



05 - 08 juillet 2021
Nancy



Le risque électrique

RABAT Hervé, GREMI

Plan de la présentation

- Présentation du risque
- La prévention des risques
- La réglementation
- La mise à la masse et à la terre
- L'électricité et les liquides

Le risque électrique

Le risque électrique comprend le **risque de contact, direct ou non**, avec une pièce nue **sous tension**, le risque de **court-circuit**, et le risque d'**arc électrique**.

Ses conséquences sont **l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion, une chute...**

- **Electrisation / Electrocutation (accident du travail- données 2005 - INRS)**
 - environ 5 décès/an
 - >90 accidents graves (blessures invalidantes)
 - >800 arrêts de travail

Les domaines de tension

- La tension à vide assignée de la source de courant ne doit pas dépasser :
 - en AC : dès 48 V de tension efficace – 68 tension crête en milieu sec et 12 V (efficace) avec un corps humide
 - en DC : 113 V crête
- Les tensions nominales sont classées selon les domaines de tensions suivantes :

Domaine de tension	Valeur de la tension nominale
Très basse tension (TBT)	$U \leq 50 \text{ V CA} / U \leq 120 \text{ V CC}$
Basse tension (BT)	$50 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V CA} / 120 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ V CC}$
Haute tension A (HTA)	$1000 \text{ V} < U \leq 50000 \text{ V CA} / 1500 \text{ V} < U \leq 75000 \text{ V CC}$
Haute tension B (HTB)	$U > 50000 \text{ V CA} / U > 75000 \text{ V CC}$

CA : courant alternatif / CC : courant continu

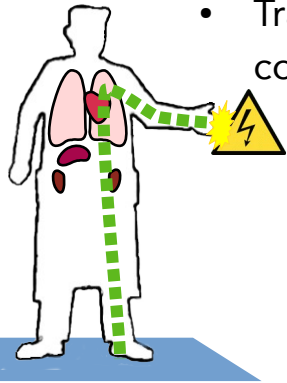
Tension et courant : effets sur le corps

	Alternatif -AC	Continu - CC
TENSION	<ul style="list-style-type: none">• $U < 50V$ – Pas d'accident mortel• entre 50V et 500V – Fibrillation cardiaque• entre 500V et 1000V – Syncope respiratoire• $U > 1kV$ Brûlures internes, Blocage des reins	<ul style="list-style-type: none">• $U < 120 V$ – Pas d'accident mortel• entre 120V et 750V – Effets d'électrolyse et brûlures par effets Joules• $U > 750V$ Brûlures internes et externes
COURANT	<ul style="list-style-type: none">• 0,5 mA – Seuil de perception• 10 mA – Contraction musculaire (non lâcher)• 30 mA – Paralysie respiratoire• 75 mA – Fibrillation irréversible• 1 A – Arrêt cardiaque• 2 A – Inhibition des centres nerveux	<ul style="list-style-type: none">• 2 mA – Seuil de perception• 51 mA – Seuil de non lâcher• 130 mA – Seuil de fibrillation

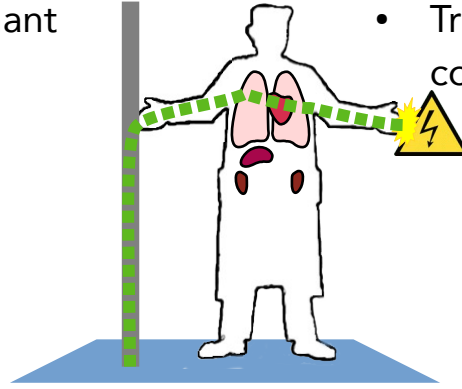
Effets sur le corps

- Les organes suivants sont 40 fois moins résistants que la peau :
 - Le cerveau
 - Le foie
 - Les poumons
 - Le coeur
 - Les reins

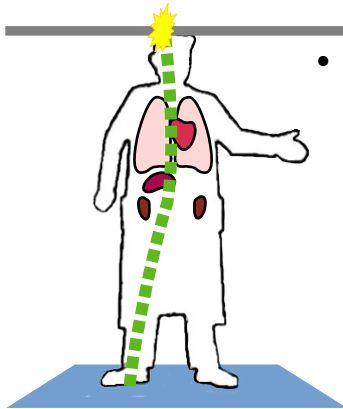
Trajet du courant : effets sur le corps



- Trajet main-pied touchant coeur, foie et rein



- Trajet main-main touchant coeur, et poumon

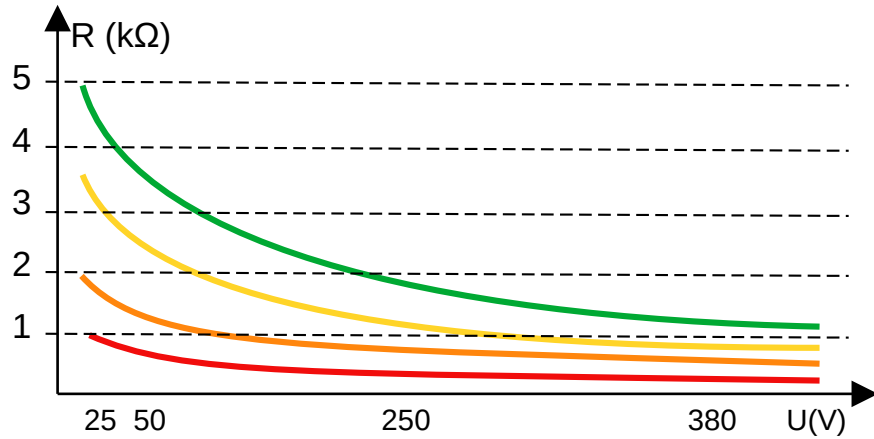


- Trajet tête-pied touchant cerveau, coeur, foie et rein

- **COURANT ALTERNATIF BASSE TENSION :**
 - Asphyxie par blocage du diaphragme
 - Arrêt du coeur par fibrillation
- **COURANT ALTERNATIF HAUTE TENSION :**
 - Arrêt du coeur par fibrillation
 - Brûlure interne
- **COURANT CONTINU :**
 - Brûlure par décomposition du sang par phénomène d'électrolyse

Les facteurs aggravants

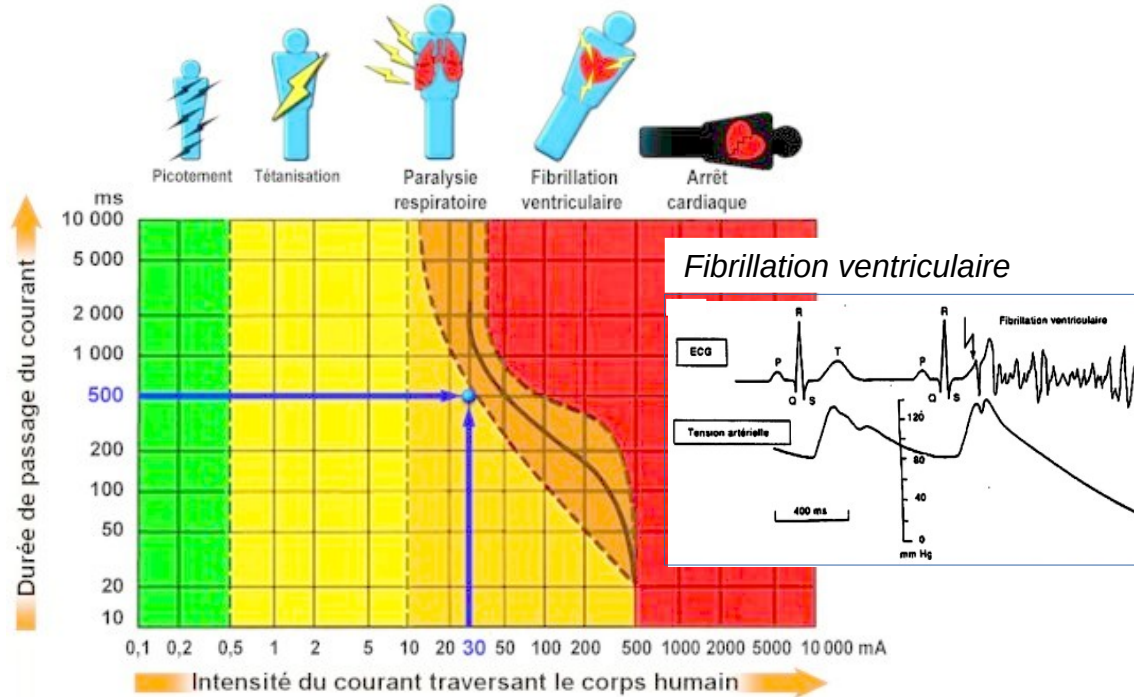
- La résistance du corps en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau:



$$U = RI$$

- $R = 2 \text{ k}\Omega$ (corps sec) / $U = 220V$
donc $I = 110 \text{ mA}$
- $R = 1,4 \text{ k}\Omega$ (mains humides) / $U = 2000V$
donc $I = 1,4 \text{ A}$

- La durée de contact :



Les facteurs aggravants

- L'intensité du courant
- La tension de contact
- La résistance du corps
- La durée du passage du courant à travers le corps
- Le trajet du courant

NE JOUEZ PAS AVEC LE RISQUE ELECTRIQUE !



-
-
- La prévention

Prévention des risques

S'informer

sur les risques liés aux expérimentations

- Documentations: Document Unique, Constructeurs...
- Responsable d'équipe, Assistant prévention

Se former

Consulter les formations proposées par le CNRS et l'Université (risques électriques=habilitation ...secourisme, incendie,...)

Informer

Prévenir les collègues des risques lors des manipulations

- Présence de haute tension
 - Fonctionnement d'un laser
 - Produit chimique

Vérifier

- Le bon état des dispositifs expérimentaux
- Le bon état des équipements de protection et les utiliser

Les mesures de précaution/prévention

- **Travaux ou interventions sous tension interdits !**
- Capoter les pièces nues et les bornes sous tension
- Si un disjoncteur se déclenche, ne pas le remonter sans vérifier l'origine du problème
- Ne jamais diminuer la sensibilité des systèmes de protection
- Ne pas surcharger les prises
- N'utiliser que des appareils en bon état (prise de terre en bon état, toute partie métallique accessible doit être reliée à la terre)

Les condensateurs :

- Même après coupure de l'alimentation les condensateurs présentent toujours un danger
 - Prévoir un système de décharge automatique
 - Relier les bornes du condensateur non utilisé

En cas d'accident

- **Couper le courant** (avant de toucher la victime)
- Appeler les secouristes et les secours extérieurs
- **Même en cas d'électrisation sans gravité apparente la victime devra suivre une visite médicale**

Responsabilité :

Chacun peut être tenu responsable d'un accident consécutif à un danger qu'il n'a pas signalé.

-
-
- La réglementation

Code du travail

- La prévention du risque électrique en milieu professionnel relève pour l'essentiel de la réglementation inscrite dans **code du travail**.

Les principes généraux de prévention sont énoncés à l'article L. 4121-2 du code du travail

- Elle s'impose :
 - D'une part aux **maîtres d'ouvrage** pour la **conception et la réalisation** des installations électriques,
 - Et d'autre part aux **employeurs** qui utilisent ces installations, en assurent les vérifications et effectuent des opérations sur ou à proximité de ces installations.

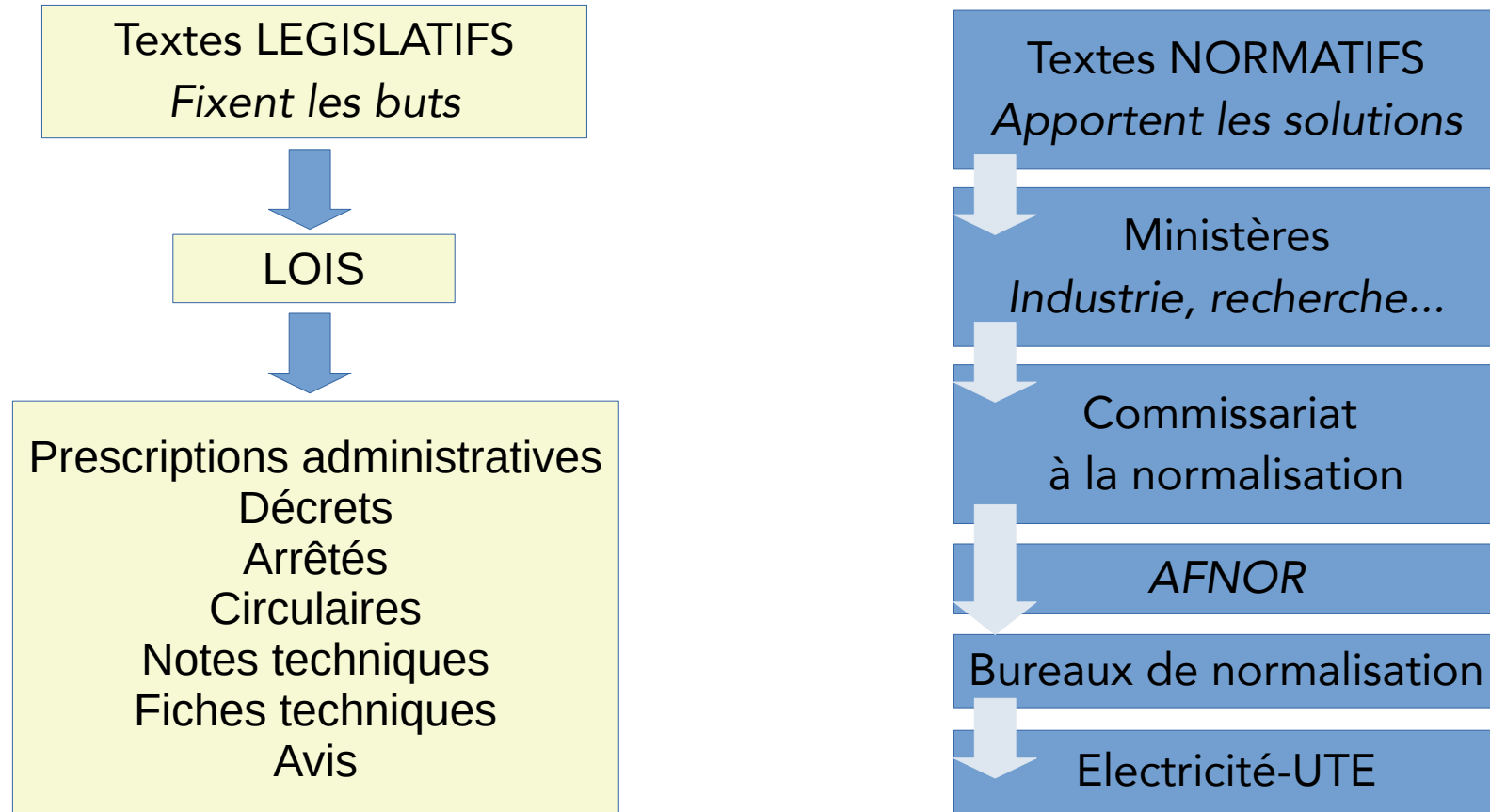
Le risque électrique dans le code du travail

- Art. R. 4215-3

« Les installations sont conçues et réalisées de telle façon que :

1. **Aucune partie active dangereuse ne soit accessible aux travailleurs**, sauf dans les locaux et emplacements à risques particuliers de choc électrique, qui font l'objet de prescriptions particulières fixées aux articles R. 4226-9, R. 4246-10 et R. 4226-11.
2. **En cas de défaut d'isolement** aucune masse ne présente, avec une autre masse ou un élément conducteur, **une différence de potentiel dangereuse pour les travailleurs.** »

Etablissement des normes



Les normes à respecter

- **Normes de conception :**

- NFC 15-100 : classification des degrés de protection
- NFC 20-030 : protection contre les chocs électriques

- **Normes de réalisation :**

- NFC 15-100 : installations électriques à basse tension
- NFC 13-100 : postes de livraison (transformateurs)
- NFC 14-100 : installations de branchement (basse tension)

Quelques normes pratiques

GUIDE POUR LE CHOIX D'UN CÂBLE ÉLECTRIQUE BASSE TENSION

220 volts - monophasé - Cos φ = 1. - CUIVRE

Longueurs maximales des liaisons, en mètres, compatibles avec une chute de tension de 3%

Puissance en Kw	Intensité en A	SECTION en mm ²														
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
0,5	2,3	100	165	265	395											
1	4,6	30	84	135	200	335	530									
1,5	6,8	33	57	90	130	225	355	565								
2	9	25	43	68	100	170	265	430	595							
2,5	11,5	20	34	54	80	135	210	340	470	630						
3	13,5	17	29	45	66	110	180	285	395	520						
3,5	16	14	24	39	56	96	155	245	335	450						
4	18		21	34	49	84	135	210	295	395	580					
4,5	20		19	30	44	75	120	190	260	350	515					
5	23			27	39	68	105	170	235	315	460	630				
6	27			23	32	56	90	140	195	260	385	530				
7	32				28	48	76	120	170	225	330	460	570			
8	36					42	67	105	145	195	290	400	500	620		
9	41					38	60	94	130	175	255	355	440	550		
10	45					34	54	84	120	155	230	320	400	495	615	
12	55						45	70	98	130	190	265	330	410	510	
14	64							60	84	110	165	230	285	350	435	560
16	73							53	74	99	145	200	250	305	380	500
18	82							47	65	88	125	175	220	270	340	440
20	91								59	79	115	160	200	245	310	400
25	114									98	130	150	195	245	315	400
30	136										105	135	165	205	265	340
35	159										90	115	140	175	225	290
40	182										80	100	125	155	200	260
45	205											89	110	135	175	230
50	227												98	120	160	210
60	273													100	140	180
70	318														115	155

Limite d'échauffement

Source : www.cableriedaumesnil.com

Indices de protection :

	1 ^{er} chiffre	2 ^{eme} chiffre	Lettre add.	Lettre suppl.
IP	Entre 0 et 6	Entre 0 et 8	A,B,C ou D	H,M,S ou W
	Contre les corps solides	Protection contre l'eau	Accès aux parties dangereuses	Infos spécifiques

Exemple IP34C

IP	3	4	C
Appareil protégé contre :	La pénétration de corps solides d'un diamètre > 2,5 mm	La pénétration contre les projections d'eau	Contacts directs avec un outil de diamètre > 2,5 mm

Formation → Habilitation

- Formation initiale de 4 jours

Recyclage tous les 3 ans (1,5 jours)

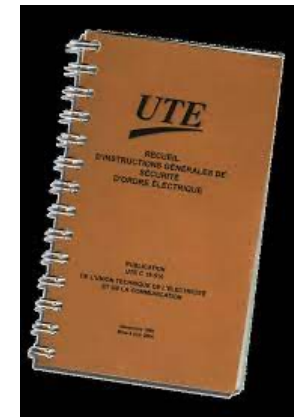
- **C'est l'employeur qui donne l'habilitation !**

- Recueil UTE (Union technique de l'électricité)

NFC18-510

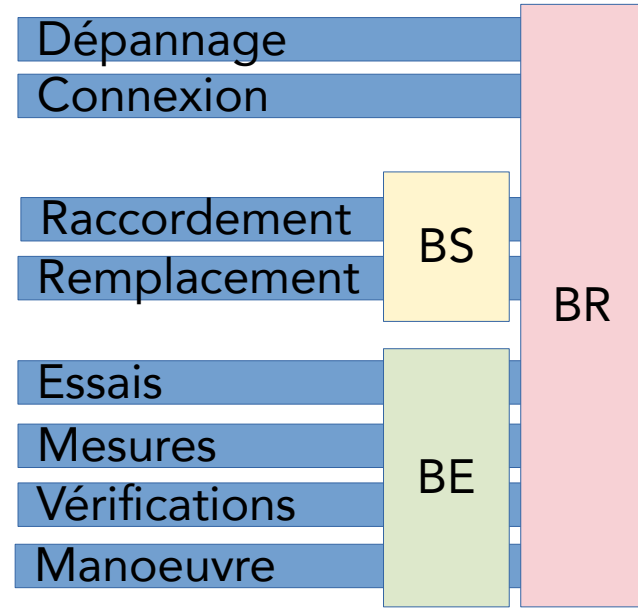
A partir des lois et du code du travail, ce recueil donne des indications précises sur les règles, recommandations et usages qui s'appliquent au travail en entreprise.

TITRE D'HABILITATION				
Nom : Exemple Prénom : Exemple Fonction : Démon		Employeur : Démon Affectation : Exemple		
NB : Toute case vide devra être barrée		Champ d'application		
Personnel	Symbole d'habilitation	Domaine de tension	Ouvrages ou installations concernées	Indications supplémentaires
TRAVAUX NON ELECTRIQUES				
Travaux NON électriques	B0 - H0 ou H0V <small>Préciser si Chargé de Chantier ?</small>			<small>Préciser si exécutant ou Chargé de Chantier</small>
TRAVAUX ELECTRIQUES				
Exécutant électricien	B1(V) - H1(V)			
Chargé de travaux	B2(V) - H2(V)			
Chargé d'interventions BT	BS ou BR			
Chargé de consignation	BC - HC			
Chargé d'opérations spécifiques	BE - HE <small>Manœuvres ou Vérification ou Mesurages ou Essais</small>			
Habilités spéciaux				
Le Titulaire signature :	Pour l'employeur : Nom et prénom : Exemple Fonction : Démon signature :		Date : 03 / 09 / 2018 Validité : Démon	



Habilitation

- Tâches et type d'habilitation
- Dénomination



BE – Laboratoires et plateformes d'essais (arr.16 dec. 2011)

1er	Domaine de tension	Tensions	B : TBT et BT
			H : HTA, HTB
2ème	Type d'opération	Travaux d'ordre non électrique	0 : exécutant ou chargé de chantier
		Travaux d'ordre électrique	1 : exécutant électricien 2 : chargé de travaux
		Intervention BT	R : entretien, dépannage S : remplacement, raccordement
		Consignation	C : chargé de consignation
		Opérations spécifiques	E : essai, vérification, mesure ou manoeuvre
3ème	Lettre additionnelle	Complète si nécessaire les travaux précédents	V : travaux au voisinage
			- T : travaux sous tensions
			- N : nettoyage sous tension
			- X : opération spéciale

BE – Laboratoires et plateformes d'essais (arr.16 dec. 2011)

Art. 1 – Principe de l'arrêté : Inhérentes aux principes mêmes de fonctionnement des matériels et installations.

Art. 2 –L'accès aux locaux :

- Habilitation appropriée.
- Personnes non habilitées peuvent être autorisées à y pénétrer, à la condition d'avoir été informées des instructions de sécurité à respecter vis-à-vis des risques électriques et d'être placées sous la surveillance constante d'une personne habilitée et désignée à cet effet.
- Emplacement de travail : **délimité, obstacles, dispositifs d'avertissement graphiques, des lampes de couleur rouge allumées préalablement à la mise sous tension.**

Art. 3 – Signalisation :

- Chaque point d'alimentation en énergie doit être repéré par une plaque spécifiant la valeur et la nature de la tension.
- Des dispositifs lumineux doivent signaler en permanence la présence et l'absence de la tension sur chacun de ces points d'alimentation.
- Pour les tensions des domaines HTA et HTB, doit être prévu un dispositif lumineux pulsé, complété par un dispositif sonore qui doit prévenir de l'imminence de la mise sous tension.

BE – Laboratoires et plateformes d'essais (arr.16 dec. 2011)

Art. 4 – Eviter le contact direct :

- toutes dispositions doivent être prises pour éviter le risque de contact direct des personnes avec une partie active nue sous tension.
- les raccordements des canalisations électriques mobiles aux installations fixes et aux appareils de mesure.

Art. 5 – Protection contact indirect : Toutes les dispositions doivent être prises pour que la protection contre les contacts indirects.

Art. 6 – Coupure d'urgence.

Art. 7 – La mise sous tension automatique des circuits d'essais après une défaillance et un retour de l'alimentation doit être empêchée.

Art. 8 – Hors enceinte :

- s'adaptant aux caractéristiques de l'emplacement où s'effectue l'essai.
- Sinon dispositions organisationnelles telles que matérialisation des limites, et surveillance permanente.


-
-
- La mise à la terre / câblage de masse

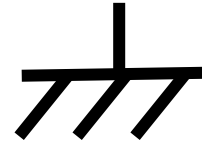
La masse

- En terme légal, selon le décret N° 88-1056 du 14 novembre 1988, **la masse est** :
"La partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne, qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel"
- Toutes ces masses métalliques doivent être reliée entre elles, pour former une masse électrique, qui doit être elle même reliée à une prise de terre.

Masse et Terre

- **la masse :**

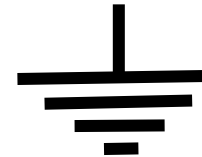
- permet l'équipotentialité (le commun  au flottant)
(appareils et les structures métalliques)



- un blindage contre les fréquences radio et autres interférences électromagnétiques (cage de faraday)

- **la terre :**

- permet de maintenir ce potentiel à **zéro volt**.
- la mise à la terre permet ensuite d'annuler ou au minimum de réduire les risques de décharges électriques

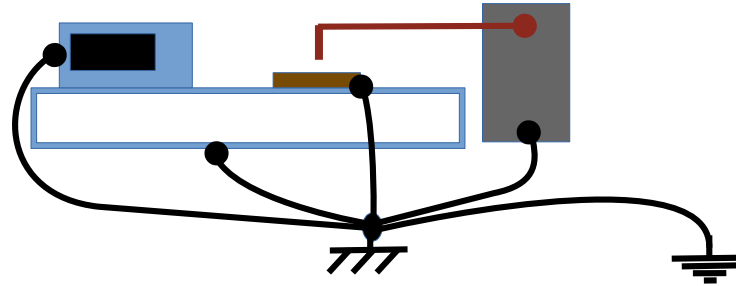


La masse est une nécessité technique.

La terre est un impératif de sécurité.

Câblage de masse en étoile

- Toutes les masses sont connectées en un seul point !



- **Intérêt :**

- éviter que des courants forts puissent circuler dans le retour de masse vers des dispositifs ne tolérants que de plus faibles courants,
- éviter les boucles de masse (antenne),
- sinon bruit qui sera ajouté au signal voir détérioration.

Pas toujours possible → Limiter la taille des boucles.

Câblage de la masse

- Pour être efficace, une connexion de masse doit être :
 - la plus courte possible,
 - et avoir une surface de contact maximale.
- La tresse :
 - Une faible impédance,
plus faible qu'un câble réalisé dans le même matériau, particulièrement à fréquence élevée.
 - Un meilleur contact électrique.
 - L'impédance du feuillard est encore plus réduite, mais ce dernier est beaucoup plus rigide et n'offre pas la flexibilité de la tresse.



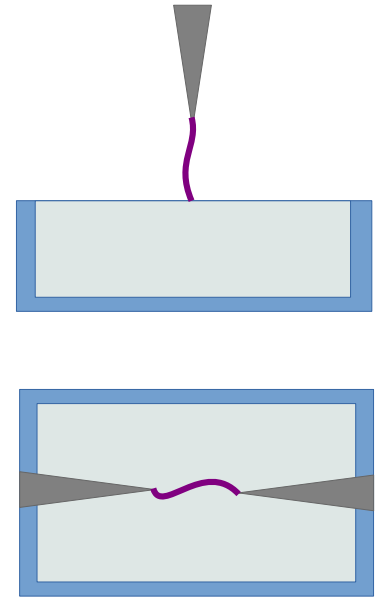
<http://www.maltep.com/fr/c9-la-masse-électrique>

-
-
- Electricité et liquides

Transfert de charges et charges électrostatiques

- L'accumulation de charges ou plutôt la séparation entre les charges négatives et les charges positives, au sein de la matière, peut se produire de différentes manières :
 - par frottement,
 - par transfert,
 - par influence,
 - par effet de couronne,
 - et par écoulement dans une conduite.

→ **Transfert des charges du plasma au liquide**



Conductivité et temps de relaxation des liquides

- Conductivité en siemens par mètre (S/m)

(classification norme UTE C 23-597).

- Temps de relaxation : $\tau = \text{Permittivité} / \text{Conductivité}$

Plus le liquide est isolant, plus les charges qu'il contient ont des difficultés à se mouvoir, plus son temps de relaxation est important.

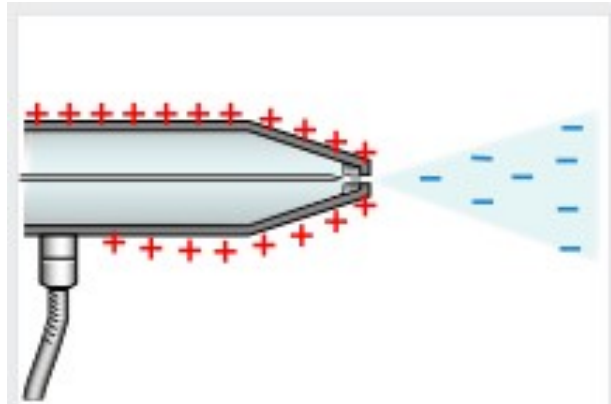
- Eau du robinet : 180 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$ → 400 $\mu\text{S/cm}$

Potabilité : Valeur maximale, OMS = 1200 $\mu\text{S/cm}$ / Europe = 1250 $\mu\text{S/cm}$

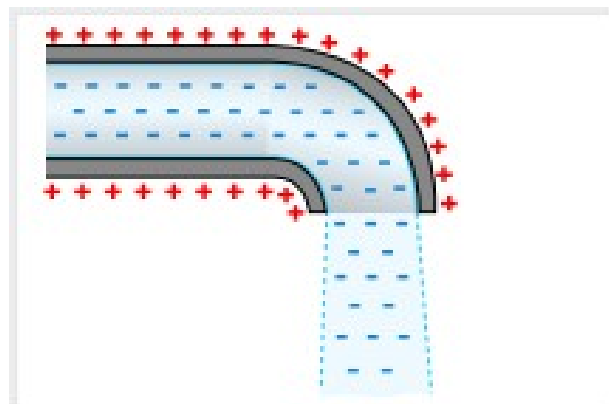
- Eau pure : 10 $\mu\text{S/cm}$
- Azote liquide : < 10^{-4} pS/cm

Liquides	Conductivité (pS/m)	Temps de relaxation (s)*
Conductivité faible		
• Paraffines typiques	$10^{-1} - 10$	2 – 200
• Composants aromatiques purs (toluène, xylène, etc.)	$10^{-1} - 10^2$	0,2 – 200
• Essence	$10^{-2} - 10^3$	0,02 – 2 000
• Huiles de graissage	$10^{-1} - 10^2$	0,2 – 200
• Éthers		
Conductivité moyenne		
• Essences et huiles contenant des additifs dissipatifs	$50 - 10^3$	0,02 – 0,4
• Fuels lourds (noir)	$50 - 10^5$	$2 \times 10^{-4} - 0,4$
• Esters	$10^2 - 10^6$	$2 \times 10^{-5} - 0,2$
Conductivité élevée		
• Huile vierge	$\geq 10^3$	$\leq 0,02$
• Condensats de gaz naturel avec inhibiteur de corrosion	$\geq 10^3$	$\leq 0,02$
• Alcools	$10^6 - 10^8$	$2 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-5}$
• Cétones	$10^5 - 10^8$	$2 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-4}$

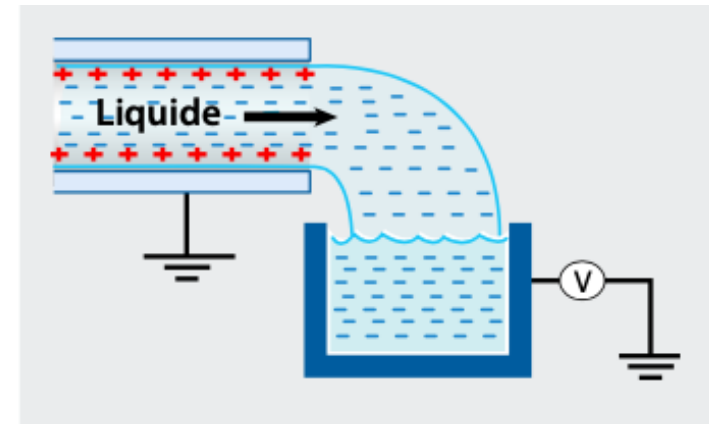
Liquide en écoulement



**Projection
à travers une buse**



**Passage d'un liquide
dans une canalisation**



Dessins INRS -Phénomènes électrostatiques

Prévention

- Nature du liquide
- Nature des matériaux (conduites, récipients)
- Nature des écoulements (lents ou rapides, laminaires ou turbulents)

→ Isolation électrique = Mise à la terre

Merci pour votre attention

