

Electricité

Sécurité électrique

Réf :
280 323

Français – p 1

Maquette sécurité électrique 3 : Protection des biens

Version : 4206

Table des matières

1	Description.....	3
2	Objectifs	6
3	Sécurité.....	6
4	Utilisation	7
5	Expérimentations	7
6	Résultats expérimentaux et analyse.....	8
7	Variante expérimentale.....	9
8	Service après-vente	12



1. Description

Ce module comprend :

- Boîtier « Disjoncteur 2 A Type C » en TBTS¹
- Boîtier TV -12 V - 40 W avec interrupteur
- Boîtier Barre de son - 12 V - 40 W avec interrupteur
- Boîtier Box internet - 12 V - 40 W avec interrupteur

Le calibre du disjoncteur est de 2 A. Le disjoncteur est fabriqué et calibré pour fonctionner en courant alternatif de 50 Hz quelle que soit la tension alternative utilisée. Cette fréquence de 50 Hz correspond à la norme des courants alternatifs domiciliaires.

Cependant, la compatibilité des différentes parties de cette maquette n'est assurée que si la différence de potentiel du courant alternatif utilisé est de 12 V.

Le boîtier disjoncteur est composé de 2 disjoncteurs 2 A de type unipolaire qui interrompent un seul fil si une surintensité se produit dans l'un des deux fils.

L'un de ces fils est le fil de la « phase » L d'une installation électrique en courant alternatif ; deux douilles de sécurité rouges (\varnothing 4 mm) constituent l'entrée et la sortie de ce fil. L'autre fil est le fil du « neutre » N de cette même installation électrique ; deux douilles de sécurité (\varnothing 4 mm) bleues constituent l'entrée et la sortie de ce fil.

L'arrivée du courant peut s'effectuer aussi bien par les douilles du dessus que par celle du bas du boîtier ; le sens du courant n'a pas d'importance pour le fonctionnement du disjoncteur.

Dimensions du boîtier du disjoncteur : 120 x 160 x 90 mm

La TV, la Barre de son et la Box internet sont les récepteurs électriques. Chaque boîtier est muni d'un interrupteur permettant d'activer ou de désactiver indépendamment chacun des appareils lors des expérimentations. L'alimentation électrique s'effectue grâce à une douille de sécurité (\varnothing 4 mm) rouge (« Phase ») et une douille de sécurité (\varnothing 4 mm) bleue (« Neutre »).

Dimensions des boîtiers : 120 x 160 x 90 mm

Ces différents boîtiers sont à connecter entre eux et à l'alimentation électrique au moyen de cordons de sécurité de couleur appropriée : rouge pour le fil de la phase et bleu pour le fil du neutre. Il est nécessaire d'utiliser des cordons avec fiches banane à reprise arrière pour permettre les interconnexions.

Tous les boîtiers sont équipés d'un témoin lumineux de fonctionnement et d'une semelle magnétique pour permettre leur utilisation sur un tableau métallique magnétique et assurer ainsi une bonne visibilité du montage.

¹ « TBTS » signifie « Très Basse Tension de Sécurité »

Cet ensemble peut être associé à la « Maquette Sécurité électrique » N°1 Réf. 252 001 pour expliquer comment l'électricité est acheminée dans nos habitations, de la centrale électrique à la prise de courant, et pour comprendre les différences existantes entre la phase, le neutre et la terre.

Il peut également être associé à la « Maquette Sécurité électrique » N°2 Réf. 252 002 pour étudier le différentiel, garant de la sécurité des personnes, au travers d'expérimentations impliquant une machine à laver (avec simulations de défauts électriques), différents types de sol et un mannequin électrocutable. Une installation électrique conforme nécessite la mise en place de disjoncteurs et d'interrupteurs différentiels ; ce sont des dispositifs de sécurité complémentaires.

Remarques :

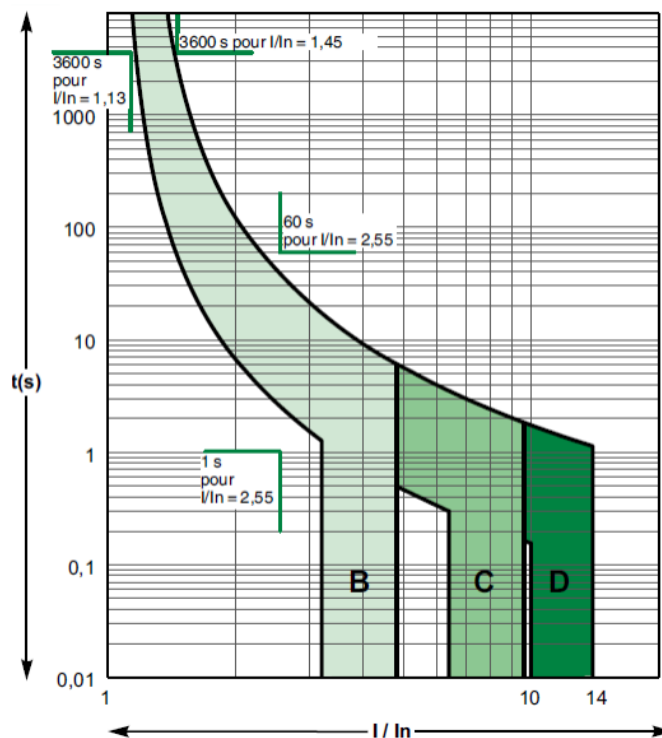
a) Aussi bizarre que cela puisse paraître a priori, le temps de réponse des disjoncteurs dépend de l'intensité !

Des pointes d'intensité très fugitives sont fréquentes dans les circuits électriques. Ces pointes peuvent survenir lors de l'allumage d'appareils avant que l'intensité ne se stabilise à une valeur déterminée, lors de parasites ou encore lorsqu'on retire rapidement une prise alimentant un gros consommateur de courant (une friteuse par exemple).

Ainsi, si on ne souhaite pas que les disjoncteurs déclenchent à la moindre perturbation, les fabricants ont prévu un temps de latence au déclenchement qui varie en fonction de l'intensité et de la catégorie du disjoncteur.

Le disjoncteur livré dans cette maquette est de catégorie C, du même type que ceux utilisés dans les installations domestiques.

Le graphique ci-dessous décrit le comportement de disjoncteurs magnéto-thermique de type B, C et D. Appelons I_n l'intensité nominale du disjoncteur (I_n vaut 2 A dans



notre cas). Il faut une surintensité comprise entre 5 fois et 10 fois I_n (soit entre 10 et 20 A avec notre disjoncteur) pour qu'il déclenche en-dessous de la seconde. Pour une surintensité de 2 I_n (soit 4 A), il déclenchera après un temps allant de 10 à 40 secondes selon la tolérance de fabrication. La surintensité minimale à atteindre pour provoquer le déclenchement d'un disjoncteur vaut 1,13 I_n (soit 2,26 A) mais ce déclenchement ne se produira qu'après un temps très approximatif d'une heure.

Il existe également les catégories B et D. Par rapport à la catégorie C, les disjoncteurs de la catégorie B déclencheront plus vite et ceux de la catégorie D moins vite. Les disjoncteurs de la catégorie B n'existent pas en dessous d'une intensité nominale de 6 A.

b) Au niveau de la couleur des fils, il est légalement obligatoire que le fil du neutre soit de couleur bleue et que le fil de terre soit ligné jaune et vert. Le fil de phase peut prendre n'importe quelle autre couleur (rouge, blanc, gris, noir, brun, ...) afin de permettre de distinguer les différents circuits dans un faisceau de fils.

Matériel complémentaire conseillé (non fourni)

Alimentation EVO2 F6F12 6-12V /5A	Réf. 281 483
Chronomètre	Réf. 351 098
Multimètre EMJI 11	Réf. 297 200
Cordons de sécurité bleus, rouges et verts	

2. Objectifs

Cet ensemble permet :

- de réaliser le câblage nécessaire au raccordement électrique d'un ou plusieurs récepteurs (appareils) en respectant les normes de câblage (respect des couleurs) et les normes de sécurité relatives à la protection des biens (usage de disjoncteurs),
- de démontrer le rôle de protection d'un disjoncteur contre les surintensités,
- d'établir qualitativement et quantitativement le lien existant entre la puissance d'un récepteur et l'intensité du circuit qui l'alimente,
- de justifier le choix du calibre d'un disjoncteur,
- d'analyser la courbe de réponse d'un disjoncteur,
- d'effectuer des montages en dérivation ou en série de récepteurs et d'en observer les conséquences sur l'intensité électrique traversant chacun des récepteurs et sur l'intensité totale,
- de mettre en évidence les montages dangereux.

3. Sécurité

La différence de potentiel appliquée doit être impérativement de 12 V alternative pour des raisons de sécurité et de compatibilité avec l'ensemble du matériel.

Elle doit provenir d'une alimentation composée d'un transformateur à enroulements séparés. Les différences de potentiel qui seront relevées lors des manipulations ne dépasseront donc pas 12 V et sont donc sans danger.



Il convient donc de bien insister sur le fait que ce montage est un modèle, et que les différences de potentiel disponibles sur une installation électrique réelle sont mortelles car vingt fois plus élevées.

4. Utilisation

Placer le boîtier Disjoncteur sur le tableau métallique.

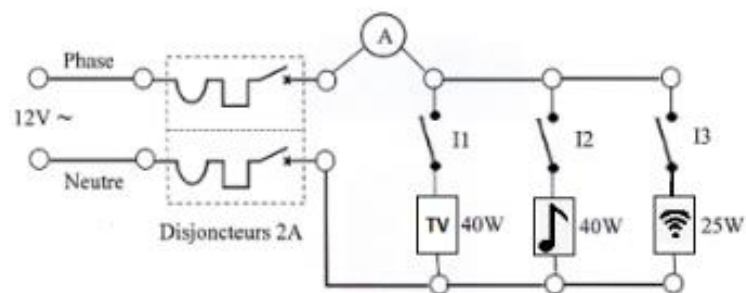
Positionner ensuite, selon le montage souhaité, le ou les boîtiers et les interconnecter entre eux et au disjoncteur au moyen de cordons électriques. Veiller à associer la couleur des cordons à la couleur des douilles pour respecter les conventions légales de couleur pour la Phase et le Neutre.

Brancher une alimentation 12 V alternatif aux bornes du disjoncteur.

5. Expérimentations

Puissance, intensité et rôle du disjoncteur

Connecter les boîtiers, le disjoncteur et l'alimentation selon le schéma suivant :



Les cordons de sécurité à reprise arrière permettent de brancher aisément les trois boîtiers en dérivation.

Fermer un ou plusieurs interrupteurs et attendre 3 minutes pour observer le déclenchement ou l'absence de déclenchement du disjoncteur. Toutes les combinaisons de fermetures sont possibles.

Le temps d'attente peut être différent pourvu qu'il soit le même pour une même série d'observations. Différents groupes d'élèves peuvent ainsi considérer des temps différents.

Entre chaque mesure, attendre au moins deux minutes (voir Remarques ci-après).

Relever, pour chacune des combinaisons, la puissance P totale requise par les appareils et calculer l'intensité I théorique correspondante selon la relation $P = U \times I$.

U est la différence de potentiel appliquée au montage (12 V~)

Les résultats peuvent être consignés dans le tableau suivant :

Interrupteur(s) fermé(s)			Déclenchement	Puissance	Intensité
I1	I2	I3	3 min. (O/N)	totale (W)	théorique (A)

6. Résultats expérimentaux et analyse

Puissance, intensité et rôle du disjoncteur

Les résultats doivent correspondre à ceux du tableau ci-dessous pour une durée d'observation de 3 minutes :

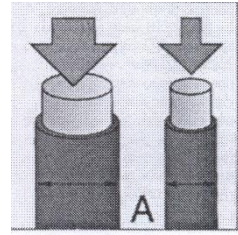
Interrupteur(s) fermé(s)			Déclenchement	Puissance	Intensité
I1	I2	I3	3 min. (O/N)	totale (W)	théorique (A)
x			O	40	3,33
x	x		O	80	6,67
		x	N	25	2.08
x		x	O	65	5,42
x	x	x	O	105	8,75

Les résultats montrent que le disjoncteur se déclenche lorsque l'intensité croît au-delà d'un seuil qui dépend du temps. L'allumage simultané des 3 appareils provoque une surintensité entraînant la disjonction dans les 10 secondes.

La comparaison des résultats pour différents délais d'attente de déclenchement permet de retracer la courbe typique d'un disjoncteur de type C. Cette courbe peut être tracée plus finement si les mesures d'intensités et de temps ont été relevées selon la variante décrite ci-dessous.

Dans une installation domestique réelle, une surintensité provoque l'échauffement des fils et des connexions. Il peut en résulter un incendie : le disjoncteur sert à la protection des biens.

Il est donc très important, pour une installation donnée, de choisir le calibre d'un disjoncteur qui respecte la limite maximale autorisée en fonction de la section des fils utilisés et non en fonction du récepteur connecté. Un fil de grosse section supportera une intensité supérieure à celle supportée par un fil plus fin comme l'illustre la figure ci-dessous.



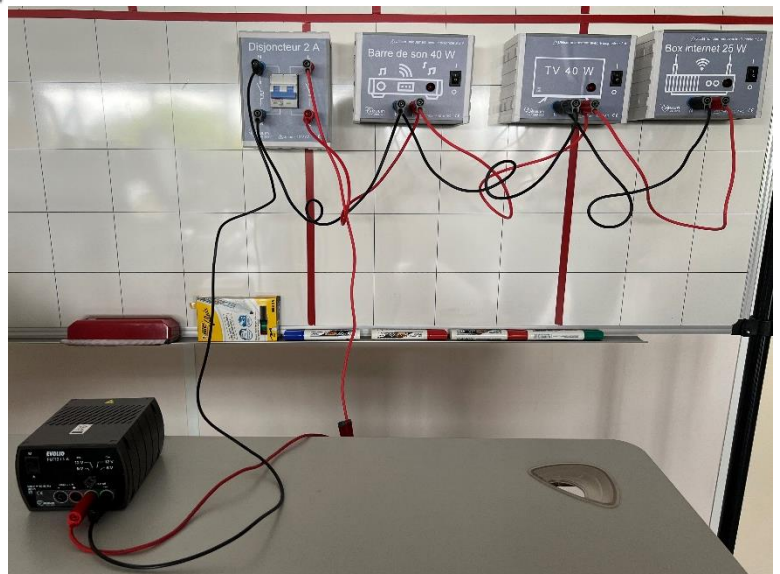
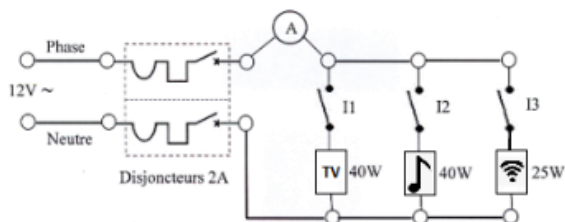
Le tableau ci-dessous reprend les valeurs d'intensité maximale autorisées en fonction de la section des fils électriques utilisés.

Section en mm ²	Intensité nominale du disjoncteur
1.5	16 A
2.5	20A
4	25A
6	40A
10	63A
16	80A
25	100A
35	125A

7. Variante expérimentale

Une étude plus poussée peut être réalisée en mesurant les intensités réelles au moyen d'un multimètre et en chronométrant le temps nécessaire au déclenchement du disjoncteur. Prévoir néanmoins une durée maximale d'attente (5 minutes par exemple).

Le schéma à respecter pour mesurer l'intensité totale est le suivant :



Le tableau des résultats pourrait être le suivant :

Interrupteur(s) fermé(s)			Puis sance totale (W)	Intensité théorique (A)	Intensité mesurée (A)	Déclenchement (O/N)	Temps d'attente (s)
I140	I240	I325					

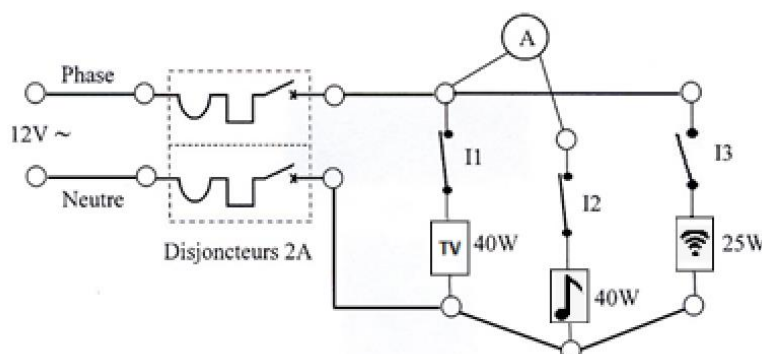
Remarques :

a) Un disjoncteur magnétothermique met en œuvre deux mécanismes distincts pour le déclenchement selon l'intensité qui circule. Pour un modèle de type C, le mécanisme est thermique (bilame) si l'intensité est inférieure à 5 fois l'intensité nominale I_n (voir Description). Le mécanisme est magnétique (électroaimant) si l'intensité est supérieure à ce seuil ; le déclenchement est alors quasi-instantané.

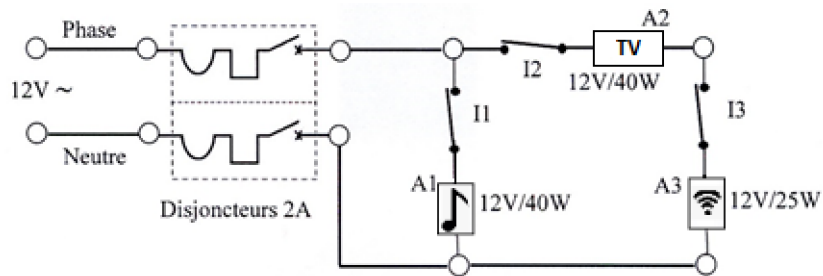
Dès lors, il est important de laisser refroidir le disjoncteur au moins 2 minutes entre deux mesures pour permettre au bilame un retour à la température ambiante. Dans le cas contraire, le temps d'attente de déclenchement sera plus court.

b) Les deux disjoncteurs sont de type unipolaire, c'est-à-dire qu'ils interrompent un seul des deux fils (Phase ou Neutre) si une surintensité se produit dans l'un des fils. Il est donc possible d'expérimenter sur des surintensités en ne mettant en œuvre qu'un seul des deux fils disponibles : l'existence de 2 disjoncteurs permet alors de voir si la surintensité s'est produite sur le fil de Phase ou sur le fil de Neutre.

c) Il est également possible de mesurer les intensités requises individuellement par chacun des boitiers et de vérifier l'additivité des intensités dans un montage en dérivation. Le schéma ci-dessous montre comment mesurer, par exemple, l'intensité traversant le boitier 2 :



d) Il est également possible d'observer le comportement d'un montage de récepteurs en série et éventuellement de le combiner avec un montage en dérivation. Les intensités traversant les boîtiers seront différentes et la puissance totale requise sera également différente. Le schéma qui suit en est un exemple :



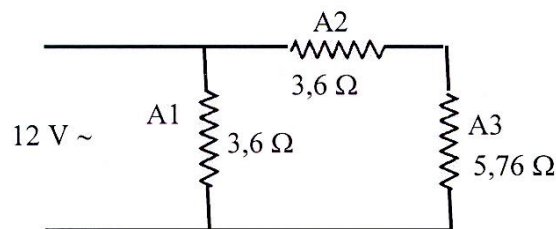
La puissance dissipée par un récepteur ohmique répond à la relation : $P = U \times I$

En combinant cette loi avec la loi d'Ohm ($I = \frac{U}{R}$), la puissance peut s'exprimer par les relations :

$$P = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \text{ ou encore } P = R \times I \times I = R \times I^2$$

Ainsi, la résistance R d'un appareil de 12V / 40W vaut donc $12^2 / 40 = 3,6 \Omega$. Celle d'un appareil de 12V / 25W vaut $5,76 \Omega$.

Le circuit peut donc être schématisé comme suit :



Ainsi l'intensité I_1 dans la barre de son (A1) de résistance R_1 vaut :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{3,6} = 3,33A$$

L'intensité dans la TV (A2) et la box internet (A3) en série vaut :

$$I_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{12}{3,6 + 5,76} = 1,28A$$

⇒ L'intensité totale vaut : $3,33 + 1,28 = 4,61$ A soit 2,3 fois l'intensité nominale du disjoncteur.

Le disjoncteur se déclenchera après environ 10 secondes.

La puissance dissipée par la barre de son (A1) reste de 40 W ($P = U \times I = 12 \times 3,33 = 40$ W)

La puissance dissipée par la TV (A2) vaut $R \times I^2 = 3,6 \times 1,28^2 = 5,9$ W

La puissance dissipée par la box internet (A3) vaut $R \times I^2 = 5,76 \times 1,28^2 = 9,44$ W

La puissance totale dissipée vaut $40 + 5,9 + 9,44 = 55,34$ W

Ce que confirme la relation $P = U \times I = 12 \times 4,61 = 55,32$ W

8. Service après-vente

Pour toutes réparations, réglages ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN - SAV

468 Rue Jacques Monod

CS 21900

27 019 EVREUX CEDEX FRANCE

09 69 32 02 10 *

choix n°4

**numéro cristal non surtaxé*