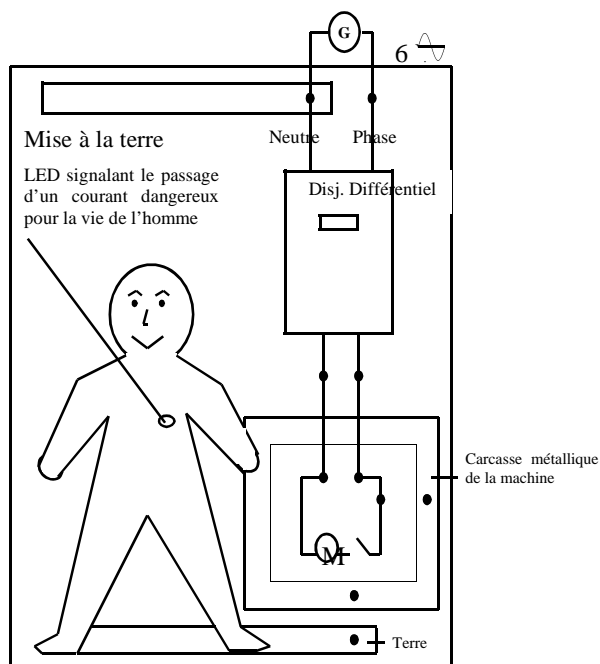
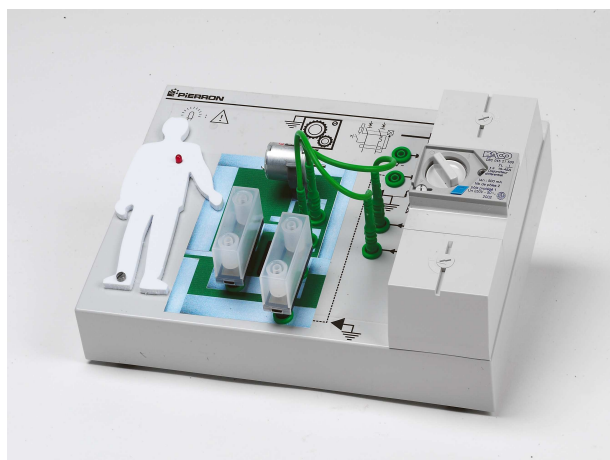


Secuprotec 100

10411



Maquette didactique présentant les rôles respectifs du disjoncteur différentiel et de la prise de terre.

Description de la manipulation: on désire alimenter le circuit électrique d'une machine et faire tourner son moteur.

Réalisation pratique : à partir du 6 V alternatif (représentant la tension secteur) on alimente un circuit dans lequel on trouve :

- un disjoncteur différentiel
- un moteur à courant continu (une diode redresse le courant alternatif)
- une représentation du boîtier de la machine
- un interrupteur Marche / Arrêt
- une prise de terre
- deux terres : une bonne et une mauvaise
- deux défauts : faible et important
- une figurine signalant "DANGER"

Dimensions : 300 x 440 x 110 mm hors tout

Suggestions pour son utilisation pédagogique :

GENERALITES : les organes de sécurité

Pour assurer la sécurité des habitations et des personnes, les installations électriques intérieures sont dotées d'organes de protection spéciaux. Leurs rôles consistent à ouvrir le plus rapidement possible le circuit général, s'il y a surintensité ou courant de fuite.

DEFINITIONS

Surintensité

Il y a surintensité lorsque le courant a une intensité supérieure à celle prévue.

Elle peut être provoqué par deux phénomènes :

- **une surcharge** : lorsqu'un appareil (ou plusieurs) est parcouru par un courant d'intensité supérieure à celle autorisée par l'installation, entraînant un échauffement excessif et une dégradation de l'appareillage ; un organe de sécurité doit interrompre la liaison de cette installation avec le secteur.

- **un court-circuit** : lorsque deux conducteurs à des potentiels différents se trouvent en contact ou réunis par un conducteur très peu résistant. L'intensité du courant devient très grande. Si le courant n'est pas coupé rapidement le dégagement excessif de chaleur, surtout à l'endroit où se produit le court-circuit, peut provoquer un incendie.

Courant de fuite

Il y a courant de fuite lorsqu'un conducteur entre en contact électrique avec la terre :

- dû au fait d'une mauvaise isolation électrique ; l'intensité du courant de fuite, en général, reste suffisamment faible pour ne pas provoquer de danger pour les personnes.

- dû à la mise à la terre d'un conducteur de phase par l'intermédiaire :

*soit d'un appareil dans lequel un défaut franc se manifeste,

*soit d'une personne ne suivant pas les prescriptions réglementaires d'utilisation.

DIFFERENTS ORGANES DE SECURITE

- **Le coupe circuit fusible** : il assure seulement la protection contre les surcharges.

- Le disjoncteur

Le disjoncteur est un interrupteur automatique commandé par soit :

- une surintensité

- un courant de fuite

- une surtension

Il ne se détériore pas lors de son fonctionnement.

Après élimination du défaut qui a provoqué son déclenchement, il suffit de réenclencher le disjoncteur pour fermer le circuit et l'utiliser à nouveau.

Avantages de ces appareils :

- ils peuvent être utilisés comme organe de coupure,

- ils assurent une protection simultanée sur les trois phases,

- avec le même appareil on a le choix entre plusieurs intensités de coupure.

Leurs caractéristiques essentielles sont :

- la tension nominale (ou d'utilisation),

- l'intensité nominale (en usage normal),

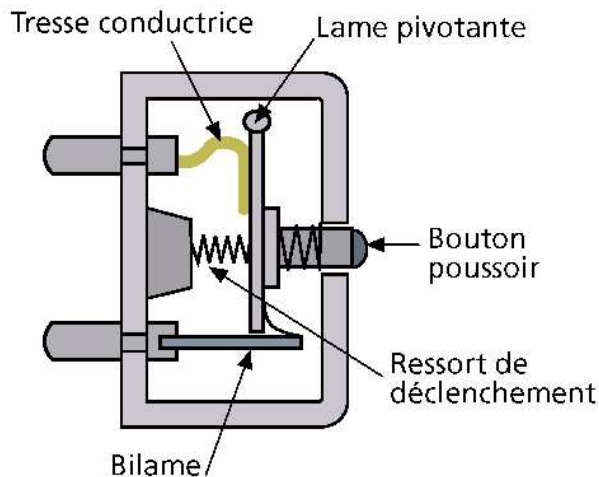
- le pouvoir de coupure qui exprime l'intensité maximale que les disjoncteurs peuvent couper, en cas de défaut sans être détériorés,

- le calibre (gamme de réglage d'intensité de coupure).

Les disjoncteurs sont de trois types, associés en série dans un même appareil, ils assurent trois fonctions différentes :

- le disjoncteur thermique assure une protection contre les faibles surintensités. L'échauffement anormal d'un bilame traversé par le courant du circuit provoque la coupure. Mais il agit en retard, car la surintensité peut être transitoire.

Figure 1 : Disjoncteur à bilame



- **Le disjoncteur magnétique** protège contre les fortes surintensités qui doivent être éliminées rapidement. Le courant agit par ses effets magnétiques. Il traverse la bobine d'un électro-aimant réglé de façon à attirer une armature qui commande le déclenchement du disjoncteur que si l'intensité dépasse une certaine valeur. Celui-ci provoque la coupure très rapidement, le déclenchement à la coupure est en général réglable pour des intensités différentes.

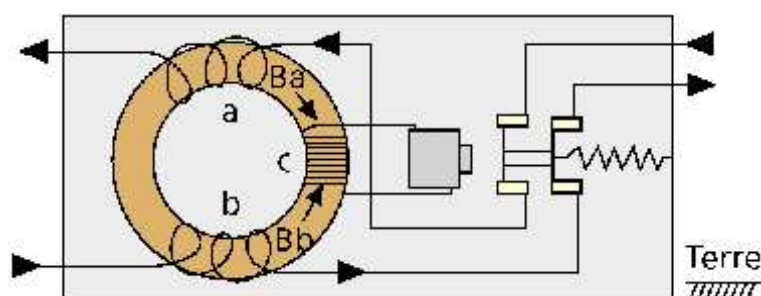
- **Le disjoncteur magnétothermique** combine en général les deux protections précédentes.

- **Le disjoncteur différentiel.**

Un dispositif de coupure est prévu pour fonctionner en cas de défaut d'isolement par rapport à la terre.

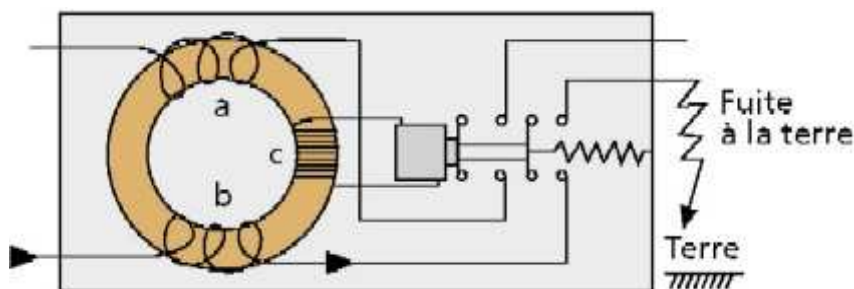
Fonctionnement du disjoncteur différentiel :

Figure 2a : fonctionnement normal



Les deux flux magnétiques Φ_a dû à B_a et Φ_b dû à B_b égaux en valeur absolue et de signes opposés, s'annulent. Il n'y a pas de courant induit dans c , donc dans l'électro-aimant. Le circuit reste fermé.

Figure 2b : présence d'un défaut d'isolement dans l'installation (entre un conducteur et la terre).



Si $I\Phi_a \neq I\Phi_b$. Un flux résultant $\Phi_c = \Phi_a + \Phi_b$ traverse c. Comme Φ_c est alternatif, il induit dans c un courant qui traverse l'électro-aimant : le disjoncteur se déclenche.

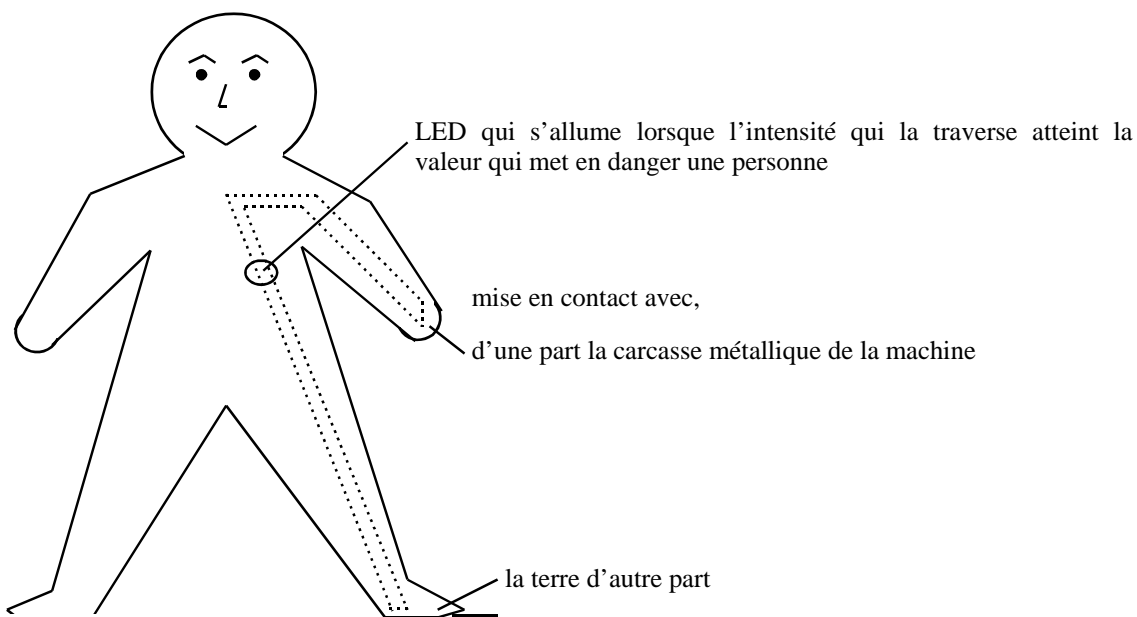
Concernant le **principe du disjoncteur différentiel**, rappelons que ce dispositif coupe le circuit lorsque la différence I_d entre l'intensité dans le fil de phase et le neutre atteint une valeur I_f qui caractérise l'appareil. Pour les disjoncteurs différentiels courants, la valeur I_f est de 500 ou 650 mA. Ce n'est pas suffisant pour assurer la protection d'une personne entrant en contact direct avec un conducteur sous tension. Le seuil reconnu dangereux pour l'homme est de 25 à 30 mA. Un système plus sensible a été conçu sur le même principe et peut se déclencher très rapidement (30 à 50 ms) et pour une intensité $I_f = 30$ mA : c'est l'interrupteur différentiel à haute sensibilité.

REMARQUE : L'efficacité des disjoncteurs différentiels est nulle, dans le cas où l'utilisateur isolé de la terre entre en contact direct entre la phase et le neutre.

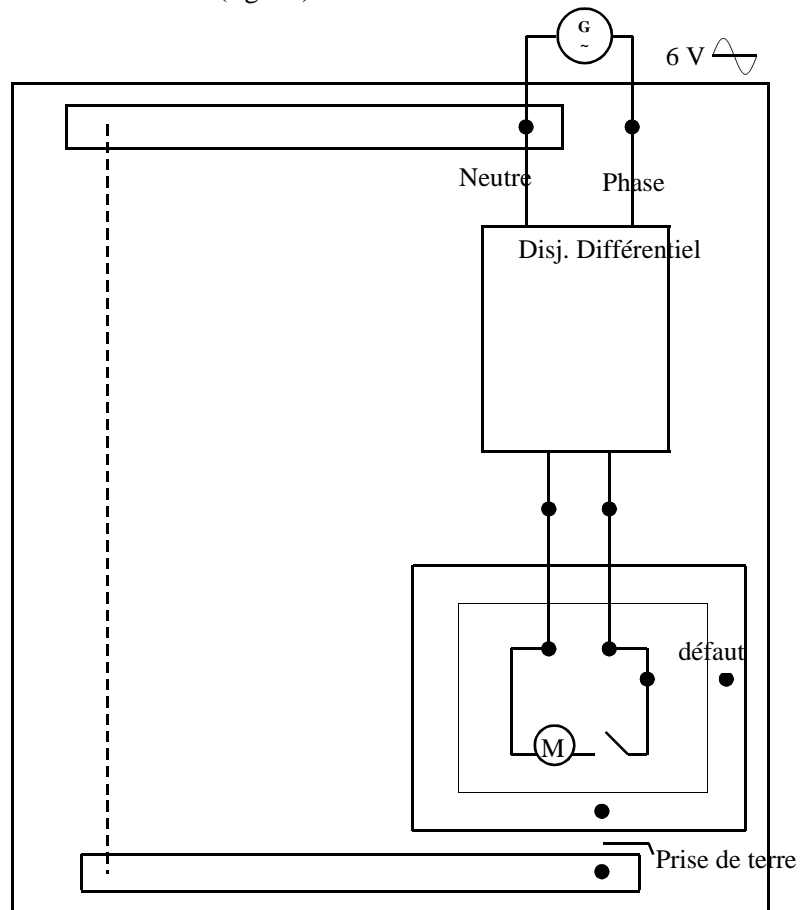
Maquette didactique pour l'étude de la protection des personnes.

Le support "SECUPROTEC 100" (fig.3a) représente une installation domestique équipée d'un disjoncteur différentiel. Elle permet d'introduire des résistances (R_t) simulant des prises de terre bonnes ou mauvaises, ainsi que des défauts francs ou d'isolement (R_d), voir fig.3b. Enfin une silhouette humaine (fig.3c), peut être mise en contact avec, d'une part la carcasse métallique de la machine et, la terre d'autre part. Elle porte une LED qui s'allume lorsque l'intensité qui la traverse atteint la valeur qui met en danger une personne.

silhouette humaine (fig. 3c)



Le support « SECUPROTEC 100 » (fig. 3a)



Remarque : le calcul des résistances est donné ci-dessous, il est relatif à la maquette et correspond à une tension d'alimentation de 6 V (au lieu de 220 V dans la réalité) et à une tension maximale entre la masse métallique et la terre de 1,5 V (au lieu de 24 V dans la réalité).

Résultats du calcul :

pour le disjoncteur différentiel utilisé, $I_f = 500 \text{ mA}$ et un générateur de 6 V :

- la bonne prise de terre $R_t < 3 \text{ ohms}$ (0,75 W), la valeur choisie est une résistance de 2,7 ohms,
- la mauvaise prise de terre $R_t = 1000 \text{ ohms}$ (0,25 W),
- le défaut important $R_d < 0.5 \text{ ohms}$ (2 W), un Fil ($r = 0 \text{ ohm}$) peut convenir,
- défaut faible $R_d = 60 \text{ kilo ohms}$ ($P = 0,25 \text{ W}$), la valeur fournie est de 68 kilo ohms.

Fig. 3b



Résistances (R_t) ou (R_d)

Quelques idées pour une progression pédagogique :

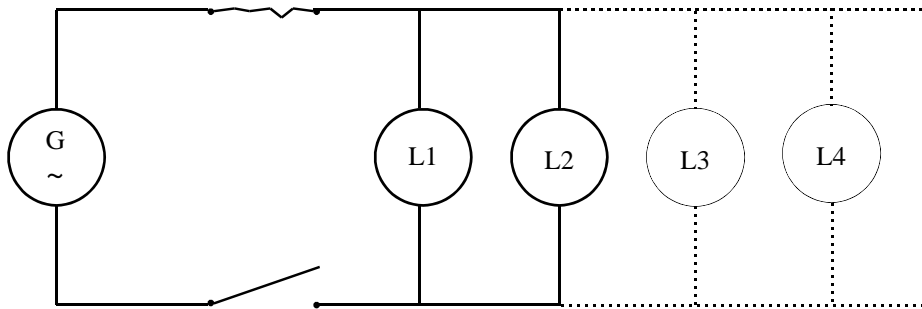
A - Pré-requis ;

Circuit électrique, circuit série, circuit en dérivation, symboles électriques usuels, conducteurs, isolants.

A1 - Protection des biens

a) Le coupe circuit fusible (en 2 temps)

- Réaliser le montage ci-après et placer en série avec le générateur un fil très fin en acier (MT04187) ; choisir les ampoules (un grand choix dans le catalogue PIERRON) pour qu'à la troisième le fil fonde.

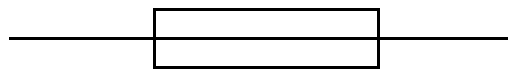


Remarque : ne pas utiliser de piles comme générateur, elles ne fournissent pas en régime normal un courant suffisamment grand pour cette expérience.

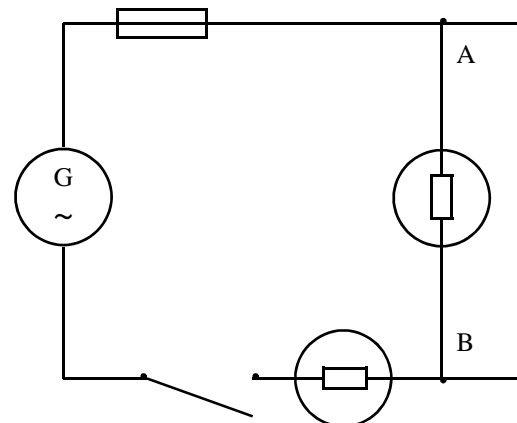
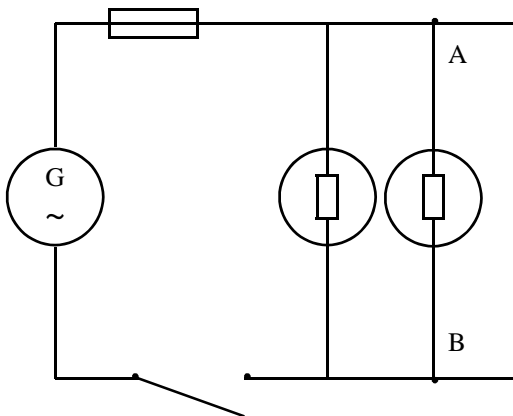
- Refaire la même expérience avec un coupe circuit à cartouche en verre monté sur support (réf. MT04166 avec d'autres valeurs de fusibles).

Remarquer qu'il y a destruction par fusion, et projection de métal en fusion, d'où la présence de sable dans certains fusibles.

Symbole du coupe circuit

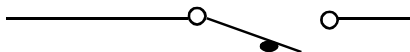


- Il est possible d'aborder à ce niveau la notion de court-circuit avec les montages suivants. Réaliser les montages puis fermer l'interrupteur et placer le fil AB.



b) Le disjoncteur (type diruptor) 1 à 3 A.

Le travail à réaliser sera le même que précédemment mais avec des diruptors montés sur support. Dans ce cas il n'y a pas destruction de l'appareil. Il agit avec un temps de retard (certains sont réglables). Il est possible de l'utiliser comme interrupteur, son symbole est :



A2 - Protection des personnes

Utilisation de la maquette "SECUPROTEC 100" dans les cas suivants:

pas de défaut, pas de prise de terre.

- défaut et prise de terre. Ici nous n'envisageons que le cas du courant de défaut supérieur au courant de fuite $I_d > I_f$ == => c'est l'électrocution.

- défaut avec prise de terre :

* mauvaise prise de terre == => électrocution

* bonne prise de terre == => dès l'apparition du défaut, ouverture automatique du circuit.

B - Prérequis :

Courant électrique, continu, alternatif, intensité, tension, transport du courant électrique, phase, neutre, terre.

B1 - Protection des biens

Pas d'étude systématique, mais dans tous les circuits réalisés, elle est intégrée.

B2 - Protection des personnes

Utilisation de la maquette "SECUPROTEC 100" dans les cas suivants :

- pas de défaut, pas de prise de terre

- défaut et pas de prise de terre :

* défaut faible == => aucun danger

* défaut important == => électrocution

- défaut et prise de terre

- mauvaise terre :

* défaut faible == => pas de danger

* défaut important == => électrocution

- bonne terre :

* défaut faible == => pas de danger

* défaut important == => ouverture automatique du circuit dès l'apparition du défaut

EXERCICES : PROTECTION DES PERSONNES

Nous vous proposons ci-après des fiches d'exercices à réaliser par les élèves. Volontairement, nous nous limiterons aux exercices plus complets relatifs aux prérequis B) du chapitre précédent.

Les réponses aux exercices proposés sont données également sous forme de fiches, mais complétées.

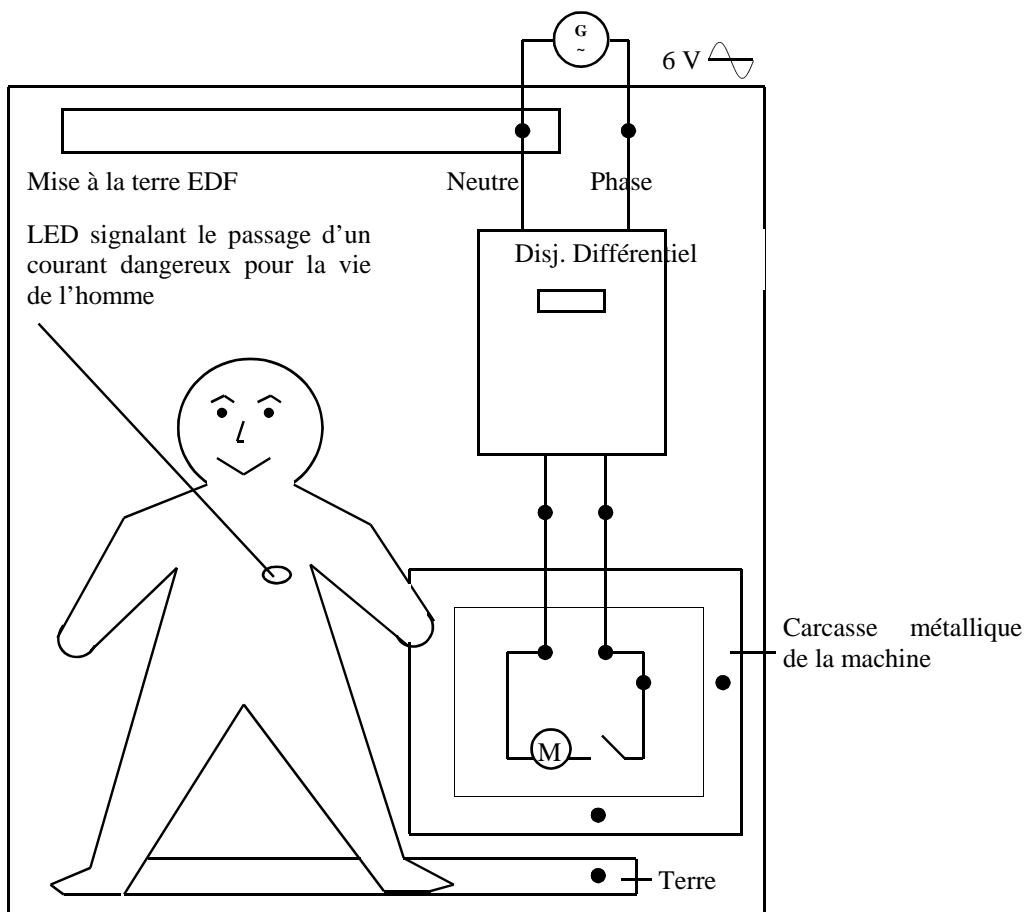
EXERCICE 1 : PAS DE DEFAUT - PAS DE PRISE DE TERRE

Réaliser le montage suivant :

- relier les bornes d'arrivée du courant au générateur 6V,
- relier les bornes du moteur aux bornes du disjoncteur,
- faire toucher la main du personnage à la carcasse de la machine,
- dessiner en rouge sur le schéma le trajet du courant.

Observations :

Conclusion :



EXERCICE 2 : DEFAUT ET PAS DE PRISE DE TERRE

Compléter le montage suivant :

- en plaçant un défaut comme indiqué sur le croquis,
- dessiner en rouge sur celui-ci, le trajet du courant de fuite.

2 possibilités envisagées :

a) *Défaut faible* : le courant de fuite est très faible (mauvais isolement d'un fil de phase par exemple).

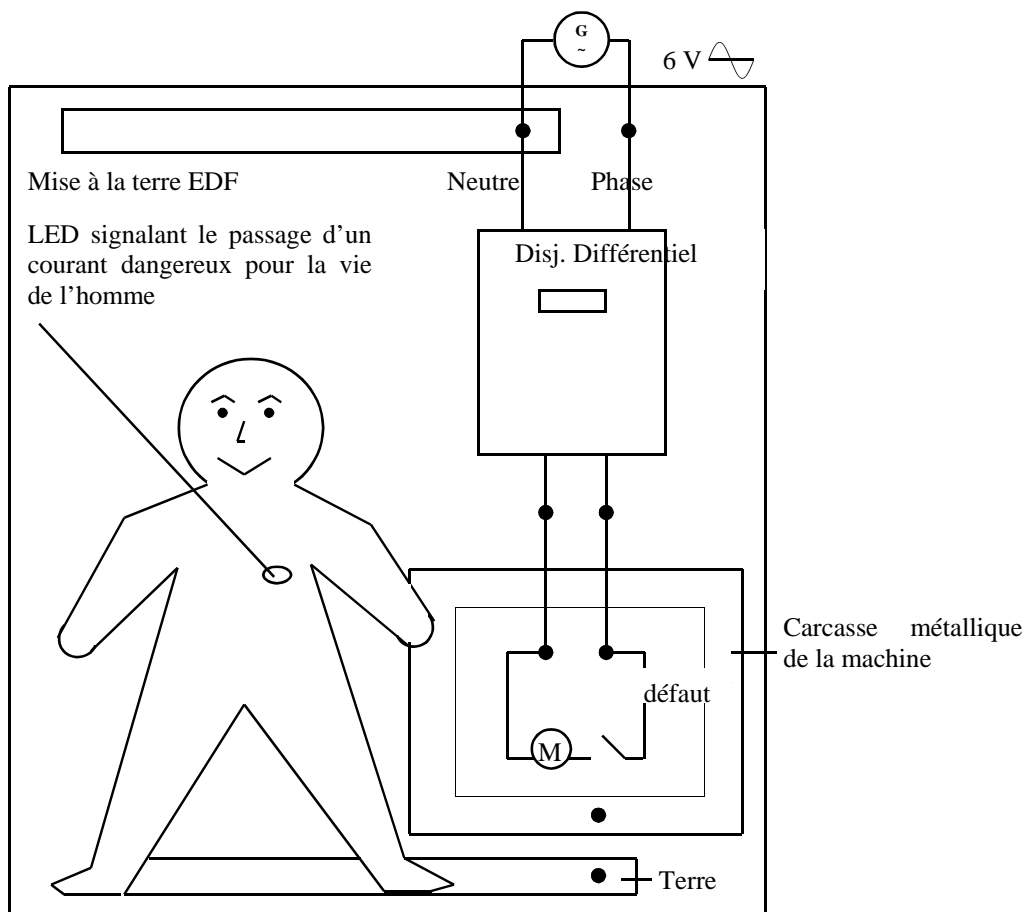
Observations :

Conclusion :

b) *Défaut important* : le courant de fuite est grand (contact franc entre un fil 3 de phase et la carcasse de la machine).

Observations :

Conclusion :



EXERCICE 3 : MISE A LA TERRE DE L'INSTALLATION

- placer les défaut et prise de terre comme indiqué sur le montage
- dessiner en rouge sur le schéma le trajet du courant de fuite

2 possibilités sont étudiées:

a) La résistance de la prise de terre est grande

- Recommencer les deux expériences précédentes :

a1) *le courant de fuite est faible*

Observations :

a2) *le courant de fuite est grand*

Observations :

b) La résistance de la prise de terre est faible

- Recommencer les deux expériences précédentes :

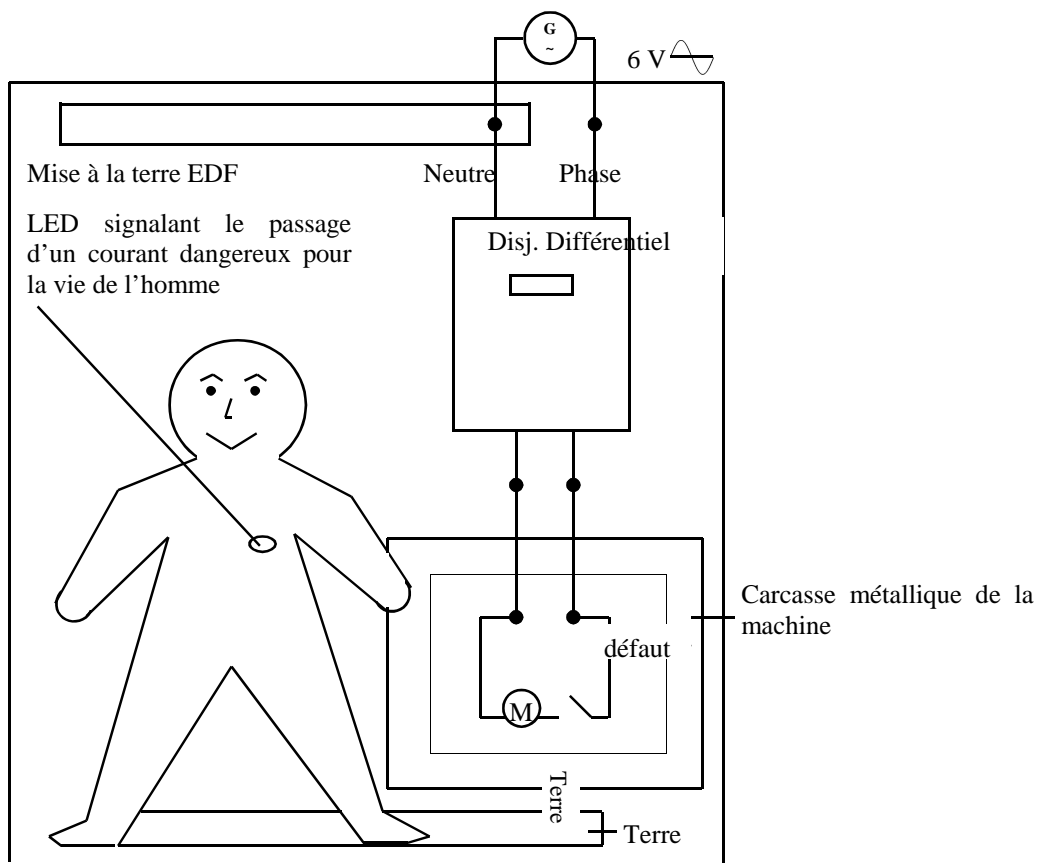
b1) *le courant de fuite est faible* (cas du tournevis testeur)

Observations :

b2) *le courant de fuite est grand*

Observations :

Conclusion :



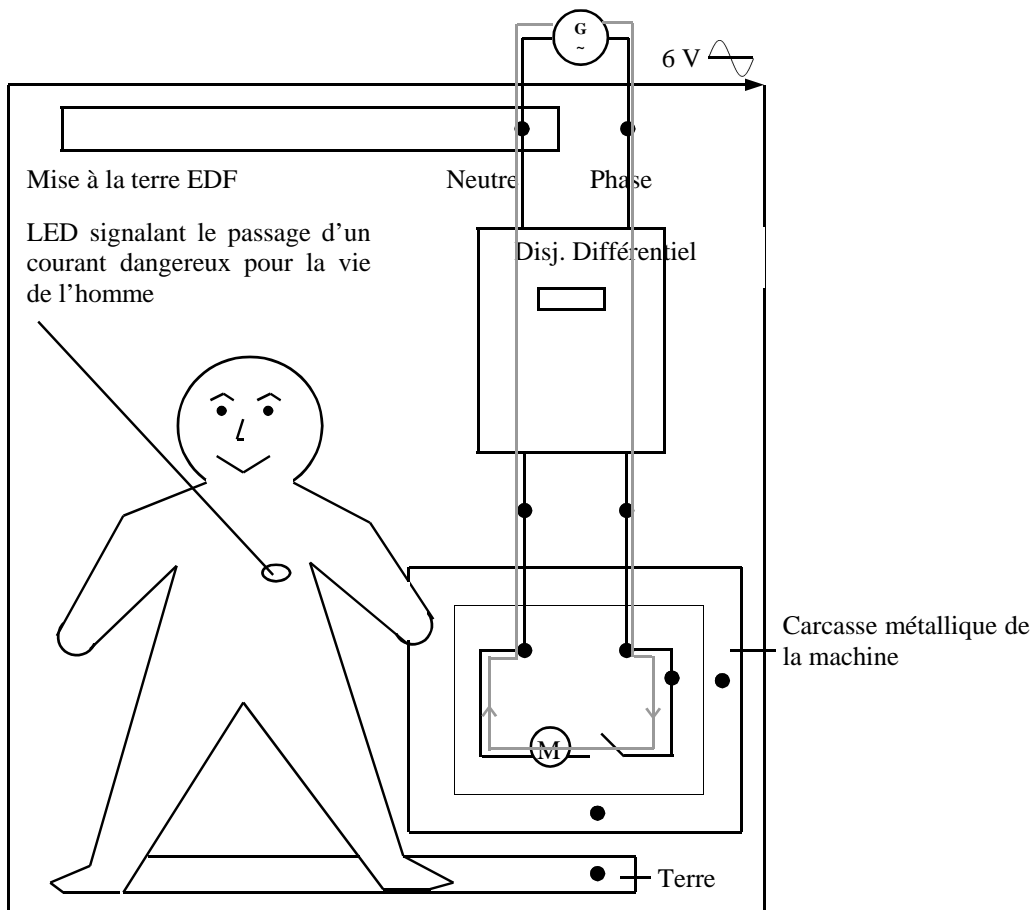
REPONSES EXERCICE 1 ; PAS DE DEFAUT - PAS DE PRISE DE TERRE

Réaliser le montage suivant :

- relier les bornes d'arrivée du courant au générateur 6V,
- relier les bornes du moteur aux bornes du disjoncteur,
- faire toucher la main du personnage à la carcasse de la machine,
- dessiner en rouge sur le schéma le trajet du courant.

Observations : *La lampe (LED) ne s'allume pas, le moteur tourne normalement*

Conclusion : *Si l'installation est en bon état, et si l'homme, ne commet pas d'imprudence, il n'y a pas de danger.*



REPONSES EXERCICE 2 : DEFAUT ET PAS DE PRISE DE TERRE

Compléter le montage suivant :

- en plaçant un défaut comme indiqué sur le croquis
- dessiner en rouge sur celui-ci, le trajet du courant de fuite

2 possibilités envisagées :

- a) Défaut faible : le courant de fuite est très faible (mauvais isolement d'un fil de phase par exemple).

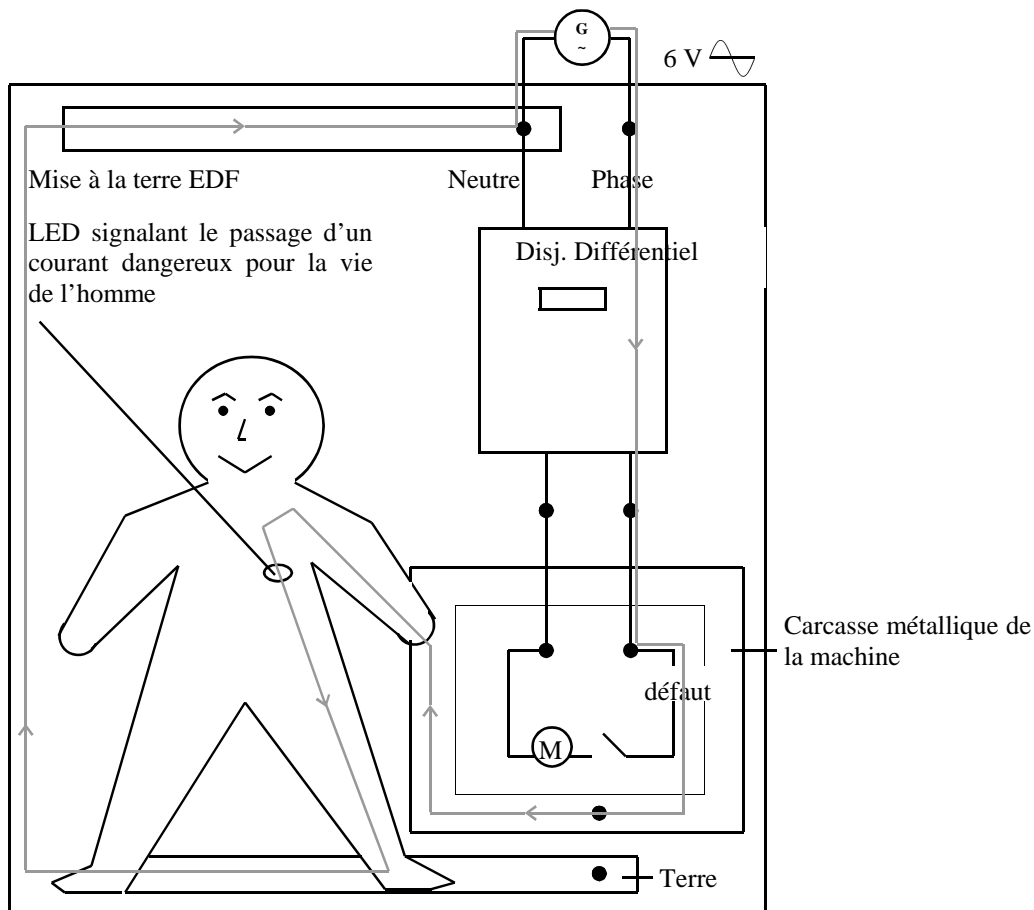
Observations : *Le moteur tourne, la LED ne s'allume pas.*

Conclusion : *Si le courant de fuite est faible, la vie de l'homme n'est pas en danger.*

- b) Défaut important : le courant de fuite est grand (contact franc entre un fil de phase et la carcasse de la machine).

Observations : *La LED s'allume, le moteur tourne.*

Conclusion : *Si le courant de fuite est grand, il y a danger pour la vie de l'homme.*



REPONSES EXERCICE 3 : MISE A LA TERRE DE L'INSTALLATION

- placer les défaut et prise de terre comme indiqué sur le montage
- dessiner en rouge sur le schéma le trajet du courant de fuite

2 possibilités sont étudiées :

a) La résistance de la prise de terre est grande
-Recommencer les deux expériences précédentes

a1) le courant de fuite est faible

Observations : *La LED ne s'allume pas, le moteur tourne.*

a2) le courant de fuite est grand

Observations ; *La LED s'allume, le moteur tourne.*

b) La résistance de la prise de terre est faible

-Recommencer les deux expériences précédentes :

b1) le courant de fuite est faible (cas du tournevis testeur)

Observations : *Le moteur tourne, la LED ne s'allume pas.*

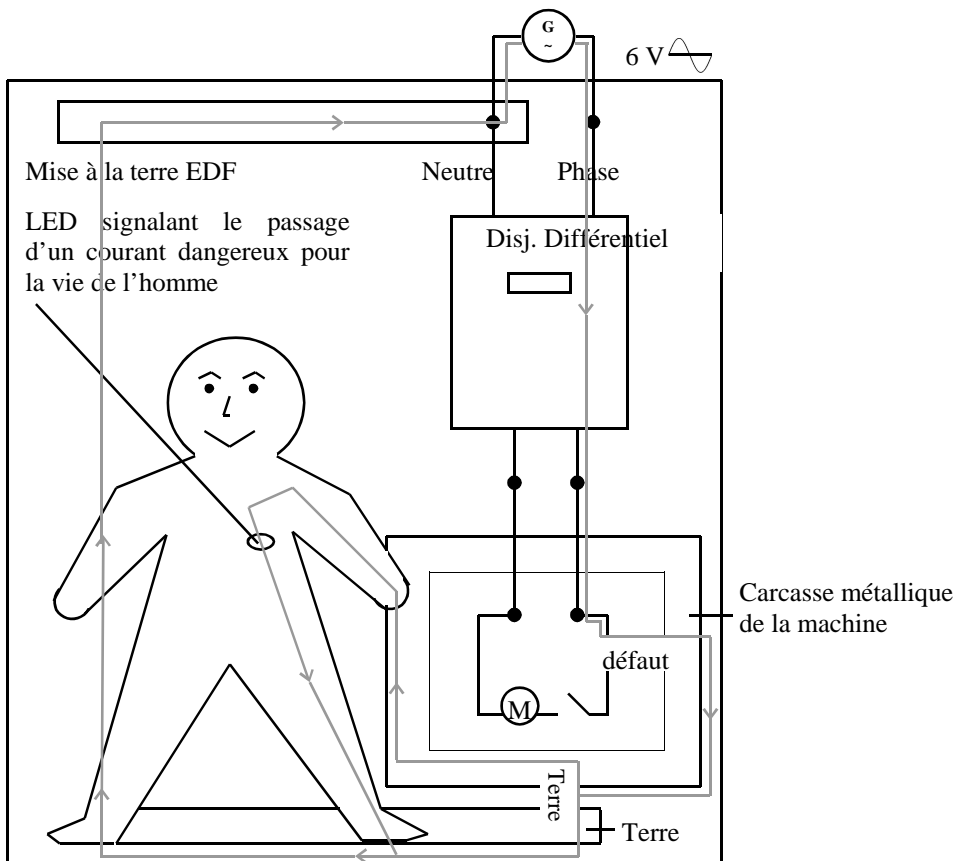
b2) le courant de fuite est grand

Observations : *Le disjoncteur ouvre le circuit dès l'apparition du défaut. Il faut supprimer celui-ci pour utiliser à nouveau l'installation.*

Conclusion :

Pour protéger les personnes, il faut :

- une bonne prise de terre
- un disjoncteur différentiel
- relier les appareils mécaniques à la terre



NOTES :

NOTES :

NOTES :