

LABORATOIRES DE PHYSIQUE

Sécurité électrique

A. Connaissance du risque électrique

Le courant peut agir alors sur le corps de trois façons différentes :

- Par blocage des muscles, que ce soient ceux des membres ou de la cage thoracique (tétanisation).
- Par brûlures : l'électricité produit par ses effets thermiques des lésions tissulaires plus ou moins graves selon la valeur du courant.
- Par action sur le coeur : l'électricité provoque une désorganisation complète du fonctionnement du coeur, d'où fibrillation ventriculaire.

Quelques remarques :

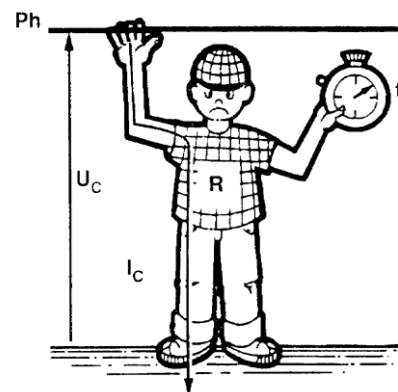
- la sensation de passage du courant est très variable d'une personne à l'autre : 0,5 mA peut être considéré comme une valeur moyenne,
- les contractions musculaires (tétanisation) empêchent à la personne de lâcher le conducteur , elles se produisent aux alentours de 10 mA (cette valeur dépend de l'âge, du sexe, de l'état de santé, du niveau d'attention...),
- les difficultés et l'arrêt respiratoire qui se produit pour des courants de 20 à 30 mA est en fait une contraction des muscles respiratoires,
- la fibrillation cardiaque se produit à partir de 100mA,
- 1 A provoque l'arrêt du cœur,
- le mot « électrocution » est utilisé lorsqu'il y a mort d'homme, dans le cas contraire, on utilise le mot « électrisation ».

Quatre paramètres interdépendants influent sur le niveau des risques :

- I_c : courant qui circule dans le corps humain,
- U_c : tension appliquée au corps,
- R : résistance du corps,
- t : temps de passage du courant dans le corps.

La tension U_c appliquée au corps humain peut être due :

- A deux contacts avec des parties actives, parties normalement sous tension, portées à des potentiels différents.
- A un contact avec la terre et une partie active.
- A un contact avec la terre et une masse métallique mise accidentellement sous tension.



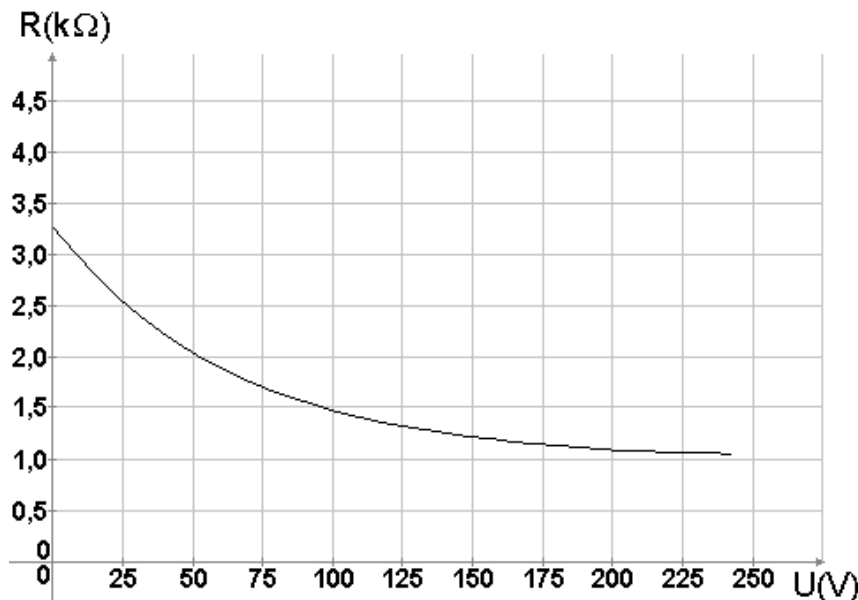
Beaucoup d'idées fausses circulent quant aux dangers du courant électrique et à la sécurité électrique. Le questionnaire ci-dessous¹, paru dans le bulletin de l'Union des physiciens, permet de faire le point et donne des informations très utiles à toute personne travaillant dans un laboratoire de physique.

- Question 1 : VRAI ou FAUX

La résistance du corps humain, mesurée par exemple entre deux mains, diminue avec la tension appliquée entre ces deux mains.

Réponse : **VRAI**

La résistance du corps humain varie avec la tension de contact. Suivant que la peau est sèche, humide ou mouillée cette résistance a une valeur différente pour une même tension. Pour une peau humide, on considère que la résistance du corps humain évolue en fonction de la tension de contact de la façon suivante :



La résistance du corps humain diminue avec la tension de contact.

- Question 2 : VRAI ou FAUX

La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est de l'ordre de 200000 Ω .

Réponse 2 : **FAUX**

La courbe précédente (voir commentaire réponse 1) concerne une peau humide. Il est normal qu'une peau sèche entraîne une résistance du corps humain plus élevée que dans le cas d'une peau humide, mais cette valeur n'atteint pas 200000 Ω . En effet, soumis à une tension de 250 V, le corps humain a une résistance inférieure à 2 000 Ω avec une peau sèche et de l'ordre de 4 000 Ω sous une tension de contact de 50 V. La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est très inférieure à 200000 Ω .

On peut retenir la valeur moyenne de 2 000 Ω sous 250 V pour une peau humide.

¹ Source : Direction générale de l'enseignement scolaire (d'après un document de R. Le Goff).

- Question 3 : VRAI ou FAUX

On peut s'électrocuter avec une tension alternative de 60 V.

Réponse 3 : **VRAI**

L'intensité du courant est un paramètre essentiel qui intervient dans le risque électrique : elle est liée, entre autres, à la tension de contact (cette tension modifie la résistance du corps humain). En condition normale, la valeur limite de cette tension est, pour l'alternatif, 50 V. Elle est de 25 V en condition mouillée. Dans les laboratoires et les salles de TP, les conditions sont normales et la tension limite est de 50 V (efficace) pour l'alternatif.

On peut effectivement s'électrocuter avec une tension alternative de 60 V.

- Question 4 : VRAI ou FAUX

En condition normale, on peut s'électrocuter avec une tension continue de 60 V.

Réponse 4 : **FAUX**

On appelle condition normale de travail, les lieux de travail autres que les emplacements mouillés. En condition normale la valeur limite de la tension de contact est pour le continu 100 V. Elle est de 50 V en condition mouillée. Dans les laboratoires et les salles de TP, les conditions sont normales et la tension limite à retenir est de 100 V pour le continu.

Dans des conditions normales, on ne peut pas s'électrocuter avec une tension continue de 60 V.

- Question 5 : VRAI ou FAUX

De manière générale, à valeur égale, le courant continu est plus dangereux que le courant alternatif.

Réponse 5 : **FAUX**

Le courant alternatif est plus dangereux que le courant continu. En effet, il faut des intensités continues plus élevées qu'en alternatif 50 Hz pour obtenir des effets semblables. Sans parler de brûlures, la fréquence de 50 Hz du secteur peut provoquer une tétanisation des muscles ainsi qu'une fibrillation du cœur.

De manière générale, à tensions égales, le courant continu est moins dangereux que le courant alternatif.

- Question 6 : VRAI ou FAUX

Une personne en contact direct avec une tension de 230 V est traversée par un courant d'intensité de plusieurs ampères.

Réponse 6 : **FAUX**

Application de la loi d'Ohm : sous une tension de valeur efficace $U = 250 \text{ V}$, la résistance du corps humain a une valeur moyenne de $R = 1\,000 \, \Omega$. Cela donne une intensité efficace de 0,25 A.

Une personne en contact direct avec une tension de 230 V est traversée par un courant d'intensité inférieure à l'ampère.

- Question 7 : VRAI ou FAUX

Les conséquences de l'effet électrothermique (brûlures) se manifestent dans un délai de 10 minutes.

Réponse 7 : **FAUX**

En plus des brûlures externes, il peut y avoir des brûlures internes dont les conséquences ne sont pas immédiates. Des troubles ne peuvent apparaître que plusieurs dizaines de minutes après le choc électrique.

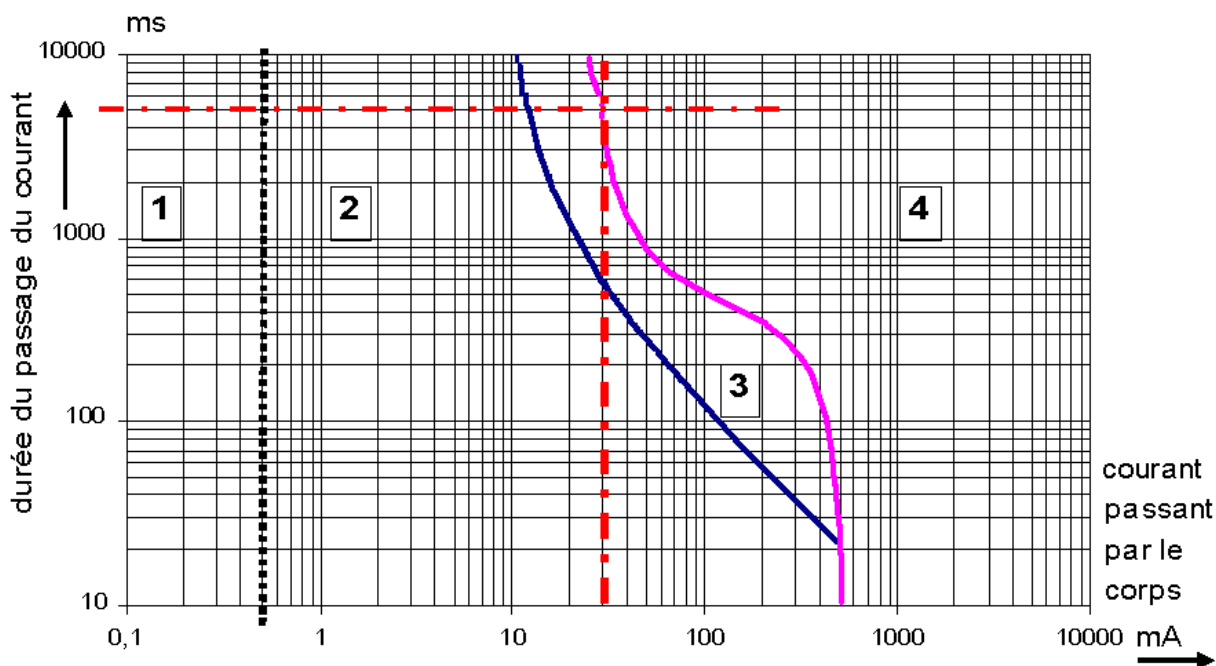
Les conséquences de l'effet électrothermique (brûlures) peuvent se manifester dans un délai de plusieurs dizaines de minutes.

- Question 8 : VRAI ou FAUX

Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.

Réponse 8 : **VRAI**

Cette question a pour but d'attirer l'attention sur la notion de durée : ce n'est pas parce que l'intensité du courant est faible qu'il n'y a pas danger. Le graphe ci-après représente les domaines durées/intensités pour les courants alternatifs (entre 15 Hz et 100 Hz) caractérisant les effets habituellement provoqués sur le corps humain :



Dans le domaine 1, il n'y a généralement pas de réaction.

Dans le domaine 2, des picotements mais aucun effet dangereux.

Dans le domaine 3, des effets non mortels avec perturbations généralement réversibles.

Dans le domaine 4, une fibrillation du coeur probable.

Une limite souvent donnée est 30 mA pendant 5 s (30 mA est le calibre de nombreux dispositifs différentiels). Bien que 30 s ne soit pas repérable sur ce graphe, on imagine bien qu'une intensité de 25 mA pendant 30 s se place légèrement dans le domaine 4 : ce qui peut effectivement entraîner la mort.

Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.

- Question 9 : VRAI ou FAUX

Il y a danger si le corps humain est traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 40 mA pendant une durée de 5 s.

Réponse 9 : **VRAI**

En se référant à la figure de la question 8, on constate que 40 mA pendant 5 s correspond à un point se situant dans le domaine 4 : il y a danger de mort.

Il y a danger si le corps humain est traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 40 mA pendant une durée de 5 s.

- Question 10 : VRAI ou FAUX

Il est plus dangereux pour le corps humain d'être traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 100 mA pendant 50 ms que par un courant alternatif d'intensité efficace 50 mA pendant 2 s.

Réponse 10 : **FAUX**

La notion d'intensité/durée est très importante. Ces deux grandeurs ne doivent pas être dissociées. Sans avoir les courbes précédentes (voir commentaires des réponses 8 et 9) sous les yeux, il n'est guère possible de répondre à la question posée.

100 mA pendant 50 ms correspond à un point se situant dans le domaine 2 (sans effet dangereux) alors que 50 mA pendant 2 s correspond à un point se situant dans le domaine 4 (risque d'électrocution).

Il est moins dangereux pour le corps humain d'être traversé par un courant alternatif d'intensité efficace 100 mA pendant 50 ms que par un courant alternatif d'intensité efficace 50 mA pendant 2 s.

- Question 11 : VRAI ou FAUX

La Très Basse Tension (TBT) correspond à des tensions inférieures à 50 V en courant alternatif et 120 V en courant continu.

Réponse 11 : **VRAI**

Il existe trois domaines de tension : la Très Basse Tension (TBT), la Basse Tension (BT) et la Haute Tension (HT). Ces deux derniers domaines sont subdivisés en A et B. Les limites de ces domaines sont différentes suivant que l'on considère le courant alternatif ou le courant continu. Ces limites sont indiquées dans le tableau suivant :

Domaines de tensions		Tensions nominales	
		Alternatif	Continu
Très basse tension	TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
Basse tension (BT)	BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ V}$
	HTA	$1000 \text{ V} < U \leq 50000 \text{ V}$	$1500 \text{ V} < U \leq 75000 \text{ V}$
Haute tension (HT)	HTB	$U > 50000 \text{ V}$	$U > 75000 \text{ V}$

On travaille la plupart du temps en TBT, quelque fois en BTA et pratiquement jamais en BTB (et au-delà).

La Très Basse Tension (TBT) correspond à des tensions inférieures à 50 V en alternatif et 120 V en continu.

- Question 12 : VRAI ou FAUX

Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA.

Réponse 12 : **VRAI**

Il est bon d'avoir quelques repères significatifs sur le risque électrique. L'intensité électrique doit être l'un d'eux :

- 50 mA pendant une seconde peut provoquer une fibrillation du coeur (et un arrêt circulatoire).
- 25 mA peut provoquer une tétanisation du diaphragme (et un arrêt respiratoire).
- 10 mA peut provoquer un « collage » (c'est le seuil de non- lâcher).
- 5 mA est le seuil de sensibilité électrique (non dangereux).

Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA.

- Question 13 : VRAI ou FAUX

En condition normale, il y a risque électrique pour des tensions alternatives inférieures à 48 V.

Réponse 13 : **FAUX**

La tension limite conventionnelle de sécurité est de 50 V pour l'alternatif en condition normale (25 V pour des emplacements mouillés).

En condition normale, il n'y a pas de risque électrique pour des tensions alternatives inférieures à 48 V.

Remarque : sous certaines conditions (qui ne sont plus appelées conditions normales), des tensions comprises entre 25 V et 50 V en alternatif, 50 V et 100 V en continu, peuvent être dangereuses. Pour ne pas avoir à utiliser de systèmes de protection, on parle alors de TBTS : Très Basses Tensions de Sécurité, dont les limites supérieures sont 25 V pour l'alternatif et 50 V pour le continu.

- Question 14 : VRAI ou FAUX

Un contact indirect est un contact involontaire d'une phase par un objet conducteur (un tournevis par exemple).

Réponse 14 : **FAUX**

Un contact indirect est un contact réalisé par une personne qui assure une liaison électrique :

- entre un matériel en défaut (masse conductrice par exemple) et la Terre,
- entre deux matériels en défaut (assez rare).

Un contact indirect n'est donc pas un contact involontaire d'une phase par un objet conducteur.

- Question 15 : VRAI ou FAUX

La NORME NF C 15 100 impose pour la plupart des prises de courant des dispositifs différentiels de calibre 30 mA.

Réponse 15 : **VRAI**

Il y a quelque temps la sensibilité de la plupart des dispositifs différentiels était de 50 mA. La norme a réduit cette valeur pour retenir actuellement 30 mA.

La NORME NF C 15-100 impose pour la plupart des prises de courant des dispositifs différentiels de sensibilité 30 mA.

Remarque : un Dispositif Différentiel à courant Résiduel (DDR) a pour but de protéger les personnes contre les dangers des courants indirects. Il existe des disjoncteurs différentiels et des interrupteurs différentiels. Les disjoncteurs différentiels protègent contre les courants de défaut (c'est la fonction différentielle du disjoncteur), contre les surintensités (par un dispositif thermique) et contre les courts-circuits (par un dispositif magnétique). Les interrupteurs différentiels ne protègent que contre les courants de défaut.

- Question 16 : VRAI ou FAUX

Pour établir un tétanos parfait des muscles, il suffit de 20 excitations/seconde.

Réponse 16 : **FAUX**

Pour établir un tétanos parfait, 40 excitations par seconde suffisent. La distribution des tensions en Europe se faisant avec une fréquence de 50 périodes par seconde, une électrisation par le secteur peut entraîner un tétanos parfait.

Pour établir un tétanos parfait des muscles, il faut plus de 20 excitations par seconde.

- Question 17 : VRAI ou FAUX

La téτανisation est un phénomène irréversible.

Réponse 17 : **FAUX**

La téτανisation des muscles est liée au passage d'un courant électrique alternatif. Elle cesse lorsque le courant ne passe plus. Elle se traduit par des contractions incontrôlables des muscles. Dans le cas d'une électrisation main/pied, le courant passe par les muscles respiratoires et peut provoquer une asphyxie respiratoire qui cesse si l'on coupe rapidement le courant.

La téτανisation est un phénomène réversible.

- Question 18 : VRAI ou FAUX

La téτανisation des muscles peut se produire avec des courants alternatifs de 10 mA.

Réponse 18 : **VRAI**

En effet, la contraction involontaire des muscles peut se produire avec un courant alternatif d'intensité efficace de 10 mA. Cependant la téτανisation n'est pas certaine. Dans le cas de muscles extenseurs, il y a projection de l'électrisé loin du conducteur. Dans le cas de muscles préhenseurs, l'électrisé reste « collé » au conducteur : il y a téτανisation des muscles et la rapidité de l'ouverture du circuit devient alors primordiale.

La téτανisation des muscles peut se produire avec des courants alternatifs de 10 mA.

- Question 19 : VRAI ou FAUX

La fibrillation cardiaque est un phénomène irréversible.

Réponse 19 : **VRAI**

Un muscle présente une période réfractaire durant laquelle il ne peut pas être réexcité : elle est de 300 ms pour le muscle cardiaque (de 1 ms à 2 ms pour les autres muscles), c'est-à-dire presque aussi longtemps que sa contraction. Autrement dit, le muscle du myocarde n'est pas tétanisable par la tension du secteur (de période 20 ms). Cependant les ventricules peuvent se mettre à se contracter de manière désordonnée, anarchique : c'est ce que l'on appelle la fibrillation ventriculaire qui continue même si la cause qui la provoque est supprimée. Cette fibrillation ne peut cesser que par la mise en oeuvre d'un défibrillateur cardiaque par un médecin (dispositif de plus en plus répandu en libre utilisation).

La fibrillation cardiaque est un phénomène extrêmement grave et irréversible.