

Installations électriques

Conception. Vérification. Entretien

par **Roland AUBER**

Ancien Ingénieur en Chef de la Fédération Nationale de l'Équipement Électrique (FNEE)
Secrétaire Général de l'Association Internationale des Entreprises d'Équipement Électrique
(AIE)

et **Claude RÉMOND**

Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité
Ancien Ingénieur en Chef de l'Union technique de l'Électricité (UTE)

1. Détermination des caractéristiques	D 5 038 - 2
1.1 Installations BT	— 2
1.2 Installations HT	— 8
2. Vérifications	— 11
2.1 Vérifications lors de la mise en service	— 12
2.2 Vérifications périodiques	— 13
3. Entretien	— 13
3.1 Choix du matériel en vue de faciliter l'entretien	— 13
3.2 Dispositions à prendre en vue de faciliter l'entretien et l'exploitation ...	— 13
3.3 Façons de procéder	— 14
3.4 Schémas et fiches	— 14
3.5 Appareils de mesure	— 14
4. Annexes	— 15
4.1 Points à vérifier dans les installations de bâtiments d'habitation	— 15
4.2 Points à vérifier dans les installations relevant de la protection des travailleurs (d'après le décret du 14 novembre 1988)	— 15
4.3 Points à vérifier dans les installations des établissements recevant du public	— 17
4.4 Liste type des opérations d'entretien	— 18
Pour en savoir plus	Doc. D 5 038

L'article **Installations électriques** fait l'objet de plusieurs articles :

[D 5 030] **Caractéristiques générales des installations**

[D 5 032] **Installations à basse tension. Protections**

[D 5 034] **Installations à basse tension. Choix et mise en œuvre des matériels**

[D 5 036] **Installations à haute tension**

[D 5 038] **Conception. Vérification. Entretien**

et les sujets traités ne sont pas indépendants les uns des autres. Le lecteur devra assez souvent se reporter aux différents articles.

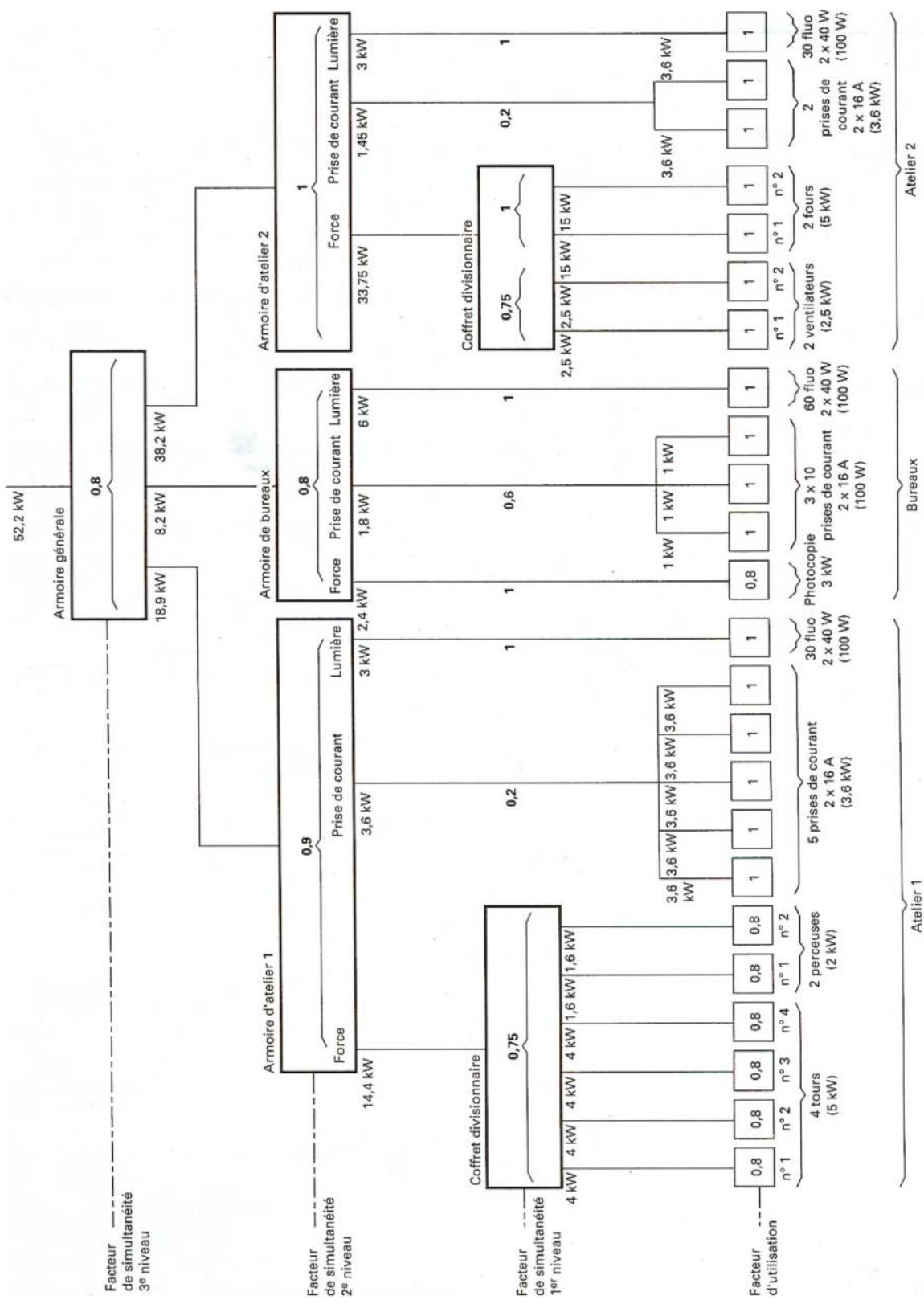


Figure 1 – Exemple d'estimation des puissances consommées dans une usine

De plus, dans les articles spécifiques de ce traité, notamment *Machines asynchrones. Régime permanent* [D 3 480], *Machines asynchrones. Régimes quelconques* [D 3 485] et *Moteurs asynchrones. Choix et problèmes connexes* [D 3 490], le lecteur trouvera des tableaux donnant les courants absorbés par les moteurs. Il pourra également consulter les catalogues des constructeurs.

■ Longueur L de chaque circuit

Elle est déterminée d'après le plan d'architecture du bâtiment dans lequel se trouve l'installation et d'après l'emplacement des différents tableaux principaux, divisionnaires et terminaux de l'installation. Ces longueurs peuvent éventuellement être majorées pour tenir compte des particularités non prévues sur le plan, telles que le contournement d'obstacles (poutres, piliers, portes, fenêtres...).

1.1.2 Paramètres de calcul

■ Paramètres communs à toutes les canalisations

k_3	rapport du courant conventionnel I_2 de fonctionnement du dispositif de protection contre les surintensités à son courant assigné divisé par 1,45 ($k_3 = I_2/1,45 I_{n_p}$).
I_b	courant d'emploi
I_{cc}	courant de court-circuit ; cette désignation est suivie du chiffre <ul style="list-style-type: none"> 1 s'il s'agit d'un court-circuit monophasé entre phase et neutre 2 s'il s'agit d'un court-circuit biphasé entre deux phases 3 s'il s'agit d'un court-circuit triphasé
I_d	courant de défaut
I_{n_p}	courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités
I_r	courant de réglage du dispositif de protection contre les surintensités
R_s	résistance de la source, y compris le réseau amont
s	facteur dépendant du schéma des liaisons à la terre, égal à : <ul style="list-style-type: none"> 1 pour le schéma TN 0,86 pour le schéma IT sans neutre 0,50 pour le schéma IT avec neutre
t	temps de fonctionnement du dispositif de protection contre les surintensités
U_0	tension nominale de l'installation entre phase et neutre
X_s	réactance de la source, y compris le réseau amont
Z_s	impédance de la boucle de défaut (tableau 4)
β	coefficient dépendant de la nature du circuit, égal à : <ul style="list-style-type: none"> 1 pour les circuits triphasés 2 pour les circuits monophasés
$\cos \varphi$	facteur de puissance du circuit

■ Paramètres pour les conducteurs isolés et les câbles

A et b	coefficients dont les valeurs dépendent du mode de pose et de la nature des conducteurs
I_2	courant admissible
f	facteur de correction tenant compte de la température ambiante, du mode de pose, des groupements des conducteurs et câbles, etc.
k	constante dont la valeur dépend de la résistivité et de la capacité thermique des conducteurs (cf. <i>Installations électriques. Installations à basse tension. Protections</i> [D 5 032])
m	rapport de la section des conducteurs de phase à celle du conducteur neutre ($m = S_{Ph}/S_N$)
S	section des conducteurs
S_{Ph} , S_N et $S_{PE(N)}$	sections d'un conducteur de phase, du conducteur neutre et du conducteur de protection ou PEN
X_{Ph} , X_N et $X_{PE(N)}$	réactances d'un conducteur de phase, du conducteur neutre et du conducteur de protection ou PEN
λ	réactance linéaire des conducteurs
ρ	résistivité des conducteurs à 20 °C
ρ_1	résistivité des conducteurs à la température de régime, prise conventionnellement égale à 1,25 ρ
ρ_2	résistivité des conducteurs à la température moyenne entre la température de régime et la température maximale admissible en court-circuit, prise conventionnellement égale à 1,5 ρ

■ Paramètres pour les canalisations préfabriquées

f	facteur de correction tenant compte de la température ambiante, de la pose à plat ou sur chant...
I_{n_c}	courant assigné
$I^2 t$	contrainte thermique admissible
$R_{b1 Ph-N}$, $R_{b1 Ph-PE}$	composante résistive de Z_s entre phase et neutre, entre phase et PE ou PEN, à la température de régime
$R_{b2 Ph-N}$	composante résistive de Z_s entre phase et neutre, à la température moyenne entre la température de régime et la température maximale en court-circuit
R_t	résistance du conducteur de phase, mesurée sous I_{n_c}
$X_{b1 Ph-N}$, $X_{b1 Ph-PE}$	composante réactive de Z_s entre phase et neutre, entre phase PE ou PEN, mesurée entre les barres les plus rapprochées [1 – 2 ; 3 – N ; 3 PE(N)]
$X_{b2 Ph-N}$	composante réactive de Z_s entre phase et neutre, mesurée entre les barres les plus éloignées [1 – 3 ; 1 – N ; 1 – PE(N)]
X_t	réactance moyenne d'un conducteur de phase

1.1.3 Calcul des caractéristiques des canalisations

La détermination des caractéristiques des canalisations consiste à s'assurer qu'elles satisfont aux différentes règles applicables présentées, ici, de façon synthétique (tableau 3) en distinguant, d'une part, les canalisations constituées de conducteurs isolés ou de câbles et, d'autre part, les canalisations préfabriquées.

1.1.4 Calcul des courants de court-circuit et de défaut par la méthode des impédances : exemple

L'installation est alimentée par un poste HT 20 kV/230/400 V comprenant 2 transformateurs de 1 250 kVA avec une tension de court-circuit u de 5 % (tableau 2).

Les courants de court-circuit triphasés $I_{cc\ 3}$ et de défaut I_d sont calculés pour l'alimentation, d'une part, par les deux transformateurs en parallèle, et, d'autre part, par un alternateur de 630 kVA avec une réactance transitoire de 30 %. Le calcul n'est pas effectué avec la réactance subtransitoire de l'alternateur qui donne la valeur de crête du courant de court-circuit ; celle-ci est nettement inférieure au courant de court-circuit triphasé produit par les deux transformateurs.

Le courant de court-circuit $I_{cc\ 1}$ minimal est calculé avec un seul transformateur.

Les calculs montrent que (tableau 2) :

— la protection contre les contacts indirects est assurée, le fusible $g/$ coupant le courant de défaut I_d en moins de 0,2 s d'après la caractéristique de fusion du fusible ;

— la protection contre les courts-circuits dans le cas d'alimentation par alternateurs nécessite, au niveau O du tableau, des disjoncteurs ayant des seuils magnétiques au plus égaux à $3 I_r$. La protection ne peut être assurée que par le disjoncteur du groupe ; cela est dû à sa réactance transitoire élevée.

Les chutes de tension sont respectivement de :

OA = 2,7 V, soit 1,174 %

AB = 4,9 V, soit 2,13 %

BC = 7,03 V, soit 3,055 %

soit au total.....6,359 %, valeur un peu forte pour l'éclairage.

1.1.5 Vérification des contraintes thermiques par la méthode des impédances

La canalisation à section décroissante du tableau 5 alimente des dérivations en A, B, C et D ; ces dernières sont protégées à leur origine par des dispositifs de protection contre les surcharges.

La canalisation est protégée à son origine par un fusible $g/$ de 500 A et aucun dispositif de protection n'est prévu aux changements de section.

t_f est le temps de fusion du fusible pour le courant $I_{cc\ 1}$; t_{max} est le temps maximal pour la contrainte thermique admissible par les conducteurs.

Données initiales	Calcul de base	2 transformateurs en parallèle en service						1 transformateur en service			Alternateur 630 kVA		
		R (mΩ)	X (mΩ)	$I_{cc\ 3}$ (kA)	R (mΩ)	X (mΩ)	I_d (kA)	R (mΩ)	X (mΩ)	$I_{cc\ 1}$ (kA)	$I_{cc\ 3}$ (kA)	I_d (kA)	
		1,20	3,68	62,36				2,40	7,36				
$I_b = 1\ 000\ A$ Mode de pose : 13 (1) $N = 3$ circuits jointifs dont 2 extérieurs au schéma $\mathcal{L} = 50\ m$ $f = 0,82$ (2)	$S = 717\ mm^2$ (4) avec 1 seul conducteur irréalisable on choisit 2 conducteurs en parallèle $N = 4 \rightarrow f = 0,77$ $S = 271,5\ mm^2$ (4) soit 3 (2 × 300) + 1 × 300										3,277	4,46	
		1,875	2,0		3,75	4,0		Phase 2,25	2,0				
								Neutre 4,50	4,0				
$I_b = 150\ A$ Mode de pose : 31 (1) $\mathcal{L} = 80\ m$ $f = 0,9$ (3)	$S = 47,27\ mm^2$ (4) soit 3 × 50 + 1 × 25	3,075	5,68	37,75	6,82	9,68	20,42	9,15	13,37	14,94	3,19	4,14	
								Phase 43,2	6,4				
		36	6,4		72	6,4		Neutre 86,4	6,4				
$I_b = 11\ A$ Mode de pose : 11 (1) fusibles $g/40\ A$: $f = 0,9$ Aluminium $\mathcal{L} = 50\ m$	$S = 7,15\ mm^2$ (4) soit 3 × 10	39,075	12,08	5,917	114,82	22,48	2,068	138,75	27,17	1,714	2,65	1,80	
								Phase 129	2,4				
		108	2,4		108	2,4		Neutre 129	2,4				
(1) [D 5 034], tableaux 1 et 2. (2) [D 5 034], tableau 15, 4 ^e ligne.					330,3	27,3	0,729	396,75	30,97	0,608		0,710	
(3) [D 5 034], tableau 10, ligne B 3. (4) [D 5 034] § 2.1.1 et tableau 9.													

Tableau 3 – Détermination des caractéristiques des canalisations : règles

CANALISATIONS EN CONDUCTEURS ISOLÉS OU CÂBLES	CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES
<p>La détermination des caractéristiques des canalisations constituées de conducteurs ou câbles repose sur la détermination des sections des conducteurs [D 5 034].</p> <p>Les paramètres essentiels pour la détermination des conditions de protection sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> — la résistance des conducteurs basée sur une valeur conventionnelle de la résistivité des âmes, d'après la valeur estimée de la température à laquelle sont portées les âmes des conducteurs ; — la réactance des conducteurs basée sur une valeur moyenne et conventionnelle de la réactance linéaire. 	<p>La détermination des caractéristiques des canalisations préfabriquées repose sur la détermination du courant assigné de chaque canalisation [D 5 034].</p> <p>Les paramètres nécessaires pour la détermination des conditions de protection sont les différentes impédances des boucles de défaut de la canalisation préfabriquée (tableau 4), suivant la nature du courant de court-circuit ou de défaut.</p> <p>Ces impédances de boucle de défaut dépendent des caractéristiques physiques de chaque canalisation et sont mesurées et indiquées par le constructeur.</p>
<p>1. Courants admissibles et protection contre les surcharges</p> <p>Le dispositif de protection contre les surcharges est choisi de telle manière que :</p> $I_b \leq I_{n,p} (\text{ou } I_r)$ <p>La section des conducteurs est déterminée de telle façon que le courant admissible soit :</p> $I_z \geq \frac{k_3 I_{n,p}}{f}$	<p>Le dispositif de protection contre les surcharges est choisi de telle façon que :</p> $I_b \leq I_{n,p} (\text{ou } I_r)$ <p>Le courant assigné de la canalisation préfabriquée est :</p> $I_{n,c} \geq \frac{k_3 I_{n,p}}{f}$
<p>2. Protection contre les courts-circuits</p> <p>Le courant de court-circuit présumé au point d'installation du dispositif de protection ne doit pas être supérieur au pouvoir de coupure du dispositif de protection. Ce courant de court-circuit est égal à :</p> $I_{cc,3} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + X^2}}$ <p>avec $R = R_S + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S}$</p> $X = X_S + \lambda \mathcal{L}$	<p>avec $R = R_t + R_{Ph}$</p> $X = X_t + X_{Ph}$ <p>La valeur de crête du courant de court-circuit présumé ne doit pas être supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur pour la tenue aux efforts électrodynamiques [avec n facteur de crête de l'ordre de 2]</p> $n I_{cc,3} \leq \hat{I}$
<p>Dans certains cas, (absence de protection contre les surcharges), il est nécessaire de vérifier les contraintes thermiques des conducteurs ; le temps de fonctionnement du dispositif de protection doit être :</p> $t \leq \frac{k^2 S^2}{I_{cc,\min}^2} \quad (2)$ <p>Le courant de court-circuit minimal, dans un circuit avec neutre, est :</p> $I_{cc,\min,1} = \frac{U_0}{\sqrt{\left(\rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_N}\right)^2 + (X_{Ph} + X_N)^2}}$	$t \leq \frac{I^2 t}{I_{cc,\min}^2} \quad (3)$ $I_{cc,\min,1} = \frac{U_0}{\sqrt{R_{b2 Ph-N}^2 + X_{b2 Ph-N}^2}}$ <p>3. Protection contre les contacts indirects</p> <p>Dans les schémas TN et IT, le courant de défaut doit assurer le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps prescrit. Ce courant de défaut est :</p> $I_d = \frac{U_0}{\sqrt{\left(\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{PE}}\right)^2 + (X_{Ph} + X_{PE})^2}}$
	$I_d = \frac{U_0}{\sqrt{R_{b1 Ph-PE}^2 + X_{b1 Ph-PE}^2}} \quad (4)$

Tableau 3 – Détermination des caractéristiques des canalisations : règles (suite)

CANALISATIONS EN CONDUCTEURS ISOLÉS OU CÂBLES	CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES
4. Chutes de tension	
La chute de tension u ne doit pas être supérieure à une valeur fixée. Elle est égale à :	
$u = \beta \left(\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S} \cos \varphi + \lambda \mathcal{L} \sin \varphi \right) I_b \quad (5)$	$\left. \begin{array}{l} \text{— pour les circuits triphasés :} \\ u = (R_t \cos \varphi + X_t \sin \varphi) I_b \\ \text{— pour les circuits monophasés :} \\ u = 2(R_{b1Ph-N} \cos \varphi + X_{b1Ph-N} \sin \varphi) I_b \end{array} \right\} \quad (6)$
La chute de tension relative u/U_n entre l'origine d'une installation et le récepteur le plus éloigné est limitée :	
— pour les circuits d'éclairage à 3 % — pour les autres circuits à 5 %	de la tension nominale de l'installation.
Lorsque l'installation est alimentée par un poste de transformation HT/BT, ces valeurs peuvent être portées respectivement à 6 % et 8 %.	
5. Résumé	
La section S des conducteurs doit être au moins égale à la plus grande des 4 sections S_1, S_2, S_3 et S_4 :	Le courant assigné de la canalisation doit satisfaire aux 4 conditions suivantes, compte tenu des caractéristiques électriques correspondantes :
S_1 déterminée pour le courant admissible :	— en fonction du courant d'emploi I_b :
$S_1 = \left[\frac{I_b}{A} \right]^b$	$I_{nc} \geq I_b$
S_2 déterminée pour les contraintes thermiques (protection contre les courts-circuits) [relation (2)] :	— en fonction des contraintes thermiques (protection contre les courts-circuits) [relation (3)] :
$S_2 = \frac{I_{cc\ min} \sqrt{t}}{k}$	$t \leq \frac{I^2 t}{I_{cc\ min}^2}$
S_3 déterminée pour la protection contre les contacts indirects (schémas TN et IT) :	— en fonction de la protection contre les contacts indirects (schémas TN et IT) [relation (4)] :
$S_3 = \frac{I_d}{U_0} s(m+1) \rho_1 \mathcal{L}$	$Z_{1Ph-PE} \leq \frac{U_0}{I_d}$
S_4 déterminée pour la chute de tension [relation (5)] :	— en fonction de la chute de tension [relation (6)] (valable pour triphasé et monophasé) :
$S_4 = \frac{\beta \mathcal{L} I_b \rho_1 \cos \varphi}{u - \beta \lambda \mathcal{L} I_b \sin \varphi}$	$(R \cos \varphi + X \sin \varphi) I_b \leq \beta u$
	avec $R: R_t$ ou R_b et $X: X_t$ ou X_b

t_f pour les sections BC et CD étant supérieur à t_{max} , ces sections doivent être sensiblement augmentées. En outre, la protection contre les contacts indirects n'est assurée qu'en considérant qu'il s'agit d'un circuit de distribution.

Cet exemple montre ainsi que, pour respecter les temps de coupure pour la protection contre les contacts indirects et les contraintes thermiques des conducteurs, les sections des deux dernières parties doivent être augmentées, pour le neutre, respectivement de 35 à 70 mm² et de 25 à 50 mm² (tableau 5).

1.1.6 Autres méthodes de calcul

Les calculs de courants de court-circuit et de défaut ont été effectués suivant la méthode dite des impédances, c'est-à-dire en effectuant la somme des résistances et la somme des réactances des différents éléments de la boucle de défaut depuis et y compris la source jusqu'à l'extrémité du circuit considéré, et en déduisant la valeur du courant de court-circuit ou de défaut d'après la tension à vide de la source :

$$I_{cc} = \frac{U_0}{Z_s} = \frac{U_0}{\sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}}$$

Cette méthode est utilisable lorsque les caractéristiques de tous les éléments de la boucle de défaut sont connues, y compris celles de la source. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, d'autres méthodes de calcul ou d'estimation des courants de court-circuit sont utilisables.

■ La méthode conventionnelle est basée sur l'hypothèse que, au moment où se produit le court-circuit ou le défaut, la tension à l'origine du circuit considéré est égal à 80 % de la tension nominale de l'installation. Elle suppose donc que l'impédance du circuit représente 80 % de l'impédance totale de la boucle de défaut et que l'impédance en amont (y compris la source) en représente 20 %. Cette méthode permet d'établir des tableaux donnant les longueurs maximales \mathcal{L}_{max} de canalisations protégées contre les courts-circuits et contre les contacts indirects, données en fonction de la section S des conducteurs et du courant de réglage du dispositif de protection par :

$$\mathcal{L}_{max} = \frac{0.8 U_0 S}{2 \rho I_r}$$

■ La méthode de composition permet de calculer le courant de court-circuit à l'extrémité d'une canalisation en connaissant le courant de court-circuit à l'origine. Elle est notamment applicable pour l'adjonction de circuits à une installation existante dans laquelle les courants de court-circuit peuvent être mesurés.

Tableau 4 – Calcul des impédances des boucles de défaut

Caractéristiques (1)	Canalisations en conducteurs isolés ou en câbles		Canalisations préfabriquées	
	R	X	R	X
Courants de court-circuit maximaux	$I_{cc\ 3}$	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}}$	$\lambda \mathcal{L}$	R_t
	$I_{cc\ 2}$	$2\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-Ph}$
	$I_{cc\ 1}$	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_N}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-N}$
Courants de court-circuit minimaux	$I_{cc\ 2}$	$2\rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b2\ Ph-Ph}$
	$I_{cc\ 1}$	$\rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_N}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b2\ Ph-N}$
Courants de défaut I_d	schéma TN-S	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{PE}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-PE}$
	schéma TN-C	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{PEN}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-PEN}$
Chutes de tension	circuit triphasé	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}}$	$\lambda \mathcal{L}$	R_t
	circuit monophasé	$2\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-N}$
Vérification des contraintes thermiques du conducteur de protection, suivant la nature du dispositif de protection	— par disjoncteur : • TN-S ou IT • TN-C	$\rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S_{PE(N)}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b1\ Ph-PE(N)}$
	— par fusibles : • TN-S ou IT • TN-C	$\rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_{Ph}} + \rho_2 \frac{\mathcal{L}}{S_{PE(N)}}$	$2\lambda \mathcal{L}$	$R_{b2\ Ph-PE(N)}$

(1) [D 5 034].

■ D'autres méthodes plus complexes, comme la méthode des composantes symétriques, pourraient être mentionnées, mais la plus grande précision qu'elles apporteraient ne se justifie généralement pas pour les installations à basse tension.

■ En pratique, toutes les méthodes de calcul donnent des résultats plus ou moins précis, d'autant qu'elles reposent toutes sur certaines hypothèses :

- elles sont basées sur des valeurs conventionnelles de résistances et de réactances ;

- elles négligent les impédances de certains éléments du circuit (jeux de barres, appareillages, connexions...) ;

- elles supposent les défauts francs, c'est-à-dire d'impédance négligeable, ce qui est exceptionnel.

Néanmoins, l'expérience montre que les résultats obtenus avec ces différentes méthodes donnent des valeurs suffisamment approchées.

1.2 Installations HT

1.2.1 Courants admissibles

Dans une canalisation de section S , ils sont calculés d'après la formule générale [D 5 034] [D 5 038] :

$$I_z = AS^b$$

ou [cf. NF C 13-200] d'après :

$$I_z = 10^B S^a$$

avec $B = \lg A$ $a = b$.

Après avoir déterminé les sections des conducteurs des canalisations en fonction du courant d'emploi, et en tenant compte des facteurs de correction nécessaires ([§ 1.1.1](#)), les conditions essentielles, dans les installations HT, sont la détermination des courants de court-circuit dans les différentes liaisons et la vérification des contraintes thermiques des conducteurs, compte tenu des caractéristiques des dispositifs de protection [D 5 036].

Tableau 5 – Exemple de vérification des contraintes thermiques

Fusible g/ 500 A	S (mm ²)	$I_{cc\ 1}$ (kA)	t_f (s)	t_{max} (s)	S (mm ²)	$I_{cc\ 1}$ (kA)	t_f (s)	t_{max} (s)
630 kVA								
$\mathcal{L} = 25\text{ m}$	3×300 1×150	13,8	0,03	2,4				
A								
$\mathcal{L} = 20\text{ m}$	3×120 1×70	8,4	0,16	1,42				
B								
$\mathcal{L} = 20\text{ m}$	3×70 $+ 1 \times 35$	4,8	1,4	1,08	4×70	5,6	0,8	3,2
C								
$\mathcal{L} = 10\text{ m}$	4×25	3,4	$7,0$ (> 5 s) (1)	1,1	4×50	4,5	2,0	2,52
D								

(1) Le temps de 5 s est la durée maximale d'un court-circuit au-delà de laquelle les conditions d'échauffement adiabatique ne sont plus respectées et la protection des conducteurs n'est plus assurée.

1.2.2 Calcul des courants de court-circuit et de défaut

Leur détermination est nécessaire pour assurer la protection des installations ; il s'agit :

- de la valeur efficace $I_{cc\ 3}$ du courant de court-circuit triphasé symétrique ;
- de la valeur de crête du courant de court-circuit :

$$\hat{I} = k\sqrt{2} I_{cc\ 3}$$

k dépendant du rapport R/X de la résistance et de la réactance du circuit ;

- du courant de court-circuit biphasé $I_{cc\ 2}$ minimal ;
- du courant de défaut I_d entre phase et masse.

Les valeurs de ces courants sont données dans le tableau 6.

Le calcul de Z_1 tient compte du nombre maximal de sources pouvant fonctionner en parallèle et de la contribution des moteurs.

Le calcul de Z_2 tient compte du nombre minimal de sources pouvant fonctionner en parallèle.

Il peut être tenu compte de l'impédance des liaisons en les calculant d'après les formules pratiques suivantes :

- pour la résistance ($m\Omega$ en cuivre) :

$$R = \rho_1 \frac{\mathcal{L}}{S} = 22,5 \frac{\mathcal{L}}{S}$$

- pour la réactance ($m\Omega$) :

$$X = \lambda \mathcal{L} = 0,08 \mathcal{L}$$

avec \mathcal{L} en m et S en mm².

Généralement, ces impédances sont faibles et souvent négligeables par rapport à celles des autres éléments (sources, moteurs...), sauf dans le cas de très grandes longueurs.

1.2.3 Vérification des caractéristiques des dispositifs de protection

Elle comporte les opérations suivantes :

- le pouvoir de coupure doit être au moins égal à $I_{cc\ 3}$;
- le courant de fonctionnement du dispositif de protection doit au moins être égal à la plus petite des deux valeurs $I_{cc\ 2}$ ou I_d ;

— le temps de coupure maximal (contraintes thermiques des conducteurs) a pour valeur :

- si le dispositif de protection est un disjoncteur :

$$\sqrt{t} \leq \frac{kS}{I_{cc\ 3}}$$

- si le dispositif de protection est un fusible :

$$\sqrt{t} \leq \frac{k\ S}{I_{cc\ 2}}$$

les valeurs du coefficient k étant données en [D 5 032].

Pour des conducteurs sans isolation (nus), respectivement en cuivre et en aluminium, $k = 160$ et $k = 104$.

1.2.4 Calcul d'une installation HT : exemple

L'installation est représentée sur la figure 2.

1.2.4.1 Calcul des courants de court-circuit

L'alimentation se fait par le réseau, avec l'alternateur A 1 toujours en parallèle. Les résultats sont donnés dans le tableau 7.

1.2.4.2 Calcul des canalisations

Les résultats sont donnés dans le tableau 8.

1.2.5 Calcul de protection contre les surtensions : exemple

Considérons une installation de tension entre phases $U = 20\text{ kV}$, avec $U_0 = 20/\sqrt{3} = 11,55\text{ kV}$, alimentant une canalisation de 500 mm² de 5 km de longueur.

- En schéma TNR avec liaison directe avec la terre, le courant de défaut est égal à :

$$I_d = \frac{11\ 550}{Z} = 12,58\text{ kA}$$

avec l'impédance de la canalisation :

$$Z = \left[\left(2 \times 22,5 \times \frac{5\ 000}{500} \right)^2 + (2 \times 0,08 \times 5\ 000)^2 \right]^{1/2} = 917\text{ m}\Omega$$

Tableau 6 – Calcul des courants de court-circuit et des impédances correspondantes

	Court-circuit triphasé symétrique	Court-circuit biphasé minimal	Défaut entre phase et masse
Courant de court-circuit ou de défaut	$I_{cc\ 3} = \frac{1,1\ U_0}{Z_1}$ (1)	$I_{cc\ 2} = \frac{U_0\sqrt{3}}{2Z_2}$	$I_d = \frac{3\ U_0}{Z_d + Z_i + Z_0 + Z_A}$
Réseau amont	$Z_1 = \frac{U^2}{P_{cc}}$		
Transformateur	$Z_1 = Z_t = \frac{U^2}{P} \frac{u}{100}$	$Z_2 = Z_t$	$Z_d = Z_i = Z_0 = Z_t$
Alternateur	$Z_1 = X'_d = x'_d \frac{U^2}{P}$ ($x'_d = 0,3$)	$Z_2 = X'_d$	$Z_d = X'_d$ $Z_i = X'_d$ $Z_0 = X'_0 = x'_0 \frac{U^2}{P}$ ($x'_0 = 0,06$)
Moteurs	$Z_1 = X = \frac{U^2}{\frac{P}{r \cdot \cos \varphi} \cdot \frac{I_D}{I_n}}$ ($r = 0,9$) ($\cos \varphi = 0,9$) ($I_D/I_n = 6$)		
<p>Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs moyennes qui peuvent être utilisées en l'absence d'indications précises des constructeurs</p> <p>(1) 1,1 coefficient tenant compte de la tension à vide.</p> <p>P puissance assignée.</p> <p>P_{cc} puissance de court-circuit du réseau.</p> <p>I_D courant de démarrage.</p> <p>r rendement.</p> <p>u tension de court-circuit</p> <p>X'_d, X'_0 réactances respectivement directe, homopolaire.</p> <p>Z_A impédance éventuelle insérée entre le point neutre et la terre.</p> <p>Z_d, Z_i, Z_0 impédances respectivement directe, inverse, homopolaire.</p> <p>Z_t impédance du transformateur.</p>			

Tableau 7 – Calcul des courants de court-circuit

Exploitation avec deux transformateurs 20/5,5 kV en parallèle (kA)		Exploitation avec un seul transformateur 20/5,5 kV (kA)	
au niveau 20 kV :		au niveau 20 kV :	
contribution du réseau (R).....	4,639	contribution du réseau (R).....	4,639
contribution de l'alternateur (A).....	1,233	contribution de l'alternateur (A)	1,233
contribution des moteurs (M)	1,412	contribution des moteurs (M)	1,043
	7,284		6,915
au niveau 5,5 kV :		au niveau 5,5 kV :	
contribution du réseau (R).....	7,346	contribution du réseau (R).....	5,962
contribution de l'alternateur (A).....	3,619	contribution de l'alternateur (A)	3,038
contribution des moteurs (M)	7,100	contribution des moteurs (M)	7,100
	18,065		16,100

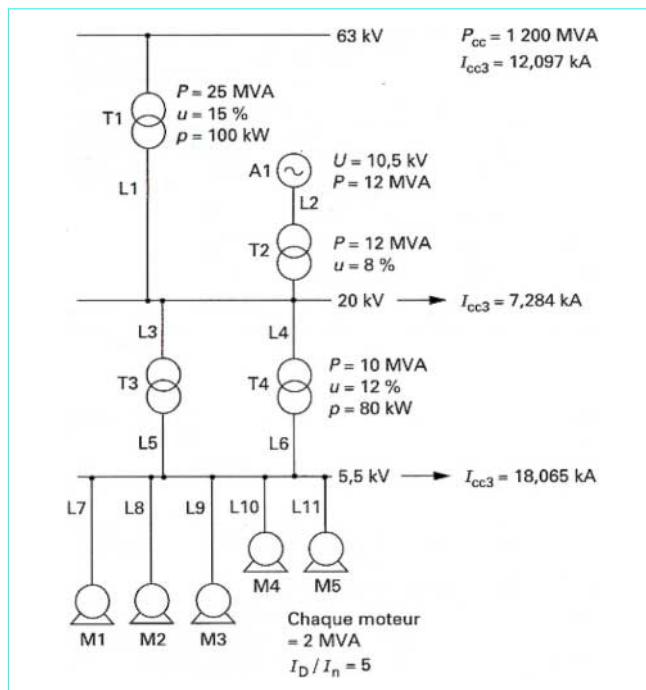


Figure 2 – Installation HT : exemple

Tableau 8 – Calcul des canalisations				
Liaison	Longueur (m)	Section (mm ²)	Courant de court-circuit (3) maximal (kA)	Courant de court-circuit (3) minimal (kA)
L 1	50	300	4,639 (R)	1,233 (A)
L 2	100	300	2,406 (4) 4,996 (5)	
L 3 et L 4 (1)	1 500	70	4,639 (R) 1,233 (A) 1,043 (M) 6,915	1,233 (A)
L 5 et L 6 (1)	50	630	5,962 (R) 3,038 (A) 7,100 (M) 16,100	3,038 (A)
L 7 à L 11 (1)	100	70 (2)	7,346 (R) 3,038 (A) 5,68 (M) (6) 16,064	1,42 (M)

(1) Valeur valable pour chaque ligne.
(2) Du point de vue des courants admissibles, une section de 50 mm² serait suffisante, mais, pour un temps de coupure de 0,2 s, la limitation des contraintes thermiques nécessite une section de 70 mm².
(3) (R), (A), (M) tableau 7.
(4) Résultat de calcul : contribution de A 1.
(5) Résultat de calcul : contribution de T 1 et des moteurs à travers T 2.
(6) 4 moteurs.

En schémas TTN et TTS, la valeur de ce courant est limitée par les résistances des prises de terre des masses de l'installation et du poste 1. Si, par exemple, chacune de ces résistances est de 2 Ω, le courant de défaut est :

$$I_d = \frac{11,550}{2+2} = 2,887 \text{ kA}$$

Nota : dans ce calcul et dans ceux qui suivent, l'impédance des canalisations est négligée, car elle est du second ordre par rapport aux résistances ou impédances de limitation des courants de défaut.

En insérant une résistance de limitation R_{lim} entre le neutre et la terre telle que $I_d \leqslant 50 \text{ A}$, on trouve que :

$$R_{lim} \geqslant \left(\frac{11,550}{50} = 231 \Omega \right)$$

Pour assurer la protection contre les surtensions transitoires, il faut [D 5 036] :

$$R_{lim} \leqslant \frac{1}{6 \mathcal{L} C 2\pi f}$$

avec C en μF/km et \mathcal{L} en km

$$\text{soit : } R_{lim} \leqslant \left(\frac{530}{5 \times 0,66} = 160 \Omega \right)$$

Il y a donc incompatibilité entre les deux valeurs, et la protection contre les surtensions transitoires ne peut être assurée que si :

$$\mathcal{L} \leqslant \left(\frac{530}{231 \times 0,66} = 3,47 \text{ km} \right)$$

En schéma ITx, le courant de défaut limité par l'impédance Z doit, par exemple, être inférieur à 20 A ; donc :

$$Z = \frac{11,550}{20} = 577 \Omega$$

Pour assurer la protection contre les surtensions transitoires, le courant capacitif de l'installation doit être :

$$I_C \leqslant \left(\frac{1}{2} I_{d lim} = 10 \text{ A} \right)$$

La longueur maximale de la canalisation est alors :

$$\mathcal{L} \leqslant \left(\frac{I_C}{3 U_0 C 2\pi f} = \frac{10}{3 \times 11,550 \times 0,66 \cdot 10^{-6} \cdot 100\pi} = 1,39 \text{ km} \right)$$

Cet exemple est peut-être un peu théorique et caricatural, mais il permet de montrer les limites des différentes solutions : notamment, dans les schémas ITx, les longueurs doivent être très limitées.

Dans cet exemple, la puissance transportée est de 34 MW et la chute relative de tension, pour une longueur de 5 km, n'est que de 1,9 %. Notons à ce propos que le problème des chutes de tension n'a pas été évoqué du fait que, généralement, elles sont très faibles dans ces installations.

2. Vérifications

Il s'agit essentiellement de vérifier l'application des règles de sécurité (cf. [D 5 030]) ; il est parfois difficile de dire dans quelle mesure certaines concernent la sécurité des personnes ou celle des biens. Des règles dites **d'aptitude à la fonction** peuvent quelquefois être interprétées comme faisant partie de la sécurité, si l'on considère que celle-ci doit rester d'un niveau acceptable jusqu'à la fin de la durée de vie prévisible d'un équipement ou d'une installation, dont la bonne utilisation ou l'exécution correcte peuvent influer favorablement sur le maintien de la sécurité. Il en est ainsi des **règles de l'art** qui incluent prescriptions écrites et usages non codifiés ; si la sécurité n'est pas mise en cause par le manque d'esthétique ou la régularité

de pose d'une canalisation, il est délicat d'en fixer la frontière exacte, et la réception des ouvrages peut donner lieu à des interprétations parfois divergentes.

2.1 Vérifications lors de la mise en service

Ces vérifications, dites aussi **initiales**, consistent en examens visuels, en essais et en mesures, afin de s'assurer (cf. [D 5 030]) :

- de la conformité des installations aux réglementations et aux normes ;
- de leur conformité aux spécifications et cahiers des charges ; cette dernière, précédant ou faisant partie de la réception, n'est pas traitée ici puisqu'elle n'est pas codifiée, étant chaque fois un cas d'espèce.

2.1.1 Examen visuel

Cet examen est effectué sur l'ensemble de l'installation *hors tension* et précède les essais et mesures ; il consiste à (cf. [D 5 032] [D 5 034]) :

- s'assurer que les mesures de protection contre les contacts directs sont correctes ; à cet effet, on vérifie le bon état apparent des canalisations, leurs fixations, la fermeture des enveloppes d'appareillage, les distances séparant éventuellement les parties actives nues des grillages, obstacles, barrières, etc. ;
- vérifier la présence et la bonne exécution des barrières et obturations coupe-feu ;
- vérifier que rien ne s'oppose à la dissipation normale de la chaleur dégagée par certains matériels (résistances de démarrage, transformateurs, projecteurs...) ou à leur écartement convenable de matériaux combustibles, déformables ou décomposables ;
- vérifier la présence et le bon étiquetage, aux endroits adéquats, des dispositifs de coupure d'urgence, arrêt d'urgence, sectionnement, commande, etc., ainsi que leur accessibilité ;
- vérifier la compatibilité des mesures de protection choisies et des influences externes aux emplacements des matériels ;
- vérifier l'identification des conducteurs de protection et neutre ;
- s'assurer de la présence des schémas, plans, notices d'appareillages, etc. (par exemple dans des pochettes placées dans les contre-portes des tableaux et armoires) ;
- vérifier la concordance des identifications de circuits avec celles figurant sur les plans et schémas ;
- s'assurer que le libellé des étiquettes et plaques signalétiques des commandes, des protections, correspondent bien à la dénomination réelle des locaux ou utilisations courantes ;
- vérifier le serrage des connexions (barres, distributeurs, bornes, etc.).

2.1.2 Essais. Mesures

Les essais et mesures ci-après sont effectués (dans la mesure où ils s'appliquent), et, de préférence, dans l'ordre indiqué.

■ Essai de continuité des conducteurs de protection (y compris des liaisons équipotentielles)

On utilise une source continue ou alternative de tension à vide de 4 à 25 V, débitant au moins 0,2 A.

■ Mesure de la résistance d'isolement des circuits

Elle est effectuée entre chaque conducteur actif et la terre, appareils d'utilisation déconnectés, au moyen d'une source débitant au moins 1 mA ; les résultats à atteindre doivent être au moins ceux du tableau 9.

Tableau 9 – Valeurs minimales de la résistance d'isolement

Tension nominale du circuit (V)	Tension d'essai en courant continu (V)	Résistance d'isolement (MΩ)
TBTS et TBTP (cf. [D 5 032])	250	$\geq 0,25$
$U_n \leq 500 \text{ V}$ à l'exception des cas ci-dessus	500	$\geq 0,5$
$U_n > 500 \text{ V}$	1 000	$\geq 1,0$

Pour les câbles chauffants noyés dans le béton, les résistances doivent être :

- pour les câbles alimentés sous 220 ou 230 V $\geq 0,250 \text{ M}\Omega$;
- pour les câbles alimentés sous 380 ou 400 V $\geq 0,4 \text{ M}\Omega$.

■ Mesure de la résistance des sols

Dans le cas où elle est prescrite (blocs opératoires par exemple), cette mesure est réalisée à l'aide d'une électrode tripode et d'une source ayant une tension continue minimale à vide de 500 V. On effectue au moins trois mesures.

■ Vérification de l'efficacité des protections contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation

Elle comporte des opérations qui varient suivant les différents schémas. Celles-ci doivent permettre, par application des formules de l'article [D 5 032], de vérifier l'adéquation des dispositions prises aux règles de sécurité.

● Schéma TN [D 5 032] : il s'agit de :

- la mesure de l'impédance de la boucle de défaut ou de la résistance des conducteurs de protection ;
- la vérification des caractéristiques des dispositifs de coupure (courant de réglage des disjoncteurs, courant assigné des fusibles, courant différentiel assigné des dispositifs différentiels) ;
- la mesure de la résistance globale de la prise de terre.

● Schémas TT [D 5 032] : il s'agit de :

- la mesure de la résistance de la prise de terre des masses ;
- la vérification des caractéristiques des dispositifs de coupure (comme pour le schéma TN).

● Schéma IT [D 5 032] : il s'agit de :

- la mesure ou le calcul du courant de premier défaut ;
- suivant les conditions du second défaut, la même vérification que pour les schémas TN ou TT ;
- la vérification du réglage du contrôleur permanent d'isolement et l'essai des signalisations sonores et lumineuses, s'il y a lieu.

■ Essais fonctionnels

Tout appareil d'utilisation, tout circuit de commande d'automatisation, de signalisation, etc. doivent être essayés avant mise en service, afin de vérifier qu'ils sont en bon état de fonctionnement.

Il en est de même des dispositifs de protection, le cas échéant, en ce qui concerne leur installation et leur réglage.

■ Autres essais

Il s'agit des essais suivants.

— Essai de polarité : il est effectué dans le cas de dispositifs de coupure unipolaires.

— **Essai diélectrique** : il est effectué pour les matériels ou ensembles d'appareillage construits sur place, lorsque les règles ou spécifications le prescrivent.

■ Pour l'application systématique des vérifications, on pourra s'inspirer utilement des **fiches types** données en annexe ([§ 4](#)) ; elles doivent être considérées comme des aide-mémoire des points à vérifier pour s'assurer de la conformité des installations aux règlements et normes qui les gouvernent, auxquels, bien entendu, il y a lieu de se reporter.

2.2 Vérifications périodiques

Outre les vérifications initiales, il y a lieu de s'assurer périodiquement que les installations sont maintenues en bon état, que les modifications ou extensions sont établies conformément aux règlements et normes, que les installations provisoires ne sont pas maintenues de façon permanente ; ces vérifications, outre le fait qu'elles sont souvent réglementaires [D 5 030], permettent de diagnostiquer l'état, la fiabilité, le vieillissement des installations, et de prendre en temps utile les dispositions qui s'imposent.

■ Si, dans les **bâtiments d'habitation**, aucune vérification périodique n'est imposée, il est toutefois recommandé de procéder tous les cinq ans à la mesure de la résistance de la prise de terre, de la continuité des conducteurs de protection et liaisons équipotentielle ; de même, les installations des logements, qui font souvent l'objet de modifications et d'*adaptations* par les utilisateurs, gagneraient à être visitées par un professionnel à intervalles réguliers, notamment dans le locatif à chaque fin de contrat ou dans le cas de mutation ; propriétaires, assureurs et locataires y trouveraient leur avantage.

■ Dans les **établissements soumis à réglementation**, ces vérifications sont prescrites par les textes, y compris, parfois, leur méthodologie.

En l'absence de ces indications, les vérifications doivent, au moins, porter sur :

- la mesure de la résistance d'isolement des circuits ;
- la vérification de l'efficacité des protections contre les contacts indirects ;
- le contrôle des dispositifs de protection, de commande, de réglage ;
- le contrôle des connexions (serrage, échauffement).

3. Entretien

L'entretien effectué systématiquement vise à prévenir l'affaiblissement des qualités des installations électriques, avant qu'il n'en résulte des détériorations du matériel, des accidents de personnes, des arrêts de production ou de service, des pertes bien supérieures aux troubles occasionnels que l'entretien peut créer, mais qu'une bonne organisation peut réduire, voire supprimer.

Cette notion de maintien de qualité est bien rendue par le terme de **maintenance** et étymologiquement contenue dans le vocabulaire entretien qui signifie tenir ensemble, maintenir, conserver.

L'organisation de l'entretien (service permanent ou appel à des entreprises extérieures) résulte de considérations économiques faisant intervenir :

- la qualification et le coût du personnel ;
- le coût et la fréquence des remplacements de matériels ;
- l'optimisation des dépenses en regard du coût des arrêts de production.

D'une façon générale, il y a lieu de considérer les paramètres explicités dans les paragraphes suivants et dont l'influence est primordiale.

3.1 Choix du matériel en vue de faciliter l'entretien

De nombreux facteurs interviennent outre la **qualité**, la **robustesse** et la **fiabilité**.

■ Normalisation

Il faut entendre, par ce terme, tant le matériel répondant aux normes que la réduction du nombre des modèles, types, variantes, aussi bien des ensembles que des composants.

■ Par **exemple**, en matière de lampes à incandescence : on a tout intérêt à définir dans une même installation un seul type de douilles (baïonnettes ou à vis) et à réduire la gamme des puissances, donc des types d'appareils d'éclairage.

■ Adaptation à la fonction

Elle résulte d'une appréciation préalable des conditions d'influences externes et d'utilisation (cf. [D 5 030]). Souvent, il faut, en plus des normes de sécurité, tenir compte de critères d'aptitude à la fonction qui commencent à être introduits dans les normes.

La conformité à une marque telle que, par exemple, NF-Électricité n'est pas toujours un garant de cette adaptation à la fonction.

■ Aptitude à l'entretien

On est souvent atterré, lors de la prise en charge d'une installation, par la négligence avec laquelle les problèmes d'entretien ont été traités *lors de la conception*.

C'est en effet à ce stade que se décident par exemple le schéma de la distribution, le type et la fonction des matériels. Lorsque le schéma est établi, les spécifications s'ensuivent presque automatiquement, et, une fois les appels d'offres lancés, il est trop tard pour en changer. Le critère de coût du premier investissement aveugle les décisions, surtout quand l'exploitant n'est pas connu, ou non associé aux décisions.

À titre d'exemple, un appareil d'éclairage à fermeture rapide (loquets plutôt que vis), disposant de crochets pour placer les tubes fluorescents en attente lors du nettoyage (plutôt que de redescendre de l'échelle pour les déposer) et de suspensions ou d'articulations des grilles ou vasques, peut voir son supplément de coût très rapidement amorti.

3.2 Dispositions à prendre en vue de faciliter l'entretien et l'exploitation

Nombre de dispositions peuvent être prévues, qui doivent répondre aux orientations suivantes.

■ Sécurité

Elle est assurée par le respect des règles de l'art, des normes, des réglementations, mais il n'est pas inutile de respecter les points suivants :

- compartimentage et aisance dans les dispositions ;
- possibilités de mise hors tension de chaque élément séparément pour ne pas être tenté de réaliser une intervention sous tension, faute de pouvoir arrêter un ensemble.

■ Capacité

Il faut que le dimensionnement soit suffisant, du point de vue des caractéristiques électriques, de façon à permettre de desservir la puissance demandée, les surcharges éventuelles (par exemple, celles dues à un report de la demande provenant d'un départ coupé et transféré), les extensions prévisibles.

■ Souplex

C'est la possibilité de faire face à des modifications, tant du schéma de distribution que de l'implantation des appareils consommateurs, par exemple, par utilisation de jeux de barres préfabriquées, ou transfert des charges par double jeu de barres, par bouclages, etc.

■ Accessibilité

Il s'agit de l'accès aux appareils, de la disposition des organes de coupure, des bornes, des bobines, permettant l'appréciation de l'échauffement, de l'usure, de la tenue des éléments d'assemblage ou des commandes électriques et mécaniques, des parties soumises à usure (contacts), à graissage ou à nettoyage.

Il faut, par exemple, éviter de disposer des appareils d'éclairage dans des endroits peu accessibles (au-dessus de machines, à grande hauteur sans accès direct, suspendus sans appui d'échelle). Chacun de ces cas a une solution techniquement possible, mais économiquement disproportionnée.

■ Sûreté de fonctionnement

Indépendamment de la robustesse, la fiabilité des systèmes doit être assurée, tout spécialement lorsqu'ils ont une action de sécurité (éclairage de sécurité ou sources auxiliaires ne fonctionnant qu'en cas de défaillance totale ou partielle de l'installation). Tout équipement doit être fiable.

Si un équipement ne fonctionne que peu souvent, ou exceptionnellement, il y a lieu de s'assurer régulièrement de son bon fonctionnement, de le surveiller avec une attention d'autant plus grande que, contrairement à un matériel d'usage normal dont la défaillance est détectée facilement, il est susceptible de se trouver hors d'action inopinément.

3.3 Façons de procéder

L'entretien peut être fait :

— soit de **façon curative** lorsque l'on attend les pannes ou les défaillances pour remplacer les pièces défectueuses (par exemple, les lampes d'éclairage) ;

— soit de **façon préventive** lorsque, connaissant la durée de vie présumée de chaque matériel (par expérience ou par estimation), on est en mesure de procéder à un changement ou à un entretien systématique programmé, afin d'en réduire les inconvénients ; il s'agit essentiellement :

- de surveillance des matériels (échauffement, isolation, etc.),
- de petit entretien (graissage, réglages, etc.),
- de remplacements (contacts, lampes, etc.).

Indépendamment des opérations de vérifications (visuelles ou périodiques), il y a lieu de prêter attention aux manifestations suivantes.

Échauffement : les isolants perdent rapidement leurs caractéristiques, au-delà de l'échauffement normal ; celui-ci s'apprécie par mesure, contact, odeur éventuelle.

Perforation ou claquage d'isolants : dues à des surtensions, des défauts, des dépôts polluants, à d'autres contraintes, ces manifestations peuvent se détecter par examen visuel ou par mesure de l'isolation.

Vieillissement des isolants : dû aux manifestations précédentes, ainsi qu'à l'exposition à certains rayonnements, à l'absorption d'humidité, à la perte de l'imprégnation (câbles isolés au papier imprégné), etc., il se manifeste par une baisse régulière de l'isolation.

Usure : c'est le cas de toute pièce en mouvement ; l'usure peut être :

- **électrique**, par érosion due aux étincelles (contacts de contacts, disjoncteurs, etc.) ;
- **mécanique** (axes, articulations, pivots, paliers, etc.).

Nota : une liste type des opérations d'entretien, donnée en Annexe (§ 4.4), est à adapter aux matériels électriques dont est constituée une installation.

3.4 Schémas et fiches

Le service d'entretien doit être doté de schémas et plans de l'installation, notamment des documents suivants :

- plans d'implantation des matériels, repérés conventionnellement ;
- plans de passage des canalisations ;
- schémas de principe de la distribution, sur lesquels figurent, convenablement repérés, les dispositifs de protection, de commande, de sectionnement, avec leurs caractéristiques électriques ;
- schéma développé des automatismes, télécommandes, asservissements et signalisations.

Chaque appareil doit avoir :

- une fiche d'état civil portant toutes les caractéristiques, sa provenance (constructeur, type, numéro, etc.) et l'état daté des interventions auxquelles il a donné lieu en regard de leur périodicité prévisionnelle, ainsi que les repères qu'il porte sur les plans et schémas ;
- une étiquette inaltérable reprenant ces repères, fixée sur lui de façon durable, en un endroit visible ; il est recommandé, pour les canalisations, de les repérer à chacune de leurs extrémités et aux changements de direction, sur leurs parcours, lorsqu'une confusion est possible.

3.5 Appareils de mesure

Le service doit être doté des appareils ci-après qui lui seront nécessaires pour effectuer sa mission.

Ampèremètres et voltmètres : ils doivent être du type polymesureur, à protections incorporées, avec pointes de test et accessoires permettant d'effectuer des mesures sans avoir à interrompre le service (transformateurs-pince, prises spéciales à insérer dans les contacts).

Phasemètres : ils sont nécessaires pour vérifier le facteur de puissance à différents niveaux et effectuer les compensations nécessaires pour diminuer les pertes.

Ohmmètres : ils doivent être d'un des types suivants :

- *transistorisé*, sous une tension de 250 V, pour les petits circuits ;
- à *magnéto*, sous une tension de 500 V, pour les circuits importants ;
- de *boucle*, pour mesurer l'impédance de boucle de défaut ;
- de *terre*, pour mesurer la résistance des prises de terre ;
- *spécial*, pour faibles résistances, c'est-à-dire pour les liaisons équipotentielle et la continuité des conducteurs de protection.

Indicateur du sens de rotation des phases : il est employé pour le raccordement des circuits triphasés et des moteurs.

Luxmètre : on l'utilise pour vérifier le vieillissement des sources d'éclairage et la salissure des appareils.

Générateur de courant à basse fréquence et pince accordée : on les emploie pour la localisation des défauts d'isolation dans les circuits à neutre impédant ou isolé.

4. Annexes

Il s'agit de *résumés des principaux points de vérification* qui sont extraits de documents du CONSUEL.

4.1 Points à vérifier dans les installations de bâtiments d'habitation

Les règles doivent satisfaire à la norme NF C 15-100.

■ Protection contre les contacts directs

■ Protection contre les contacts indirects

● Bâtiment

- Liaison équipotentielle principale reliée au conducteur de protection, entre canalisations métalliques d'alimentation, eau, gaz... et les éléments conducteurs du bâtiment.

- Toutes canalisations électriques avec conducteur de protection.

- Tous socles 2P + T

- reliés au conducteur de protection,
- protégés par dispositif différentiel $\leq 30 \text{ mA}$.

- Appareils électriques de classe I reliés au conducteur de protection.

● Salle d'eau

- Liaison équipotentielle reliée au conducteur de protection, entre canalisations métalliques (eau froide, chaude, vidange, chauffage, gaz...), corps des appareils sanitaires métalliques et les autres éléments conducteurs (huissières...).

- Dispositif différentiel $\leq 30 \text{ mA}$.

- Volumes 0, 1, 2, 3 : prescriptions spéciales.

■ Séparation des fonctions

- Foyers lumineux, prises de courant, radiateurs électriques sur circuits distincts.

- 8 points d'utilisation au maximum par circuit.

- 5 radiateurs au maximum par circuit de chauffage électrique.

■ Commande

- Coupe générale.

- Chauffage électrique.

- Groupe de ventilation mécanique contrôlée, chauffe-eau.

■ Protection contre les surintensités

- Protection à l'origine de chaque circuit sur conducteur de phase

- Courant assigné des dispositifs de protection :

pour conducteur..... 1,5 mm ²	pour conducteur..... 4 mm ²
pour conducteur..... 2,5 mm ²	pour conducteur..... 6 mm ²

■ Section minimale des conducteurs

- Circuits foyers lumineux fixes : 1,5 mm²

- Circuits prises 10/16 A : 2,5 mm²

- Circuits monophasés prise 20 A : 4 mm²

- Circuit monophasé prise ou boîte 32 A : 6 mm²

- Autres circuits.

Conducteurs actifs de l'installation de chauffage électrique

- 1,5 mm² pour circuit monophasé inférieur à 2,3 kW
- 2,5 mm² pour circuit monophasé inférieur à 4,6 kW
- 4 mm² pour circuit monophasé inférieur à 5,8 kW
- 6 mm² pour circuit monophasé inférieur à 7,3 kW

Conducteurs de protection

- Section égale à celle des conducteurs actifs
- 4 mm² (sans protection mécanique) pour conducteurs actifs 2,5 mm²
- liaison équipotentielle principale

Conducteurs de terre (protégé : Cu de 16 mm² ; nu : Cu de 25 mm² ; Fe-Al de 50 mm²) entre prise de terre et borne de terre.

■ Conformité du matériel

Appareillage :

- Canalisations – fusibles – disjoncteurs ;
- Prises de courant 10/16 A à obturateurs et 20 A, 30 A ; interrupteurs ;
- Radiateurs électriques.

■ Mise en œuvre

- Tableaux de protection (emplacement, hauteur)
- Repérage des conducteurs et des circuits
- Sectionnement du neutre à l'origine de chaque circuit
- Interrupteurs sur conducteurs de phase
- Modes de pose et choix des canalisations :
 - apparentes – non apparentes
 - continuité de la protection mécanique
- Coefficient de remplissage des conduits
- Accessoires – boîtes – connexions
- Radiateurs électriques connectés sans prises de courant
- Parafoudres.

■ Mesures

- Continuité des conducteurs de protection
- Valeur de la résistance de terre(Ω)
- Courant nominal de déclenchement différentiel(mA)
- Valeur de résistance d'isolement (minimum 0,5 MΩ) :
 - entre conducteurs(MΩ)
 - entre conducteurs et terre(MΩ)

4.2 Points à vérifier dans les installations relevant de la protection des travailleurs

(d'après le décret du 14 novembre 1988)

4.2.1 Installations à basse tension

(y compris les circuits BT du poste)

■ Schéma des liaisons à la terre



— Valeur des résistances des prises de terre :

• du neutre TTS et ITS : R_B (Ω) ; R_{pB} (Ω)

• des masses TTS et ITS, TTN et ITN : R_A (Ω)

— Mise à la terre des masses

— Liaison équipotentielle principale

— Section et continuité des conducteurs de protection.

■ Conditions générales d'installation

- Choix suivant risques : appareillage (degrés IP), canalisations
- Conformité du matériel
- Identification des circuits, des appareils, des conducteurs
- Subdivision des circuits
- Coupure d'urgence
- Séparation omnipolaire
- Isolement des circuits.

- **Installations de sécurité** Éclairage ☐ Autres ☐
 - Nombre de sources.....Groupe ☐ Accumulateurs ☐ Blocs autonomes ☐
 - Éclairage de balisage
 - Éclairage d'ambiance
 - Source centrale : absence de coupure au 1^{er} défaut
 - double circuits – canalisations distinctes
 - dispositions pour locaux à risques d'incendie-explosion
 - mise en service automatique de l'éclairage
 - Blocs autonomes : dispositif centralisé de mise au repos
- **Protection contre contacts directs et indirects par TBTS**
 - Sources de sécurité
 - Conditions de mise en œuvre
- **Protection contre les contacts directs**
 - Mise hors de portée des parties actives : par éloignement, au moyen d'obstacles, par isolation
 - Raccordement des appareils amovibles
 - Canalisations enterrées – tracé – protection mécanique
 - Locaux réservés aux électriciens – accès – consignes – passages
 - Mesures compensatrices applicables aux installations particulières
- **Protection contre les contacts indirects**
 - Neutre relié directement à la terre** – Schéma TT
 - Dispositif de coupure au 1^{er} défaut par différentiel
 - Courant de déclenchement
 - Neutre non relié directement à la terre** – Schéma IT
 - Dispositif de contrôle permanent de l'isolement
 - Limiteur de surtension
 - Coupure automatique au 2^e défaut
 - prises de terre séparées : dispositif différentiel
 - masses interconnectées : { résistance de la continuité protection contre les surintensités
 - Mise au neutre des masses** – Schéma TN
 - Conditions de mise en œuvre
 - Résistance de la continuité – protection surintensités
- **Liaisons équipotentielles supplémentaires**
- **Protection par séparation des circuits**
 - Conditions de mise en œuvre
 - Transformateur de séparation
- **Protection contre les risques de brûlures, incendie, explosion**
 - Qualité des raccordements – échauffement des matériaux
 - Section des canalisations – nature – mode de pose
 - Dispositifs de protection des canalisations électriques contre les surcharges et les courts-circuits ; pouvoir de coupure
 - Protection du neutre
 - Dispositifs de commande – sectionnement – courant nominal
 - Matériel contenant plus de 25 L de diélectrique
- **Locaux à risque d'incendie, explosion**
 - Absence de matériel étranger à l'exploitation du local
 - Absence de pièces nues sous tension
 - Matériel utilisable en atmosphère explosive
 - Batterie d'accumulateurs : installation, ventilation
- **Installations à courant continu**
- **Salle d'eau ☐ ■ Douches collectives ☐**
- **Balnéothérapie ☐ ■ Piscines ☐**
 - Respect des volumes
 - Liaison équipotentielle locale
 - Dispositions particulières

■ **Grandes cuisines**

- Armoires : commandes-protections – arrêt d'urgence
- Prises de courant ($h > 1,10$ m) protection par dispositif différentiel 30 mA
- Degré IP du matériel suivant hauteur

4.2.2 Installations à haute tension

■ **Poste d'abonné (livraison, transformation)**

- Extérieur : sur poteau ☐ – bas de poteau ☐ – encombrement réduit ☐
- En bâtiment : ouvert ☐ – sous enveloppe métallique ☐
- Alimentation HT par réseau : aérien ou mixte ☐ – souterrain ☐
- Nombre de transformateurs Puissance totale (kVA)
HT (kV) I_b -HT (A) BT (V) I_{cc} -BT (kA)
- Protection contre les surtensions par : éclateurs ☐ – parafoudres ☐

Locaux réservés à la production, la conversion, la distribution

Consignes – matériel de sécurité

Conditions d'installation des circuits HT

- Mode de pose et identification des canalisations et appareils
- Séparation apparente, omnipolaire, simultanée
- Consignation – blocage pour travaux – borne de terre
- Coupe d'urgence – accessibilité

Protection contre les contacts directs des circuits HT

- Mise hors de portée des parties actives :
- par obstacles { nature, degré IP
dispositifs de sécurité – consignes de manœuvre
- par isolation – matériel – canalisations
- par éloignement – distances

Protection contre les contacts indirects

- Mise à la terre des masses et éléments conducteurs – équipotentialité
- Section et continuité des conducteurs de protection
- Protection homopolaire (si $\mathcal{L} \geq 100$ m) ou relais indirects
- Schéma des liaisons à la terre

TNR	ITR	$R_{PAB} \dots (\Omega)$
TTN	ITN	$R_{PB} \dots (\Omega)$
TTS	ITS	$R_P \dots (\Omega) ; U_{tP} \dots (kV)$

Protection contre les risques d'incendie et de brûlures

- Protection transformateur : thermique ☐ ampèremétrique ☐
- Échauffement : matériel – connexions – canalisations
- Ventilation des locaux
- Appareils de sectionnement, de coupure, de protection :
 - Nature
 - Courant assigné – pouvoir de coupure
 - Asservissement de manœuvre
- Appareils contenant SF₆ ou > 25 L diélectrique

■ **Distribution privée HT**

- Protection des canalisations contre les courts-circuits
- Protection contre les surtensions atmosphériques

Lignes aériennes

- Mise hors de portée par éloignement

Câbles souterrains

- Type – report du tracé sur plan – mise en œuvre
- Protection mécanique – grillage avertisseur – repérage

4.3 Points à vérifier dans les installations des établissements recevant du public

4.3.1 Dispositions applicables à tous les établissements

■ Dispositions communes à tous les locaux accessibles ou non au public

- Application des normes NF d'installation
- Adaptation aux risques spécifiques de l'établissement
- Circuits distincts pour les locaux où le public n'a pas accès
- Canalisations étrangères à l'établissement
- Canalisations et appareillage dans les locaux à risque d'incendie
- Canalisations : implantations, traversée des parois, gaines
- Installations de sécurité autres que l'éclairage :
 - choix et mode de pose des canalisations – résistance au feu
 - indépendance avec les autres canalisations
 - protection des circuits (contacts indirects – surintensité)

Chauffage de l'établissement

- Chaufferie $P > 70 \text{ kW}$
- Dispositifs de coupure de sécurité – emplacement
- Sous-station $P > 70 \text{ kW}$
- Dispositifs de coupure de sécurité – emplacement
- Installation de chauffage électrique

■ Locaux accessibles au public

- Appareillage et appareils fixes
 - tableaux de commande et de protection inaccessibles au public
 - appareils contenant un diélectrique liquide

Éclairage normal

- Appareils d'éclairage :
 - réaction au feu
 - implantation, fixation
- 2 circuits au moins pour locaux > 50 personnes :
 - implantation
 - protections (surintensité – différentielle)
 - organes de commande inaccessibles au public

■ Locaux non accessibles au public

- Dispositifs d'arrêt d'urgence – emplacements – nombre
- Éclairage de sécurité par blocs autonomes à commande manuelle
- Appareils à diélectrique liquide
- Groupe moteur thermique :
 - ventilation des locaux
 - stockage des combustibles liquides
 - $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ catégorie} \\ 2^{\text{e}} \text{ catégorie} \end{array} \right.$
- Batterie d'accumulateurs :
 - local réservé si tension de décharge \times capacité $> 1\,000 \text{ VAh}$
 - asservissement du chargeur si ventilation mécanique

4.3.2 Éclairage de sécurité

■ Type

- Éclairage de balisage :
 - circulation – locaux > 50 personnes
 - réalisation
- Éclairage d'ambiance :
 - 100 personnes (50 en sous-sol)
 - réalisation

■ Source centrale

- Implantation
- Durée d'autonomie
- Batteries d'accumulateurs
 - protection contre les courts-circuits
 - signalisation de la coupure du chargeur
- Groupe électrogène : jaugeage à distance et signalisation
- Tableau de sécurité – appareillage de protection
- Réalisation des installations (subdivision des circuits – implantation)
- Circuits de sécurité – canalisations – protection
- Foyers lumineux

■ Blocs autonomes

- Fluo : permanent – Fluo : non permanent – Incandescents
- Puissance lumineuse – homologation
- Mise à l'état de repos centralisée
- Implantation et raccordements

4.3.3 Dispositions particulières applicables à chaque établissement

■ Spectacles, conférences, réunions – Type L

- Dispositifs de réglage des lumières (pupitre – organes de puissance) – éclairage réglable de la salle
- Aménagement du bloc salle
- Eclairage d'ambiance
- Aménagement du bloc scène
- Installations cinématographiques – local de projection
- Installations des appareils de projection en salle
- Installations des locaux annexes
- Installation et implantation des appareils de chauffage électrique

■ Magasins, centres commerciaux – Type M

- Installation et implantation des appareils de chauffage électrique
- Éclairage de sécurité
- Protection des appareils domestiques sous tension
- Locaux non accessibles au public
- Puissance des appareils de cuisson – cantine, réfectoires

■ Restaurants, bars – Type N

- Cuisine ouverte sur salle accessible au public.

■ Hôtel – Type O

- Éclairage normal des chambres ou appartements
- Appareils de cuisson $P < 10 \text{ kW}$ (chambres)

■ Salles de danse, salles de jeux – Type P

- Alimentation et commande de l'éclairage d'ambiance

■ Enseignement – Type R

- Écoles maternelles hauteur appareillage $> 1,40 \text{ m}$; prises de courant ; chauffage électrique

■ Halls et salles d'exposition – Type T

- Subdivision des installations – protections – coupures
- Installations fixes
- Installations semi-permanentes
- Installations des stands
- Chauffage électrique

■ Établissements sanitaires – Type U

Salles d'opération et d'anesthésie

- Alimentation : transformateur de séparation – dispositif de contrôle d'isolement (signalisation)

— Liaison équipotentielle entre masses – éléments conducteurs
– grillage métallique au sol

- Résistance du sol
- Installation appareils de radiologie

— Équipements électriques fixes $h \geq 1,6\text{ m}$ ou matériel anti-étincelle

— Éclairage de remplacement

— Absence de canalisations étrangères aux appareils utilisés
— Étanchéité des traversées de paroi ou de sol

Chambres (> 20 lits)

— Éclairage normal

— Éclairage de sécurité

Autres locaux

■ Complexes sportifs couverts – Type X

- Éclairage normal et de sécurité
- Installation des locaux de traitement de l'eau

■ Autres établissements – Types S, V, W

- Dispositions particulières

— Vérification des protections des départs généraux et télé-commandes

— Mesure du niveau d'éclairement au luxmètre pour apprécier les baisses de rendement correspondant à la durée de vie, réduite en fonction de la fréquence des allumages.

■ Groupe électrogène

— Entretien suivant notice constructeur ou contrat spécial d'entretien avec concessionnaire ou représentant

— Vérification des niveaux d'huile, d'eau et de combustible, du dispositif de réchauffage du moteur et de la source de démarrage (tous les 15 jours)

— Essai de démarrage manuel ou automatique et fonctionnement à 50 % de la charge pendant 30 min, tous les 3 mois

■ Batteries d'accumulateurs : entretien suivant notices constructeurs, et, au minimum :

— Vérification du niveau et de la densité de l'électrolyte, correction éventuelle (batteries ouvertes au plomb)

— Nettoyage bornes, couvercles, connexions, supports de bacs, châssis, etc., graissage éventuel

— Opérations complémentaires suivantes :

• *Batteries d'éclairage de sécurité* (mise en décharge pour 1/2 h, mesure de tension en début et fin de décharge, mesure de débit, comparaison avec courbes du constructeur),

• *Batteries de démarrage de groupes électrogènes* (démarrage, mesure de tension avant et après démarrage),

• *Batteries de détection incendie, sonneries, alarmes* (essai, mesure de tension en début d'essai),

• *Distribution d'heure et autres applications à fonctionnement continu* (mesures de tension).

■ Blocs autonomes

— Entretien suivant prescriptions du constructeur

— Essai de fonctionnement par coupure du circuit d'alimentation

— Vérification de l'état de charge des batteries

— Vérification de la télécommande éventuelle

■ Redresseurs et chargeurs

— Contrôle de la charge (lente et rapide), suivant notice du constructeur

■ Circuits de sécurité (éclairage, commandes, etc.)

■ Circuits d'alarme (incendie, ascenseurs, sonneries, intrusion)

■ Incendie (fonctionnement des alarmes, des signalisations lumineuses, des appels pompiers, téléphoniques)

■ Ascenseurs (fonctionnement des alarmes)

■ Circuits suivants, s'ils ne sont pas utilisés fréquemment :

— Sonorisation — Téléphone ou interphone portier
— Recherche des personnes — Distribution de télévision

■ Pendules et distribution de l'heure

— à régulateur central : — remise à l'heure du circuit
— dépoussiérage

— contrôle des connexions, shunts

— à pendule secteur : — remise à l'heure suivant nécessité (pannes secteur, horaires été-hiver)
— réglages avance-retard

■ Prises de terre

— Vérification de la connexion à la prise de terre

— Mesure de la résistance de terre

■ Appareils mobiles et portatifs

— Vérification des câbles souples, des fiches de prises de courant, de la fixation du câble et des connexions à l'appareil, de la continuité du conducteur de protection (appareils de classe I)

4.4 Liste type des opérations d'entretien

Cette liste est annexée au courant d'entretien établi par la FNEE.

Elle est extraite d'un contrat type des installations électriques, mis à la disposition de leurs clients par les installateurs, qui permet de faire assurer les opérations par l'entreprise ayant effectué l'installation (ou toute autre entreprise qualifiée), ce qui est souvent un gain de temps et un allégement des services, en même temps qu'une certitude dans la périodicité des opérations. Il serait souhaitable que la garantie ainsi obtenue se traduise par un allégement des primes d'assurance incendie.

La fréquence des opérations est à déterminer (hebdomadaire, mensuelle, annuelle).

4.4.1 Installations à basse tension

■ Tableaux de distribution (tableau général, tableaux secondaires, divisionnaires)

- Contrôleur d'isolement – fonctionnement
- Nettoyage et dépoussiérage des isolateurs
- Vérification des contacts d'appareil (ravivage éventuel ou changement)
- Essai des signalisations
- Changement des lampes de signalisation
- Examen des fusibles (échauffement)
- Resserrage des connexions (vérification)
- Essai des relais de protection

■ Gaines, colonnes, caniveaux

- Dépoussiérage et nettoyage
- Vérification du bon état et des obturations coupe-feu

■ Circuits principaux et secondaires

- Mesure de l'isolement entre phases et neutre et terre

■ Éclairage

- Nettoyage des vasques diffusantes, globes, réflecteurs, plafonds lumineux, gorges, paralumes, etc.
- Remplacement des lampes incandescentes et des tubes fluorescents :
 - au fur et à mesure de leur détérioration
 - systématiquement à intervalles fixes

4.4.2 Installations à haute tension

■ Installations de puissance

Opérations hors tension pour les postes de livraison et de transformation

- État locaux, étanchéité des cuves
- Vérification des niveaux d'huile ou de diélectricité des transformateurs et des disjoncteurs, de la rigidité diélectrique des isolants, prélèvement des échantillons et envoi en laboratoire
- Nettoyage et dépoussiérage des isolateurs et de l'ensemble de l'appareillage haute tension
- Vérification des organes de commande et manœuvre sous réserve d'accessibilité
- Graissage des commandes mécaniques et électriques et des transmissions
- Essai des signalisations électriques

- Essai des protections (déclencheurs, relais), vérification des coupe-circuit, des connexions
- Vérification de l'état des affiches et du fonctionnement des serrures
- Serrage des connexions des circuits haute tension
- Serrage des connexions de la mise à la terre des masses, du neutre, des éclateurs, etc.
- Vérification du non-amorçage et remplacement éventuel du limiteur de surtension

■ Cas particuliers

- Vérification de la connexion de mise à la terre du transformateur d'allumage des brûleurs à fuel
- Vérification du fonctionnement omnipolaire des interrupteurs en fonction de la tension des lampes à décharge, enseignes, etc.

Installations électriques

Conception. Vérification. Entretien

par **Roland AUBER**

*Ancien Ingénieur en Chef de la Fédération Nationale de l'Équipement Électrique (FNNE)
Secrétaire Général de l'Association Internationale des Entreprises d'Équipement Électrique (AIE)*

et **Claude RÉMOND**

*Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité
Ancien Ingénieur en Chef de l'Union technique de l'Électricité (UTE)*

Bibliographie

Technique générale des installations

Guide de l'ingénierie électrique des réseaux intérieurs d'usines, GIMELEC-EDF-SYNTEC, Technique et Documentation, LAVOISIER (1985).

Avenir du génie électrique, Actes du colloque national. Ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, GIMELEC, janv. 1987.

L'électricité dans l'industrie. Questions et réponses. L'Usine nouvelle (1986).

Le transformateur de puissance. CEM (1982).

Assises interprofessionnelles de l'électricité. Actes du colloque. Lyon, GIMELEC, mai 1988.

L'équipement électrique des bâtiments. C. RÉMOND. Eyrrolles (1986).

Guide NORMELEC. Pratique des règles pour les installations électriques à basse tension. SEPP.

Guide de l'installation électrique. Merlin Gérin. France Impression Conseils (1991).

300 questions pratiques d'électricité dans le bâtiment. Ed. du Moniteur – CEGIBAT (1992).

Comparatif entre les NF C 15-100 de 1977 et 1991. C. RÉMOND – SEPP (1990).

Les installations électriques dans l'industrie et le tertiaire. P. JOURDREN, Masson (1990).

Les Cahiers techniques du J3E-NORMELEC – SEPP :

- n° 1 – La protection différentielle
- n° 2 – La protection par fusibles et disjoncteurs
- n° 3 – Les canalisations

- n° 4 – Méthodes de calcul des installations électriques
- n° 6 – Les installations d'éclairage public
- n° 8 – Les installations électriques à haute tension
- n° 9 – Les postes MT et HT dans l'industrie et le tertiaire
- n° 12 – La coordination de l'isolement
- n° 13 – Protection contre la foudre

Le Mémo : 85 fiches de calcul pour la conception des équipements électriques – J3E-SEPP.

Établissement des prix - Maintenance

GUIGNARD (F.). – La pratique des contrats de maintenance dans les immeubles. Ed. du Moniteur (1982).

DEBOMY (P.). – La maintenance des équipements gaz et électricité. CEGIBAT. Eyrrolles (1981).

BARBIER, BECHU et DUMESNY. – Aide-mémoire de métreur en électricité. Eyrrolles (1966).

Sécurité

FOLLIOT (D.). – Les accidents d'origine électrique. Masson (1982).

CHOQUET (R.) et GILLET (J.C.). – Vademecum de la sécurité électrique. Sté Alpine de publication (1991).

Publication 479 de la CEI. Effets du courant électrique sur le corps humain.

Les Cahiers de notes documentaires de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité).

Les cahiers de l'OPPBTP (Office Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics).

Revues françaises

— **spécialisées en installations électriques :**
Journal de l'Équipement Électrique et Electronique (J3E)

Journal des Électriciens (JE)
L'Artisan Électricien, Électronicien

— **spécialisées en électricité, traitant parfois de sujets relatifs aux installations :**
Bulletin de l'UTE

Revue Générale de l'Électricité (RGE)

Les Cahiers de l'Ingénierie (CINELI)

Industrie – Cahiers Français de l'Électricité (CFE)

— **traitant occasionnellement de sujets relatifs aux installations électriques :**
Maintenance et Entreprise

Les Cahiers Techniques du Bâtiment

Revue Technique des APAVE

Enjeux (courrier de la normalisation)

Électro-Négoce (FGMEE)

EPURE (DER-EDF)

— **spécialisées en éclairage :**

Lux

Revue Internationale de l'Éclairage

— **revues des constructeurs de matériaux électriques :**

Revue Brown Boveri

Cahiers Techniques Merlin Gérin

Revue GEC-Alsthom

Mazda Contact

Mémentos professionnels Promotelec

Locaux d'habitation : installation électrique intérieure.

Exploitations agricoles : installation électrique.

Établissements recevant du public : installation électrique.

Locaux recevant des travailleurs : installation électrique haute et basse tension.

Locaux artisanaux et commerciaux : installation électrique.

Piscines et établissements sportifs : installation électrique.

Équipements frigorifiques thermodynamiques : installation électrique.

Locaux d'habitation. Étude thermique et isolation.

Enseignes lumineuses : installations électriques d'éclairage à haute tension.

Automates programmables.

Installations d'éclairage public.

Immeubles collectifs. Installation électrique des services généraux

Feuilles d'information A à L

A – Appareils électriques dans la salle d'eau

B – Équipement électrique de la salle d'eau

C – Liaison équipotentielle dans la salle d'eau

D – Chaufferies, sous-stations et locaux annexes

E – Canalisations électriques enterrées

F – Moulures, plinthes et goulettes dans les locaux d'habitation

G – Installation triphasée dans les locaux d'habitation

H – Mise à la terre

I – Prise de terre

J – Prise de terre dans les immeubles anciens

K – Liaison équipotentielle principale d'un bâtiment

L – Conduits isolants conformes à une norme internationale

Information PROMOTELEC

- n° 1 – Installation électrique intérieure
- n° 2 – Symboles normalisés
- n° 3 – Alimentation électrique de la maison individuelle
- n° 4 – Éclairage de sécurité dans les établissements recevant des travailleurs

- n° 5 – Éclairage de sécurité dans les établissements recevant du public
- n° 7 – Éclairage de sécurité des immeubles d'habitation
- n° 8 – Alimentation appareils heures creuses et EJP
- n° 9 – Éclairage de sécurité par blocs autonomes.

Normalisation

L'Union technique de l'électricité (UTE) met à la disposition des lecteurs les collections de normes françaises, étrangères et internationales, ainsi que des reproductions de textes réglementaires : les unes et les autres peuvent également être acquises à l'Association française de normalisation (AFNOR). Dans chaque pays, le service national de normalisation peut rendre les mêmes services.

Textes

UTE C 00-105 09.86	La directive Basse Tension du Conseil des Communautés Européennes. Décret d'application de 1975. Décret d'application de 1981.
UTE C 00-106 06.88	La directive Basse Tension du Conseil des Communautés Européennes. Application.
C 00-230 05.86	Arrêté ministériel du 29 mai 1986 : tensions normales de 1 ^{re} catégorie des réseaux de distribution d'énergie électrique.
C 00-300 10.69	Arrêté ministériel du 22 octobre 1969 : Règlement des installations électriques des bâtiments d'habitation.
C 00-301 12.72	Textes officiels relatifs au contrôle et à l'attestation de la conformité des installations électriques intérieures aux règlements et normes de sécurité en vigueur.
C 11-001 04.91	Textes officiels relatifs aux conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique (arrêté du 2.4.91).
NF C 11-201 09.91	Réseaux de distribution publique d'énergie électrique.
C 12-061 10.82	Textes officiels relatifs à la sécurité contre l'incendie dans les immeubles de grande hauteur.
C 12-101 02.92	Textes officiels relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.
C 12-201 04.94	Textes officiels relatifs à la protection contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (extraits concernant les installations électriques).
C 12-330 05.80	Textes officiels relatifs à la protection du personnel dans les mines et carrières qui mettent en œuvre des courants électriques.

Normes

NF C 04-200 12.80	Repérage des conducteurs (CEI 152, 391 et 446).
NF C 04-445 09.91	Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique (NF EN 60445 ; CEI 445).
NF C 13-100 06.83	Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie.
NF C 13-101 12.85	Postes de livraison. Postes semi-enterrés préfabriqués sous enveloppe, alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie.
NF C 13-102 12.85	Postes de livraison. Postes simplifiés préfabriqués sous enveloppe, alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie.
NF C 13-103 12.85	Postes de livraison. Postes sur poteau, alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie.
NF C 13-200 12.89	Installations électriques à haute tension : Règles.
C 13-211 09.85	Installations électriques à haute tension. Installations des chaudières à électrodes immergées ou à jets.

NF C 14-100 02.84	Installations de branchement de première catégorie comprises entre le réseau de distribution et l'origine des installations intérieures : Règles.
NF C 15-100 05.91	Installations électriques à basse tension : Règles.
UTE C 15-103 09.92	–. Guide pratique. Choix des matériels électriques (y compris les canalisations) en fonction des influences externes.
UTE C 15-104 12.91	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Méthode simplifiée pour la détermination des sections de conducteurs et le choix des dispositifs de protection.
UTE C 15-105 06.91	Guide pratique. Détermination des sections des conducteurs et choix des dispositifs de protection.
UTE C 15-106 05.93	Guide pratique. Sections des conducteurs de protection, des conducteurs de terre et des conducteurs de liaison équipotentielle.
UTE C 15-107 05.92	Guide pratique. Détermination des caractéristiques des canalisations préfabriquées et choix des dispositifs de protection.
UTE C 15-131 02.82	Conditions particulières d'installation des appareils d'utilisation alimentés par des circuits appartenant à des installations différentes : Prescriptions provisoires.
NF C 15-140 01.63	Clôtures électriques : Règles d'établissement et d'entretien.
NF C 15-150 12.82	Installations de lampes à décharge à cathode froide alimentées en haute tension à partir d'une installation électrique à basse tension.
UTE C 15-201 09.92	Installations électriques à basse tension. Guide. Installations électriques des grandes cuisines.
NF C 15-211 12.90	Installations électriques à basse tension. Installations dans les locaux à usage médical.
UTE C 15-401 05.93	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Installations des groupes moteurs thermiques-générateurs.
UTE C 15-411 09.86	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Installation des systèmes d'alarme. Sécurité électrique.
UTE C 15-421 12.86	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Installations alimentées à des fréquences de 100 à 400 Hz.
UTE C 15-476 12.91	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Sectionnement, commande, coupure.
UTE C 15-520 03.92	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Canalisations. Modes de pose. Connexions
UTE C 15-531 12.86	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique. Installation de parafoudres.
UTE C 15-559 07.94	Installations électriques à basse tension. Installations d'éclairage en très basse tension.
UTE C 15-720 02.75	Équipement de chauffage électrique des locaux. Équipements de chauffage électrique incorporés à la construction des bâtiments. Règles de sécurité électrique : prescriptions provisoires.
C 15-801 09.85	Produits mobiliers comportant un équipement électrique. Mise en œuvre des règles de sécurité électrique.

NF C 17-100 02.87	Protection contre la foudre. Installations de paratonnerres : règles.	NF C 20-000 12.90	Construction électrique. Classification des conditions d'environnement.
NF C 17-200 03.93	Installations d'éclairage public : règles.	NF C 20.010 10.92	Degrés de protection procurés par les enveloppes.
UTE C 17-205 09.92	Éclairage public. Guide pratique. Détermination des caractéristiques des installations d'éclairage public.	NF C 20-015 en projet	Classification des degrés de protection procurée par les enveloppes contre les impacts mécaniques (code iK).
NF C 17-300 08.88	Conditions d'utilisation des diélectriques liquides. Première partie : risques d'incendie.	NF C 20-030 07.77	Matériel électrique à basse tension. Protection contre les chocs électriques : règles de sécurité.
UTE C 18-510 11.88	Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique (mise à jour 1991).	NF C 20-070 05.93	Codage des dispositifs indicateurs et des organes de commande par couleurs et moyens supplémentaires (NF EN 60073 ; CEI 73).
UTE C 18-530 05.90	Carnet de prescriptions de sécurité électrique destiné au personnel habilité – non électricien (B0, H0), exécutant (B1, H1), chargé d'interventions (BR).	Normes de matériaux électriques d'installation (voir catalogue méthodique de l'UTE).	

Textes officiels

Réglementation de la construction

Arrêté du 22 octobre 1969 (pris en application du décret du 14 juin 1969). Obligation de la conformité aux normes NF C 14-100, NF C 15-100, JO du 30 octobre 1969 (C 00-300).

Contrôle des installations électriques

Décret 72-1120 du 14 décembre 1972 et arrêté du 17 octobre 1973. Contrôle et attestation de conformité des installations électriques intérieures aux règles et normes de sécurité en vigueur (C 00-301).

Protection des travailleurs

Décret n° 65-48 du 8 janvier 1965. Mesures particulières de protection et de salubrité applicables aux établissements dont le personnel exécute des travaux du bâtiment, des travaux publics et tous autres travaux concernant les immeubles. JO Publ. 65-10.

Décret n° 77-1321 du 29 novembre 1977 et du 10 février 1982. Travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure. OPPBTP n° 191.

Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988. Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques (JO Publ. 1078 et C 12-101 UTE).

Décret n° 82-167 du 16 février 1982. Mesures particulières destinées à assurer la sécurité des travailleurs contre les dangers d'origine électrique lors des travaux de construction, d'exploitation et d'entretien des ouvrages de distribution d'énergie électrique. JO du 17 février 1982.

Nota : l'ensemble de ces textes fait l'objet de la publication ED 723 de l'INRS.

Établissements recevant du public

Décret n° 73-1007 du 31 octobre 1973 – Arrêté du 25 juin 1980. Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public. JO Publ. 1477.

Décret n° 76-589 du 15 juillet 1976 modifié le 30 décembre 1983. Protection contre les risques d'incendie et de panique dans les immeubles de grande hauteur (Publ. JO 1536 et C 12-061 UTE).

Réseaux

Arrêté du 2 avril 1991. Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. JO Publ. 1112 (C 11-001 UTE).

Arrêté du 29 mai 1986. Tension normale des réseaux BT portée à 230 volts. (JO du 25 juin 1986 – C 00-230).

Environnement

Loi du 19 juillet 1976. Installations classées pour la protection de l'environnement. JO Publ. 1001.

Décret n° 87-59 du 2 février 1987 : mise sur le marché, utilisation et élimination des polychlorobiphényles et polychlorotérphényles.

Matériaux

Décret n° 78-779 du 17 juillet 1978. Règlement de la construction du matériel électrique utilisable en atmosphère explosive (JO du 25 juillet 1978).

Décret n° 75-848 du 26 août 1975 mod. 30 décembre 1981. Application de la directive basse tension de la CEE. Sécurité des matériels électriques (Publ. UTE C 00-105).

Décret n° 81-1238 du 30 décembre 1981. Sécurité des prises de courant électrique (JO du 10 janvier 1982).