

Etude de système/Modélisation BTS 1

SOUS SYSTEME: Alimentation circuit d'éclairage

Durée : 4
Séquences

Etude de la contrainte thermique des
câbles



Domaine électrotechnique :

- Analyse du comportement d'un câble concernant la tenue au court circuit.
- Choix de la protection adaptée du matériel par fusible.
- Vérification de la chute de tension en ligne.

Domaine Physique appliquée :

- Calcul de la résistance électrique d'un matériau.
- Calcul de la réactance d'un câble.
- Application de la loi d'Ohms.
- Application de la loi de Joule $W=RI^2t$.

Structure du TP

Conclure sur le contrôle des valeurs des i^2t des câbles et de leur protection associées (10 min)

Comparer la courbe de fusion afin de vérifier si le câble est bien protégé

Choisir le calibre du fusible permettant de protéger le circuit d'éclairage.

Trouver le temps critique de tenu au courant de court circuit

Evaluation du courant de court circuit présumé en 230V AC monophasé

Détermination de l'impédance d'un câble

Détermination de la résistance du câble

Mise en situation :

On s'intéresse à un câble d'alimentation d'un circuit d'éclairage d'une salle de classe :



Ce câble a une longueur de 40 m de section $2,5\text{mm}^2$ en cuivre.

1. Détermination de la résistance du câble d'alimentation d'un circuit d'éclairage :

On dispose d'un câble de 40 m de section $2,5\text{mm}^2$ en cuivre.

- 1.1. Connecter à l'extrémité les conducteurs de phase et de neutre.

- 1.2. Alimenter le câble à l'aide d'une alimentation stabilisée réglable.

- 1.3. Régler le rhéostat à 0 et augmenter doucement la tension de manière à faire circuler un courant de 2A.

- 1.4. Relever à l'aide d'un voltmètre, la tension aux bornes de l'ensemble des deux conducteurs.

- 1.5. Noter le schéma de montage réalisé.

- 1.6. Réaliser un schéma représentant R_{Phase} , R_{Neutre} , U_{aliim} et le courant I.

1.7. Appliquer la loi d'Ohms afin de calculer R_{Phase} et R_{Neutre} .

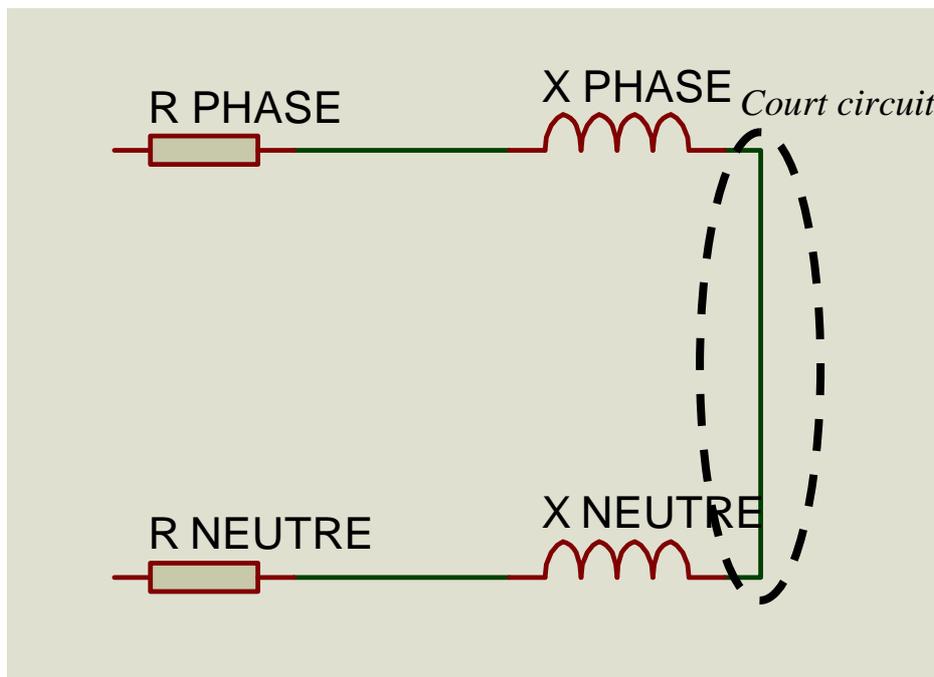
On donne la résistivité du cuivre $\rho_{cuivre} = 0,02\Omega.mm^2.m^{-1}$ et la relation : $R = \frac{\rho.L}{S}$.

1.8 Retrouver les valeurs expérimentales trouvées précédemment.

2. Détermination de l'impédance des conducteurs phase et neutre.

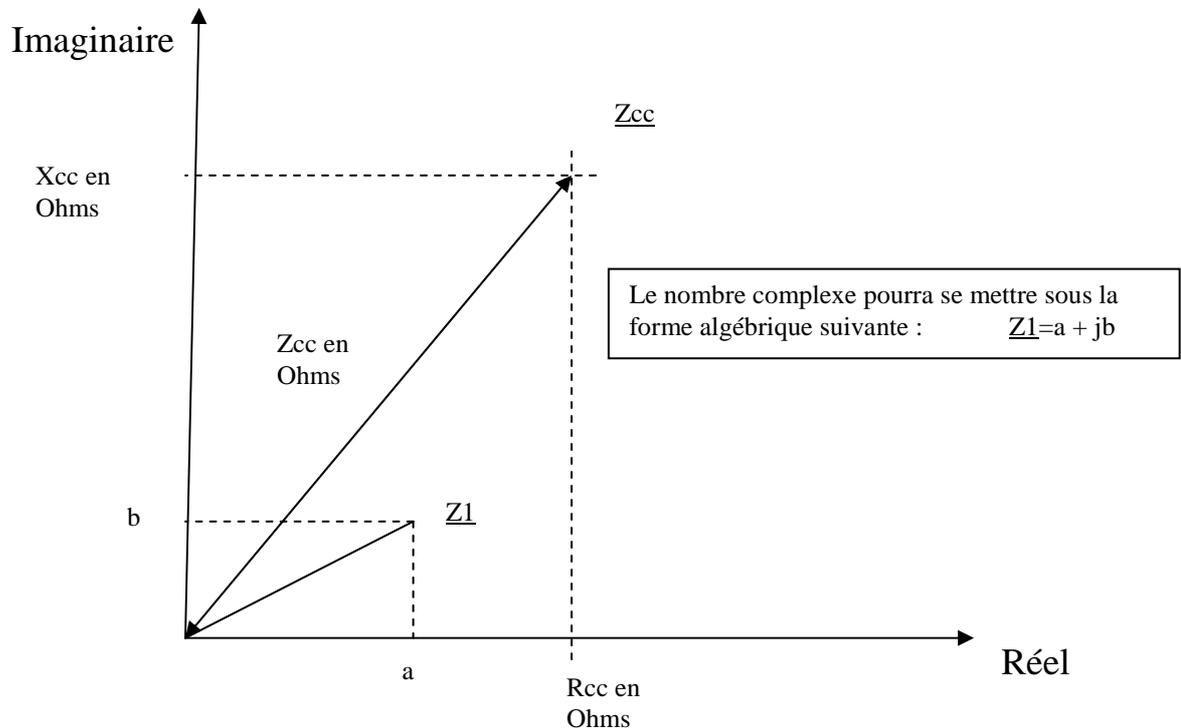
On modélise l'impédance par l'association série de deux résistances et de deux réactances.

Comme les sections et longueurs des conducteurs sont les mêmes, on peut dire que les résistances et les réactances des conducteurs de phase et de neutre ont respectivement les mêmes valeurs.



- 2.1. Exprimer R_{cc} en fonction de R_{phase} et R_{neutre} .
- 2.2. Exprimer X_{cc} en fonction de X_{phase} et X_{neutre} .

On peut représenter l'impédance dans le plan complexe sous cette forme :



- 2.3. En prenant exemple sur le nombre complexe $\underline{Z1}$, donner la forme algébrique de \underline{Zcc} .
- 2.4. Exprimer alors \underline{Zcc} en fonction de R phase et X phase sachant que R phase = R neutre et X phase = X neutre.

Dans les documents techniques on donne la relation suivante :
 $X = \lambda.L$ (λ est la réactance linéique des câbles est : $0,08m\Omega.m^{-1}$)

- 2.5. Calculer alors X phase du câble étudié et en déduire la valeur de Xcc.
- 2.6. A l'aide du théorème de Pythagore, exprimer le module du nombre complexe \underline{Zcc} en fonction de Rcc et Xcc.
- 2.7. Calculer la valeur de \underline{Zcc} en Ohms.
- 2.8. Comparer \underline{Zcc} et Rcc, peut-on négliger Xcc devant Rcc.

3. Evaluation du courant de court circuit présumé.

On considère que lors d'un court circuit, la valeur de la résistance du câble augmente de 25% à cause de l'augmentation de température (effet Joule).

- 3.1. Calculer la nouvelle valeur de la résistance du câble étudié.
- 3.2. Calculer alors la nouvelle valeur de l'impédance du câble.
- 3.3. En utilisant la valeur de l'impédance du câble et la loi d'Ohms, déterminer la valeur du courant de court circuit présumé en bout de ligne si on considère que la tension chute de 20% lors du court circuit.

4. Détermination du temps critique de tenue du câble au courant de court circuit.

On donne la documentation du câble utilisé dans notre essai :



450/750V

Extraordinairement souple et résistant, le câble Xtrem H07RN-F est idéal pour la transmission de puissance en installation fixe comme en service mobile.

◀ HAR ▶

AENOR

RoHS compliant

CE

Ce câble a été fabriqué en utilisant des polymères améliorés par rapport aux spécifications de la norme, ce qui en fait un câble hautement polyvalent, avec une température et une tension de service supérieures à celles indiquées par la norme internationale. Il peut être utilisé jusqu'à 1000 V en courant alternatif et courant continu pour les supports fixes protégés (dans des tubes ou des dispositifs) et les connexions entre moteurs de levage et appareils similaires.

❖ CONCEPTION

Conducteur: Cuivre électrolytique souple, classe 5 ou 6 selon EN 60228.

Insolation: Caoutchouc (type EI4).
L'identification normalisée est la suivante :

- 1 x Naturel
- 2 x Marron + Bleu
- 3 G Marron + Bleu + Jaune/Vert
- 4 G Marron + Noir + Gris + Jaune/Vert
- 5 G Marron + Noir + Gris + Bleu + Jaune/Vert
- 6 G conducteurs ou plus Noirs numérotés + Jaune/Vert

YouTube

On donne la documentation de la tenue des câbles au courant max admissible :

La contrainte thermique maximale (pour des temps inférieurs à 5 s) supportée par une canalisation se calcule par la formule suivante :

$$I^2 t = K^2 \times S^2$$

Valeur de K pour les conducteurs actifs et de protection

Isolant	PVC			PR / EPR			Caoutchouc 60°C			Caoutchouc 85°C			Caoutchouc siliconé			Nu sans isolant		
	θ° max (°C)									200/150 ⁽¹⁾								
Nature de l'âme	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier
Conducteur de protection non incorporé à un câble ou conducteurs non-regroupés	143 133 ⁽²⁾	95 88 ⁽²⁾	52 49 ⁽²⁾	176	116	64	159	105	58	166	110	60	201	133	73	159 138 ⁽¹⁾	105 91 ⁽¹⁾	58 50 ⁽¹⁾
Conducteur actif ou de protection constitutif d'un câble multiconducteur ou conducteurs regroupés	115 103 ⁽²⁾	76 68 ⁽²⁾		143	94		141	93		134	89		132	87		138	91	50

(1) Si risque particulier d'incendie.

(2) Section supérieure à 300 mm² ou conducteurs regroupés

4.1. Relever le type d'isolant qui constitue le câble utilisé.

4.2. Relever K en faisant l'intersection entre le type d'isolant et le type de câble utilisé (à 60°C).

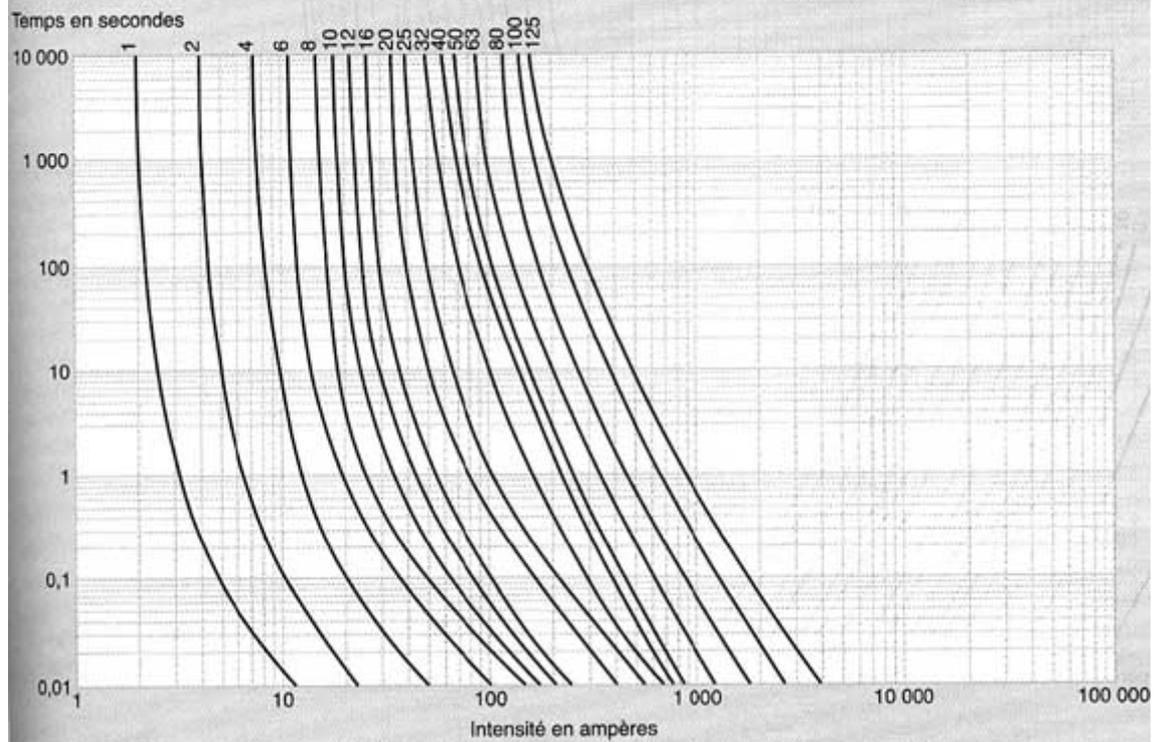
4.3. A l'aide d'un tableur, tracer la fonction $t = (K.S/I)^2$ pour un courant de 100 à 500 A.

4.4. Déterminer le temps tcc pour le Icc présumé précédent.

5. Choix du fusible de protection.

On protège le circuit d'éclairage alimenté par ce câble par des fusibles de 10A et on donne les courbes de fusion des cartouches de type Gg.

■ Courbes de fusion des cartouches cylindriques type gG



- 5.1. Lors d'une maintenance, une personne a inséré par mégarde une cartouche de 63A de type Gg dans le porte fusible, relever le temps de fusion de celui pour la valeur du courant de court circuit présumé.
- 5.2. Comparer à la valeur du temps critique de tenue du câble pour ce courant de court circuit.
- 5.3. On remet une cartouche de calibre 10A type Gg dans le porte fusible, relever le temps de fusion. Constatation ?

6. Vérification de la chute de tension.

On donne la documentation des chutes de tension admissible en réseau BT

Chute de tension maximale entre l'origine de l'installation BT et l'utilisation

	éclairage	autres usages (force motrice)
abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
abonné propriétaire de son poste HT-A/BT	6 %	8 % ⁽¹⁾

(1) Entre le point de raccordement de l'abonné BT et le moteur.

- 6.1. Déterminer ΔV le nombre de volts maximum que le câble peut retenir à ses bornes en fonction de la norme.
- 6.2. A l'aide des calculs et relevés précédents, vérifier si ce câble peut convenir pour alimenter le circuit d'éclairage du laboratoire en considérant que le courant est proche de 10A en fonctionnement nominal.
- 6.3. Dans la négative, proposer une solution pour pallier à ce problème.