

---

---

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

---

---

## QCM : le professeur de sciences physiques et «le risque électrique»

par Robert LE GOFF  
Lycée Gustave Eiffel - 94230 Cachan  
Bureau National

---

Je vous indique ci-après les réponses aux affirmations proposées dans le QCM publié dans le précédent numéro du BUP et intitulé : **Le professeur de sciences physiques et «le risque électrique»**. Certaines affirmations sont trop imprécises pour pouvoir répondre simplement cependant j'ai répondu par OUI ou par NON en justifiant la réponse retenue et en précisant à quelle condition l'autre réponse aurait été correcte.

En fonction du nombre de bonnes réponses, à vous de juger s'il est urgent de vous inscrire à un stage MAFPEN sur la sécurité électrique !

Dans l'attente d'un tel stage, vous pouvez vous procurer gratuitement des brochures très instructives éditées par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité). Il faut les réclamer auprès du service prévention de votre Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM) pour la Métropole ou auprès du service prévention de votre Caisse Générale de Sécurité Sociale pour les départements d'Outre-Mer.

Parmi les brochures proposées, deux d'entre elles sont particulièrement à privilégier :

- *«Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques»* : cette brochure rappelle la listes des textes réglementaires, les établissements visés, les obligations envers la protection des travailleurs, la conception des matériels électriques, les prescriptions à observer lors de l'exécution de travaux à effectuer au voisinage d'installations électriques.
- *«Enseigner la prévention des risques professionnels ; le risque électrique»* : cette brochure se présente sous la forme d'un dossier formé d'un ensemble de fiches appelant les connaissances à assimiler et d'un cahier d'exercices (avec solutions !).

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

**SOLUTION DU QCM**

Les affirmations imprécises ont été complétées en texte gras, pour lever toute ambiguïté entre l'affirmation et la réponse.

	Oui	Non
1. La résistance du corps humain, mesurée par exemple entre deux mains, diminue avec la tension appliquée entre ces deux mains.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est de l'ordre de 200 000 $\Omega$ .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. On peut s'électrocuter avec une tension alternative de 60 V .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. <b>En condition normale</b> , on peut s'électrocuter avec une tension continue de 60 V .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. De manière générale, à valeur égale, le continu est plus dangereux que l'alternatif .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. Une personne en contact direct avec une tension de 230 V est traversée par un courant d'intensité de plusieurs ampères.....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Les conséquences de l'effet électrothermique (brûlures) se manifestent dans un délai de dix minutes .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. Une intensité de 25 mA pendant 30 s peut entraîner la mort.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 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.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 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 .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11. La Très Basse Tension (TBT) correspond à des tensions inférieures à 50 V en alternatif et 120 V en continu .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Dans des conditions normales, la durée maximale de maintien d'une tension continue est infinie pour des valeurs inférieures à 100 V.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Dans des conditions normales, la durée maximale de maintien d'une tension alternative est de 0,5 s pour une tension de 75 V .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15. <b>En condition normale</b> il y a risque électrique pour des tensions alternatives inférieures à 48 V .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16. Un dispositif de détection de défaut est toujours nécessaire lorsque l'on travaille en Basse Tension (BT).....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

	Oui	Non
17. L'installation électrique d'une salle de travaux pratiques doit être conforme au régime du neutre TT.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. La première lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique que le neutre est relié à la terre au départ du réseau de distribution.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. La seconde lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique qu'un dispositif de protection doit fonctionner lorsqu'une phase est reliée involontairement à la terre.....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20. Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé IT.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé TN.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Un dispositif de détection de défaut doit toujours fonctionner lors de l'apparition d'un premier défaut dans un régime du neutre TT.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Un contact indirect est un contact involontaire d'une phase par un objet conducteur (un tournevis par exemple). .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24. Pour un interrupteur différentiel de calibre 500 mA, la résistance locale de mise à la terre doit être inférieure à 500 $\Omega$ .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25. Plus le calibre d'un interrupteur différentiel est élevé, plus la résistance locale limite de mise à la terre est faible.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. La NORME NF C 15-100 impose pour la plupart des prises de courant des dispositifs différentiels de calibre 30 mA.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Un oscilloscope de classe 1 doit être nécessairement relié à la terre.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Avec un oscilloscope de classe 1 il faut utiliser un transformateur d'isolement pour visualiser sans danger la tension du secteur.....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29. Un oscilloscope de classe 2 n'a aucune partie métallique apparente.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. L'utilisation d'un transformateur d'isolement évite la nécessité de la mise à la terre des parties métalliques du montage situé en aval.....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31. Il est autorisé de supprimer la prise de terre d'un GBF pouvant délivrer des tensions sinusoïdales de valeur maximale inférieure à 10 V.....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32. Dans un régime du neutre TT, si sur une prise d'une table de TP, le neutre est involontairement (ou non) relié à une borne de terre, le disjoncteur différentiel de la salle peut fonctionner.....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

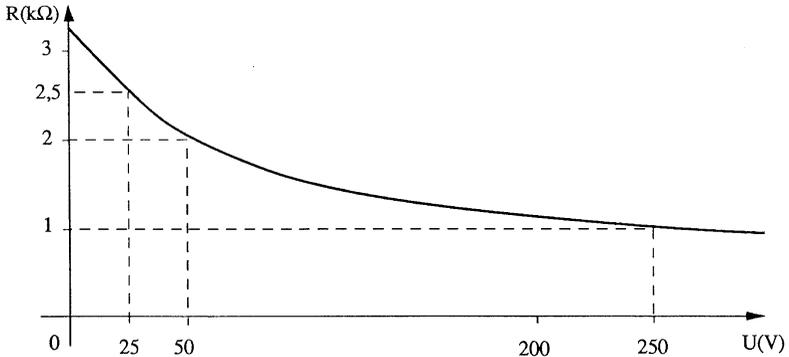
	Oui	Non
33. Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise à la terre de l'une des bornes du secondaire <b>si le secondaire est en basse tension (BT)</b> .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise en place au secondaire d'un interrupteur différentiel <b>si le secondaire est en basse tension (BT)</b> .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Pour établir un téтанos parfait des muscles, il suffit de 20 excitations/seconde	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36. La téтанisation est un phénomène irréversible .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37. La téтанisation des muscles peut se produire avec des courants alternatifs de 10 mA .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. La fibrillation cardiaque est un phénomène irréversible .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

COMMENTAIRES

Reprenons une à une chaque affirmation :

	Oui	Non
1. <i>La résistance du corps humain, mesurée par exemple entre deux mains, diminue avec la tension appliquée entre ces deux mains</i> .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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 :



---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

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

2. *La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est de l'ordre de 200 000  $\Omega$  .....*

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

La courbe précédente 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 200 000  $\Omega$ . En effet, sous 250 V, le corps humain a une résistance inférieure à 2 000  $\Omega$  avec une peau sèche et de l'ordre de 4 000  $\Omega$  sous une tension de contact de 50 V.

**La résistance du corps humain, mesurée entre deux mains sèches, est très inférieure à 200 000  $\Omega$  : on peut retenir la valeur moyenne de 2 000  $\Omega$  sous 250 V pour une peau sèche et la valeur moyenne de 1 000  $\Omega$  sous 250 V pour une peau humide.**

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

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

L'intensité du courant est un paramètre essentiel qui intervient dans le risque électrique ; elle est liée, entre autre, à la tension de contact (nous avons vu que 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 nos locaux de travail comme les salles de TP, nous sommes dans des conditions 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.**

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

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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 nos locaux de travail comme les salles de TP, nous sommes dans des conditions 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.**

*Remarque :* Le mot électrocution est utilisé lorsqu'il y a mort d'homme, dans le cas contraire on parle d'électrisation.

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

5. *De manière générale, à valeur égale, le continu est plus dangereux que l'alternatif.....*

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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 continu est moins dangereux que l'alternatif.**

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

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Voilà une bonne application de la loi d'Ohm ! Nous avons vu que sous une tension de valeur efficace  $U = 250 \text{ V}$ , la résistance du corps humain avait une valeur moyenne de  $R = 1000 \Omega$ . Cela donne une intensité efficace de  $0,25 \text{ A}$ .

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

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

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

En plus des brûlures externes, il peut y avoir des brûlures internes d'organes 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 minutes.**

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

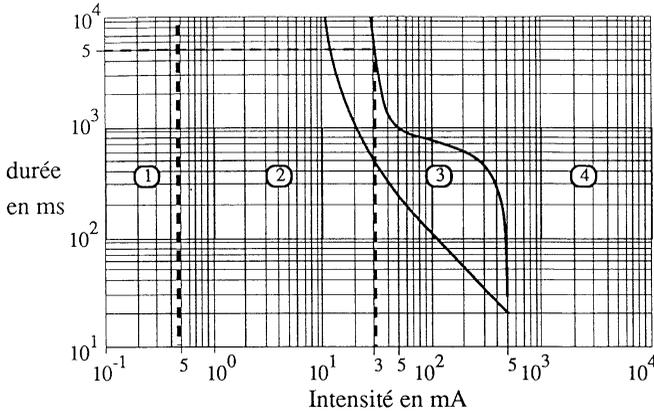
Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cette question avait 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.

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA



Dans le domaine 3 des effets non mortels avec perturbations généralement réversibles.  
 Dans le domaine 4 une fibrillation du cœur 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.**

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. *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.....*

En se référant à la figure précédente, 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.**

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

10. *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.....*

La notion d'Intensité/Durée est très importante. Ces deux grandeurs ne doivent pas être dissociées. Sans avoir les courbes précédentes sous les yeux, il n'est guère possible de

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**

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.**

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

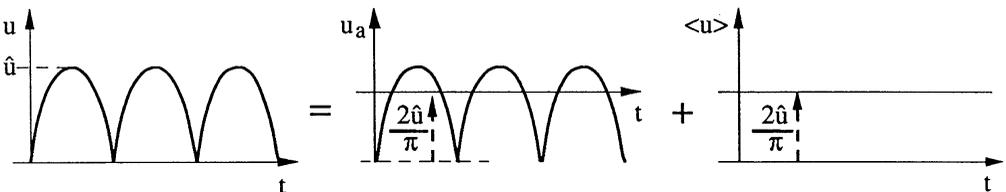
Il existe trois domaines de tension : la Très Basse Tension (TBT), la Basse Tension (BT) et la Haute Tension (HT). Ces deux derniers domaines sont subdivisés en A et B. Les limites de ces domaines sont différentes suivant que l'on considère l'alternatif ou le continu. Ces limites sont indiquées dans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

Domaines de tensions		Tensions nominales	
		alternatif	continu
Très Basse Tension	TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Basse Tension (BT)	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
	BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ V}$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 \text{ V} < U \leq 50\,000 \text{ V}$	$1500 \text{ V} < U \leq 75\,000 \text{ V}$
	HTB	$U > 50\,000 \text{ V}$	$U > 75\,000 \text{ V}$

Nous travaillons 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.**

*Remarque :* Une tension redressée double alternance est une tension périodique non alternative. Doit-on se référer aux limites de l'alternatif ou à celles du continu pour ce type de tension ? Conventionnellement on utilise les limites du continu pour une tension présentant un taux d'ondulation inférieur à 10 % tout en ayant une valeur crête ne dépassant pas 15 % de la valeur moyenne. Dans le cas contraire on utilise les limites de l'alternatif. Revenons à notre exemple :



---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

Le taux d'ondulation  $\tau$  est égal au rapport entre la valeur efficace  $U_a$  de la composante alternative et la tension moyenne  $\langle u \rangle$  :

$$\tau = U_a / \langle u \rangle$$

Ne pas confondre le taux d'ondulation avec le facteur de forme  $F$  qui est est égal au rapport entre la valeur efficace  $U$  de la tension et la tension moyenne  $\langle u \rangle$  :

$$F = U / \langle u \rangle$$

Ce qui ici donne avec  $U = \hat{u} / \sqrt{2}$  et  $\langle u \rangle = 2\hat{u} / \pi$  :

$$F = \pi / 2\sqrt{2}$$

Taux d'ondulation et facteur de forme sont liés par la relation :

$$F^2 = 1 + \tau^2$$

Nous obtenons alors :  $\tau = \sqrt{(\pi^2/8) - 1} \approx 48 \%$

Bien que la tension soit unidirectionnelle, il faut appliquer les limites de l'alternatif.

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**12. Le seuil de sensibilité électrique est de 5 mA .....**

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 cœur (et un arrêt circulatoire) ;
- 25 mA peut provoquer une téτανisation 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.**

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**13. Dans des conditions normales, la durée maximale de maintien d'une tension continue est infinie pour des valeurs inférieures à 100 V .....**

La norme NF C 15-100 indique la durée maximale de maintien de la tension de contact suivant la nature du courant et la nature du local. Cette durée maximale correspond à la

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

durée maximale de coupure du dispositif de protection. Le tableau ci-après est un extrait de cette norme pour des emplacements autres que mouillés :

Tension de contact		Durée maximale de coupure (s)
en alternatif (V)	en continu (V)	
< 50	< 100	$\infty$
50	100	5
75	130	1
90	150	0,5
110	170	0,2
150	200	0,1
220	250	0,05
280	310	0,03
350	370	0,02
500	500	0,01

**En atmosphère sèche, la durée maximale de maintien d'une tension continue est infinie pour des valeurs inférieures à 100 V.**

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**14.** *Dans des conditions normales, la durée maximale de maintien d'une tension alternative est de 0,5 s pour une tension de 75 V.....*

Le tableau précédent confirme que la durée maximale de maintien pour une tension alternative de valeur efficace 75 V est de 1 s en condition normale. Ceci n'est bien sûr pas vrai dans un local mouillé pour lequel cette durée est bien inférieure à 0,15 s (la tension limite de sécurité étant de 25 V à la place de 50 V pour l'alternatif), mais en principe nous ne travaillons pas dans un tel local.

**Dans des conditions normales, la durée maximale de maintien d'une tension alternative est de 1 s pour une tension de 75 V.**

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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

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

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

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

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.

16. *Un dispositif de détection de défaut est toujours nécessaire lorsque l'on travaille en Basse Tension (BT).....*

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quel que soit le régime de l'installation, le premier défaut doit être détecté et suivant ce régime il peut y avoir soit coupure au premier défaut, soit signalisation du premier défaut et coupure au deuxième défaut. Nous verrons que dans les établissements scolaires, le régime imposé s'accompagne nécessairement d'une coupure au premier défaut.

**Un dispositif de détection de défaut est toujours nécessaire lorsque l'on travaille en Basse Tension (BT).**

17. *L'installation électrique d'une salle de travaux pratiques doit être conforme au régime du neutre TT.....*

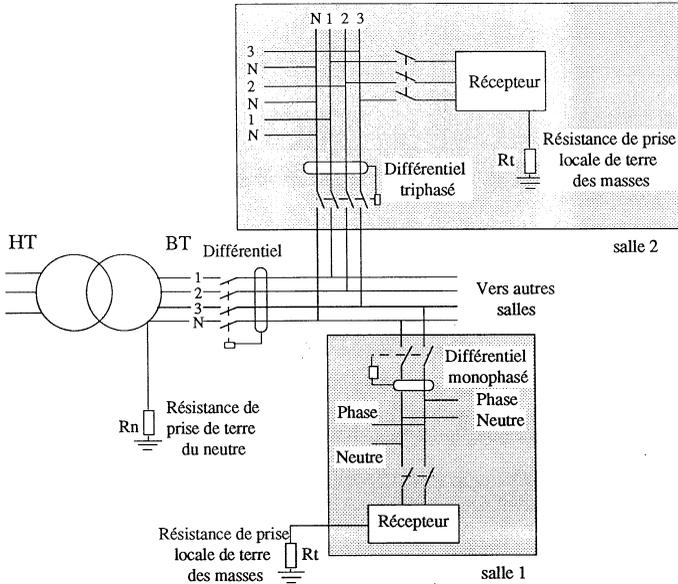
Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les établissements scolaires doivent respecter le régime du neutre appelé TT. Il doit y avoir coupure au premier défaut par l'emploi de dispositifs différentiels.

**L'installation électrique d'une salle de travaux pratiques doit être conforme au régime du neutre TT.**

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

Le schéma ci-après illustre le principe du régime TT :



Les masses d'utilisation doivent être interconnectées et mises à la terre.

18. La première lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique que le neutre est relié à la terre au départ du réseau de distribution.....

Oui	Non
■	□

Le régime du neutre est repéré par deux lettres. La première lettre indique la situation du point neutre du transformateur par rapport à la terre. Pour le régime TT, le premier T indique une liaison directe du neutre à la terre.

**La première lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique que le neutre est relié à la terre au départ du réseau de distribution.**

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

19. La seconde lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique qu'un dispositif de protection doit fonctionner lorsqu'une phase est reliée involontairement à la terre .....

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

La seconde lettre dans l'indication du régime du neutre indique la situation des masses des récepteurs par rapport à la terre. La seconde lettre T dans l'indication TT du régime du neutre indique donc que la masse des récepteurs est reliée à la terre.

**La seconde lettre T dans l'indication TT du régime du neutre ne veut donc pas dire qu'un dispositif de protection doit fonctionner lorsqu'une phase est reliée involontairement à la terre.**

20. Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé IT .....

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

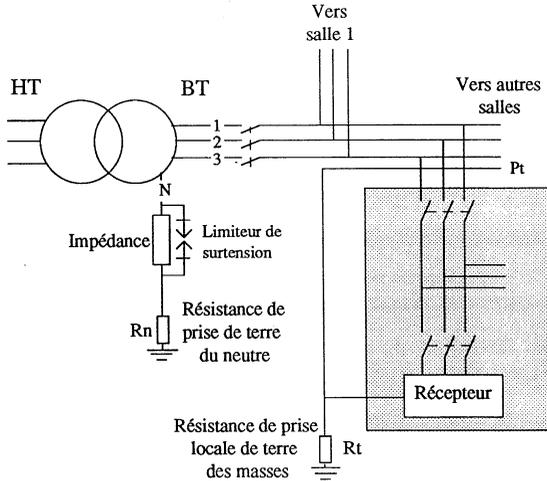
Il existe effectivement un régime du neutre appelé IT (que l'on peut trouver pour des locaux présentant des risques d'incendie par exemple) : il est appelé régime du neutre impédant. Au départ de l'installation (au niveau du transformateur), le neutre est relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance (les masses des récepteurs étant elles toujours reliées directement à la terre). Ce régime a la particularité de rendre un premier défaut non dangereux. Ce premier défaut doit cependant être signalé et sa recherche peut s'effectuer sous tension (par un personnel d'entretien compétent). Au deuxième défaut il doit y avoir coupure (par protection des surintensités, protection contre les surtensions). Ce régime ne doit pas exister dans les établissements scolaires.

**Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé IT.**

*Remarque* : Pour ce type de régime, la norme conseille de ne pas distribuer le neutre particulièrement pour des réseaux importants.

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

Le schéma ci-après illustre le principe du régime IT :



21. Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé TN.....

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

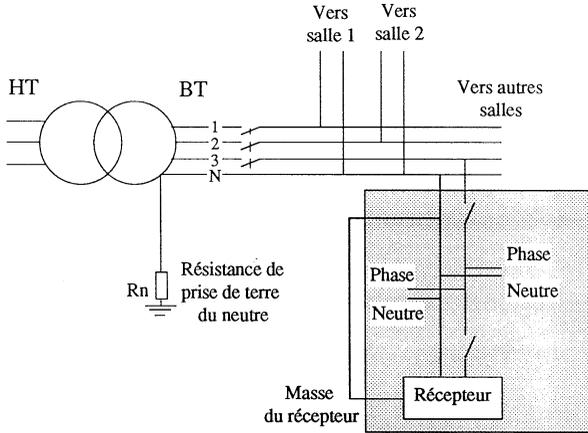
Il existe effectivement un régime du neutre appelé TN (que l'on peut trouver pour des réseaux perturbés, des réseaux avec lignes aériennes par exemple). Au départ de l'installation (au niveau du transformateur), le neutre est relié à la terre. Les masses des récepteurs sont elles reliées au neutre. Au premier défaut il doit y avoir coupure (par protection des surintensités). Ce régime ne doit pas exister dans les établissements scolaires.

**Il existe des installations électriques qui sont soumises au régime du neutre appelé TN.**

*Remarque :* A première vue on ne voit guère la différence entre un régime TT et un régime TN car dans les deux cas le neutre est relié à la terre et dans le second cas les masses sont reliées au neutre qui est lui même relié à la terre. En réalité la liaison neutre-terre introduit la présence d'une résistance faible mais non nulle appelée **résistance de prise de terre du neutre Rn** ; de même la liaison masses-terre introduit la présence d'une résistance faible mais non nulle appelée **résistance de prise de terre des masses Rt**.

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

Il existe deux variantes du régime TN (TNC et TNS). Le schéma ci-après illustre le principe d'une des variantes du **régime TN (TNC)** :



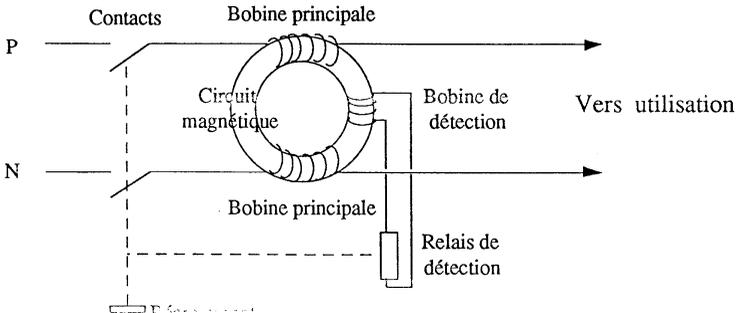
Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22. Un dispositif de détection de défaut doit toujours fonctionner lors de l'apparition d'un premier défaut dans un régime du neutre TT.....

Dans un régime TT, il doit y avoir coupure (ouverture du circuit) au premier défaut. Le dispositif de détection doit provoquer cette coupure : c'est un dispositif différentiel.

**Un dispositif de détection de défaut doit toujours fonctionner lors de l'apparition d'un premier défaut dans un régime du neutre TT.**

Remarque : Schéma de principe d'un disjoncteur différentiel monophasé (ne sont pas représentés la détection thermique et le circuit de test) :



**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**

Les contacts sont fermés. En absence de défaut, les deux bobines principales, parcourues par le même courant, créent à chaque instant des flux égaux. Le sens de bobinage est tel que ces flux agissent en sens inverse, le flux résultant est donc nul. La bobine de détection ne «voyant» aucun flux, la bobine du relais qu'elle commande n'est pas excitée : les contacts restent fermés. En présence d'un défaut d'isolement, une partie du courant s'écoule par la prise de terre : les deux bobines principales ne sont plus parcourues par le même courant et le flux résultant n'est plus nul. Ce flux crée dans la bobine de détection un courant qui excite la bobine du relais qu'elle commande : les contacts s'ouvrent et le circuit est mis hors tension.

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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

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.**

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**24.** *Pour un interrupteur différentiel de calibre 500 mA, la résistance locale de mise à la terre doit être inférieure à 500 Ω.....*

Le calcul de la valeur maximale de la résistance locale de la mise à la terre s'effectue à partir de la tension limite de contact (50 V en alternatif dans les conditions normales) et le calibre de l'interrupteur. Dans l'exemple proposé (calibre 500 mA ou 0,5 A) la résistance locale de mise à la terre doit donc être inférieure à (50/0,5) Ω soit 100 Ω.

**Pour un interrupteur différentiel de calibre 500 mA, la résistance locale de mise à la terre ne doit pas être inférieure à 500 Ω mais doit être inférieure à 100 Ω.**

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**25.** *Plus le calibre d'un interrupteur différentiel est élevé, plus la résistance locale limite de mise à la terre est faible .....*

A la question précédente, nous avons vu comment se calculait la valeur maximale de la résistance locale de terre. Appliquons la démarche précédente à interrupteur de calibre 650 mA. Nous obtenons une valeur limite de (50/0,65) Ω, soit 77 Ω.

**Plus le calibre d'un interrupteur différentiel est élevé, plus la résistance locale limite de mise à la terre doit être faible.**

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

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

Oui	Non
■	<input type="checkbox"/>

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 contacts indirects.

Il existe des disjoncteurs différentiels et des interrupteurs différentiels. Les premiers 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 seconds ne protègent que contre les courants de défaut.

Un DDR de sensibilité 30 mA peut fonctionner avec des courants de défaut de 20 mA. En effet la norme impose qu'un DDR de sensibilité  $I_{\Delta n}$  (c'est la désignation utilisée pour la sensibilité) doit fonctionner pour des intensités de défaut comprises entre  $I_{\Delta n}/2$  et  $I_{\Delta n}$ . Pour des dispositifs non retardés le temps de réponse est de quelques centièmes de seconde.

27. Un oscilloscope de classe 1 doit être nécessairement relié à la terre .....

Oui	Non
■	<input type="checkbox"/>

Un oscilloscope de classe 1 est un appareil avec une prise 3 fils dont un fil de masse ce qui oblige l'utilisateur à brancher cet appareil sur une prise avec terre afin que sa masse soit reliée à la terre.

**Il est interdit d'isoler la masse d'un appareil de classe 1 de la terre.**

**Un oscilloscope de classe 1 doit être nécessairement relié à la terre.**

28. Avec un oscilloscope de classe 1 il faut utiliser un transformateur d'isolement pour visualiser sans danger la tension du secteur .....

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	■

Le transformateur d'isolement est souvent utilisé pour s'affranchir des problèmes de liaison terre-masse : **c'est interdit** (voir tout ce qui a été dit précédemment). Si le transformateur d'isolement délivre au secondaire des tensions inférieures à 50 V, on peut brancher ce secondaire sur l'une des voies de l'oscilloscope lui-même branché sur une prise avec terre : on applique une tension qui n'est pas la tension du secteur mais que l'on peut considérer comme son image. Pour une observation directe de la tension du secteur, il faudrait intercaler une sonde différentielle entre le secteur et la voie d'observation de l'oscilloscope.

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

**En règle générale un transformateur d'isolement ne permet pas de visualiser sans danger la tension du secteur avec un oscilloscope de classe 1.**

Oui	Non
■	□

**29. Un oscilloscope de classe 2 n'a aucune partie métallique apparente.....**

Un oscilloscope de classe 2 est aussi appelé oscilloscope à double classe d'isolement. Aucune pièce métallique n'est apparente. Son cordon d'alimentation ne possède pas de borne de terre. Ce cordon ne peut pas se mettre sur un appareil de classe 1 (et réciproquement). Un appareil de classe 2 doit être utilisé avec des cordons ne présentant aucune partie métallique apparente sinon il est déclassé. Il faut des cordons à double puits pour remplacer les cordons habituels, des cordons coaxiaux ou des fiches BNC sans partie métallique pour les liaisons avec un oscilloscope de cette classe.

**Un oscilloscope de classe 2 n'a aucune partie métallique apparente. Pour qu'il conserve sa classe, il doit être utilisé avec des cordons ne présentant également aucune partie métallique apparente.**

Oui	Non
□	■

**30. L'utilisation d'un transformateur d'isolement évite la nécessité de la mise à la terre des parties métalliques du montage situé en aval.....**

En basse tension et en régime TT, toute partie métallique apparente doit être reliée à la terre. C'est une règle générale et il faut s'y tenir : elle est fondamentale pour tout ce qui concerne la sécurité électrique en régime TT.

**L'utilisation d'un transformateur d'isolement ne permet pas de se dispenser de la mise à la terre des parties métalliques du montage situé en aval.**

Oui	Non
□	■

**31. Il est autorisé de supprimer la prise de terre d'un GBF pouvant délivrer des tensions sinusoïdales de valeur maximale inférieure à 10 V.....**

Cette question concerne particulièrement les utilisateurs de «bouchons» qui sont des adaptateurs permettant la suppression de la liaison de la masse des appareils à la terre pour une visualisation plus aisée de tensions à l'oscilloscope ; souvent cette adaptation n'est possible que par la suppression d'une languette de plastique qui interdit l'opération souhaitée : **c'est formellement interdit**. Si l'appareil a une prise de terre, c'est qu'il est nécessaire de relier sa masse à la terre. En effet en cas de défaut c'est la personne qui, en touchant une partie métallique de l'appareil, peut faire la liaison avec la terre, donc refermer le circuit et être traversée par un courant pouvant provoquer son électrocution si le défaut est, par exemple, un défaut franc entre la phase et la carcasse métallique.

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---

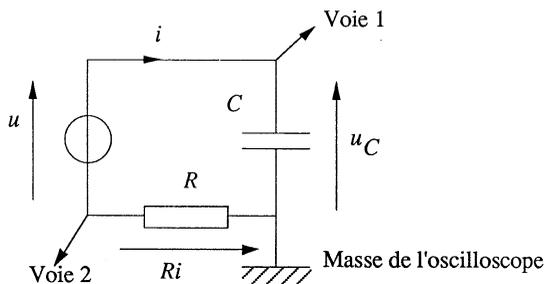


---

**Il est INTERDIT de supprimer la prise de terre un GBF pouvant délivrer des tensions sinusoïdales de valeur maximale inférieure à 10 V.**

Prenons l'exemple de l'étude d'un circuit RC série alimenté par un GBF. Nous désirons visualiser la tension aux bornes de R ainsi que celle aux bornes de C.

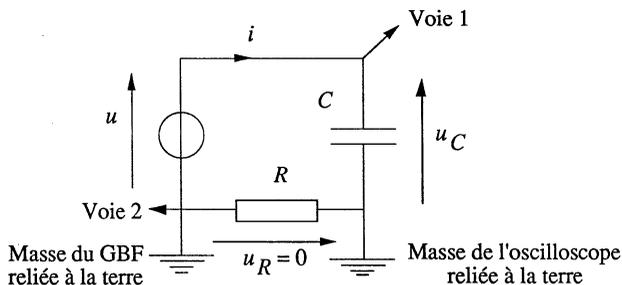
La logique nous fait réaliser le montage suivant :



On inverse le voie 2 pour observer  $Ri$ .

Si l'oscilloscope et le GBF sont des appareils avec prises de terre (appareils de classes 1), la réalisation d'un tel montage entraîne le court-circuit de l'un des composants par la borne de prise de terre.

Exemple :

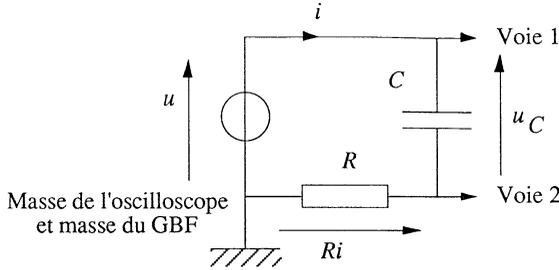


C'est là qu'intervient l'idée d'utiliser un «bouchon». Idée séduisante mais interdite car très dangereuse en cas de défaut.

Que faire ? Il y a la solution des «riches» qui consiste à intercaler entre les voies de l'oscilloscope et les composants des sondes différentielles ou d'avoir un oscilloscope à entrées différentielles. Une autre solution consiste à utiliser un oscilloscope ou un GBF de classe 2 dit à double classe d'isolement qui n'ont aucune liaison avec la terre (donc aucune masse métallique apparente). Ces appareils sont d'un coût plus élevé que les appareils de classe 1.

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA

Et pour les autres, les «pauvres», (que nous sommes pour la plupart), nous pouvons réaliser le montage suivant :



Sur la voie 1 nous visualisons la tension  $u$  aux bornes du GBF et sur la voie 2 la tension  $u_R$  aux bornes de la résistance. Pour visualiser celle  $u_C$  aux bornes du condensateur il faut faire  $u - u_R$  c'est-à-dire appuyer sur la touche INV (inverse) de la voie 2 et sur la touche ADD (somme), les deux voies devant avoir le même calibre (vous pouvez aussi permuter le condensateur et la résistance).

32. Dans un régime du neutre TT, si sur une prise d'une table de TP, le neutre est involontairement (ou non) relié à une borne de terre, le disjoncteur différentiel de la salle peut fonctionner .....

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La réponse OUI à cette question peut paraître surprenante car le neutre et la prise des masses sont reliés à la terre, ce qui a priori semble dire que l'on peut considérer que le neutre et la prise des masses sont reliés directement entre eux. En fait dans un régime TT ce n'est pas vrai (voir schéma dans la réponse à la question 17 : présence d'une résistance de prise de terre du neutre et présence d'une résistance de prise de terre des masses). Au niveau d'une prise d'une salle de TP il existe une tension faible mais non nulle entre la borne du neutre et la borne de terre. La mise en court-circuit de ces deux bornes est un défaut qui peut parfois générer un courant de fuite suffisant pour déclencher un disjoncteur différentiel de très haute sensibilité ( $I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}$ ) et de haute sensibilité ( $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ ) (se souvenir qu'un dispositif différentiel se déclenche pour un courant de défaut compris entre  $I_{\Delta n}/2$  et  $I_{\Delta n}$ ). Ce déclenchement est fonction également des appareils qui peuvent être branchés sur les autres prises (protégées par le même disjoncteur), des impédances de lignes, ...

**Dans un régime du neutre TT, si sur une prise d'une table de TP, le neutre est involontairement (ou non) relié à une borne de terre le disjoncteur différentiel de la salle peut parfois fonctionner.**

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

**33.** *Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise à la terre de l'une des bornes du secondaire si le secondaire est en basse tension (BT).....*

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cette question nécessitait une précision suivant que le secondaire est en TBT (tension de valeur efficace inférieure à 50 V) ou en BT (tension de valeur efficace comprise entre 50 V et 1000 V).

En dessous de 50 V efficace il n'y a pas de protection particulière à apporter si ce n'est que la carcasse métallique doit être reliée à la terre si elle est apparente (toute pièce métallique apparente doit être reliée à la terre).

Au dessus de 50 V l'une des bornes du secondaire doit être mise à la terre pour être conforme au régime TT ; cette borne reliée à la terre devient alors la nouvelle borne de neutre pour le montage placé en aval.

**Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise à la terre de l'une des bornes du secondaire si le secondaire est en basse tension (BT).**

**34.** *Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise en place au secondaire d'un interrupteur différentiel si le secondaire est en basse tension (BT).....*

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cette question nécessitait également une précision suivant que le secondaire est en TBT ou en BT.

En dessous de 50 V efficace il n'y a pas de protection particulière à apporter si ce n'est que toute pièce métallique apparente doit être reliée à la terre.

Au dessus de 50 V nous avons vu que l'une des bornes du secondaire devait être mise à la terre pour être conforme au régime TT (cette borne reliée à la terre devenant alors la nouvelle borne de neutre). Mais ce n'est pas suffisant il faut en plus un dispositif de coupure au premier défaut c'est-à-dire un interrupteur différentiel.

**Dans une installation TT, l'utilisation d'un transformateur d'isolement au cours d'une expérience nécessite la mise en place d'un interrupteur différentiel si le secondaire est en basse tension (BT).**

*Remarque :* La mise à la terre de l'une des bornes du secondaire par l'intermédiaire d'une impédance est possible mais il faut alors être conforme au régime IT c'est-à-dire dispositif de signalisation du premier défaut et dispositif de coupure au second (la norme conseille de ne pas distribuer le neutre dans le cas d'un réseau important ce qui n'est pas le cas dans notre utilisation du transformateur d'isolement).

---



---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**


---



---

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

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

Pour établir un tétanos parfait, 40 excitations par seconde suffisent. La distribution des tensions en Europe se faisant avec un 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/seconde.**

Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**36. La téτανisation est un phénomène irréversible.....**

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.**

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

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 (il a «pris une châtaigne»). Dans le cas de muscles préhenseurs, l'électrisé reste «collé» au conducteur : il y a téτανisation des muscles, la rapidité de l'ouverture du circuit devient alors primordiale.

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

Oui	Non
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**38. La fibrillation cardiaque est un phénomène irréversible.....**

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 : le muscle du myocarde n'est pas téτανisable 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

---

---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**

---

---

ne peut cesser que par la mise en œuvre d'un défibrillateur cardiaque par un médecin. Cette fibrillation se traduit par une mort apparente de la victime. Immédiatement après l'accident un massage cardiaque externe accompagné d'une respiration artificielle menés sans relâche jusqu'à l'arrivée du médecin réanimateur sont nécessaires pour pouvoir sauver la victime.

**La fibrillation cardiaque est un phénomène extrêmement grave et irréversible.**

## CONCLUSION

Il ne faut surtout pas que le professeur de sciences physiques soit traumatisé par les problèmes de sécurité électrique. Nous enseignons une science expérimentale : l'expérience doit accompagner à chaque instant notre démarche pédagogique. Il ne serait pas bon, que sous prétexte de sécurité, l'approche expérimentale de notre enseignement se réduise à des expériences au tableau ou à l'utilisation de logiciels de simulation.

Nous devons introduire des notions de sécurité dans notre démarche expérimentale auprès des élèves. Il faut apprendre à identifier les risques électriques puis les estimer et décider des actions à mener.

Nous travaillons souvent en Très Basse Tension et les risques sont quasi-inexistants dans cette gamme de tensions tant que l'on respecte quelques règles élémentaires.

Il faut impérativement changer certaines de nos mauvaises habitudes comme supprimer la liaison masse-terre des oscilloscopes, utiliser des «bouchons» avec les GBF, par exemple, pour s'affranchir des problèmes de masse, utiliser des transformateurs d'isolement avec un secondaire délivrant des tensions supérieures à 50 V sans dispositif de protection, ...

Il faut avoir le bon réflexe (que nous n'avons pas mais qu'il est impératif d'avoir) de mettre à la terre toutes les parties métalliques de nos montages (les rhéostats par exemple). En Basse Tension (BT, ne pas confondre avec très basse tension TBT : voir réponse à la question 11 du QCM) utilisez toujours des cordons à double puits (et gaine non rétractable). Si vous travaillez dans une salle de TP dans laquelle certaines sources peuvent délivrer des tensions alternatives supérieures à 50 V (100 V en continu mais c'est plus rare pour l'enseignement classique moins pour l'enseignement technique, particulièrement pour l'étude des moteurs à courant continu), supprimez les cordons classiques 4 mm de la salle et remplacez les par des cordons double puits. Il peut bien sûr y avoir des problèmes de connectiques avec certains appareils de mesures. Souvent, il y a possibilité de fixer des adaptateurs pour cordons double puits (mais se pose alors

---

---

**PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PA**

---

---

un problème financier d'achat de cordons, de mise en sécurité des appareils de mesures, ...). Dans l'enseignement technique, cela pose des problèmes de fonctionnement car dans la même salle le professeur peut travailler en TBT et en BT. S'il fait un TP sur l'amplificateur opérationnel avec une classe de première toutes les maquettes et les câblages doivent être avec une connectique double puits. Est-ce pédagogiquement souhaitable ? Est-ce une bonne façon de sensibiliser les élèves aux risques électriques ? Ne pourrait-on pas conserver une connectique 2 mm pour tout ce qui est interne à la maquette et une connectique double puits pour les liaisons avec l'extérieur ?

Il faudrait que chaque professeur de sciences physiques reçoive des **instructions** pour savoir quel comportement tenir. Les enseignants sont demandeurs, il faut répondre à leur attente.