
 PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

La sécurité électrique : la manipulation «infaisable»

par Vincent FICHET
Lycée Jules Fil - 11000 Carcassonne

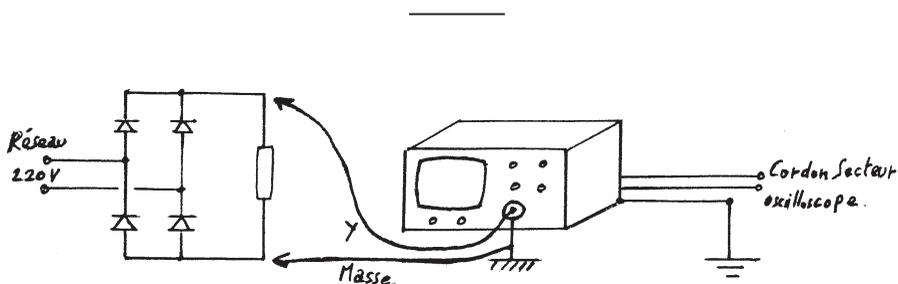


Figure 1

C'est une configuration usuelle dans les systèmes industriels : on redresse directement le réseau, puis on hache, on ondule...

On cherche à visualiser la tension redressée. Or, dès qu'on connecte l'oscilloscope, ça «saute». Enfin je vous le souhaite, car sinon votre installation est dangereuse ! Et qu'est-ce qui «saute» ? le différentiel installé à l'avant de votre installation, laquelle, comme la quasi-totalité des installations est en **régime TT** : c'est son régime de neutre.

LES RÉGIMES DE NEUTRE

On va à peine simplifier les choses en n'envisageant que le cas du monophasé. Au secondaire du transformateur EDF MT-BT (qui reçoit du 20 000 V), on dispose de deux fils, entre lesquels existe une différence de potentiel de 230 V. Mais aucun des deux potentiels n'est défini, a priori.

EDF peut choisir de ne rien imposer (exemple : bloc opératoire), de ne rien relier à la terre, ou de relier à la terre par une forte impédance. C'est le régime du **neutre isolé** (ou impédant). Symbole IT (figure 2) :

– 1^{ère} lettre I : neutre isolé (au niveau EDF),

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

– 2^e lettre T : chez l'utilisateur, toutes les carcasses métalliques sont reliées à la terre.

EDF choisit le plus souvent (c'est notre cas) de relier un des fils à la terre. Ce fil prend le nom de Neutre, l'autre est la Phase. Symbole TT (figure 3) :

- 1^{ère} lettre T : neutre à la terre (au niveau EDF),
- 2^e lettre T : carcasses métalliques reliées à la terre.

Notez bien que l'oscilloscope, relié par son cordon à trois conducteurs, a son châssis et «la masse» reliée à la terre. (N.B. : il existe un troisième régime de neutre : le TN, contactez vos collègues de STI...).

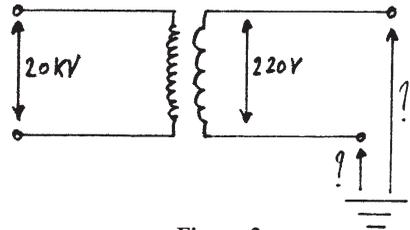


Figure 2

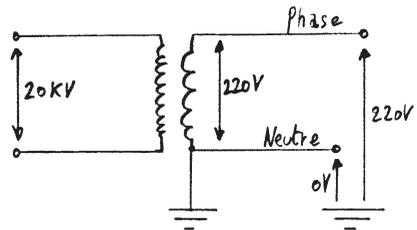


Figure 3

L'APPAREILLAGE DE SÉCURITÉ

Le choix du régime de neutre est lié à la sécurité.

En régime TT (au lycée, à la maison)

Le contact avec le fil de phase est dangereux, un courant s'établit entre phase et terre, et parcourt le corps selon la loi d'Ohm (le bien nommé en l'occurrence). Son intensité dépend de la résistance entre le point de contact et le sol, et varie selon l'état psychologique (stress), physique (transpiration), et le contact au sol (matière des semelles de vos chaussures). On admet qu'au pire cette résistance descend à 1 kΩ. Soit, sous 230 V, une intensité de 230 mA.

Or c'est l'intensité qui est dangereuse, et le seuil à ne pas dépasser est estimé à 50 mA.

On installe en tête de l'installation un dispositif qui déclenche et coupe dès que le courant «aller» (dans la phase) diffère du courant «retour» (dans le neutre) d'une valeur donnée (figure 4).

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

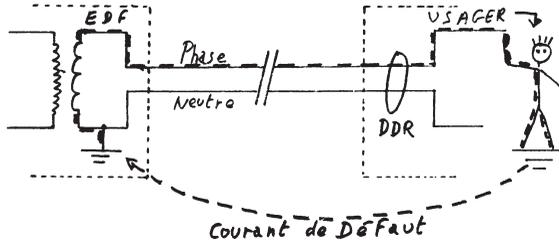


Figure 4

C'est le disjoncteur différentiel (DDR), que l'on a tout intérêt à choisir plus sensible que 50 mA (donc 30 mA, nouvelle norme).

En régime IT

Aucun des fils n'est dangereux a priori, pris isolément : en touchant un conducteur, on amène son potentiel à 0 V (d'ailleurs il n'y a pas de chemin pour le retour d'un courant de défaut).

Mais il faut détecter ce «défaut», car alors l'autre fil devient dangereux. Évidemment, si vous touchez les deux fils, rien ne vous sauvera, aucun dispositif ne détectera la différence entre une ampoule de 40 W et vous ! (Pour en savoir plus, il est conseillé de fréquenter des collègues de STI : vive le travail d'équipe).

Revenons à nos moutons.

Pourquoi ça «saute» ?

La carcasse de l'oscilloscope (et la masse) est reliée à la terre, comme le prévoit la deuxième lettre du régime TT.

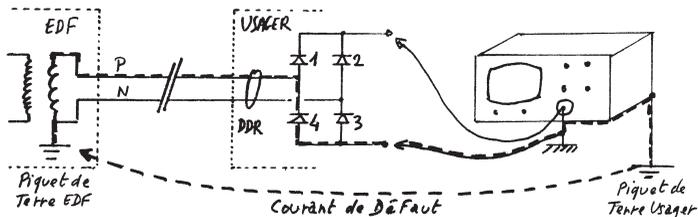


Figure 5

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

Lors de l'alternance positive, D1 et D3 conduisent, D3 relie le neutre à la terre, ce qui est sans conséquence, neutre et terre étant au même potentiel. Lors de l'alternance négative, D2 et D4 conduisent, D4 relie la phase à la terre, ce qui provoque un courant de défaut suffisant pour faire déclencher le dispositif de sécurité différentiel alimentant le montage.

Les solutions consistent toutes à ouvrir le circuit emprunté par le courant de défaut.

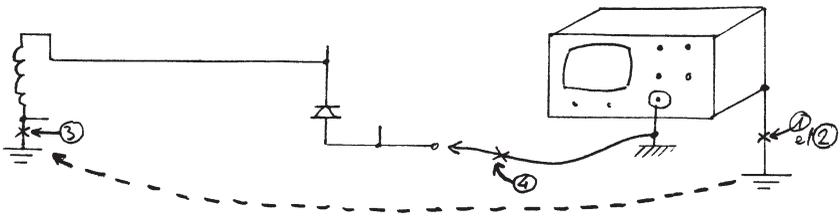


Figure 6

Solution 1 : suppression du conducteur de terre de l'oscilloscope

C'est radical, ça ne disjoncte pas. Mais un tournevis testeur de tension voit rouge en touchant le châssis de l'oscilloscope. Un deuxième oscilloscope montre des pointes de tension à 300 V, présentes sur toutes les parties métalliques du premier appareil.

La norme n'est plus respectée (mise à la terre), le risque d'accident est réel. Pourtant cette pratique est courante dans les lycées*, il faut savoir qu'elle est justiciable du nouveau code pénal («mise en danger de la vie d'autrui»); il est peu probable qu'un proviseur vous «couvre» en cas d'accident.

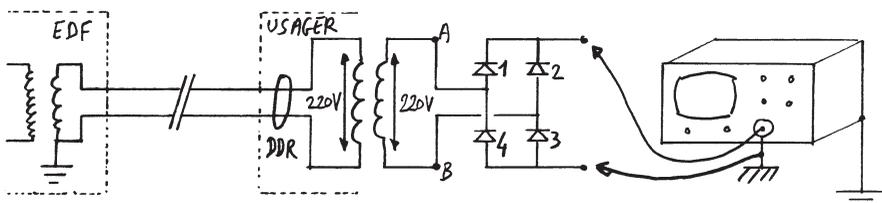
Solution 2 : oscilloscope alimenté par un transformateur d'isolement

(A priori, l'oscilloscope comporte déjà son transformateur d'alimentation...)

La véritable perversité de cette méthode réside dans le câblage du transformateur d'isolement 220/220 : la «terre» n'est pas transmise au secondaire. Ce qui donne le même résultat que le cas précédent : c'est idiot et criminel.

* Je l'ai fait aussi dans le temps, en toute inconscience.

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

Solution 3 : montage alimenté par un transformateur d'isolement

Figure 7

Ce n'est pas le câblage de la source qui peut imposer une valeur aux potentiels sur les fils A et B : $V_A - V_B = 230 \text{ V}$, mais V_A et V_B sont «flottants». En fait on est en régime IT, c'est nous qui allons définir les potentiels :

- *Alternance positive* : D1 et D3 conduisent : B est relié à la terre par D3.
B serait le neutre, A la phase.
- *Alternance négative* : D2 et D4 conduisent : D4 relie A à la terre.
A serait le neutre, B la phase.

La manipulation fonctionne, le contact avec l'oscilloscope ne présente pas de danger.

Inconvénients

Si le pont redresseur fait partie d'un système industriel consommant 1 kW par exemple, il faut dimensionner le transformateur à 1 kVA. C'est lourd et cher.

Remarques

- Ne pas oublier que le contact avec A ou B demeure dangereux.
- Il ne faut pas abuser de cette solution sans réflexion : on ne peut alimenter un second montage avec le même transformateur. A fortiori, l'alimentation de toute une salle de T.P. par un unique transformateur est un non-sens : dès que sur une table quelqu'un aura «forcé» un potentiel (avec un oscilloscope et notre montage par exemple), les potentiels seront définis et dangereux sur toutes les autres tables.

 PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

Solution 4 : utilisation d'une sonde différentielle

Un tel objet fournit en sortie une tension image de la différence de potentiel entre ses entrées.

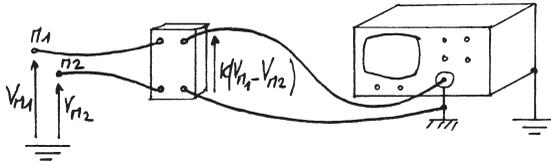


Figure 8

Les potentiels des entrées peuvent être quelconques, celui de la sortie est référencé à la masse de l'oscilloscope (en pratique, c'est un ampli soustracteur).

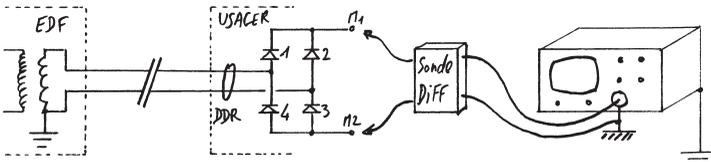


Figure 9

Conséquence : ni M_1 ni M_2 ne sont reliés à la terre, on peut visualiser n'importe quoi. Cela résout notre problème, mais aussi d'autres :

- en triphasé, on peut visualiser les tensions composées,
- toujours en redressement, on peut enfin visualiser la tension avant et celle après redressement, ce qui est impossible avec un classique oscilloscope double trace : les deux entrées ont la même masse.

Inconvénient

Une sonde du commerce est assez chère (2000 F), et a ses piles vides quand on en a besoin. Pour information, nous avons réalisé la conception et la fabrication d'une sonde (double) pour moins de 100 F, boîtier compris.

CONCLUSION

La solution «sonde différentielle» est celle que nous privilégions ; en section TS Électrotechnique, nous disposons d'une douzaine de sondes (dont une dizaine «maison») ;

PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – PARLONS SÉCURITÉ – P

elles sont disponibles, nous manipulons moins stressés, et notre vigilance est mieux ciblée puisque le danger est circonscrit dans une partie relativement réduite du montage de mesure. Mais il ne faut pas mentir aux élèves : le danger est toujours présent.

Annexe

Texte de T.P. niveau BTS Électrotechnique

EXPÉRIMENTATIONS SUR LE RÉSEAU

1 - Objectif

- Mise en œuvre de matériels plus ou moins bien adaptés à des mesures dangereuses pour les personnes.
- Sensibilisation au problème de la sécurité lors de manipulations sur le réseau.

2 - Manipulations

- Un montage type simple est proposé : un pont de diodes monophasé PD2 redresse directement le réseau (220 V entre phase et neutre), et débite sur une charge résistive.
- Proposer différents schémas permettant de visualiser la tension redressée sur oscilloscope standard (exemple : suppression du conducteur de protection, transformateur d'isolement sur l'oscilloscope, transformateur d'isolement pour le montage, sonde à isolation galvanique, etc.).
- Pour chaque schéma, visualiser (avec un autre oscilloscope) et mesurer la tension présente entre la terre et les parties métalliques accessibles de l'oscilloscope.

3 - Conclusion

- Conclure sur le degré de sécurité que présente chaque solution, et la facilité de mise en œuvre (coût, encombrement...).

PS : en particulier, tenter un parallèle avec les régimes TT et IT.

DANGER

Travail sur secteur EDF. Adopter le matériel et votre comportement.