

DES LOGICIELS DE CALCUL SANS FRONTIERE

(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)

1 INTRODUCTION

Le guide pratique UTE C 15-500¹ est un document de référence qui est utilisé pour l'établissement, la vérification des logiciels de calcul et à l'attribution des avis techniques délivrés par l'UTE. Le guide UTE C 15-500 est la copie du rapport CENELEC R 64-003.

2 HISTORIQUE

C'est en 1984 que fut établie la 1^{ère} procédure d'attribution des avis techniques sur les programmes de calcul informatisés des sections de conducteurs et du choix des dispositifs de protection. Le document de référence contenant les valeurs des paramètres et les formules de calcul pour la vérification des logiciels faisait l'objet du document 15-L-100. Ce document fut révisé tout d'abord en 1990, puis en 1997 et enfin en juillet 2003 pour tenir compte des modifications successives de la NFC 15-100. Un autre document référencé 15-L-200 contenait les paramètres de référence pour les circuits comportant des canalisations préfabriquées. Le guide pratique UTE C 15-500 (édition de juillet 2003), comme son prédécesseur regroupe aujourd'hui les formules applicables aux canalisations préfabriquées ou non.

Le guide UTE C 15-500 a été établi, à la demande du Comité français, par un groupe de travail du CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), auquel participaient également des représentants de l'Allemagne, de la France et Royaume-Uni. Ce rapport est destiné à permettre l'utilisation des logiciels dans les différents pays membres du CENELEC du fait que les calculs correspondants résultent de l'application des règles qui sont maintenant harmonisées.

En pratique, les informations données dans le guide UTE C 15-500 sont basées sur la méthode des impédances définies pour les canalisations en conducteurs isolés et câbles isolés, dans le guide UTE C 15-105, et pour les circuits comportant des canalisations préfabriquées dans le guide UTE C 15-107. Ce guide apporte, par rapport aux documents 15-L-100 et 15-L-200, des modifications concernant notamment les valeurs de certains paramètres pour tenir compte des différences des isolants utilisés et des dispositifs de protection. Chacun des paragraphes suivants présente les paramètres successifs d'après les documents 15-L-100 et 15-L-200 d'une part et d'après le guide UTE C 15-500 nouvellement édité d'autre part.

3 TENSION de REFERENCE

Dans le document 15-L-100, la tension de référence était la tension simple (phase neutre) à vide, soit en pratique $1,05 \times U_0$, ainsi pour les installations 220/380V, cette tension était égale à $1,05 \times 220 = 231$ V.

Dans le guide UTE C 15-500, la tension de référence est celle définie dans la norme CEI 909, c'est à dire la tension simple (phase neutre) multipliée par le facteur de tension égal à :

- 1,05 pour les courants de court-circuit maximaux,
- 0,95 pour les courant de court-circuit minimaux et les courants de défaut.

Ce facteur de tension « c » est destiné à tenir compte des conditions les plus sévères pouvant se rencontrer dans une installation électrique. Compte tenu de la valeur harmonisée des tensions, la référence pour une installation 230/400 est respectivement égale à 241,5V et 218,5V. En outre, les calculs tiennent compte d'un facteur de charge « m » à vide pris égal à 1,05 quelle que soit la source (transformateur ou générateur).

¹ La dernière édition de ce guide date de juillet 2003

DES LOGICIELS DE CALCUL SANS FRONTIERE

(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)

4 COURANTS de COURT-CIRCUIT MAXIMAUX

Dans le document 15-L-100 comme dans le guide UTE C 15-105, les courants de court-circuit maximaux étaient calculés en supposant qu'au moment où se produisait le court-circuit les conducteurs étaient chargés et se trouvaient à la température de régime. En particulier, la résistance des conducteurs était déterminée avec une résistivité égale à $\rho_1 = 1,25$ fois ρ à 20°C, correspondant à un échauffement de 62K, valeur moyenne entre celle admissible pour les conducteurs isolés au PVC (70°C, soit un échauffement de 50K correspondant à un coefficient de 1,2) et celle admissible pour les conducteurs isolés au PRC ou à l'EPR (90°C soit un échauffement de 70K avec un coefficient de 1,28). La même valeur de résistivité avait été prise pour les deux isolants par mesure de simplification, la différence étant relativement faible par rapport aux différentes erreurs.

Dans le guide UTE C 15-500, il est tenu compte du risque possible de court-circuit au moment de la mise sous tension (due par exemple à une erreur de connexion) et du fait que les conducteurs peuvent être faiblement chargés. C'est pourquoi la résistance est déterminée pour la température ambiante, soit 20°C (ρ_0). Il en résulte que théoriquement, les valeurs des courants de court-circuit sont multipliées par $1,25 \times 1,05 \times 1,05 = 1,38$ et pour les installations 230/400 par 1,44. Cela impliquerait une augmentation du pouvoir de coupure des dispositifs de protection de 44%, mais ce résultat doit être pondéré pour tenir compte de la réactance des conducteurs et de l'emplacement du dispositif de protection : des calculs effectués sur des installations montrent que l'augmentation du courant de court-circuit est comprise entre 5 et 10%.

5 COURANTS de COURT-CIRCUIT MINIMAUX

Dans le document 15-L-100, les courants de court-circuit minimaux étaient calculés en supposant qu'au moment du court-circuit les conducteurs étaient chargés et se trouvaient à la température de régime et que, d'autre part, la durée du court-circuit était suffisante pour porter les conducteurs à la température maximale admissible en court-circuit, soit 160°C pour les conducteurs isolés au PVC, soit 250°C pour le PRC. Etant donné que la température, donc la résistance, des conducteurs évolue continuellement pendant la durée du courant de court-circuit, la valeur de la résistance est déterminée par la température moyenne entre celle au moment du court-circuit (température de régime) et celle au moment de la coupure (température de régime), soit ρ_2 :

- Pour les conducteurs isolés au PVC (115°C) correspondant à une augmentation de la résistance de 38%.
- pour les conducteurs isolés au PRC (170°C), correspondant à une augmentation de la résistance de 60%.

Par mesure de simplification, les calculs étaient effectués avec une augmentation de résistance de 50% quelle que soit la nature de l'isolant.

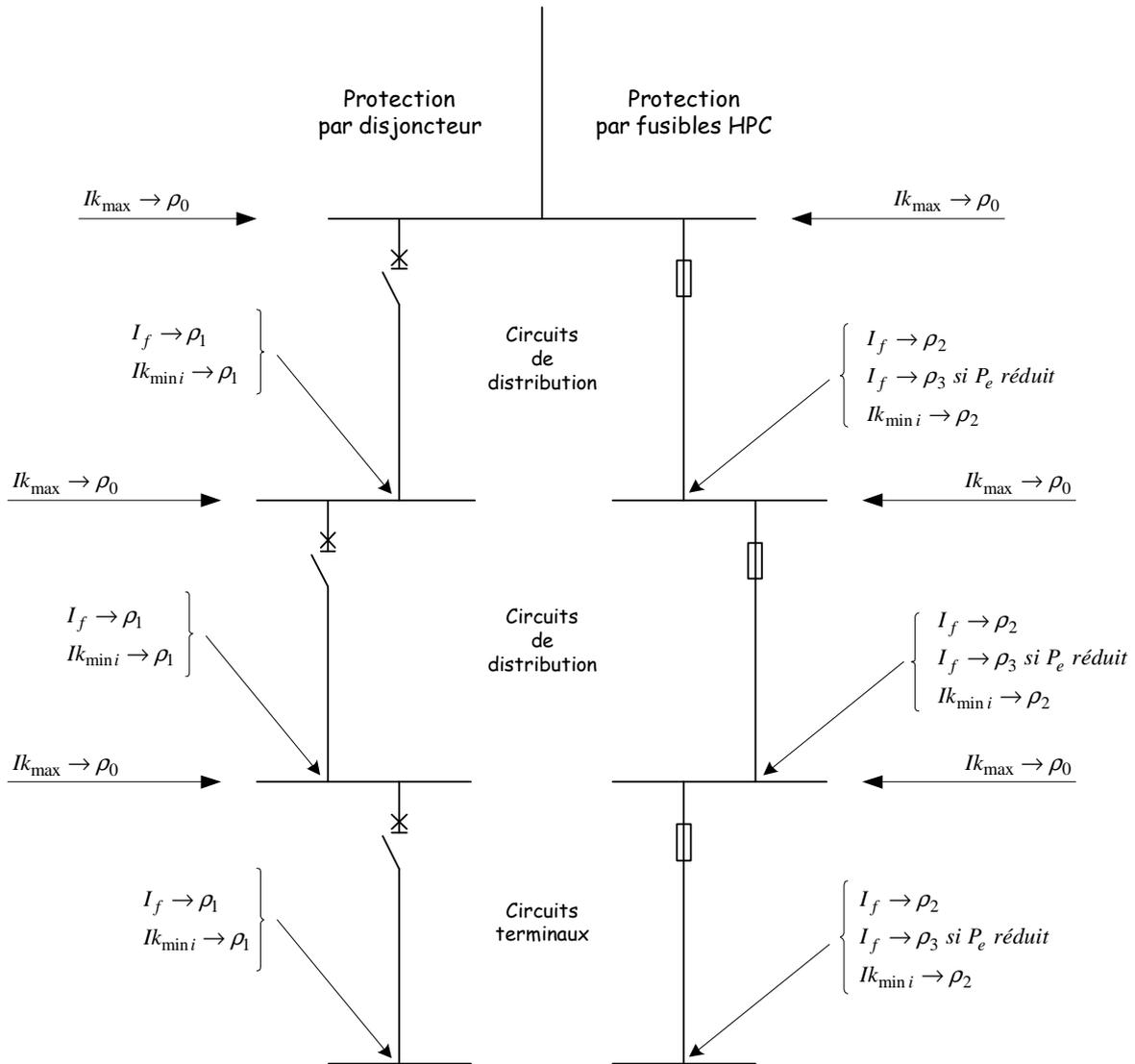
DES LOGICIELS DE CALCUL SANS FRONTIERE

(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)

Tableau comparatif

RESISTIVITE des CONDUCTEURS en mΩ-mm ²						
Courants	Nature des âmes conductrices	Nature de l'isolation	Ex procédure 15-L-100	Guide UTE C 15-105		
				Protection par disjoncteurs	Protection par Fusibles HPC	
Court-circuit Maximal (Tous circuits)	Valeur de ρ		ρ1	ρ0		
	Cuivre	PVC, PR, EPR	22,5	18,51		
	Aluminium	PVC, PR, EPR	36	29,41		
Court-circuit Minimal (Tous circuits)	Valeur de ρ		ρ2	ρ1	ρ2	
	Cuivre	PVC PR, EPR	27	22,21	25,54	
			27	23,69	29,62	
	Valeur de ρ		ρ2	ρ1		
	Aluminium	PVC PR, EPR	43	35,29	40,58	
			43	37,64	47,05	
COURANTS de DEFAULT	Circuit de distribution (Pe, Pen incorporé)	Valeur de ρ		ρ1	ρ2	
		Cuivre	PVC PR, EPR	22,5	22,21	25,54
				22,5	23,69	29,62
		Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ2
		Aluminium	PVC PR, EPR	36	35,29	40,58
				36	37,64	47,05
	Circuits Terminaux Sph = (Spe)	Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ2
		Cuivre	PVC PR, EPR	22,5	22,21	25,34
				22,5	23,69	29,62
		Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ2
	Aluminium	PVC PR, EPR	36	35,29	40,58	
			36	37,64	47,05	
Conducteur Pe séparé (circuit de distribution)	Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ3	
	Cuivre	PVC PR, EPR	22,5	22,21	24,06	
			22,5	23,69	27,39	
	Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ3	
	Aluminium	PVC PR, EPR	36	35,29	38,23	
			36	37,64	41,17	
Chute de tension	Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ1	
	Cuivre	PVC PR, EPR	22,5	22,21	22,21	
			22,5	23,69	23,69	
	Valeur de ρ		ρ1	ρ1	ρ1	
	Aluminium	PVC PR, EPR	36	35,29	35,29	
36			37,64	37,64		

**DES LOGICIELS DE CALCUL
SANS FRONTIERE**
(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)



Dans le guide UTE C 15-500, il est tenu compte des différences de températures admissibles suivant la nature de l'isolant : C'est ainsi que les résistances sont calculées avec un coefficient de majoration, respectivement de 1,38 pour le PVC et de 1,60 pour le PRC par rapport aux valeurs à 20°C.

En outre, il est tenu compte du temps réel de coupure des dispositifs de protection : en effet, si le temps de fusion d'un fusible peut atteindre 5 secondes permises correspondant à la température maximale admissible, les disjoncteurs fonctionnant en magnétique ou en court retard ont des temps d'ouverture beaucoup plus court et dépassant rarement 50 à 100ms : l'échauffement des conducteurs pendant de tels temps est très faible (quelques degrés) et peut être négligé. C'est pourquoi, lorsque la protection est assurée par des disjoncteurs, la résistance des conducteurs est déterminée pour la température de régime (ρ_1) soit 70°C pour les conducteurs isolés au PVC et 90°C pour les conducteurs isolés au PRC. Les

DES LOGICIELS DE CALCUL SANS FRONTIERE

(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)

coefficients d'augmentation de la résistance sont respectivement de 1,20 et 1,28 par rapport à la résistance à 20°C. Ces modifications peuvent entraîner une augmentation du courant de court-circuit minimal de 12 à 14% lorsque la protection est assurée par des disjoncteurs et de $\pm 5\%$ lorsque la protection est assurée par fusibles mais les résultats doivent être relativisés.

Résistance des conducteurs suivant les courants						
Résistances		R_0	R_1	R_2	R_3	
TEMPERATURE des CONDUCTEURS		PVC	20°C	70°C	115°C	95°C
		PRC		(1,2x R_0)	(1,38x R_0)	(1,3x R_0)
		EPR	20°C	90°C	170°C	140°C
			(1,28x R_0)	(1,6x R_0)	(1,48x R_0)	
COURANTS	Courant de court-circuit maximal		R_0			
	Courant de court-circuit minimal					
	▪ protection par fusibles.....				R_2	
	▪ protection par disjoncteurs.....			R_1		
	Courants de défaut					
	▪ Circuits terminaux					
	- protection par fusibles.....			R_1	R_2 (1)	
	- protection par disjoncteurs.....			R_1		
	▪ Circuit de distribution					
	- protection par fusibles.....				R_2	R_3 (2)
- protection par disjoncteurs.....			R_1			
▪ circuits en amont						
- protection par fusibles.....			R_1			
- protection par disjoncteurs.....			R_1			
(1) Si le conducteur de protection à une section réduite						
(2) Si le conducteur de protection est séparé						

6 COURANTS de DEFAUT

Dans le document 15-L-100, les courants de défaut étaient calculés en supposant les conducteurs à la température de régime quel que soit le dispositif de protection, le temps de coupure (0,4s en 230V) étant trop court pour provoquer une augmentation significative de la température des conducteurs. Les coefficients d'augmentation de la résistance par rapport à la température ambiante de 20°C auraient été respectivement de 1,20 pour le PVC et de 1,28 pour le PRC et avait été unifiés à 1,25 par mesure de simplification (ρ_1).

Dans le guide UTE C 15-500, les conditions de détermination des valeurs de résistance des conducteurs sont les mêmes pour les circuits terminaux du fait du temps de coupure prescrit (0,4 s), mais en prenant les valeurs réelles suivant la nature de l'isolant. Pour les circuits de distribution, les calculs doivent tenir compte de la possibilité d'un temps de coupure jusqu'à 5 secondes lorsque la protection est assurée par fusibles : ils sont effectués alors avec les mêmes valeurs de résistance que pour les calculs de courant de court-circuit minimal (ρ_1 pour les disjoncteurs, ρ_2 pour les fusibles). Pour les circuit en amont du circuit siège du défaut, la valeur du courant de défaut est faible par rapport au courant admissible et de ce fait ne provoque pas d'échauffement supplémentaire par rapport à la température de régime (ρ_1). Des cas particuliers sont également prévus, notamment lorsque la section du conducteur de protection est réduite et peut être soumise à un échauffement plus élevé. Lorsque le conducteur de protection est séparé, il est considéré comme étant à la température ambiante au moment du défaut et sa résistance (ρ_3) est calculée

DES LOGICIELS DE CALCUL SANS FRONTIERE

(Extrait de la revue J3E et réactualisé par JM BEAUSSY)

pour une température moyenne entre la température maximale admissible en court-circuit et la température ambiante.

7 AUTRES MODIFICATIONS APORTEES

En ce qui concerne la réactance des conducteurs, des valeurs différentes sont prévues suivant la disposition des conducteurs : en trèfle symétrique ($\lambda = 0,08\text{m}\Omega/\text{m}$), en nappe ($\lambda = 0,09\text{m}\Omega/\text{m}$) ou séparés ($\lambda = 0,13\text{m}\Omega/\text{m}$). Pour les canalisations préfabriquées, la distinction entre les impédances de boucle maximales et minimales suivant la disposition des barres à été supprimée en considérant que son influence était faible : c'est pourquoi, seule est prise en compte la valeur moyenne de la composante réactive de l'impédance de boucle.