatif



## **CHAPITRE III - UTILISATION**

### **III-1- REGLES DE SECURITE**

- 1 ---> Les essais qui nécessitent l'utilisation d'une procédure électrique inhabituelle doivent faire l'objet d'une étude préalable et d'une instruction particulière de service.
- 2 ---> Les essais en H.T. ne doivent pas être exécutés par une personne seule.
- 3 ---> Avant de débiter un essai, il est impératif de vérifier les liaisons de terre de protection de toutes les parties accessibles au toucher ainsi que les liaisons de terre fonctionnelles de tous les éléments devant être portés à ce potentiel.

L'exécution d'essais en haute tension nécessite, de par le danger que cela représente, le respect impératif :

- a) des consignes de sécurité,
- b) de l'ordre dans lequel les opérations de mise en service de la zone sont exécutées,
- c) de l'ordre de mise en marche et d'arrêt des équipements H.T. en essais.

### **III-2- PREPARATION D'ESSAIS HT**

Quelle que soit la nature des essais H.T. effectués sur une plate-forme, ils passent par les états suivants que l'on exécute dans l'ordre normal pour commencer les essais, puis dans l'ordre inverse pour arrêter les essais :

#### **ETAT HORS SERVICE**


- 1 ---> Toutes les sources de tensions, y compris les circuits de signalisation et de commande, sont ouvertes et protégées contre une mise en circuit intempestive.
- 2 ---> Toutes les mesures de protection, nécessaires avant de pénétrer dans la zone dangereuse, ont été prises (mise à la terre, mise en court-circuit, etc..).
- 3 ---> Etat signalé par une plaque située à chaque accès de la zone d'essais.

#### **ETAT PRET A ETRE MIS EN SERVICE**


- 1 ---> Les mesures de protection N° 2 de l'état HORS SERVICE restent appliquées
- 2 ---> Les sources d'alimentation pour les circuits de signalisation et de commande des appareillages pour l'alimentation en tension sont mises en circuit.
- 3 ---> Toutes les alimentations en tension sont encore hors circuit et protégées contre une mise en circuit involontaire.
- 4 ---> Les lampes d'avertissement vertes sont allumées.



**ETAT PRET A FONCTIONNER**

- 1 ---> Les mesures de protection N° 2 de l'état HORS SERVICE sont supprimées
- 2 ---> Les sources d'alimentation pour les circuits de signalisation et de commande des appareillages pour l'alimentation en tension sont en circuit.
- 3 ---> Toutes les alimentations en tension sont encore hors circuit mais ne sont plus protégées contre une mise en circuit involontaire.
- 4 ---> Les lampes d'avertissement rouges sont allumées. 

**ETAT EN SERVICE**

- 1 ---> Les mesures de protection N° 2 de l'état HORS SERVICE sont supprimées
- 2 ---> Les sources d'alimentation pour les circuits de signalisation et de commande des appareillages pour l'alimentation en tension sont en circuit.
- 3 ---> Les lampes d'avertissement rouges sont allumées. 
- 4 ---> Tous les accès à la zone dangereuse sont condamnés.
- 5 ---> Une ou plusieurs alimentations en tension sont mises en circuit.

**CAS D'ESSAIS SUR ZONE TEMPORAIRE MOBILE**

Quelle que soit la nature des essais H.T. effectués sur une zone temporaire mobile, ils passent par les mêmes états que ceux définis pour une plate-forme fixe, que l'on exécute dans l'ordre normal puis dans l'ordre inverse pour arrêter les essais.

**DISPOSITIONS PARTICULIERES**

Il est nécessaire de prendre des mesures complémentaires de sécurité dans les essais en zone mobile.

- 1 ---> Une installation d'essai mobile doit être protégée par des murs, grillages, cordes, mains courantes ou moyens analogues et par des plaques interdisant l'accès des personnes non autorisées.
- 2 ---> La distance entre la séparation et les parties susceptibles d'être sous tension doit être choisie de façon que personne ne puisse être mis en danger par la tension.  
Les distances minimales autorisées peuvent être dans ce cas déterminées sur la base du diagramme de la PLANCHE N°3 du "Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique" (UTE C 18-510 ).

### III-3- EXECUTION D'ESSAIS HT

- 1 → Les essais doivent être effectués en suivant la procédure définie pour l'équipement en essai. Cette procédure d'essai doit comprendre un certain nombre de renseignements sur les opérations liées directement à la sécurité.  
Un modèle de procédure d'essai est donné dans l'ANNEXE II.
- 2 → Pendant les essais la distance entre les opérateurs et les parties susceptibles d'être sous tension dangereuse doit respecter le minimum autorisé en prenant pour base le diagramme de la PLANCHE N°1 du "Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique" (UTE C 18-510 ).

**Remarque : Le cas des manipulations sous tension n'entre pas dans le cadre de ce guide.**

### III-4- ARRET D'ESSAIS HT

La neutralisation de la zone d'essai est une opération permettant de rendre celle-ci sans danger pour toutes les personnes y ayant accès.

Pour une zone fixe, déclarée *zone d'essai H.T. permanente*, l'accès est interdit à toute personne non habilitée ou non autorisée par le responsable de la sécurité de cette zone.

Pour une zone temporaire mobile l'accès est libre à toute personne, habilitée ou non, à partir du moment où la zone est déclarée sans danger par le responsable de la sécurité.

#### ARRET DES ESSAIS

On distingue les arrêts temporaires d'une procédure d'essais et la neutralisation de longue durée ou définitive d'une zone(exemple : zone mobile).

Pour mettre une zone d'essai Hors Service il faut exécuter les opérations suivantes :

- 1 ---> Ouvrir toutes les sources d'alimentation électrique, y compris les circuits de signalisation et de commande et protéger ces systèmes contre une mise en marche intempestive.
- 2 ---> Prendre les mesures de protection nécessaires avant de pénétrer dans la zone de danger. Ces mesures consistent principalement dans la mise à la terre et la mise en court-circuit de toutes les parties accessibles au toucher.
- 3 ---> Signaler clairement la situation "Hors Service" par un repérage suffisant (exemple : plaque).

## ARRET TEMPORAIRE EN ZONE FIXE

Après l'exécution obligatoire des opérations 1 , 2 et 3 :

- 4 ---> Prendre les mesures nécessaires pour interdire la modification de l'état "Hors Service" de la zone par une personne non habilitée et non formellement désignée pour cette action.

## ARRET TEMPORAIRE EN ZONE MOBILE

Après l'exécution obligatoire des opérations 1 , 2 et 3 :

- 4 ---> Prendre les mesures nécessaires pour interdire la modification de l'état "Hors Service" de la zone par une personne non habilitée et non formellement désignée pour cette action.

- 5 --> Condamner l'accès de la zone par un dispositif approprié (chaînes, cloison, grillage, etc..) et afficher le nom de la personne chargée d'essais dans cette zone et seule habilitée à effectuer des changements d'état.

## ARRET DEFINITIF EN ZONE MOBILE

Après l'exécution obligatoire des opérations 1 , 2 et 3 on peut procéder aux opérations de démontage complet :

- a) des liaisons électriques des équipements en essai,
- b) des liaisons électriques nécessaires au fonctionnement de la zone d'essais (exemple : pour l'éclairage, la signalisation, les appareils de mesure, etc..)
- c) des éléments de protections mobiles (barrières, cloisons mobiles) ainsi que des éléments de signalisation (voyants, plaques signalétiques).

La zone mobile est déclarée neutralisée définitivement après vérification par le responsable de la sécurité de la zone (chargé de travaux ou chargé d'essais habilité à l'indice 2).

## ANNEXE I- RAPPEL DES RISQUES D'ORIGINE ELECTRIQUE

Pour mieux comprendre l'importance du **DANGER** encouru lors d'essais diélectriques utilisant des postes de rigidité délivrant des hautes tensions, il faut prendre conscience des effets du courant électrique sur les personnes.

L'exposé des phénomènes produits par le courant électrique sur le corps humain est extrait de la publication des rapports de la commission électrotechnique internationale (CEI)

**CEI 479-1** - édition 1994- Effets du courant passant par le corps humain,  
Partie 1 : Aspects généraux.

**CEI 479-2** - édition 1987- Effets du courant passant par le corps humain,  
Partie 2 : Aspects particuliers.

### 1-IMPEDANCE ELECTRIQUE DU CORPS HUMAIN

#### 1-1-GENERALITES

Le DANGER qu'encourent les personnes dépend essentiellement de l'intensité et de la durée de passage du courant à travers le corps humain : ce courant est créé par le contact accidentel avec une source de tension.

Les différentes parties du corps (exemple : peau, muscles, sang, etc..) présentent pour le courant électrique une certaine impédance composée d'éléments résistifs et capacitifs.

Les valeurs des éléments constituant cette impédance dépendent de nombreux facteurs tels que le trajet du courant, la tension de contact, la durée de passage, la fréquence, la surface de contact, la pression et la température.

#### 1-2-CARACTERISTIQUES DE L'IMPEDANCE DU CORPS HUMAIN

L'impédance interne du corps humain est principalement résistive et dépend du trajet du courant. L'impédance de la peau est équivalente à un ensemble de résistances et de capacités.

Sa valeur dépend de la tension, de la fréquence, de la durée, de la surface de contact, de la température et de l'état d'humidité de la peau.

L'impédance totale du corps humain comporte une composante résistive et une composante capacitive. Pour des tensions < **50 V** elle est très fluctuante, au-delà l'impédance de la peau diminue rapidement et devient négligeable devant l'impédance interne.

La résistance initiale du corps humain est pratiquement égale à l'impédance interne au moment où la tension est appliquée (les capacités du corps n'étant pas chargées).

#### 1-3-VALEUR DE L'IMPEDANCE TOTALE DU CORPS HUMAIN

La valeur de l'impédance totale du corps humain pour un trajet main à main ou main à pied est comprise entre  $650 \Omega$  (tensions > 1000 V) et  $6100 \Omega$  (tensions de 25 V) pour une surface de contact importante (50 à  $100 \text{ cm}^2$ ).

Pour des tensions > 150 V environ la valeur de l'impédance dépend peu de l'humidité et de la surface de contact.

La valeur de la résistance initiale du corps humain pour un trajet main à main ou main à pied est estimée à **500  $\Omega$**  pour une surface de contact importante.

## 2- EFFETS DU COURANT CONTINU

### 2-1-GENERALITES

La principale différence entre les effets du courant alternatif et ceux du courant continu provient du fait que les stimulations provoquant la fibrillation cardiaque sont liées aux variations d'intensité lorsque le courant est établi ou interrompu. Pour produire le même effet (excitation) il faut des intensités en courant continu **2 à 4** fois supérieures à celles nécessaires en courant alternatif.

On peut définir ainsi un facteur d'équivalence continu / alternatif en prenant la probabilité de provoquer la fibrillation ventriculaire dans les deux cas :  $k = 300 \text{ mA} / 80 \text{ mA} = 3,75$ .

### 2-2-EFFETS DU COURANT

#### **EFFETS DES ELECTRISATIONS**

##### - Seuil de perception

Il dépend de la surface du corps, du contact (surface des électrodes, humidité, pression, température) et des caractéristiques physiologiques des personnes et est de l'ordre de **2 mA** min. . Il est à noter que contrairement au courant alternatif seuls l'établissement et l'interruption du courant sont perçus.

##### - Seuil de non-lâcher

Il dépend des mêmes paramètres que le seuil de perception et est de l'ordre de **300 mA**.

##### - Seuil de fibrillation ventriculaire

Il dépend des paramètres physiologiques et des paramètres électriques (durée, parcours, forme du courant, etc..).

En courant continu le seuil de fibrillation est **2** fois plus grand pour un courant descendant (pieds au pôle négatif) que pour un courant montant (pieds au pôle positif).

Pour des durées de choc  $< 0,2$  s la fibrillation peut se produire pour la même valeur qu'en alternatif (valeur efficace).

Pour des durées de choc supérieures à la durée du cycle cardiaque le seuil est plusieurs fois plus grand qu'en alternatif.

#### ***PHYSIOPATHOLOGIE***

<b>PEAU</b>	----->	Perception	----->	2 mA
<b>MUSCLE</b>	----->	<b>Tétanisation</b>	----->	<b>200 mA</b>
<b>DIAPHRAGME</b>	----->	<b>Asphyxie ventilatoire</b>	----->	<b>300 mA</b>
<b>COEUR</b>	----->	<b>Asphyxie circulatoire</b>	----->	<b>300 mA</b>

Pour plus de détails sur les effets du courant passant par le corps humain il est recommandé de se reporter aux documents de la CEI cités en référence.

## ANNEXE II

## PROCEDURE D'ESSAI

## MODELE pour alimentation HT

Une procédure d'essai d'un équipement HT doit au minimum être structurée suivant le modèle décrit ci-après et contenir un minimum de descriptions sur les modes opératoires.

## IDENTIFICATION DE L'EQUIPEMENT

TYPE : \_\_\_\_\_

MODELE : \_\_\_\_\_

N° DE SERIE : \_\_\_\_\_

DATE DE FAB . : \_\_ / \_\_ / \_\_

## DOCUMENTS DE REFERENCE

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES : \_\_\_\_\_

NORMES APPLICABLES : \_\_\_\_\_

REGLES DE SECURITE APPLICABLES : \_\_\_\_\_

## PREPARATION DE L'EQUIPEMENT POUR L'ESSAI

## - DISPOSITION DANS LE LOCAL

*L'équipement HT doit être posé sur un support stable et facilement accessible par l'opérateur. L'équipement en essai, selon sa nature, doit être dans une position stable et à une distance de sécurité pour les opérateurs, fonction de la valeur maximum de la tension d'épreuve.*

## - MISE A LA TERRE

*La mise à la terre de l'équipement HT est assurée par :*

a) *la liaison de terre du cordon secteur (rep. \_\_),*

b) *la liaison de la borne de terre de retour (rep. \_\_ terre).*

*Les parties de l'équipement en essai devant être mises à la terre doivent être raccordées directement et d'une façon visible à la borne de terre de protection de la zone d'essai.*

*Cette liaison doit être faite par un câble ou une tresse métallique de secteur au moins égale à \_\_ mm<sup>2</sup>.*

*La mise à la terre de mesure de l'équipement sous test est assurée par sa liaison avec le cordon de retour \_\_ (visser sur la borne rep. \_\_).*

*La liaison, coté équipement sous test, doit être réalisée par un moyen sûr empêchant toute déconnexion accidentelle.*

## - RACCORDEMENT DES LIAISONS H.T.

*Le raccordement de la sortie H.T. (rep. \_\_) de l'équipement HT au point d'application sur l'équipement en essai doit être fait obligatoirement par \_\_\_\_\_ référence \_\_ dans les conditions prescrites dans le manuel de l'équipement HT et sans modifications physiques ou électriques !*

*Les liaisons H.T. entre différentes parties de l'équipement en essai doivent être raccordées ensemble à la H.T. par des câbles<sup>(1)</sup> clairement identifiés (visibles et de couleur rouge par exemple) et dont la tension de service est supérieure à la plus haute tension applicable.*

(1) ou autres moyens appropriés tels que barres ou tubes rigides conducteurs et isolateurs HT.

- MESURES DE PROTECTION CONTRE LES PARTIES DANGEREUSES ACCESSIBLES  
AU TOUCHER

Pour effectuer les essais il est impératif d'utiliser l'*enceinte de sécurité*.

Celle-ci est conçue spécialement pour garantir la sécurité de l'opérateur tout en simplifiant la mise en œuvre des essais.

*Raccorder impérativement la fiche de la « boucle de sécurité » de l'enceinte de sécurité à l'embase rep. \_\_ située en face \_\_\_\_\_ de l'équipement HT (broches \_\_ et \_\_).*

*Si l'équipement en essai n'est pas séparé des opérateurs par une barrière ou un panneau il est fortement recommandé d'utiliser une télécommande type « 2 mains prises » :*

*Raccorder cet accessoire sur le connecteur, de l'équipement HT, prévu à cet effet (rep. \_\_) .*

- RACCORDEMENT AUX SOURCES D'ENERGIES

*Avant raccordement vérifier que :*

- a) *l'interrupteur M/A (rep. \_\_) de l'équipement HT est en position « arrêt »,*
- b) *la tension du réseau est compatible avec la tension d'utilisation normale de l'équipement HT,*
- c) *la borne de liaison de terre de la prise réseau est correctement reliée à la terre de l'installation et que cette dernière est conforme aux normes en vigueur.*

- MISE EN PLACE ET RACCORDEMENT DES MOYENS DE MESURES

**EXECUTION DES ESSAIS**

- MISE SOUS TENSION

*Mettre l'interrupteur M/A (rep. \_\_) de l'appareil est en position « marche »,*

- VERIFICATION DE L'ETAT NORMAL DE FONCTIONNEMENT

*Vérifier l'état initial de l'équipement HT (voir notice de l'équipement HT)*

*PARAMETRES DE TEST .*

*Procéder au paramétrage des essais ( ou vérifier l'exactitude des paramètres existants ).*

- ESSAIS (suivant gamme de contrôle spécifique à l'équipement)

*Exécuter les essais sur l'équipement sous test (pour plus de détails voir notice de l'équipement HT).*

*Enregistrer le résultat de l'essai (sanction).*

**ARRET DES ESSAIS**

- SUPPRESSION DES SOURCES D'ENERGIES

*Actionner l'interrupteur M/A (rep. \_) de l'équipement HT en position « arrêt »,*

- MISE EN COURT-CIRCUIT DES PARTIES DANGEREUSES AU TOUCHER ET DECHARGE DES ENERGIES STOCKEES.

Avant de déconnecter la sortie HT , il faut s'assurer que la tension résiduelle, présente éventuellement sur l'équipement, est inférieure à **40 V<sub>eff</sub>** ou **60 V crête** ou que l'énergie stockée est inférieure à **350 mJ**.

**Mettre en court-circuit et à la terre toutes les parties susceptibles d'être dangereuses.**

Cette mise en court-circuit doit se faire par une perche de mise à la terre ou tout autre moyen garantissant la sécurité de l'opérateur pendant la manœuvre.

*Mettre en court-circuit les points suivants : .....*

- VERIFICATION VISUELLE DE L'ETAT DE NON DANGER Y COMPRIS CELUI DU A LA TEMPERATURE ET AUTRES EFFETS INDIRECTS DE L'ESSAI.

*Au cours des essais, l'équipement sous test peut présenter un défaut qui peut créer des élévations anormales de température localisée : dans ce cas attendre le refroidissement des pièces avant toute manipulation.*

- SUPPRESSION DU RACCORDEMENT DES SOURCES D'ENERGIES.

*Débrancher du réseau d'alimentation la prise secteur de l'équipement HT*

- SUPPRESSION DE TOUS LES RACCORDEMENTS.

*Débrancher la fiche correspondant à la « boucle de sécurité » ,*

*Débrancher les moyens de mesure H.T. ,*

*Débrancher le cordon de retour à la terre (rep. \_),*

*Débrancher toutes les autres fiches reliées à l'équipement HT.*

- DES-INSTALLATION ET SORTIE DE LA ZONE D'ESSAI (facultatif).

*Supprimer les panneaux de signalisation*

*Démonter les accessoires ayant servis à délimiter la zone d'essai ( chaînes, rubans panneaux, etc.. )*

NOTA : - La procédure d'essai de l'équipement doit être rédigée, approuvée par l'opérateur responsable des essais, affichée sur les lieux des essais et remise aux opérateurs participant aux essais.

- Ce modèle de procédure d'essai est donné à titre indicatif et doit être adapté en fonction du type d'essai et à la nature de l'équipement en essai.

Les textes en italique sont donnés à titre d'exemples et doivent être remplacés par les recommandations spécifiques aux équipements concernés par la procédure.

Dans la mesure du possible, respecter les instructions (texte en majuscules) et la chronologie de celles-ci.

Si une instruction est sans objet dans le cadre d'une procédure, il est conseillé de laisser le titre de l'instruction suivie de la mention « sans objet » pour prouver que celle-ci a été analysée.