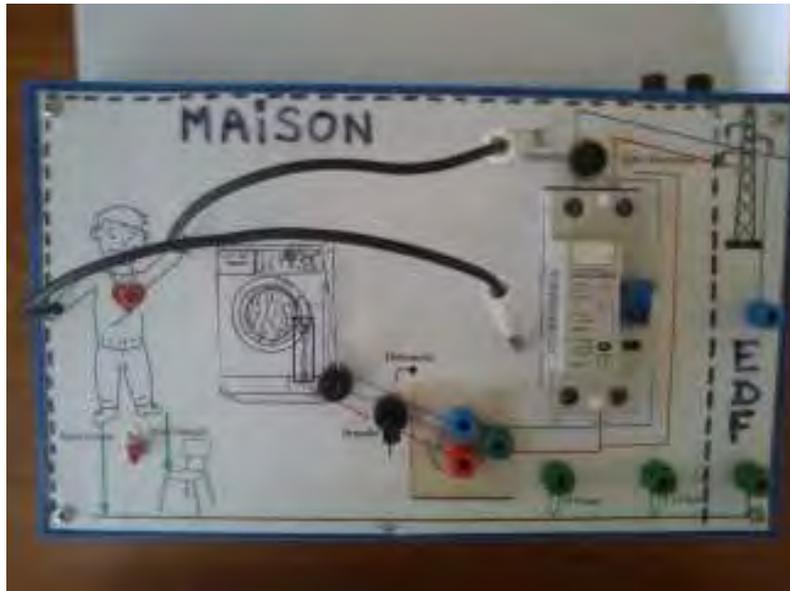


Thème matériels et astuces

Fabrication d'une maquette sur la sécurité électrique pour moins de 80 euros

(par N.Hervé, G.Espinasse et J.Lascours)



Le but de cette maquette est de montrer l'importance de sécuriser un réseau électrique par un disjoncteur différentiel 30mA au travers de différents tests.

1- Rappel de quelques notions de sécurité électrique :

1-1 Protection contre les surcharges ou les courts-circuits : (ce qui peut provoquer un incendie)

Le disjoncteur, le relais thermique ou le fusible permettent de réduire le danger en ouvrant le circuit lorsque le courant dépasse une valeur donnée durant un temps donné.

Exemple d'un disjoncteur magnéto-thermique :



- C10 signifie qu'il ouvre le circuit lorsque l'intensité dépasse 10 ampères durant plusieurs secondes

- 4500 signifie qu'il ouvre le circuit instantanément lorsque l'intensité dépasse 4500 ampères (lors d'un court-circuit par exemple)

1-2 Protection des personnes :

a- Le fil de terre :

Le neutre étant relié à la terre (au niveau des lignes électriques), le circuit est fermé lorsque la phase est reliée à la terre. Donc si une personne touche une partie conductrice sous tension (contact indirect) **le courant la traverse**.

Un des moyens de protéger la personne est de relier la partie susceptible d'être sous tension à la terre par un fil avec un contact de faible résistance (fil de terre et piquet de terre). Le courant passera ainsi majoritairement par le fil car il suit le chemin ayant le moins de résistance (attention donc à la résistance de terre qui doit être inférieure à *100 ohms*).

On doit donc relier toutes les parties conductrices (métalliques) à la terre par un fil.

b- Le disjoncteur différentiel :

Comme son nom l'indique, ce disjoncteur ouvre le circuit lorsqu'il détecte **une différence** entre le courant qui **part** dans le circuit et celui qui **revient** (ces deux valeurs doivent être identiques si le circuit ne rencontre pas de problème).

Le disjoncteur différentiel 500mAmpères :

Le fil de terre n'est pas suffisant comme protection car la tension maximale autorisée en courant alternatif sur une personne est de 50 volts.

C'est pourquoi on ajoute en début d'installation électrique un différentiel 500mA. En prenant soin bien sûr de vérifier que la résistance de la borne de terre soit inférieure à 100ohms.

On a la relation¹ : $U=RxI= 100 \text{ ohms} \times 0,5 \text{ Ampère} = 50 \text{ volts}$

Ainsi, le disjoncteur différentiel coupera le courant juste avant que la différence d'intensité atteigne 500mA, c'est-à-dire avant que la tension n'arrive à 50 Volts aux bornes de la personne.

Le disjoncteur différentiel 30mAmpères :

Mais le plus dangereux est **l'intensité** qui traverse la personne.

Selon l'INRS (Institut National de Recherche et Sécurité) :

0,5 mA : perception cutanée

5 mA : secousse électrique

10 mA : contracture entraînant une incapacité à lâcher prise

25 mA : tétanisation des muscles respiratoire (asphyxie au delà de 3 minutes)

40 mA pendant 5 secondes : fibrillation ventriculaire

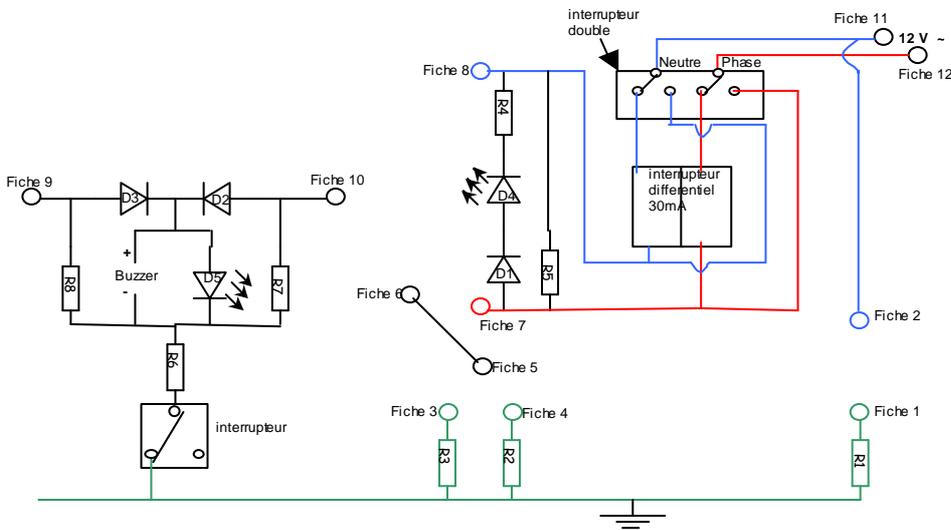
50 mA pendant 1 secondes : fibrillation ventriculaire

Nous allons voir dans ce qui suit la fabrication d'une maquette qui sera alimentée en 12 Volts alternatif pour tester les différentes protections d'une installation électrique.

¹ On est en courant alternatif, cette relation est valable pour $\cos\phi = 1$ (la tension est maximale).

2- La fabrication de la maquette :

2- 1 Schéma électrique de la maquette



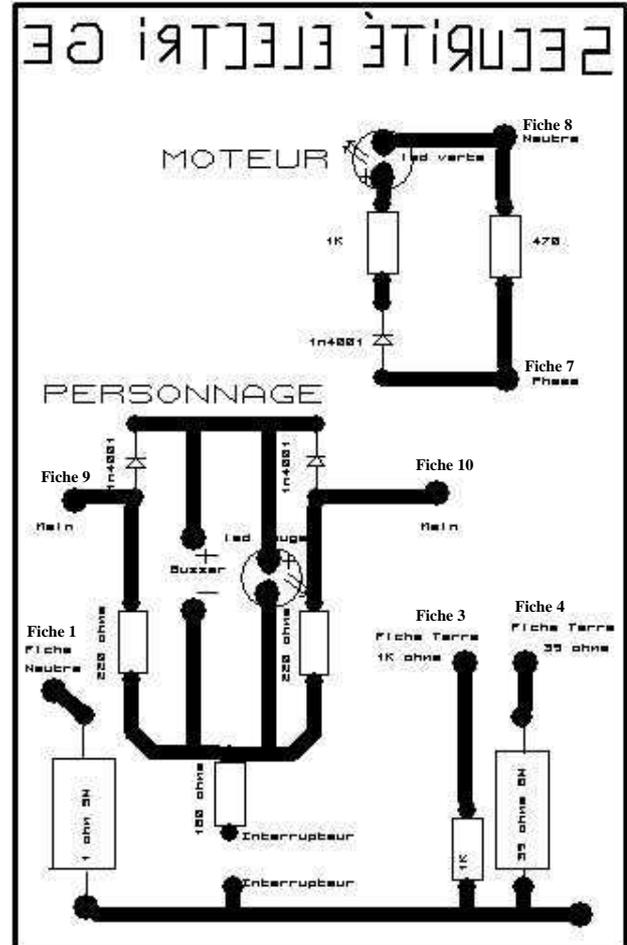
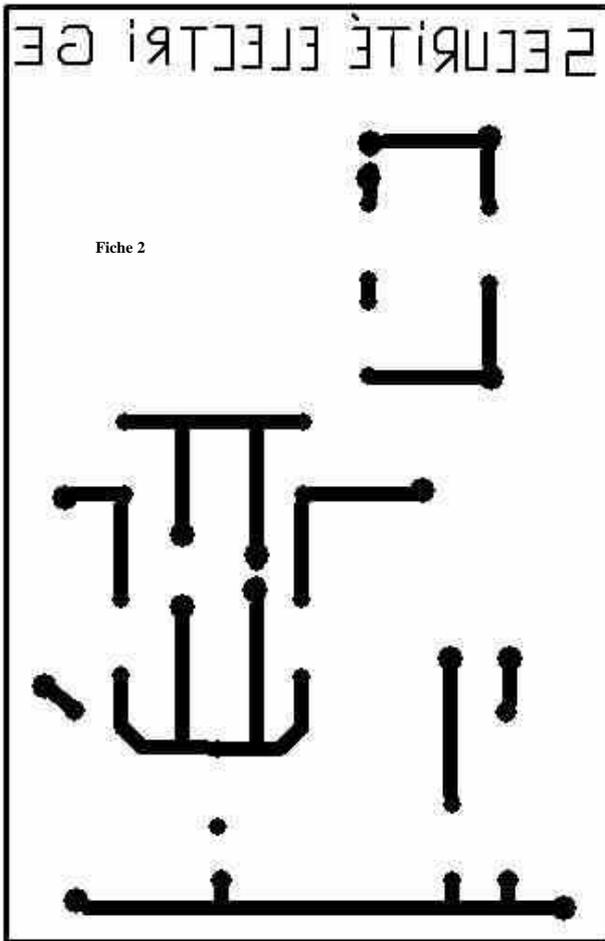
Matériel :

- R1 : 1 ohm 5W ; R2 : 39 ohms 8W ; R3 et R4 : 1Kohm $\frac{1}{2}$ W ; R5=470 ohms ; R6 : 180 ohms ; R7 et R8 : 220 ohms
- D1, D2 et D3 : diode au choix de 1N4001 à 1N4007
- D4 et D5 : Diode ElectroLuminescente (DEL) (verte et rouge)
- Un buzzer piézoélectrique 12 Volts
- Disjoncteur différentiel 30 mA
- Un interrupteur simple et un interrupteur double
- 12 fiches bananes femelles et 2 males pour les bras
- fil électrique
- Boite (28x17cm dans l'exemple, mais idéalement 25x25cm pour disposer la prise à l'endroit et sous le disjoncteur)

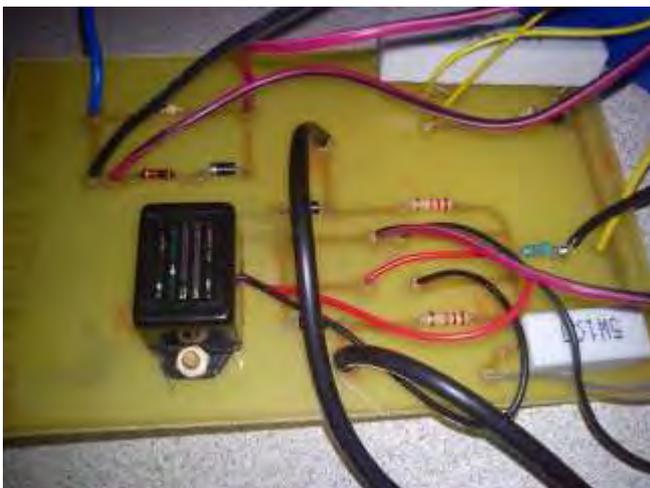
Prix :

	nombre	prix unitaire	prix TTC
résistance	6	0,04	0,24
résistance 5 watt	1	0,07	0,07
résistance 8 watt	1	0,07	0,07
diode	3	0,07	0,21
diode DEL	2	0,1	0,2
buzzer piezoélectrique	1	1,3	1,3
interrupteur simple ou double	2	0,6	1,2
douilles isolées	12	0,9	10,8
fiche bananes	2	0,7	1,4
plaque époxy pour circuit imprimé 20x30cm	1	13	13
Disjoncteur différentiel (premier prix suffisant)	1	20	20
coffret (boite) (tarif très variable en fonction des dimensions)	1	30	30
TOTAL T.T.C.			78,49

2-2 Typons et implantation des composants sur circuit imprimé :

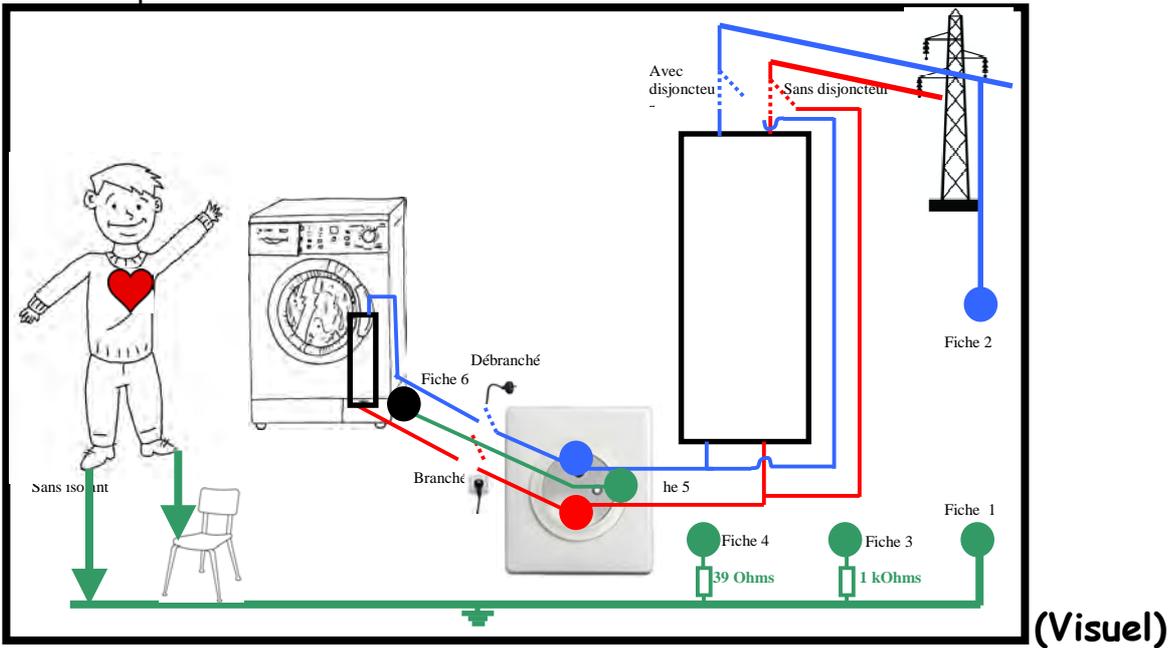


Il faut souder sur le circuit imprimé les composants identifiés sur le schéma électrique.

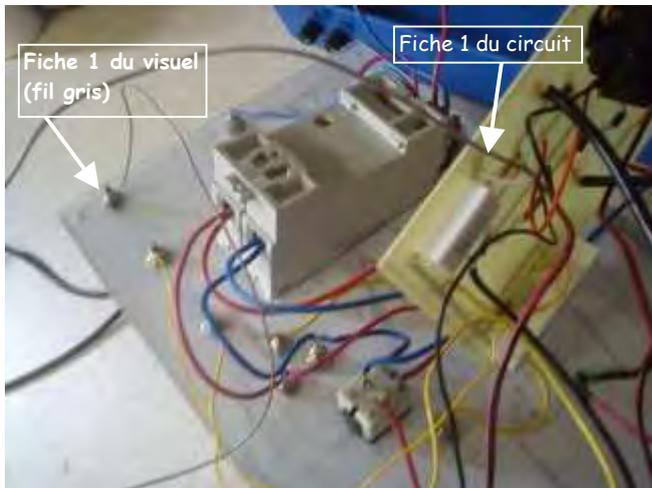


2-3 Connection du circuit imprimé au visuel de la maquette

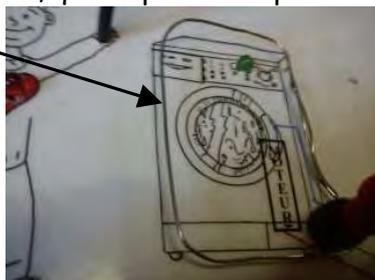
Il faut connecter avec du fil électrique les fiches bananes (mâles ou femelles) du visuel au circuit imprimé.



Par exemple, il faut connecter la fiche 1 du circuit imprimé à la fiche 1 du visuel.



On peut rajouter un fil conducteur (relié à la fiche 6) autour du dessin de la machine à laver afin de simuler la « carcasse » de celle-ci, que la personne pourra venir toucher ou non.



3- Utilisation pédagogique de la maquette :

La maquette permet de visualiser les conséquences sur une personne de différents cas mettant en jeu la sécurité électrique :

- Présence ou non d'un disjoncteur différentiel dans l'installation ;
- Isolation électrique ou non de la personne ;
- Défaut électrique ou non d'une machine ;
- Présence ou non de la terre dans une installation ;
- Contact de la personne avec le neutre, la phase ou les deux

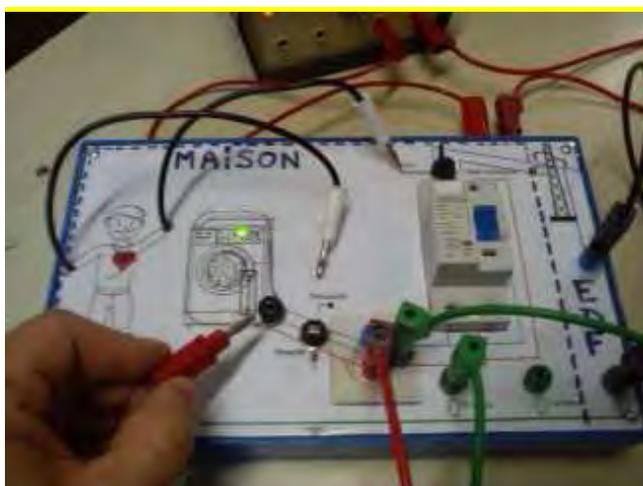
3-1 Récapitulatif des cas et effet sur la personne

	Disjoncteur		personne isolée		contact machine		contact prise			défaut machine		défaut terre		Electrocution (DEL)	Commentaires
	oui	non	oui	non	oui	non	neutre	phase	les deux	neutre	phase	39ohm	1kiloohm		
cas 1	X		X	X							X	X			disjoncte car courant différentiel (de la machine vers la terre)
cas 2	X		X	X	X	X				X		X			disjoncte pas car le neutre est relié à la terre
cas 3	X		X		X	X					X		X		disjoncte pas car le courant ne traverse ni la personne ni la terre
cas 4	X		X	X	X						X		X		disjoncte car un courant traverse la personne
cas 5	X		X	X	X	X				X			X		disjoncte pas car le neutre est relié à la terre
cas 6	X		X	X			X					X	X		disjoncte pas car le neutre est relié à la terre
cas 6	X		X	X				X				X	X		disjoncte car un courant traverse la personne
cas 7	X		X	X				X				X	X		disjoncte pas car pas de courant qui traverse la personne
cas 8	X		X	X					X			X	X		disjoncte car un courant traverse la personne pour aller à la terre
cas 9	X		X	X					X			X	X	X	disjoncte pas et la personne est électrocutée car elle boucle le circuit (d'où les caches dans les prises)
cas 10		X	X	X	X	X					X	X	X		pas de courant qui traverse la personne
cas 11		X	X	X	X	X					X		X	X	un courant traverse la personne
cas 12		X	X	X	X						X	X			le courant passe majoritairement par la terre, l'intensité qui traverse la personne est faible (DEL faible).
cas 13		X	X	X	X	X				X		X	X		le neutre est relié à la terre
cas 14		X	X	X			X					X	X		le neutre est relié à la terre
cas 15		X	X	X				X				X	X	X	un courant traverse la personne
cas 16		X	X	X				X				X	X		pas de courant qui traverse la personne
cas 17		X	X	X					X			X	X	X	un courant traverse la personne

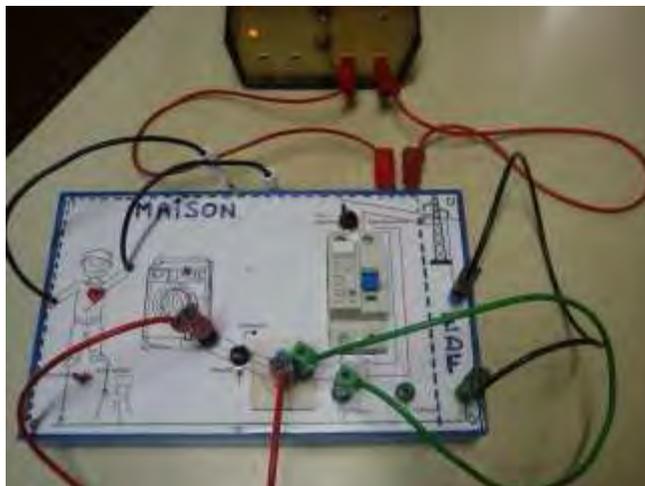
3-2 Détail de quelques cas

Cas n°1

Le disjoncteur protège l'installation, il y a un défaut sur la machine (fuite de la phase dans la carcasse métallique de la machine), si la terre est bonne, le disjoncteur coupe le circuit avant qu'une personne puisse toucher la machine.



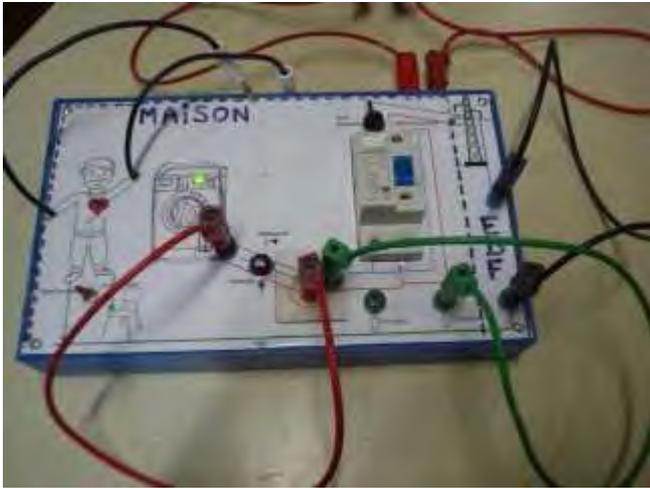
Avant



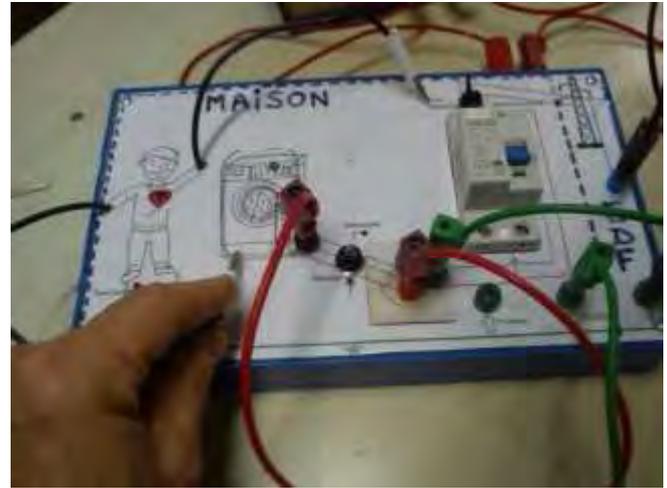
Après

Cas n°4

Le disjoncteur protège l'installation, il y a un défaut sur la machine (fuite de la phase dans la carcasse métallique de la machine) et la terre n'est pas bonne : le disjoncteur coupe le circuit que lorsqu'une personne non isolée touche la machine. En effet, le courant de fuite traverse la personne vers la terre et est détectée par le disjoncteur.



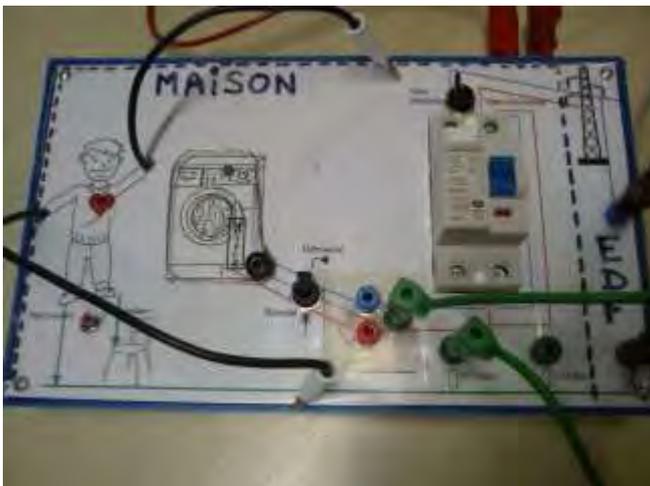
Avant



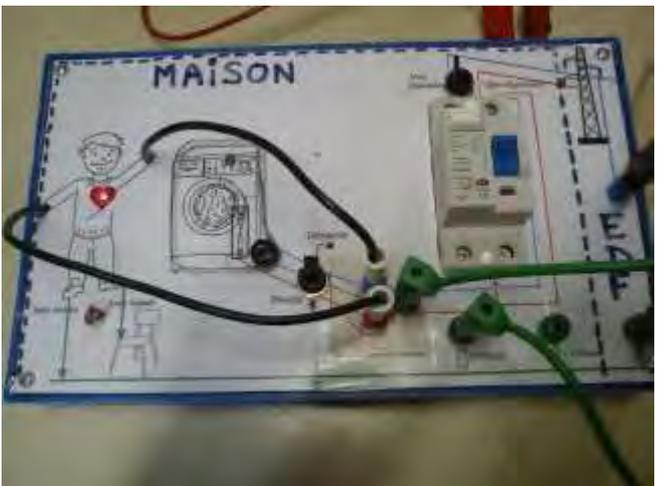
Après

Cas n°9

Le disjoncteur protège l'installation, la personne sur une chaise qui l'isole, elle touche avec ses 2 mains la phase et le neutre d'une prise électrique, peu importe l'état de la terre. Elle est électrocutée car elle ferme le circuit sur elle sans qu'il y ait un courant de fuite qui puisse être détecté par le disjoncteur.



Avant



Après

Les personnes intéressées par la conception de cette maquette peuvent nous contacter : nicolas.herve@educagri.fr ou gilles.espinasse@educagri.fr