

# Électricité dans le bâtiment

## Mise en œuvre

par **Roland AUBER**

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

et **Roland TALON**

*Ingénieur en chef de la Fédération Française des Installateurs Électriciens (FFIE, ex-FNÉE)*

<b>1. Principes d'installation</b> .....	C 3 751 - 2
1.1 Distribution générale.....	— 2
1.2 Protections .....	— 3
1.3 Autres appareillages.....	— 4
1.4 Régimes du neutre (ou schémas des liaisons à la terre).....	— 4
1.5 Câblage.....	— 5
1.6 Classifications du matériel.....	— 8
1.7 Mises à la terre.....	— 9
<b>2. Classification des bâtiments</b> .....	— 9
2.1 Logements.....	— 9
2.2 Secteur tertiaire .....	— 10
<b>3. Détermination des besoins en énergie</b> .....	— 13
3.1 Logements.....	— 13
3.2 Bureaux .....	— 14
3.3 Autres activités .....	— 14
<b>4. Servitudes</b> .....	— 14
4.1 Dévolution des espaces .....	— 14
4.2 Immeubles de logements .....	— 14
4.3 Immeubles du secteur tertiaire.....	— 15
<b>5. Alimentation et qualité de l'énergie électrique</b> .....	— 16
5.1 Alimentation électrique.....	— 16
5.2 Qualité de l'énergie électrique.....	— 17
<b>6. Marquages. Labels. Avis techniques. Qualifications</b> .....	— 20
6.1 Marquages .....	— 20
6.2 Labels.....	— 21
6.3 Avis techniques.....	— 21
6.4 Qualifications .....	— 21
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. C 3 752

**D**epuis une trentaine d'années, les travaux de normalisation électrotechnique, menés internationalement ont, dans une large mesure, unifié les règles qui régissent l'installation et la fabrication des matériels électriques, évolution que l'Espace Économique Européen a accentuée.

La conception des installations est bâtie sur le double principe de l'adaptation aux besoins et de la protection contre les risques de toute nature, dans la mesure, toutefois, où ceux-ci sont « normalement prévisibles » et peuvent être évalués. Cette notion, d'ailleurs, s'élargit au fur et à mesure de la révélation de dysfonctionnements, d'incidents et d'accidents, qui apportent des éléments de réflexion nouveaux.

Pour certains problèmes, qui peuvent être physiquement et techniquement calculés, des logiciels viennent en aide au concepteur comme au vérificateur dans le cadre de sa mission réglementaire ou contractuelle.

Pour d'autres, c'est l'expérience et le savoir-faire qui sont appelés à pallier ce que le calcul ne permet pas (pas encore ?) de résoudre ; c'est le cas, par exemple, de la protection contre les perturbations électromagnétiques ou les surtensions.

Se pose alors le dilemme de l'adéquation entre les coûts des protections au-delà d'un niveau à définir et celui des dysfonctionnements à éviter.

Enfin ce domaine, largement réglementé, repose aussi sur un ensemble de normes, de labels et de marquages indicatifs dont l'essence n'est pas toujours clairement perceptible.

L'article « **Électricité dans le bâtiment** » fait l'objet de deux fascicules :

C 3 750 Applications

C 3 751 Mise en œuvre

Les sujets ne sont pas indépendants les uns des autres.

Le lecteur devra assez souvent se reporter à l'autre fascicule.

## 1. Principes d'installation

Les règles d'installation sont exposées dans les fascicules D 5 030 à D 5 038 du traité Génie électrique [18] ; sont résumés dans ce paragraphe les éléments essentiellement pratiques.

### 1.1 Distribution générale

#### 1.1.1 Tableaux

Toute installation comporte, selon son importance (en puissance ou en aire géographique), un ou plusieurs tableau(x) de répartition, de protections et de commandes, à partir desquels l'énergie électrique est distribuée. Leur appellation dépend de leur hiérarchie ou de leur fonction :

- tableau principal basse tension (TGBT) ;
- tableau divisionnaire, tableau de répartition et de protection ;
- sous-tableau, tableautin ;
- tableau de sécurité, des pompes, des ascenseurs, etc.

Ils regroupent les divers organes nécessaires : jeux de barres ou borniers de distribution, câblages et fileries internes, coupe-circuits à fusibles, interrupteurs, disjoncteurs, contacteurs, relais, appareils de mesure, de comptage, etc.

Dans certains cas, une sélection interne permet, en cas de besoin (alimentation de remplacement assurée par groupe électrogène par exemple), de délester une partie non essentielle au seul profit de **circuits prioritaires**.

La formalisation des besoins de l'exploitation peut être définie au moyen de l'**indice de service**, dont les critères sont rappelés dans le tableau 1 :

- le premier chiffre détermine les conséquences d'une opération de **condamnation** (mécanique) ou de **consignation** (électrique) sur le tableau électrique ;
- le deuxième chiffre précise l'aptitude du tableau à répondre à un besoin de **maintenance** ;
- le troisième chiffre précise l'aptitude du tableau à répondre à une **évolution** future.

Niveau	1 <sup>er</sup> chiffre Exploitation	2 <sup>e</sup> chiffre Maintenance	3 <sup>e</sup> chiffre Évolution
1	Arrêt complet du tableau	Arrêt complet du tableau	Arrêt complet du tableau
2	Arrêt complet de la seule unité fonctionnelle (1) concernée	Arrêt complet de la seule unité fonctionnelle, concernée, intervention sur les raccordements	Arrêt limité à la seule unité fonctionnelle concernée, réserves prévues en nombre et taille
3	Arrêt de la puissance de l'unité fonctionnelle concernée (essais possibles)	Arrêt de la seule unité fonctionnelle concernée, sans intervention sur les raccordements	Arrêt limité à la seule unité fonctionnelle concernée, évolution libre dans les limites « constructeur »

(1) **Unité fonctionnelle** : ensemble des appareillages liés à un départ : protection, coupure, séparation, contrôle...

#### 1.1.2 Distribution

Les tableaux sont alimentés par des **circuits de distribution** (ou **d'alimentation**), encore appelés **circuits principaux**, et les **circuits d'utilisation** (ou **circuits terminaux** s'ils partent des dernières protections) en sont issus.

Les tableaux sont disposés de façon à répondre soit à des besoins locaux (distribution géographique), soit à des utilisations particulières regroupées (sécurité, service, machine ou ensemble fonctionnel).

La centralisation, dans des tableaux, de la plupart des appareillages, qui, pour des grandeurs limitées mais couvrant une majorité d'applications, sont du type modulaire, c'est-à-dire de dimensions multiples d'un pas (17,5 mm), conduit nécessairement à des câblages importants. Cette distribution, du type en étoile, reste préférable, tant du point de vue fonctionnel qu'économique, car les câblages sont de sections réduites, et l'on évite, dans toute la

mesure du possible, la dispersion des répartiteurs secondaires. Toute autre distribution de puissance, avec multiplication des répartiteurs, présente de nombreux inconvénients sans être nécessairement moins dispendieuse à l'usage.

## 1.2 Protections

Toute installation électrique doit être conçue de façon à assurer la protection des personnes (contre les chocs électriques et les brûlures) et celle des biens (tant l'installation elle-même que son environnement [19] ; on parle alors d'**influences externes**, sous-entendu « externes au matériel lui-même », mais susceptibles de l'influencer (cf. [D 5 030] et [D 5 032] en [18]).

### 1.2.1 Protection des personnes

■ Suivant des caractéristiques variables, la protection des personnes est assurée contre les **contacts directs** (c'est-à-dire ceux avec une partie de matériel normalement sous tension) soit par éloignement (lignes aériennes), soit par obstacles (enveloppes, barrières, etc.), soit par isolation et, dans certains cas restrictifs, par des **dispositifs différentiels à haute sensibilité (DDHS)**.

■ La protection contre les **contacts indirects** (ceux résultant d'un défaut d'isolation d'un matériel électrique dont l'enveloppe est, de ce fait, sous tension) utilise des coupe-circuits à fusibles (dans certains cas seulement), des disjoncteurs, des dispositifs différentiels associés à un appareil de coupure (disjoncteur ou interrupteur).

Certains matériels (figure 1 a) se préservent de ce risque par construction (matériels de classe II à double isolation ou à isolation renforcée, § 1.6.1) ou par installation, par combinaison de divers matériels ou matériaux.

### 1.2.2 Protection des biens

Le principal risque résulte de l'échauffement des conducteurs et de l'appareillage soit par surcharge (puissance supérieure à celle normalement prévue), par court-circuit ou par une connexion défectueuse, dont le desserrage ou l'oxydation sont susceptibles d'entraîner une augmentation de la résistance de contact, d'où échauffement et aggravation progressive du défaut.

#### 1.2.2.1 Protection contre les surcharges

On classe, parmi les surcharges, les surintensités allant du courant admissible dans un circuit à une valeur de l'ordre de 2 à 3 fois celle-ci ; au-delà on assimile leur protection à celle contre les courts-circuits [1.2.2.2].

Cette protection utilise :

- soit des coupe-circuits à fusibles : seuil d'action de l'ordre de 130 % du courant assigné, délai de fonctionnement non négligeable ;
- soit des **disjoncteurs équipés de relais thermiques** : seuil allant de 105 à 115 % du courant assigné, délai de fonctionnement depuis quasi instantané à quelques secondes.

#### 1.2.2.2 Protection contre les courts-circuits

■ La **notion de courant de court-circuit** est importante ; les énergies mises en jeu, comme les efforts mécaniques développés par les effets électrodynamiques peuvent atteindre des valeurs considérables qui dépendent de la configuration du réseau en amont, des transformateurs haute tension – basse tension (HT/BT), du point où le défaut se manifeste.

Les **fusibles** ainsi que les **disjoncteurs à relais électromagnétiques** jouent, en cas de court-circuit, pleinement leur rôle, à condition tou-

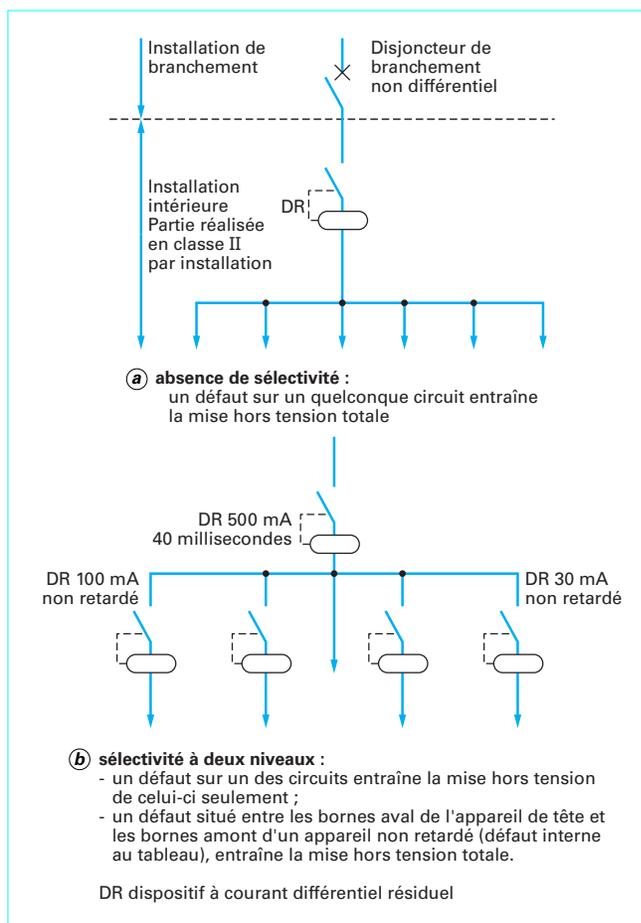


Figure 1 – Exemples de sélectivité (en cas de défaut d'isolement) [1]

tefois que certaines conditions soient respectées (pouvoir de coupure, type de courbe de fonctionnement).

Certains contacteurs peuvent être munis, comme les disjoncteurs, de relais magnétothermiques ; on les appelle alors **discontacteurs**, mais leurs caractéristiques les appellent plutôt à assurer la protection d'usages limités, comme celle des moteurs, et non celle de circuits.

■ Les appareils de coupure et les fusibles ont des tenues aux effets électrodynamiques très variables, caractérisées notamment par leur **pouvoir de coupure** ; il importe donc de les choisir à bon escient.

Dans certains cas, par exemple si un disjoncteur a un pouvoir de coupure insuffisant, il peut être protégé en amont par des fusibles de caractéristiques coordonnées, ceux-ci pouvant avoir, plus économiquement, des tenues élevées aux courts-circuits ; les constructeurs publient des listes de telles associations.

Les interrupteurs différentiels n'ont pas de pouvoir de coupure ; ils ne protègent que contre les contacts indirects et doivent être complétés par des fusibles adaptés à leurs caractéristiques.

Cette notion de **coordination des protections** est devenue capitale ; elle couvre non seulement les problèmes de sélectivité (§ 1.2.3), mais aussi la tenue des matériels aux surtensions d'origines diverses (atmosphérique, de manœuvre...) (§ 5.2.4).

### 1.2.3 Sélectivité

On appelle sélectivité l'échelonnement des caractéristiques de fonctionnement en temps et en courant des dispositifs de protection, de façon à n'obtenir une mise hors tension que de certains appareils placés en aval de certains autres.

La sélectivité peut être totale ou partielle pour des courants de défaut de caractéristiques diverses. La mise hors tension, en cas de défaut, est limitée à une partie des circuits ou seulement à celui qui est affecté.

La sélectivité peut également être à **plusieurs niveaux**, et n'affecter que le circuit siège du défaut, ou un ensemble de circuits. La figure **1 b** donne un exemple.

## 1.3 Autres appareillages

Sans prétendre à l'exhaustivité, les appareils suivants sont fréquemment rencontrés.

■ **Télérupteurs** : ce sont des relais bistables très utilisés en éclairage dès lors qu'il y a deux, ou plus, points de commande ; ils sont alternativement « allumé » et « éteint » à chaque action sur l'un quelconque des boutons-poussoirs de commande.

■ **Minuteries** : mises en action par boutons-poussoirs, elle mettent en service un circuit pendant un temps déterminé ; de puissance limitée, il convient, au-delà de leur courant assigné de les relayer par d'autres appareils (relais, contacteurs).

■ **Horloges** : elles ont des cycles de fonctionnement réglables (horaires, journaliers, mensuels) ; utilisées notamment pour des éclairages extérieurs, elle doivent être périodiquement recalées sur le cycle solaire, manuellement, par signal radio ou être du type *astronomique*.

■ **Relais** : ils ont diverses applications, en particulier lorsqu'ils suppléent à des limitations de divers autres appareils comme par exemple des détecteurs électroniques (de mouvement ou de présence, de niveau d'éclairage, de fumée ou de température, etc.), ou lorsqu'ils assurent des cycles de fonctionnement déterminés.

■ **Comptages** : indépendamment du comptage du distributeur d'énergie, il peut, dans certains cas, être intéressant d'utiliser des sous-compteurs qui permettent de connaître les consommations de tel ou tel service (mais le chiffrage en valeur réelle peut entraîner des difficultés, tant pour l'estimation réelle du prix du kilowattheure qu'en cas de revente, qui reste l'apanage du distributeur).

■ **Mesures** : les appareils d'usage courant sont les voltmètres, les ampèremètres, les phasemètres ; il existe également des compteurs horaires qui peuvent faciliter la programmation des interventions d'entretien (changement systématique des lampes d'un circuit), ou se substituer aux sous-compteurs, s'il n'y a pas de variation notable dans la puissance en question.

## 1.4 Régimes du neutre (ou schémas des liaisons à la terre)

Il s'agit de la façon dont le point neutre du ou des transformateur(s) est relié à la terre (cf. [D 5 032] en [18]). Les grandeurs électriques des courants qui, en cas de défaut, en résultent, entraînent des prescriptions différentes dans le choix et le calcul des mesures de protection (en particulier contre les contacts indirects) ; ils présentent, par ailleurs, certains avantages et inconvénients, très succinctement résumés dans ce paragraphe.

Le tableau **2** donne les principales caractéristiques des divers schémas et le tableau **3** leurs possibilités courantes d'utilisation.

**Tableau 2 – Caractéristiques des divers schémas de liaisons à la terre [12]**

Caractéristiques	Schéma			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Alimentation directe par le réseau de distribution à basse tension	Possible (1)	Possible (1)	Oui	Non
Alimentation par transformateur ou poste de transformation HT/BT	Oui	Oui	Oui	Oui
Coupage au premier défaut	Oui	Oui	Oui	Non
Coupage par dispositifs de protection contre les surintensités	Oui	Oui	Non (2)	Oui
Nécessité de dispositifs de protection à courant différentiel résiduel	Interdit	Non (3)	Oui	Non (4)
Section du conducteur neutre	$\geq 10 \text{ mm}^2$ (PEN)	quelconque	quelconque	quelconque
Protection du conducteur neutre	Interdit	Non (5)	Non (5)	Oui, si distribué
Nécessité d'un service d'entretien permanent	Non	Non	Non	Oui
Niveau d'isolement des matériels électriques	$U_0$	$U_0$	$U_0$	$U_0\sqrt{3}$
Nécessité de la surveillance de l'isolement	Non	Non	Non	Oui

(1) Avec l'accord du distributeur.  
 (2) Possible pour certaines installations particulières (par exemple l'éclairage public).  
 (3) Nécessaire pour des circuits de grandes longueurs et pour les circuits de prises de courant.  
 (4) Pour des circuits de grandes longueurs et pour les circuits de prises de courant, à raison d'un par circuit. Nécessaire également à l'origine de chaque groupe de masses non interconnectées.  
 (5) Sauf si section inférieure à celle des conducteurs de phase.

### ■ Régime TT

C'est le cas du réseau public français de distribution à basse tension.

Le **point neutre** des transformateurs est mis directement à la terre, les **masses** de l'installation étant, de leur côté, mises à la terre par une prise distincte de la précédente.

Le **courant de défaut** à la terre est limité par la mise en série des impédances des prises de terre, ce qui entraîne en général l'utilisation de protections à courant différentiel résiduel.

### ■ Régime TN

Il nécessite un poste de transformation privé ou, en son absence, un accord du service de distribution.

Dans ce schéma TN, les **points neutres** et les **masses** de l'installation (ainsi que ses prises de terre) sont reliés par un ou des conducteur(s) ; on distingue :

- le schéma TN-S, où les conducteurs de neutre (N) et de protection (PE) sont distincts, les masses étant reliées au neutre par le conducteur de protection ;
- le schéma TN-C, où les conducteurs de neutre et de protection sont combinés en un seul (PEN).

**Tableau 3 – Choix du schéma des liaisons à la terre en fonction des utilisations [12]**

Utilisations	Schéma			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Bâtiments d'habitation : – locaux privatifs – services généraux	Non Oui (1)	Non Oui (1)	Oui Oui	Non Non
Bâtiments administratifs (bureaux, banques, services publics)	Oui (1)	Oui (1)	Oui	Déconseillé (5)
Bâtiments publics (commerces, spectacles, hôtels, restaurants...)	Oui (1)	Oui (1)	Oui	(2)
Établissements sanitaires	Interdit	Oui	Oui	(3)
Bâtiments agricoles	Oui (1)	Oui (1)	Oui	Non (5)
Établissements industriels	Oui (1)	Oui (1)	Oui	(4)
Éclairage public	Oui	Oui	Oui	Incompatible (5)
Locaux à risque d'incendie	Interdit	Oui	Oui	Oui
Locaux à risques d'explosion	Interdit	Oui	Déconseillé	Incompatible
Installations de sécurité	Interdit	Interdit	Interdit	Exigé
Salles informatiques	Incompatible (6)	Oui	Déconseillé (6)	Incompatible (6)
Équipements à forts courants de fuite (fours, chaudières...)	Oui	Oui	Incompatible (6)	Incompatible (6)
Grandes cuisines	Oui	Oui	Incompatible (6)	Incompatible (6)
Machines-outils	Oui	Oui	Oui	Déconseillé

(1) Schéma recommandé si la puissance de l'installation est supérieure à 250 kVA (36 kVA dans certaines conditions) : schéma TN-C dans les circuits principaux et divisionnaires et schéma TN-S dans les circuits terminaux.  
(2) Pour les installations de sécurité.  
(3) Schéma IT médical pour les salles d'opération, suivant NF C 15-211.  
(4) Seulement pour des applications nécessitant une alimentation sans coupure.  
(5) En raison notamment des difficultés d'exploitation et de l'absence de service permanent d'entretien.  
(6) En raison notamment des courants de fuite.

Le **courant de défaut** à la terre est pratiquement un courant de court-circuit, ce qui permet l'emploi de fusibles ou de disjoncteurs comme protections.

#### ■ Régime IT

Il ne peut être utilisé que dans le cas d'un poste de transformation privé.

Un point du réseau (généralement le **point neutre** du transformateur) est relié à la terre à travers une impédance, qui limite le courant de premier défaut à la terre et permet la poursuite de l'exploitation sans coupure de l'alimentation.

Ce schéma nécessite l'usage d'un dispositif de surveillance de l'isolation, avertissant de cet incident un service susceptible d'y remédier rapidement (faute de quoi un second défaut entraîne la coupure et fait perdre le bénéfice de cette disposition).

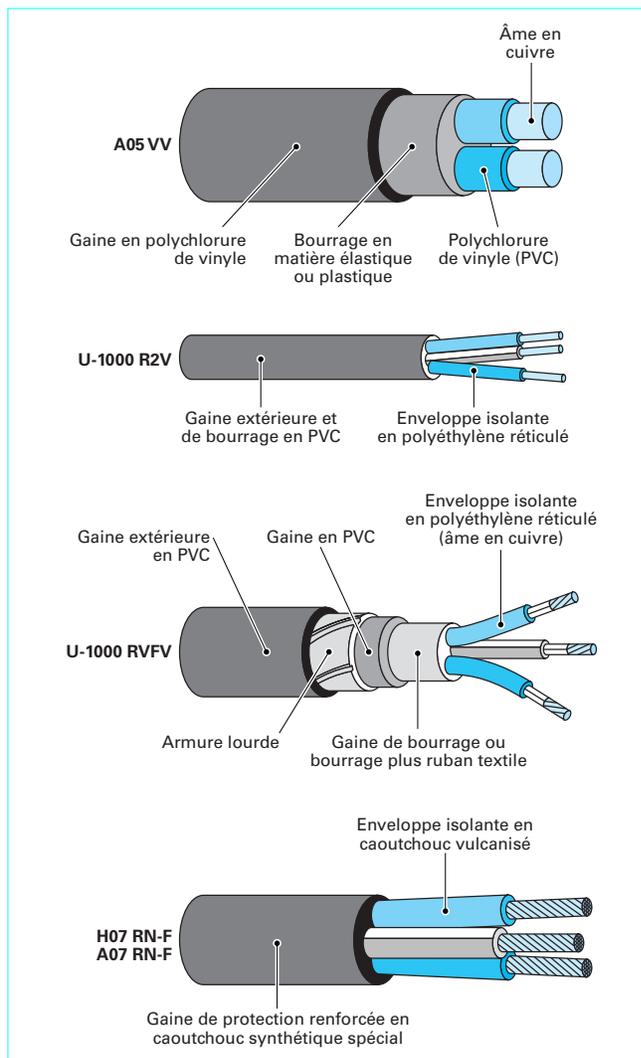


Figure 2 – Câbles usuels [2]

## 1.5 Câblage

Les canalisations électriques sont constituées soit de conducteurs « simples » (fils), soit d'ensembles multiconducteurs (câbles), les premiers étant posés sous une protection mécanique comme des conduits (tubes) ou des profilés (moulures, goulottes), les seconds pouvant, selon leur composition et leurs conditions d'environnement, être posés tels quels, ou nécessiter une protection complémentaire.

### 1.5.1 Fils et câbles

■ Ils sont désignés par des appellations codifiées (cf. [D 5 034] en [13]), basées sur leur composition. Les plus **usuels** en installation intérieure sont :

- pour les **fils**, la série H 07 V (isolation simple en PVC),
- pour les **câbles**, les séries A 05 VV, U-1000 R2V, U-1000 RVFV, H 07 RN-F et A 07 RN-F ; la figure 2 en illustre la composition.

■ En dehors de ces séries courantes, des **câbles particuliers** répondent à des besoins spécifiques :

- câbles à armure métallique pouvant être directement enterrés ;
- câbles résistant au feu ;
- câbles blindés à isolement minéral résistant au feu et pouvant être encastrés dans la maçonnerie (par exemple en suivant les joints entre pierres de taille) ;
- etc.

Une mention particulière doit être faite pour les **câbles sans halogène** ; en cas d'incendie, ils n'émettent pas de fumées corrosives qui gênent, par l'émission de gaz toxiques et opaques, l'intervention des secours ; avec le développement de matériels sensibles (électronique, informatique), ils se révèlent comme un investissement sûr.

## 1.5.2 Conduits et profilés

### 1.5.2.1 Conduits

■ Les profilés de section circulaire accessibles seulement par leurs extrémités sont dénommés **conduits** ; ils font l'objet de désignations symbolisées, sont rigides ou flexibles, lisses ou ondulés, de composition métallique, isolante ou composite.

Les plus **usuels** font l'objet du tableau 4.

Les lettres, pour la nouvelle désignation, ont la signification suivante :

I = isolant	R = rigide	A = annelé
M = métallique	C = cintrable	L = Lisse
C = composite	T = transversalement élastique	
	S = souple	

Les lettres B, D, O de l'ancienne désignation signifiant respectivement blindé, déformable, ordinaire.

Les chiffres indiquent la résistance à la compression, la résistance aux chocs, la température minimale d'utilisation et la température maximale d'utilisation. Pour l'ancienne désignation, la chiffre indique la tenue aux chocs mécaniques.

● Les conditions d'emploi pour les **conduits en montage apparent** sont soumises, selon leurs diverses caractéristiques, à des influences prenant en compte les risques mécaniques (chocs) et de tenue au feu (propagation). Elles sont résumées dans le tableau 5 (cf. [D 5 030] en [18]). Les influences sont données dans le tableau 6.

**Tableau 4 – Conduits usuels [3]**

	Conduits	Ancienne désignation	Nouvelle désignation
	Tube métallique rigide blindé	MRB - 9	MRL 5557
	Tuyau métallique flexible souple blindé	MSB - 7	CSA 4421
	Conduit isolant flexible cintrable et déformable	ICD - 6	ICTL 3421
	Conduit isolant flexible cintrable et déformable	ICT - 6	ICTA 3422
	Tube isolant rigide ordinaire	IRO - 5	IRL 3321
	Tube isolant flexible cintrable ordinaire	ICO - 5	ICA 3321

**Tableau 5 – Conditions de pose des conduits en montage apparent [3]**

Conduits (1)	Montage apparent (2)
IRL 3321 ICA 3321	Admis en AG 1, AG 2 et BE 2
ICTL 3421 ICTA 3422 gris (3)	Admis en AG 1, AG 2 et BE 2
ICTL 3421 ICTA 3422 orange (3)	Interdits
CSA 4421	Admis en AG 1, AG 2, AG 3 et BE 2
MRL 5557	Admis en AG 1, AG 2, AG 3, AG 4 et BE 2

(1) nouvelle désignation (cf. tableau 4).  
(2) conditions du tableau 6.

(3) gris : non-propagateur de la flamme.  
orange : propagateur de la flamme.

**Tableau 6 – Influences externes (au sens de la NF C 15-100)**

Conditions d'environnement	Contraintes mécaniques		
	Classification	Énergie de choc	Indice IK (1)
AG 1	choc faible	0,225 J	02
AG 2	choc moyen	2 J	07
AG 3	choc fort	4 J	08
AG 4	choc très fort	20 J	10
BE 2	Risques d'incendie		

(1) Code IK : protection contre les chocs mécaniques (cf. § 1.6.2).

● Lorsque les **conduits** ne sont pas apparents (**encastrés ou placés dans des vides de la construction**), d'autres conditions s'appliquent, résultant plus particulièrement du mode éventuel d'exécution de leur logement (stabilité et tenue du gros œuvre), de l'accessibilité (vides), de leur recouvrement par des matériaux thermiquement isolants (échauffement). Les cas les plus usuels sont résumés dans le tableau 7.

■ Généralement, dans les ensembles répétitifs (logements, classes...), on a généralisé l'emploi de câblages **préfabriqués (pieuvres)**, à base de conduits flexibles contenant les conducteurs ; ces pieuvres sont noyées dans les coffrages et les banches sur lesquels sont fixées, par différents moyens (aimants, plots), les boîtes de cloisons ou de centres (situées en plafond) où arrivent les conduits, avec des réserves de fils permettant les reprises de circuits.

**Tableau 7 – Conditions de pose des conduits en montage encastré [4]**

Nature des matériaux	Épaisseur de la paroi finie (mm)	Pose avant ou pendant la réalisation de la cloison (ICD-ICT) (7)	Pose dans une réservation préparée à la construction de la cloison (tout conduit)	Pose dans une saignée faite après construction de la cloison (tout conduit)
<b>Murs porteurs</b>				
Pierre de taille, moellons divers	quelconque	(1)	(1)	Oui
Béton armé, béton banché	quelconque	Oui	Oui	(1)
<b>Cloisons non porteuses</b>				
Briques creuses à 2 ou 3 alvéoles	$110 < e \leq 140$	Non	Non	Oui
Briques creuses 2 alvéoles	$65 < e \leq 100$	Non	Non	Oui (2)
Briques creuses 1 alvéole	quelconque	Non	Non	Oui (2)
Blocs creux en béton	$70 < e \leq 150$	Non	Non	Oui (3)
Blocs pleins en béton	$e \leq 100$	Non	Non	Oui (2)
Carreaux pleins de plâtre à parements lisses	quelconque	Non	Non	Oui (2)
Carreaux alvéolés de plâtre à parements lisses	quelconque	Non	Non	Oui (2)
<b>Cloisons composites</b>				
Comportant un vide de construction	quelconque	Oui (4)	Oui (4)	
<b>Planchers</b>				
Dalles pleines en béton	quelconque	Oui	(1)	Non
Béton nervuré	quelconque	Oui	(1)	Non
Béton nervuré avec hourdis	quelconque	Oui (4)	(1)	Non
Planchers préfabriqués	quelconque	Oui (5)	Oui	Non
Planchers chauffants	quelconque	Oui	(1)	Non
Chapes	quelconque	Oui (6)	Non	Oui
<b>Conduits de fumée et gaines de ventilation</b>	quelconque	Non	Non	Non

(1) Pose autorisée, mais difficilement réalisable en pratique, ou irréaliste.

(2) Des règles particulières s'appliquent aux cloisons non porteuses d'épaisseur finie inférieure ou égale à 100 mm.

(3) En parcours vertical seulement, et interdit au droit des huisseries.

(4) Dans les vides de construction.

(5) Conduits IRO et ICO (tableau 4) admis.

(6) Interdit dans les chapes flottantes.

(7) Cf. tableau 4.

Les éléments chauffants sont également préfabriqués, sous forme d'**épingles** fixées sur des treillis déroulés et noyés dans les dalles ou des chapes épaisses, ce qui entraîne quelques sujétions, tant en cours de coulée (surveillance électrique continue) que par la suite, en cas de percements ou de fixations qui, sans précautions, occasionnent des dégradations assez délicates à localiser et à réparer.

■ Il faut noter que les **jonctions froides** qui assurent la connexion entre les câbles chauffants et leurs alimentations sont, sauf exceptions motivées, placées dans les parties communes, plus facilement accessibles.

Un autre problème préoccupant est celui de la multiplicité des conduits et câbles au voisinage des gaines verticales où ils aboutissent ; cela occasionne de véritables nappes cisailant la dalle dans son épaisseur, et peut amener à reconsidérer cette technique.

### 1.5.2.2 Profilés

Les profilés se distinguent des conduits en ce que les conducteurs sont accessibles sur toute la longueur, après enlèvement d'un couvercle. Selon leur emplacement (qui détermine leurs profils) et suivant leurs dimensions, on distingue :

- les moulures, de petites dimensions, inférieures à environ 8 cm ;
- les plinthes, de 8 à 20 cm ;
- les chambranles, de 4 à 5 cm ;
- les goulottes, pouvant atteindre 25 cm.

Tous ces profilés existent en polychlorure de vinyle (PVC) ; certains sont métalliques (aluminium), notamment pour les usages en secteur tertiaire ; des accessoires sont adaptés aux changements de directions, et des adaptateurs permettent d'y adjoindre ou d'y incorporer de l'appareillage (commandes, prises de courant, protections etc.).

Des séparations internes, parfois ajustables à la demande, peuvent séparer les circuits en fonction des règles qui les gouvernent.

Un cas différent des profilés est celui des **chemins de câbles** ; ils servent essentiellement de supports à des câbles, en général dans les espaces de servitude, en faux-plafonds accessibles, parfois en faux-planchers. Ils sont généralement métalliques (parfois en PVC ou en composite) et peuvent être munis de couvercles ; on préfère cependant les modèles ouverts, dont la structure ou les perforations, facilitant la ventilation, permettent des économies sur les sections de câbles.

### 1.5.2.3 Cheminements

On peut distinguer les cheminements horizontaux et les verticaux. Des illustrations sont données dans le paragraphe 4.2.

Sur un plan horizontal, les faux-plafonds des circulations sont prioritairement utilisés, mais des problèmes de place et de coexistence avec d'autres utilisations sont parfois ardues à résoudre (gainés de ventilation, fluides, chauffage, etc.), compte tenu de la nécessité impérieuse de prévoir des réserves pour des extensions et modifications futures ; dans certains locaux (par exemple, informatique), des faux-planchers sont un impératif. Se pose alors le problème de la liaison plancher-plafond, qui peut être résolu par des goulottes ou, pour les bureaux, par des potelets supportant également, pour chaque poste de travail, de l'appareillage.

Une **attention particulière** doit être apportée aux conditions limitant l'extension des sinistres, le feu en particulier ; si des cloisons résistant au feu sont percées pour le passage des canalisations électriques (en parcours vertical comme en horizontal), elles doivent faire l'objet d'obturations adéquates, généralement en plâtre, armé ou non. Les chemins de câbles, dans les locaux à risques particuliers, sont gainés de matériaux ayant la tenue au feu prescrite.

Il existe également des matériaux intumescents, ayant la propriété de gonfler sous l'action de la chaleur, mais leur action est plus retardatrice que résistante.

En tout état de cause, toute intervention sur ces obturations (pour entretien, passage ou remplacement de canalisation) doit, **impérativement et sans délai**, reconstituer l'état initial.

Une autre catégorie d'impératifs se rencontre : le nécessaire éloignement de certaines familles de canalisations, pour éviter les interactions électromagnétiques (cf. § 5.2.2).

Les canalisations de communication (téléphonie, contrôle-commande, informatique, vidéo, télédistribution...) doivent cheminer à une distance de 1 m des machineries d'ascenseurs et de tout équipement industriel ou médical perturbateur, de 0,5 m des sources d'éclairage fluorescent et, dans la mesure du possible, croiser les autres canalisations sous un angle de 90°, en respectant les rayons de courbure des câbles (UTE C 15-900).

## 1.6 Classifications du matériel

Les matériels électriques (à part quelques exceptions comme les fils et câbles, pour lesquels on procède parfois par assimilation), sont classés en différentes catégories selon, notamment, leurs conditions de protection contre les contacts indirects et leur tenue vis-à-vis de certaines influences externes ; il en existe d'autres (dont il ne sera pas question dans cet article) telles, par exemple, celles concernant la tenue aux surtensions ou aux risques d'explosion.

### 1.6.1 Classes de protection contre les contacts indirects

■ **Classe I** : ce sont les matériels dont toutes les parties conductrices accessibles sont reliées à une borne de terre, celle-ci devant être raccordée à un conducteur de protection mis à la terre.

■ **Classe II** : ces matériels, à double isolation ou à isolation renforcée, ne nécessitent pas leur mise à la terre ; ils sont repérés par le symbole du double carré.

■ **Classe III** : ces matériels sont conçus pour fonctionner sous une très basse tension dont la source doit être « de sécurité » (transformateur de sécurité, piles).

Le tableau 8 reproduit les marquages du matériel sur la plaque signalétique.

Classe	Indication sur la plaque signalétique
I	Mise à la terre 
II	
III	Valeur de la tension nominale

### 1.6.2 Influences externes

Parmi les très nombreuses influences externes codifiées, il en est trois prioritaires :

- le degré de protection contre la pénétration de corps étrangers ;
- le degré de protection contre la pénétration des liquides ; ces deux degrés sont répertoriés par les indices IP, dont les chiffres vont de 0 (absence de protection) à 7 (le plus haut degré) ; les matériels sont souvent marqués ainsi ;

– le troisième degré est celui de la protection contre les chocs mécaniques, le code IK va ainsi jusqu'à 10 (cf. tableau 6).

Les matériels sont choisis en fonction des risques présents dans chaque local ou emplacement (guide UTE 15-103).

## 1.7 Mises à la terre

### 1.7.1 Principes

Dans une installation électrique comportant à la fois des canalisations et des dispositifs de protection pour distribuer l'énergie électrique et des systèmes de télécommunications, les « mises à la terre » jouent un double rôle :

- assurer la protection des personnes contre les chocs électriques ;
- assurer un certain niveau d'immunité aux perturbations.

Une distinction importante est à connaître entre la **définition des masses** et celle des **éléments conducteurs** :

- les masses sont les parties conductrices (métalliques) accessibles des matériels électriques ;
- les éléments conducteurs sont tout élément métallique n'appartenant pas à un matériel électrique (charpente, huisserie, etc.).

Pour les systèmes de télécommunications, l'**équipotentialité des masses** (celle-ci étant reliées entre elles, et cela en plus de la connexion au conducteur de protection faisant partie de la canalisation électrique d'alimentation) est une condition de bon fonctionnement de tous les équipements électroniques. Elle améliore l'immunité contre les perturbations électromagnétiques. Le maillage des masses permet de se rapprocher du concept de la cage de Faraday, en divisant les courants à haute fréquence. Il garantit également la protection contre les perturbations industrielles.

Les **règles de câblage** à utiliser (guide UTE C 15-900) pour se protéger des perturbations à haute fréquence sont celles de la CEM (compatibilité électromagnétique) :

- éviter les boucles de masses ;
- utiliser les effets réducteurs en plaquant les câbles contre les masses ;
- relier les blindages des câbles de télécommunication aux masses aux deux extrémités ;
- séparer, dans leur cheminement, par catégories, les câbles de puissance, les câbles de relaiage et les câbles de transmission.

Chaque bâtiment doit être muni d'une **prise de terre** à laquelle doivent être reliés notamment les **liaisons équipotentielles**, les **conducteurs principaux de protection**, les conducteurs de descente des paratonnerres, etc.

### 1.7.2 Prises de terre

Ce sont essentiellement :

- des **boucles à fond de fouille**, ceinturant les bâtiments, constituées de conducteurs en cuivre nu de 25 mm<sup>2</sup> de section minimale, noyés dans le béton de propreté, ou reliant les poteaux des bâtiments à ossature métallique ;
- des **piquets de terre** en acier galvanisé de 25 mm de diamètre minimal, foncés dans le sol à une profondeur assurant la valeur requise, ou d'ensembles de piquets reliés entre eux, suffisamment espacés pour éviter une influence réciproque marquante ; chaque piquet est garni d'un regard de visite permettant de vérifier sa liaison au conducteur de terre.

Les conducteurs de terre remontent sur une **borne principale de terre**, après passage par un dispositif de connexion permettant les mesures de la résistance de terre.

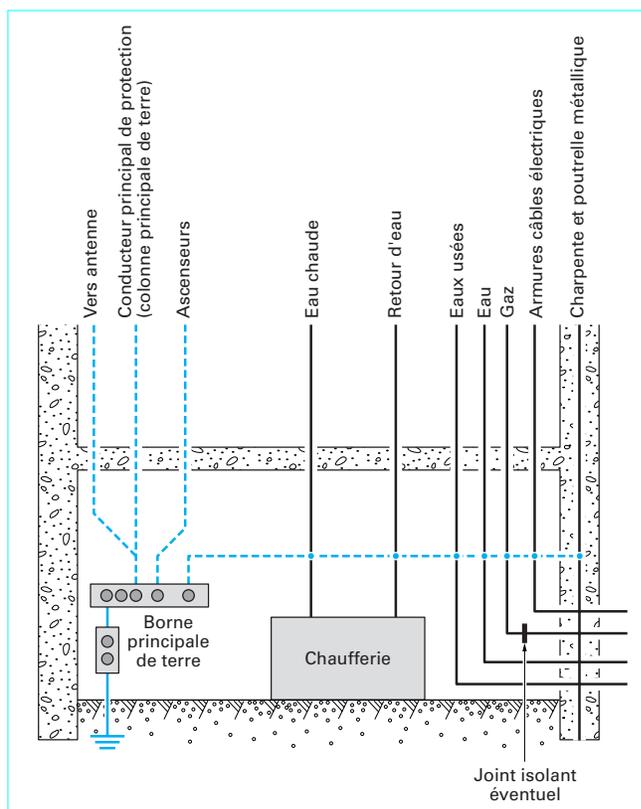


Figure 3 – Liaison équipotentielle principale d'un bâtiment collectif [3]

### 1.7.3 Liaisons équipotentielles

À la borne principale de terre sont reliées toutes les structures métalliques entrant ou sortant du bâtiment : canalisations d'eau, de gaz, armures de câbles..., ainsi que les canalisations métalliques de chauffage central et de distribution d'eau, les éléments métalliques accessibles de la construction etc. (figure 3).

C'est également à ce niveau qu'est raccordé le réseau équipotentiel des matériels sensibles (terre « sans bruit »).

## 2. Classification des bâtiments

Suivant les destinations des bâtiments (et dans ceux-ci certains locaux), les usages, les règles et les réglementations particulières présentent certains aspects spécifiques dont seuls les points essentiels seront rappelés ci-après.

### 2.1 Logements

On a déjà évoqué dans l'introduction du fascicule [C 3 750], la question des possibilités d'évolution de l'équipement en courants forts et faibles ; il faut garder à l'esprit le fait que, sauf situations évidentes telles que cuisines, salles d'eau (et encore...), baies vitrées, etc., l'emplacement des points fixes d'utilisation (prises de courant,

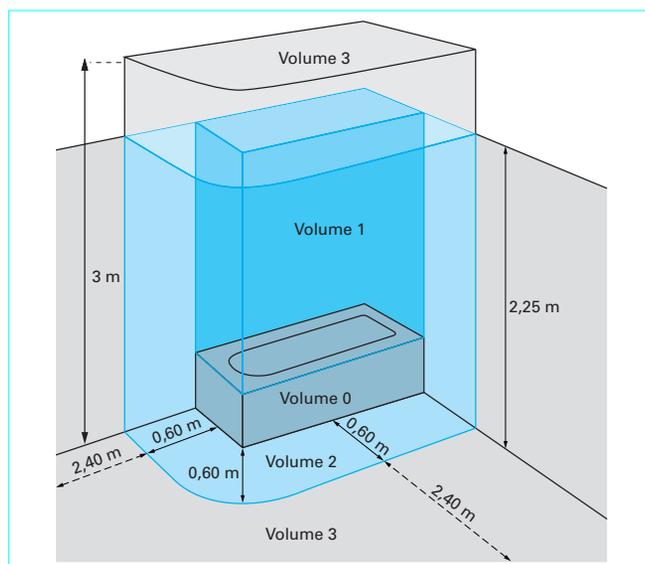


Figure 4 – Volumes de la salle d'eau [4]

éclairage) est souvent fixé suivant une logique qui n'est pas nécessairement celle de l'utilisateur (bien qu'il soit difficile de la formaliser) ; c'est pourquoi des dispositions constructives doivent y parer, par l'usage d'installations apparentes sous profilés.

Il est de tradition que l'**éclairage** d'une pièce se fasse à partir d'un point central en plafond, mais c'est une solution de facilité qui, selon la disposition de l'ameublement, peut s'avérer gênante.

La **salle d'eau** (ou de douche), qui présente un risque électrique notable, est divisée en **volumes** (figure 4), dans chacun desquels de strictes prescriptions sont à observer, dont quelques-unes sont résumées dans le tableau 9.

## 2.2 Secteur tertiaire

### 2.2.1 Généralités

On distinguera, ci-après :

- certains éléments communs à l'ensemble du secteur tertiaire ;
- ceux qui sont particuliers à une activité spécifique.

Les **éléments communs** sont repris ci-après, les autres le seront dans les articles particuliers à une activité donnée.

On peut citer :

- les locaux **accessibles au public** ; ils sont traités séparément de ceux qui ne le sont pas (circuits, éclairage, sécurité...) ;
- les locaux de **service électrique** sont ceux exclusivement affectés aux groupes électrogènes, aux postes de transformation et cellules haute tension, aux appareils électriques contenant des diélectriques liquides susceptibles d'émettre des vapeurs inflammables ou toxiques, aux batteries d'accumulateurs au-dessus d'un seuil déterminé ; ils sont traités comme des « **locaux à risques importants** » ;
- les locaux **présentant des risques d'incendie**, comme les chaufferies de puissance utile supérieure à 70 kW, les stockages de combustibles, les locaux de service électrique, de réceptacles de vide-ordures, de stockage d'emballages et déchets, les grandes cuisines, offices, magasins de réserves, resserres, lingerie, blanchisseries et certains locaux jugés à haut potentiel calorifique par la *Commission de Sécurité* compétente.

Tableau 9 – Matériels électriques dans la salle d'eau [4]

Matériel	Mesures de protection (cf. § 1.6.1) (3)	Dans les volumes (cf. figure 4)			
		0	1	2	3
Machine à laver, à sécher ..... (1)	Classe I + DDHS				
Appareils de chauffage (2)	Classe I + DDHS				
	Classe II + DDHS				
Éclairage	Classe I + DDHS				
	Classe II + DDHS				
	TBTS 12 V	(5)	(5)		
	Transformateur de séparation (4)				
Chauffe-eau instantané	Classe I + DDHS		(6)		
Chauffe-eau à accumulation	Classe I (DDHS recommandé)				
Interrupteur	DDHS				
	TBTS 12 V				
Prise 2P + T (2 phases + terre)	DDHS				
Prise rasoir (20 à 50 VA)	Transformateur de séparation				
Transformateur de séparation	DDHS				
Canalisations			(7)	(7)	
Boîte de connexion					

Interdit  autorisé

- (1) Il convient d'installer les socles de prise de courant spécialisée destinée à la machine à laver le linge à proximité des arrivées et évacuations d'eau nécessaires à ces appareils. L'emplacement des raccords hydrauliques ne doit pas conduire à installer une machine à moins de 0,60 m du bord d'une baignoire ou d'un receveur de douche.
- (2) Dans les volumes 2 et 3, les boîtes de raccordement des appareils de chauffage doivent être situées derrière ceux-ci.
- (3) DDHS disjoncteur différentiel à haute sensibilité < 30 mA .
- (4) Un seul appareil d'éclairage par transformateur ; dans le cas d'alimentation de deux appliques on peut également utiliser un seul transformateur à condition de relier les masses des deux luminaires entre elles.
- (5) Le transformateur TBTS (très basse tension de sécurité) doit être placé en dehors des volumes 1 et 2.
- (6) Si raccordé au réseau d'eau froide par une canalisation métallique fixe.
- (7) Limitées à l'alimentation des appareils autorisés dans ces volumes.

Tous ces locaux répondent à des prescriptions particulières, tant de point de vue de leur structure que de leur installation électrique.

### 2.2.2 Bureaux

Ce qui les caractérise, c'est l'extrême nécessité de pouvoir les adapter, rapidement et sans interventions majeures, aux besoins d'adjonctions de services, de restructurations administratives, de changements de propriétaires, etc. C'est dans cet esprit, et pour pouvoir procéder à ces adaptations sans gêner outre mesure le personnel présent, que le **précâblage** (à ne pas confondre avec la préfabrication (§ 1.5.2), type pieuvres) s'impose.

Le **précâblage** consiste en la mise en place préalable des réseaux d'électricité et VDI (voix – données – images), avec une connectique



Figure 5 – Réflexions sur écran [5]

appropriée, au niveau utilisateur, et des dispositifs de brassage à celui de la distribution générale, dans des espaces ou locaux qui y sont dévolus (cf. § 4.2).

■ Les immeubles de bureaux peuvent, du point de vue de la **distribution des espaces**, se présenter sous deux formes.

● **Plateaux non cloisonnés**, ou tout au moins avec des semi-cloisons à hauteur variable (bureaux « paysagés ») : leur éclairage répond à celui des très grands locaux, mais avec certaines difficultés pour l'ajuster convenablement aux postes de travail.

La distribution des courants forts et faibles se fait, soit par des gaines encastrées dans le sol (ou par faux-planchers), sur lequel viennent se greffer des boîtes contenant toutes les prises nécessaires, toutes sujétions délicates et onéreuses du point de vue du gros-œuvre, soit plus communément, par faux-plafonds et descentes par des potelets affectés à chaque plan de travail.

● **Bureaux individualisés** à un ou deux postes de travail ; dans ce cas, chacun d'eux est traité individuellement, les alimentations diverses s'effectuant généralement soit par faux-plafonds et potelets, soit par goulottes courant le long des murs et allèges.

■ Dans l'un et l'autre cas, il importe de tenir compte de l'orientation relative des écrans informatiques par rapport aux fenêtres et aux appareils d'éclairage, de façon à éviter toute réflexion susceptible d'éblouir le travailleur (les écrans doivent être disposés à angle droit par rapport aux vitrages) [5].

Il en est de même des surfaces réfléchissantes (le plan de travail doit être mat) ou à luminance élevée, qui occasionnent des contrastes fatigants pour la vue.

La figure 5 montre que les surfaces de luminance élevée situées dans la zone des « réflexions gênantes » sont visibles par réflexion sur l'écran.

● **L'éclairage indirect** (quoique pénalisant en regard du rendement) peut être utilisé dans le cas des bureaux entièrement cloisonnés, où il est utilement complété par un éclairage d'appoint, mais est à éviter pour de grandes surfaces où l'équilibre des luminances est plus difficile à réaliser pour des niveaux d'éclairement élevés. L'emploi de **luminaires dits « à basse luminance »**, dotés d'optiques et de miroirs de qualité, est particulièrement indiqué dans tous les cas ; on doit également veiller aux facilités de maintenance et de nettoyage.

● C'est dans le cas des bureaux que l'**éclairage intelligent** trouve sa pleine application ; l'incorporation aux luminaires de dispositifs divers (détecteurs de présence, récepteurs à infra-rouge, marqueurs d'identité, gradateurs...) permet notamment :

- de n'allumer qu'en cas de présence ;
- de télécommander allumage-extinction individuellement ou en groupe ;
- de graduer globalement en fonction des apports de l'éclairage solaire ;
- d'y déroger individuellement ;

– de reconfigurer l'appartenance des luminaires (individuellement ou en groupe) à tel ou tel circuit, sans intervention sur le câblage.

Par ailleurs, il devient alors aisé de programmer, selon les besoins, des fonctions particulières, telles que :

- éclairage réduit des circulations pour le nettoyage (les bureaux passant sur « détection de présence ») ;
- délestage en cas de panne de réseau et reprise par groupe électrogène de remplacement ;
- allumage des luminaires faisant face aux fenêtres (effet de « façade ») ou leur extinction en cas de fort ensoleillement, ceux du fond restant en service.

### 2.2.3 Autres types d'établissements

On a suivi la classification retenue par la réglementation des ERP [Décret n° 73-1007]. On pourra se reporter également à [D 5 030] et [D 5 035] [18].

#### ■ Salles de spectacles, de conférences, auditoriums, etc.

Des systèmes de réglage de la lumière sont installés, distincts de ceux affectés aux scènes, estrades, plateaux, etc.

Dans le cas de projections lors de conférences, une installation fixe de commande locale double utilement celle de la régie.

Dans les salles, un balisage des circulations par appareils placés à ras du sol doit permettre au public de circuler dans la pénombre.

#### ■ Magasins de vente, centres commerciaux

Ils sont caractérisés par le soin particulier apporté à la mise en valeur des marchandises offertes, qui peut aller d'un éclairage général uniforme à haut niveau (grandes surfaces) à des faisceaux lumineux attractif dans une ambiance tamisée (bijouterie).

Les dispositions réglementaires visant la sécurité sont particulièrement contraignantes dans le cas des galeries commerciales et des grands magasins.

#### ■ Restaurants, débits de boisson

Deux points particuliers sont à relever.

Les **installations de cuisine** (cuisson, ventilation) peuvent éventuellement fonctionner simultanément au voisinage de leur pleine puissance.

L'**éclairage** peut être à deux niveaux selon l'heure d'utilisation, élevé pendant les repas, réduit entre les services (peut-être également le soir).

Dans le cas de petits éclairages sur tables (en dehors de celles placées le long des murs), si une solution électrique est retenue, on privilégie des appareils autonomes, sans fils gênant la disposition ou la circulation (piles ou accumulateurs).

#### ■ Hôtels, pensions de famille

Les chambres sont traitées de la même façon que l'habitat ; toutefois un éclairage individuel de tête de lit, orientable et à faisceau très étroit, ainsi qu'un éclairage étudié de la salle d'eau sont, ici, indispensables [14].

Chaque chambre (suite ou appartement) doit être alimentée par un circuit terminal distinct de ceux des autres.

Toutes les facilités de télécommunications que l'on retrouve dans les bureaux font partie de l'équipement des hôtels d'un certain niveau.

Dans les réceptions, salons, lobbies, etc., l'éclairage est tant décoratif que fonctionnel.

Une catégorie particulière est celle des hôtels d'altitude (à ne pas confondre avec les refuges de haute montagne) ; ils doivent être munis de paratonnerres et un groupe électrogène doit alimenter les services de sécurité non munis de leur propre source autonome.

### ■ Salles de danse, salles de jeux

● Les **salles de danse** sont dotées d'éclairages d'animation, les parties vouées au délassement et aux consommations sont identiques aux salles de restaurants ; s'il y a une scène, on se référera aux conditions des salles de spectacles.

La sonorisation peut se révéler nécessaire suivant l'affluence.

● Les **salles de jeux** du type « casino » ont un décor qui associe l'éclairage à la disposition des tables et au type de jeu ; les automates et « bandits manchots » ne requièrent pas une attention aussi détaillée.

● Pour toutes ces salles, l'éclairage de sécurité et notamment le balisage et les dispositifs anti-incendie se doivent d'être particulièrement soignés.

### ■ Établissements d'enseignement, colonies de vacances

Les salles de classes ont besoin d'éclairages de qualité évitant l'éblouissement notamment sur les tableaux [6].

Les installations des différents espaces et services (circulations, réfectoires, bibliothèques, laboratoires, salles de sports et gymnases, etc.) ne diffèrent pas de celles à usage professionnel ou commercial, mais, partout où les élèves ont accès, elles doivent être conçues dans un esprit « antivandalisme », avec des matériels de qualité correspondante.

Dans les écoles maternelles, les appareillages électriques (socles de prises de courant, interrupteurs, etc.) sont placés hors de portée des enfants (au moins à 1,30 m au-dessus du sol) et les radiateurs électriques accessibles doivent avoir une température de surface inférieure à 60 °C en régime normal.

### ■ Bibliothèques, centres de documentation

Il y a lieu de distinguer les salles et emplacements de lecture et les locaux de conservation et de stockage :

- les premiers sont généralement équipés au niveau des tables par des éclairages localisés (qui peuvent être à fibres optiques) suffisants pour lire et prendre des notes ;
- les seconds ont des éclairages de circulation entre les rayonnages d'un niveau permettant la consultation des titres.

En raison de la charge calorifique importante et du caractère parfois précieux des ouvrages, les **dispositifs anti-incendie** doivent être adaptés aux risques.

### ■ Salles d'expositions

Leur caractère essentiel est leur adaptabilité aux œuvres et matériels exposés, qui varient au gré des organisateurs.

Leur équipement, selon leur caractère et leur importance, comprend des éléments permanents et des éléments temporaires :

- les premiers peuvent se limiter à des distributions par rails, avec, le cas échéant, un éclairage général et de circulation ;
- les seconds peuvent comprendre tant des éclairages localisés que des alimentations de puissances variables ; dans ce cas, la distribution « éclairage » est distincte de celle des « alimentations » et celles-ci ont des protections individuelles par dispositifs permettant d'éliminer toutes sortes de défauts, réglables dans une large gamme, de façon à limiter les perturbations éventuelles.

Le **problème** majeur est celui de l'incertitude des puissances à prévoir, tant en ce qui concerne leur grandeur que de leur emplacement possible ; il conduit à un « suréquipement », nécessaire à l'origine, pour pallier le risque de ne pouvoir faire face à la demande.

### ■ Établissements de soins

Ils présentent les **traits particuliers** suivants :

- nécessité impérative d'assurer la permanence de l'alimentation électrique (installations de sécurité et de remplacement) ;
- les « blocs opératoires » et leurs annexes ont un schéma électrique particulier (IT médical), délivré par un transformateur BT/BT local ;

– éclairages des chambres de malades et des circulations adaptés aux conditions spécifiques de ces établissements [7] ;

– nécessité impérative de limiter les perturbations électromagnétiques susceptibles de perturber le fonctionnement d'appareils sensibles (éloignement des postes de transformation et des circuits à forte puissance, schéma TN-S...).

### ■ Établissements de culte

Suivant le caractère de l'édifice, l'éclairage peut être :

- extérieur, pour la mise en valeur de l'architecture ;
- intérieur, pour le même but, ou seulement fonctionnel.

Dans ce second cas, hormis un éclairage localisé (tableau, sculpture...), il se limite à ce qui est strictement nécessaire pour la circulation ; il peut se compléter par un appoint destiné à permettre aux fidèles de suivre la liturgie sur document.

Une sonorisation se révèle souvent indispensable à cet effet.

Le **problème** majeur est celui des canalisations, souvent difficiles à dissimuler sans travaux notables, et, parfois, de certains impératifs tenant à la réglementation des bâtiments classés.

### ■ Établissements sportifs couverts

L'éclairage est étroitement calqué sur les besoins, avec des éclairages adaptés suivant le ou les sport(s) pratiqué(s), sur le plan horizontal mais aussi vertical, et des limitations d'éblouissement dans des directions privilégiées [13]. Il nécessite des luminaires et des sources, de caractéristiques optiques et lumineuses bien définies, et, dans certains cas, munis de protections complémentaires contre les chocs (balles et ballons), les corrosions (piscines), les poussières (manèges)...

### ■ Musées

Dans ces établissements, la lumière et l'éclairage sont des facteurs essentiels de la mise en valeur des œuvres ; les plus grandes précautions sont à prendre pour souligner leur caractère, selon des techniques qui s'apparentent à l'éclairage scénique.

Dans certains cas, la fragilité des peintures, des supports, exige de contrôler étroitement leur éclairage, tant en composition spectrale qu'en niveau, voire même à en limiter le temps. L'utilisation de filtres, d'écrans de délimitation des faisceaux, et des moyens utilisés pour les salles d'exposition, ainsi que, pour certaines vitrines, de systèmes à fibres optiques, permettent de résoudre les difficultés, dans la mesure où des études cas par cas sont conduites [8].

### ■ Parkings couverts

Les appareils d'éclairage doivent être disposés de façon à être hors de portée des véhicules, et de leurs antennes (par exemple protégés par les retombées de poutres).

Les commandes – qui ne sont pas placées dans les aires de stationnement – sont munies de voyants lumineux de repérage et également hors d'accès des véhicules.

L'éclairage de sécurité est assuré par des couples d'appareils hauts et bas, placés dans les zones de circulation des piétons ; en partie basse (< 0,50 m) ils doivent être protégés mécaniquement (par construction ou par encastrement).

La figure 6 illustre cette disposition.

Des installations de ventilation, désenfumage, détection de fumées, sont prescrites selon l'importance des parkings.

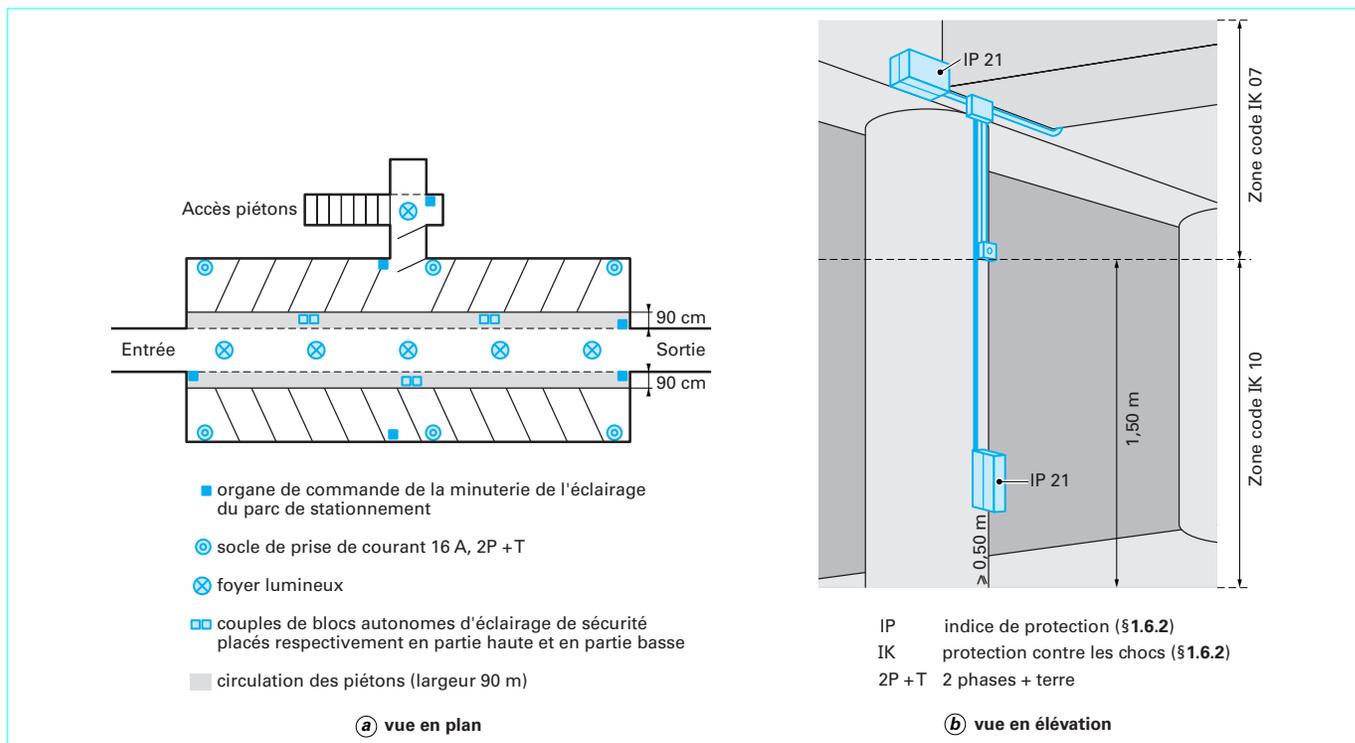


Figure 6 – Disposition de l'éclairage de sécurité dans un parking souterrain [3]

### 3. Détermination des besoins en énergie

La puissance d'alimentation d'une installation ou d'un bâtiment n'est pas calculée suivant la somme arithmétique des puissances installées ; celles-ci sont affectées de facteurs de réduction tenant compte de la puissance effective appelée par un appareil par rapport à sa puissance nominale (**facteur d'utilisation**) et de la simultanéité de fonctionnement des matériels (**facteur du simultanité**).

#### 3.1 Logements

La puissance électrique minimale de dimensionnement des logements neufs **sans chauffage** électrique est indiquée dans le tableau 10.

**Tableau 10 – Puissances minimales de dimensionnement à prévoir par point de livraison**

Local ou logement	Puissance (kVA)
Local annexe non habitable	3
Logement de 1 à 3 pièces principales (1)	6
Logement de 4 à 6 pièces principales (1)	9
Logement de 7 pièces principales (1) et plus	12

(1) ne sont pas comptées comme pièces principales les cuisines, salles d'eau, wc, dégagements, volumes de rangement.

Ces puissances sont censées intégrer, parmi diverses utilisations, celle de l'eau chaude provenant des chauffe-eau individuels à accumulation, dont la puissance peut être évaluée à 12 W/L, avec les capacités suivantes, suivant le type de logement :

F1 et F1 bis : 100 L ; F4 : 250 L ;  
 F2 : 150 L ; F5 et + : 300 L.  
 F3 : 200 L ;

Dans le cas de **chauffage électrique**, le tableau 11 donne les formules à appliquer, selon le type d'habitat et le mode de chauffage [9], avec :

$D$  (W) déperditions,  
 $P$  (W) puissance à installer,  
 $V$  (m<sup>3</sup>) volume à chauffer,  
 $\Delta t$  (°C) écart entre température intérieure et minimum extérieure,  
 $D_f$  (W) déperditions du jour le plus froid,  
 $P_b$  (W) puissance en base,  
 $P_a$  (W) puissance en appoint.

Lorsque les canalisations collectives (colonnes montantes) alimentent également la part individuelle de chauffage électrique, leur dimensionnement est effectué suivant la formule :

$$P = 5 \cdot \sqrt{N} + \sum P_i$$

avec  $N$  nombre de logements,  
 $P_i$  puissance installée en chauffage individuel et eau chaude sanitaire.

**Tableau 11 – Puissances en chauffage électrique dans l'habitat**

Mode de chauffage	Logement	
	Collectif	Individuel
Direct	$P = D + 15V$ $\leq 50$ logements (1)	$P = D + 10V$
	étages courants : $P = (15 + 0,6 \Delta t)V$	
	étages extrêmes : $P = (15 + 0,8 \Delta t)V$	
Mixte	en base $P_b = 1,2 D$ (8 heures) (2)	$P_b \leq D_f$
	en appoint $P_a = 0,6 D + 10 V$	$P_a = 10 V$
Accumulation		
en statique compensé	$P = 1,5 D$	
en dynamique 24 h	$P = D$	
en accumulation 8 h	$P = 3 D$	
(1) conforme aux solutions techniques du CSTB.		
(2) fonctionnement exclusif en heures creuses.		

## 3.2 Bureaux

### 3.2.1 Éclairage

Compte tenu de la diversité des éléments qui entrent en ligne de compte (dimensions des locaux, couleurs des parois, nature des sources et luminaires, fréquence de l'entretien), les puissances installées peuvent, à niveau d'éclairage égal, varier du simple au triple ; au niveau d'un avant-projet sommaire on se fixe sur les puissances de référence de la nouvelle réglementation thermique (RT 2000), exposées dans le tableau 12.

### 3.2.2 Prises de courant

On peut estimer à 300 W la puissance demandée à l'ensemble des prises de courant par poste de travail (éclairage d'appoint, écran, imprimante, etc.), avec un facteur de simultanéité de 0,6 à 0,8 selon l'activité.

**Tableau 12 – Puissance installée de référence de l'éclairage**

Destination de la zone	Puissance de référence (W/m <sup>2</sup> )
Commerces et bureaux	16
Établissements d'enseignement Établissement sanitaire sans hébergement Salles de spectacle, de conférences Industrie	15
Établissement sanitaire avec hébergement Hôtellerie. Restauration Locaux non compris dans une autre catégorie	12
Établissement sportif Stockage. Transport	10

## 3.3 Autres activités

Si, jusqu'ici, il est relativement facile de prédéterminer les puissances à prévoir, pour les autres types d'activité ou de bâtiment, la fourchette d'évaluation est beaucoup trop large (de 1 à 3) pour donner des indications utiles.

Il faut, en effet, tenir compte d'éléments qui peuvent varier dans une très large mesure :

- emplacement et orientation géographique ;
- parti architectural (forme, hauteur) ;
- importance des parties vitrées, de l'éclairage naturel et artificiel ;
- type de technique et paramètres retenus (climatisation, chauffage, ventilation, ascenseurs, cuisines, services annexes, etc...) ;
- occupation : permanente, intermittente, facteur d'occupation (rapport entre effectif théorique maximal et réel) ;
- etc.

Il est préférable, au niveau d'un avant-projet, de se référer à des exemples types tirés de la littérature technique (cf. [Doc. C 3 752] *Pour en savoir plus*).

## 4. Servitudes

### 4.1 Dévolution des espaces

Les différents services et réseaux nécessitent, tant pour leur installation que pour leur maintenance et évolution, des espaces qui leurs sont propres. L'espace coûtant cher dans les bâtiments, la tendance naturelle est de réduire et concentrer les différents services. À cela s'opposent divers facteurs :

- la réglementation et les normes ;
- les contraintes techniques (séparation des réseaux, distances relatives à la compatibilité électromagnétique, aux interférences, aux rayonnements thermiques, aux condensations ou fuites éventuelles, etc. ;
- les contraintes relatives à l'intervention humaine (place nécessaire, sécurité, manœuvres, outillages...) ;
- les modifications et extensions, compte tenu de l'évolution des techniques et des besoins ;
- les réactions résultant de la modification apportée à un service sur les autres.

**Exemple** : on peut citer, pour ce facteur, la réduction de l'espace dévolu à des gaines de ventilation ; elle entraîne une augmentation de la vitesse de l'air, donc des bruits ; le rapprochement de câbles d'énergie augmente leur échauffement, réduit la puissance transportable et peut conduire à en augmenter le nombre, ce qui, à son tour...)

Il n'est pas possible, ici, de détailler les espaces et passages dévolus aux différents services et fluides, en fonction de leurs caractéristiques particulières. Certains extraits d'un document spécialisé [10] sont donnés ci-après.

### 4.2 Immeubles de logements

#### 4.2.1 Services généraux

Il y a lieu de distinguer :

- les **installations de branchement et des services généraux** situées dans les parties communes ;
- les **tableaux de distribution** d'éclairage des circulations et de certains services, de même que le tableau des alarmes techniques,

qui, en général, sont placés dans la loge du gardien, ou, s'il n'y en a pas, dans un endroit aisément visible et accessible (avec renvoi éventuel vers un prestataire de services pour intervention).

#### ■ Emplacements des services généraux

- Pour l'électricité ce sera :
  - soit un local clos (dit « de comptage ») aménagé dans les parties communes, accessible en permanence au service de la distribution ;
  - soit une armoire ou un coffret répondant aux mêmes exigences.
- Pour les « opérateurs » de télécommunications ; suivant la capacité des immeubles collectifs, on aura pour les immeubles :
  - ≤ 100 logements : espace technique de paroi 2m x 2m ;
  - > 100 logements : local technique.

#### ■ Gaines

Des gaines verticales sont distinctes :

- pour l'électricité « courants forts » (colonnes montantes) ;
- pour les télécommunications, informatique, vidéo, télédistribution et « courants faibles » ;
- pour le gaz.

Les dimensions de la gaine **électricité** sont rappelées dans le tableau 13.

La gaine **télécommunications** a une profondeur de 20 à 30 cm, une largeur minimale de 40 cm (≤ 50 logements) et 50 cm (> 50 logements).

### 4.2.2 Logements

Chaque logement est équipé d'une gaine technique privative située dans l'entrée ou à sa proximité, d'une profondeur minimale

de 20 cm, de 60 cm au moins de largeur, sur toute la hauteur sous plafond, destinée à recevoir :

- le bloc de commande et de répartition ;
- une réglette téléphone ;
- un répartiteur de télévision (réseau herzien) ;
- une arrivée TV (réseau câblé) ;
- éventuellement un équipement de domotique, de protection intrusion.

### 4.3 Immeubles du secteur tertiaire

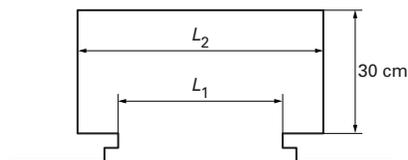
Qu'il s'agisse d'immeubles de bureaux, de grands magasins de vente, d'établissements de santé, des **caractéristiques générales** d'espaces réservés peuvent être définies en fonction de leur affectation.

■ **En sous-sol ou rez-de-chaussée**, on trouvera :

- un local de branchement électrique ;
- un local technique des courants faibles ;
- un poste de livraison et de transformation HT/BT ;
- un local du groupe électrogène ;
- un local de batterie d'accumulateurs, ou d'alimentation sans interruption.

Pour les trois derniers locaux en particulier, les contraintes d'accès de matériels lourds, de ventilation et de refroidissement peuvent être très fortes et nécessiter des aménagements importants [10].

**Tableau 13 – Dimensions minimales des passages libres des portes et des largeurs utiles des gaines de colonnes d'intensité de courant assignée de 200 et de 400 A (Extrait de la NF C 14100)**



Colonne (1)	L <sub>1</sub> minimal (cm)	L <sub>2</sub> minimal (cm)	Largeur des portes (cm)
Colonne 200 A sans branchement à puissance surveillée	60	73	63
Colonne 200 A avec branchement à puissance surveillée	113	126	116 (33 + 83) (2)
Colonne 400 A sans branchement à puissance surveillée	103	116	106 (33 + 73) (2)
Colonne 400 A avec branchement à puissance surveillée	143	156	146 (73 + 73) (2)

(1) la **puissance surveillée** concerne les tarifs type « Jaune » pour lesquels le dépassement de la puissance souscrite ne se traduit pas par un déclenchement comme dans le tarif « Bleu » dit « à puissance limitée » mais par une pénalisation.

(2) cas de deux vantaux.

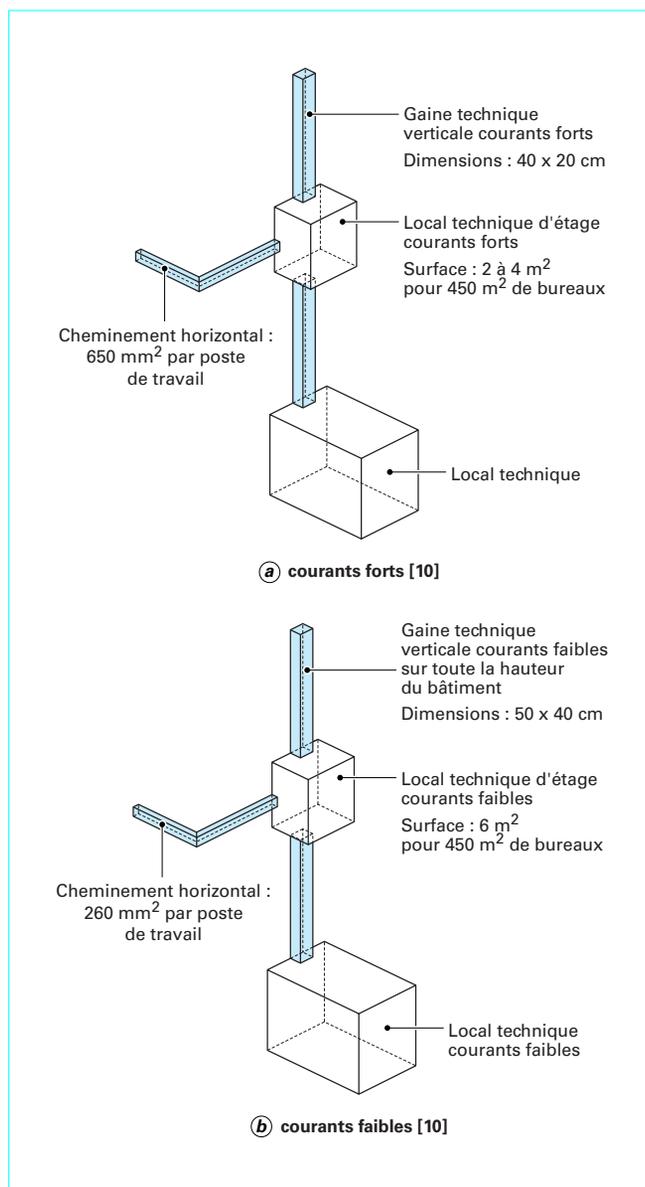


Figure 7 – Réervations pour gaine technique verticale, local technique d'étage et cheminements horizontaux

### ■ En distribution verticale

Des gaines verticales sont situées dans les parties communes (si le bâtiment a plusieurs utilisateurs ou propriétaires distincts) ; elles occupent une position centrale par rapport aux zones desservies.

Les figures 7 a et 7 b donnent des exemples d'application aux bureaux.

### ■ En distribution horizontale

On utilise généralement les circulations avec faux-plafonds pour la desserte en fluides. La figure 8 en donne un exemple.

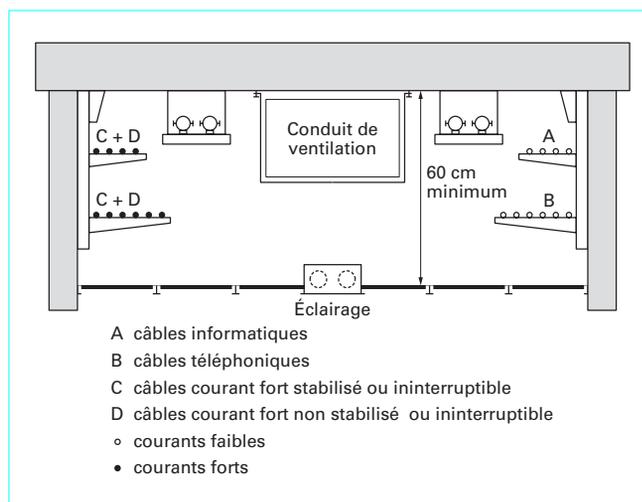


Figure 8 – Cheminements horizontaux en faux-plafond [10]

## 5. Alimentation et qualité de l'énergie électrique

### 5.1 Alimentation électrique

#### 5.1.1 Caractéristiques

Il y a lieu de distinguer :

- la **puissance installée**, somme de toutes les puissances nominales des utilisations ;
- la **puissance appelée**, qui est celle de tous les appareils susceptibles de fonctionner simultanément, compte tenu de leur charge et de leur rendement ;
- la **puissance souscrite**, qui est celle du contrat de fourniture (dans certains cas, elle peut être inférieure à la puissance appelée, une tarification spéciale s'appliquant aux dépassements).

Les modes d'alimentation et les tarifs sont succinctement rappelés dans le tableau 14.

La tarification vise à optimiser la gestion de la production et de la distribution, en tentant d'infléchir le comportement de l'utilisateur (cf. article spécialisé dans le traité Génie électrique) ; elle propose différents types de tarifs et d'options qui, au moment de la rédaction du présent document, peuvent brièvement être résumés comme suit. Les **options** sont, à partir des tarifs « de base » :

- pour le **tarif « Bleu »**, l'option *heures creuses* (8 heures par jour), l'option *tempo*, avec des jours « Bleus » (300/an), « Blancs » (43/an), « Rouges » (22/an), avec heures « pleines » ou « creuses » ;
- pour le **tarif « Jaune »**, l'option EJP (effacement des jours de pointe) ;
- pour le **tarif « Vert »**, de nombreuses variantes permettent d'ajuster le contrat aux conditions d'exploitation (ou vice versa).

Tableau 14 – Modes d'alimentation et tarifs

Puissance souscrite (kVA)	Basse tension 230/400 V		Haute tension 15 ou 20 kV	Comptage	Tarif
	Mono-phasé	Triphasé			
3 à 18	x	x		direct	Bleu
24 à 36		x		direct électronique (1)	Bleu
36 à 54		x		direct électronique (2)	Jaune
60 à 250		x (3)	x	indirect électronique	Jaune
> 250		x	x	indirect électronique	Vert

(1) Compteur CBE (compteur « bleu » électronique)  
(2) Compteur ICJ (interface clientèle « jaune »)  
(3) Option « Bornes-poste » jusqu'à 500 kVA possible en fonction de la position du poste sur le réseau  
Direct : sans transformateurs de courant  
Indirect : avec transformateurs de courant (et de tension en HT)

## 5.1.2 Différents types d'alimentation

### 5.1.2.1 Alimentation de remplacement

C'est une alimentation destinée à assurer la continuité de l'exploitation en cas de défaillance de l'alimentation normale. La source de remplacement est, la plupart du temps, constituée par un ou plusieurs groupes moteur thermique-générateur (groupe électrogène), dont la mise en service et l'arrêt sont commandés, soit manuellement soit automatiquement, essentiellement selon la réglementation applicable.

Comme, en général, la puissance totale demandée à cette source est inférieure à celle de l'alimentation normale, on est conduit à ne pas réalimenter des circuits jugés non essentiels ; ce **délestage** des circuits impliqués peut être défini à priori une fois pour toutes ou modulé selon besoins (dans la limite de puissance) au moyen d'appareillages particuliers.

Dans certaines applications (telle l'informatique), où l'on ne peut tolérer aucune interruption même de très courte durée, on fait appel à des **systèmes dits « sans coupure »** (ASI, cf. article *Alimentations statiques sans interruption* [17]), reprenant la charge sans variation notable de tension et de fréquence.

À cet effet sont utilisés soit des groupements batterie d'accumulateurs-onduleur statique, soit des groupes moteur électrique tournant en permanence-générateur et volant d'inertie ; un embrayage régulé, est inséré entre le volant et le générateur en régulant la fréquence, pendant le temps de démarrage et de reprise par un groupe électrogène (le moteur électrique peut aussi fonctionner en générateur).

### 5.1.2.2 Alimentation de sécurité

L'alimentation de sécurité, en cas de défaillance des alimentations normale et de remplacement, est destinée à assurer le maintien de services jugés primordiaux pour l'évacuation des personnes et la lutte contre l'incendie.

Indépendamment de l'éclairage de sécurité (cf. [C 3 750] § 4.3.5), certaines alimentations (communications, désenfumage, surpresseurs d'eau, etc.) peuvent aussi en relever.

Sous certaines conditions de fiabilité, les sources de sécurité peuvent aussi être utilisées pour le remplacement, mais les prescriptions pour les installations de sécurité sont beaucoup plus contraignantes que celles concernant le remplacement, et sont détaillées dans le règlement des ERP [Décret n° 73-1007].

### 5.1.2.3 Cogénération

La cogénération, combinant les productions d'énergie électrique et thermique (chaleur et froid), joue sur l'optimisation des rendements et des coûts instantanés de l'électricité et de l'énergie primaire (fioul, gaz, charbon, etc.).

Les principaux modes de production font appel aux filières suivantes :

- chaudière + turbine à vapeur ;
- moteur thermique + récupération des chaleurs de refroidissement et des gaz d'échappement ;
- turbine à combustion + générateur électrique et récupération de la chaleur des gaz d'échappement ;
- centrale thermo-frigo-électrique.

On consultera utilement les articles [BE 9 340] [BE 9 341] *Cogénération du traité Génie énergétique* [21].

## 5.2 Qualité de l'énergie électrique

### 5.2.1 Perturbations possibles

La qualité de l'énergie électrique mise à disposition sur le réseau de distribution public est correcte, puisqu'elle est produite par des alternateurs dont on maîtrise bien la technologie. Les grandeurs caractéristiques (tension, courant, fréquence) sont maintenues dans des limites parfaitement connues et acceptables par les utilisateurs les plus exigeants. Deux facteurs viennent altérer cette qualité :

- les perturbations causées par les manœuvres d'exploitation du réseau (coupures sur défauts, réenclenchements successifs pour maintenir l'énergie à disposition) ;
- les perturbations apportées par les matériels d'utilisation raccordés aux installations des utilisateurs.

Ces dernières perturbations sont les plus importantes et, du fait du développement de l'électronique de puissance, ont tendance à être de plus en plus importantes. Pour s'en affranchir, la ou les solutions doivent être recherchées entre l'utilisateur de l'énergie électrique, son distributeur et le fabricant du matériel « victime » ou « pollueur ». Une solution localisée au point où le phénomène se produit doit être trouvée, puisque les perturbations circulent sur le réseau sans que l'on puisse les contrôler autrement que là où elles sont produites.

### 5.2.2 Perturbations et compatibilité électromagnétique

#### 5.2.2.1 Exposé des problèmes

L'analyse des perturbations consiste à traiter de ce que l'on appelle également la **compatibilité électromagnétique** CEM [15]. En fait, il s'agit des dysfonctionnements de l'installation électrique. Lorsque l'utilisateur constate des difficultés d'exploitation et des troubles de fonctionnement de l'installation électrique, avec le risque majeur que sont la perte d'exploitation et la perte de données administratives, comptables, etc., il en recherche bien évidemment les causes et fait appel à celui qui a réalisé l'installation. Toutefois, il convient de se défier des solutions trop faciles.

■ **Premier point** (ou idée reçue) : ce n'est pas l'installation qui est bonne ou mauvaise, ce sont les appareils d'utilisation raccordés à celle-ci qui génèrent des perturbations.

■ **Deuxième point** (ou idée reçue) : il ne suffit pas de respecter les normes pour obtenir un fonctionnement satisfaisant ; il faut aussi une connaissance parfaite des phénomènes, de la part du concepteur et de l'installateur.

■ **Troisième point** (ou idée reçue) : « c'est facile, il n'y a qu'à... » Les problèmes de perturbation ne sont pas simples ; ce sont des questions complexes : diagnostiquer, proposer des solutions, nécessitent le recours à des compétences très diverses et de haut niveau (concepteurs, fabricants de matériels, experts consultants en CEM).

Pour essayer de donner ici des repères pratiques pour traiter les problèmes rencontrés, il a semblé nécessaire d'évoquer brièvement des notions de base qui permettent de comprendre les phénomènes.

### 5.2.2.2 Différents types de perturbations

■ Les perturbations sont des phénomènes qui affectent les valeurs des grandeurs caractéristiques de l'énergie électrique : tension, fréquence, intensité du courant. Ces valeurs sont dépendantes les unes des autres ; en conséquence, toute atteinte à l'une d'entre elles affecte les autres.

En outre se rencontrent également des phénomènes d'induction, c'est-à-dire qu'une perturbation « conduite » par et sur un réseau va « induire » une perturbation sur un réseau voisin. De surcroît, le phénomène ainsi induit va se propager (par conduction) sur un autre réseau ou une installation voisine...

■ Par convention, pour classer les différentes perturbations, c'est la fréquence des phénomènes qui ici a été considérée. Les « familles » ainsi définies induiront des familles de mesures ou solutions destinées à s'en affranchir.

- **Perturbations à basse fréquence** :
  - variations brusques de tension (creux de tension, coupures brèves, etc.) ;
  - harmoniques ;
  - surtensions à fréquence industrielle.
- **Perturbations à haute fréquence** :
  - surtensions transitoires ;
  - champs électromagnétiques.

Le tableau 15 résume les principales perturbations rencontrées dans une installation électrique, par catégories de fréquence des phénomènes.

Le tableau 16 récapitule les mesures d'atténuation ou de protection.

### 5.2.2.3 Compatibilité électromagnétique

La directive 98/336 CEE, dite « directive CEM », vise, d'une part, la protection contre les perturbations (par limitation des niveaux d'émission), et, d'autre part, l'**immunité** des appareils (par fixation des niveaux d'insensibilité) [15].

## 5.2.3 Harmoniques

### 5.2.3.1 Définition et influences

On appelle **courants harmoniques** des déformations de l'onde sinusoïdale caractérisant le courant alternatif et pouvant être décomposées en courants sinusoïdaux de fréquences impaires. Ils sont produits par certains matériels raccordés à l'installation, qui ont comme caractéristiques d'être des charges non linéaires, c'est-à-dire déformantes ou fluctuantes. Les courants ainsi émis se combinent et sont véhiculés en surcharge par les canalisations électriques.

■ **Charges non linéaires** ou déformantes ; on peut citer, par exemple :

- les alimentations statiques sans interruption (ASI) (aussi appelées « onduleurs ») ;
- l'éclairage fluorescent ;
- les gradateurs de lumière ;
- tous les systèmes de variation électronique de vitesse ;
- les alimentations à découpage des ordinateurs personnels (faibles mais nombreuses) ;
- les imperfections de dissymétries de bobinages des moteurs, transformateurs ou alternateurs.

**Tableau 15 – Nature, causes et effets des perturbations**

Nature des perturbations	Cause des perturbations	Équipements perturbés
<b>Perturbations à basse fréquence</b>		
Variations brusques de tension (creux de tension, coupures brèves...)	Défauts dans le réseau d'alimentation	Éclairage
	Appareils de soudage	Contacteurs
	Fours à arc Courts-circuits	Moteurs Électronique de puissance
Harmoniques	Démarrage de moteurs	Matériels de traitement de l'information
	Radiologie, radioscopie	Procédés industriels
Surtensions à fréquence industrielle	Éclairage	Automates programmables
	Redresseurs	Échauffements des moteurs
	Alimentations à découpage	Conducteurs (sections) Condensateurs
<b>Perturbations à haute fréquence</b>	Défauts entre installations HT et installations BT	Matériels informatiques et électroniques
		Éclairage Moteurs
Surtensions transitoires	Foudre (directes ou indirectes)	Matériels informatiques et électroniques
	Appareillage de manœuvre	Condensateurs
Champs électromagnétiques	Émetteurs (radiocommunication, télévision, talkie-walkie, etc.)	Matériels informatiques
	Éclairage : mise sous tension de ballast ferromagnétique	
	Systèmes de surveillance	Signalisation
	Télécommandes	Systèmes d'alarme
	Appareils à micro-ondes Foyers à induction	Automates programmables Circuits de transmission de signaux numériques

Tableau 16 – Mesures d’atténuation et de protection

Dispositions	Variations brusques de tension	Harmoniques	Surtensions		Champs électromagnétiques
			à fréquence industrielle	transitoires	
<b>Dispositions à la construction</b>					
Réseau de masse			×	×	×
Schéma des liaisons à la terre		×	×	×	
Puissance de l’alimentation	×	×	×	×	
Sections des conducteurs	×	×			
Sélectivité des protections	×				
Disposition des canalisations					×
<b>Dispositions lors de l’installation</b>					
Structure de l’installation	×				
Alimentations de remplacement	×				
Installation de filtres		×	×		
Matériels de classe II			×		
Transformateurs de séparation		×	×	×	×
Fibres optiques					
Dispositifs de protection contre les surtensions				×	

■ **Tensions** déformées par les courants harmoniques ; les effets peuvent être différés ou instantanés.

● **Effets différés :**

- échauffements supplémentaires des moteurs et transformateurs ;
- échauffements supplémentaires des condensateurs ;
- échauffements anormaux des circuits d’alimentation, en particulier dans les conducteurs neutres.

● **Effets instantanés :**

- déclenchements intempestifs des dispositifs de protection ;
- fonctionnement anormal des appareils d’utilisation ;
- télécommandes perturbées ;
- téléphone « bruité ».

■ **Autres exemples d’effets** constatés :

- fonctionnement intempestif de relais ;
- perturbations induites dans les circuits à courants faibles (cheminement en parallèle) ;
- déformation d’images écrans vidéos ;
- vacillement de lampes à décharge.

### 5.2.3.2 Atténuation des harmoniques

■ **Première mesure** d’atténuation des effets des harmoniques : augmenter la section des conducteurs et utiliser une section du conducteur neutre équivalente à celle des phases (alors que, sous certaines conditions, la norme NF C 15-100 autorise une section réduite du conducteur neutre par rapport à la section des conducteurs de phase du circuit considéré).

■ **Seconde mesure** d’atténuation des effets des harmoniques : raccorder le générateur d’harmoniques en un point où la puissance de court-circuit est la plus importante, c’est-à-dire le plus en amont possible, près de l’origine de l’installation, et augmenter cette puissance de court-circuit en surdimensionnant le ou les transformateur(s) d’alimentation.

### 5.2.3.3 Élimination des harmoniques

■ Utilisation de récepteurs « propres ».

■ Choix des structures, électriques, électroniques et systèmes.

■ Filtrages soit passifs, soit actifs.

● **Filtrage « passif »** : il consiste à installer une batterie de filtres (condensateur-inductance) avec un filtre pour chaque rang d’harmonique à filtrer, et dont la puissance, en var, est adaptée au taux de distorsion correspondant.

On notera qu’il y a des risques importants pour la batterie de condensateurs (s’il y en a une) de compensation du facteur de puissance, ce qui amène :

- des échauffements de la batterie de condensateurs et son claquage ;
- un phénomène d’amplification de la distorsion de la tension ;

et nécessite les mesures suivantes :

- filtrage associé à la batterie de condensateurs ;
- filtre placé immédiatement en amont de la source de perturbation ;
- éventuellement, déconnexion de la batterie de condensateurs de compensation.

● **Filtrage « actif »** : défini par ses caractéristiques, il :

- est « auto-adaptatif » par nature (le courant est contrôlé, donc adapté aux besoins du moment) ;
- compense aussi les « interharmoniques », et élimine les risques de résonance associés ;
- ne nécessite que peu ou pas d’étude de réseau.

● Tous ces avantages font du filtrage actif la solution préférée ; toutefois, le filtrage passif, en dépit de l’étude de réseau qu’il nécessite, reste favorable au niveau du coût.

En tout état de cause, un certain nombre de **mesures** doivent être prises :

- à l’installation des câbles de puissance :
  - séparation en niveaux de bruit ;
  - choix des cheminements ;

— lors du choix et de la mise en œuvre des filtrages, il est recommandé de recourir aux professionnels de l'électronique de puissance et de ne jamais traiter séparément la compensation d'énergie réactive et le filtrage (le filtrage actif peut aussi être compensateur d'énergie réactive...).

## 5.2.4 Surtensions

### 5.2.4.1 Phénomènes et conséquences

■ Les **phénomènes** suivants sont à considérer :

— le coup de foudre direct (lors d'un orage) sur un bâtiment ou sur une ligne électrique aérienne d'alimentation ; pour s'en protéger autant que faire se peut, on utilise un paratonnerre disposé sur les structures à protéger ;

— le coup de foudre indirect (phénomène de surtension induite par la chute de la foudre à proximité d'une ligne électrique aérienne d'alimentation) et, sensiblement équivalente, la surtension due à des manœuvres d'exploitation du réseau électrique d'alimentation (réenclenchements successifs par exemple).

#### ● Coup de foudre direct :

— effets : impact sur une structure et écoulement d'un courant très important à la terre ;

— conséquences : dégâts matériels et éventuel risque pour les personnes.

#### ● Coup de foudre indirect et surtensions dues à des manœuvres :

— effets :

- couplage avec les lignes ;
- montée en potentiel des terres (écoulement d'un courant très important à la terre au travers des matériels électriques raccordés à l'installation) ;

— conséquences : dégâts aux matériels électriques.

■ Comment en **limiter les conséquences** ?

● Pour les **effets directs** : mise en œuvre d'un ou de paratonnerre(s), suivant la norme NF C 17-100 et le guide UTE C 17-102.

● Pour les **effets indirects** : mise en œuvre d'un ou de parafoudre(s), suivant la NF C 15-100 et le guide UTE C 15-443.

● Pour les **deux** : se reporter à l'annexe informative du guide UTE 15-900.

On rappelle que l'efficacité de ces dispositifs n'est pas absolue ; par exemple, un coup de foudre direct peut atteindre la structure, même si celle-ci est munie d'un ou de plusieurs paratonnerre(s).

De même une onde de surtension (phénomène indirect), de très forte amplitude, peut dépasser les valeurs prises en compte pour la détermination du parafoudre et détruire malgré cela le matériel électrique qu'il est censé protéger.

### 5.2.4.2 Parafoudres

La norme NF C 15-100 ne fait pas une obligation de la pose de parafoudres, mais établit une recommandation en fonction du type d'alimentation (tableau 17).

Tableau 17 – Protection contre les surtensions atmosphériques	
Réseau d'alimentation à basse tension	Mise en place d'un parafoudre à l'origine de l'installation
Souterrain, ou lignes aériennes en conducteurs isolés avec écran métallique mis à la terre	Non nécessaire
Lignes aériennes en conducteurs nus ou torsadés	Recommandé

Le parafoudre peut être raccordé entre une phase et la terre ou entre phases ou entre une phase et le neutre.

Une **attention particulière** doit être portée aux points suivants :

— nombre de chocs (à intensité de courant nominale de décharge) supportables par le parafoudre (la norme fixe une même exigence pour tous les parafoudres) ;

— comportement en fin de vie (court-circuit entre les deux bornes de raccordement) ;

— vieillissement du parafoudre (le parafoudre devient de plus en plus conducteur) ;

— comportement aux surtensions à fréquence industrielle (franchissement haute tension vers basse tension) ;

— déconnexion des parafoudres en fin de vie ;

— dispositif de signalisation permettant de savoir si le parafoudre est en état de fonctionner, ou hors d'usage et doit être remplacé ;

— chaque parafoudre et son circuit doivent être protégés contre :

- l'emballement thermique ;
- les courts-circuits ;
- les courant de défaut à la terre.

On consultera à cet effet l'article *Parafoudre basse tension* [16].

### 5.2.4.3 Paratonnerres

Pour la protection contre les effets d'impacts directs de la foudre sur les bâtiments, les paratonnerres peuvent emprunter les formes suivantes.

■ **Paratonnerre à tige**, avec ou sans dispositif d'amorçage : ils sont placés sur la partie la plus haute du bâtiment.

Tandis que le premier est constitué d'une simple pointe effilée (paratonnerre de Franklin), le second dispose d'un système générateur d'impulsions à haute tension ou d'étincelles au voisinage de la pointe, pouvant augmenter le rayon de protection.

Le paratonnerre est reliée à la prise de terre du bâtiment par un ou plusieurs conducteurs en feuillard de cuivre, disposés de façon symétrique pour minimiser les effets électromagnétiques, et, aux jonctions avec le ceinturage à fond de fouille, sont placées des extensions en *patte d'oie*.

■ **Cage maillée** : elle consiste à ceinturer et mailler le bâtiment par des feuillards en cuivre munis, à la partie supérieure de la construction, de *pointes caprices* de faible hauteur, régulièrement réparties. Les descentes sont effectuées aux angles et sur les façades, suivant la taille de l'immeuble, des ceinturages pouvant les relier à hauteurs régulières ; elles suivent les mêmes règles de mise à la terre que les paratonnerres à tige.

On consultera à cet effet [11] et l'article *Foudre et protection des bâtiments* [20].

## 6. Marquages. Labels. Avis techniques. Qualifications

### 6.1 Marquages

■ Le **marquage CE**, qui déclare la conformité aux **exigences essentielles** des directives, est effectué, sous sa seule responsabilité, par le fabricant ou l'importateur ; il conditionne la mise sur le marché européen, mais n'apporte aucune garantie sur la qualité du matériel.

■ Les **marques de conformité aux normes** sont délivrées, après diverses procédures (essais, prélèvements périodiques, système d'assurance qualité...) sous le contrôle d'un organisme tiers agréé.

Elles peuvent être des marques nationales équivalentes (NF, VDE, IMQ, KEMA, etc.), ou européenne (ENEC pour les luminaires et accessoires).

## 6.2 Labels

### Promotelec

Promotelec délivre, suivant diverses procédures, les labels ci-après.

- Label « **Habitat existant** » : il concerne les rénovations dotées d'un chauffage électrique, achevées depuis 5 ans au moins, avec certaines exigences en matière d'isolation thermique, d'aération, de sécurité électrique, de gestion d'énergie.

- Label « **Confort électrique** » pour l'habitat neuf : il tient compte des caractéristiques thermiques et de l'isolation de la construction, de l'aération, du chauffage électrique avec programmation, de la puissance installée, de l'eau chaude sanitaire, des protections par disjoncteurs, de l'équipement électrique (qui doit être NF).

- Label « **Éclairage** » des salles de classe, essentiellement basé sur la qualité de l'éclairage, de l'installation électrique, avec une exigence en matière de maintenance.

### Qualitel

Le label Qualitel couvre tous les aspects d'une construction ; l'équipement électrique y est pris en compte par la puissance disponible, la quantité et la répartition des équipements (notamment des prises de courant).

## 6.3 Avis techniques

### 6.3.1 CSTB

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) délivre, pour les matériels et procédés « non traditionnels » et ne faisant pas

l'objet de normes, des « Avis techniques », dont le suivi conditionne notamment certains aspects de l'Assurance Construction.

**Exemples** : avis délivrés par le GS 14 (groupe spécialisé 14) *Équipements de génie climatique et capteurs solaires* :

- systèmes de chauffage par films souples installés en plafond,
- systèmes de chauffage par câbles chauffants noyés dans le béton ;

- avis délivrés par le GS 18 (groupe spécialisé 18) *Systèmes domotiques et équipements pour les bâtiments intelligents* – systèmes de domotique (gestion des équipements, mesure de la consommation des fluides, de l'énergie, de la sécurité, des communications).

### 6.3.2 UTE

L'Union Technique de l'Électricité et de la communication (UTE), de la même façon, donne son avis sur des matériels et systèmes d'installation s'écartant des normes en vigueur.

**Exemples** : avis délivrés par la commission 07 « Procédés nouveaux » :

- conducteurs en aluminium nickelé,
- système de distribution par conducteurs plats installés sous moquette,
- gaine technique industrialisée.

## 6.4 Qualifications

Les installations électriques doivent être effectuées par « une entreprise qualifiée en matière électrique... » (art. 48-1 du décret n° 88-1056).

Sans préjudice d'autres moyens de preuve, une entreprise peut être qualifiée par l'Association Qualifelec ; celle-ci délivre plusieurs types de qualifications suivant diverses spécialités de l'équipement électrique (électrotechnique générale, courants faibles, éclairage public, etc.) et des niveaux en regard de la technicité et des moyens en personnel qualifié et en matériels.

**Nota** : le CENELEC a établi une spécification concernant la qualification des entreprises d'installations électriques (pr. EN 50349 : 2000). Elle doit servir de base à une négociation CEN-CENELEC en vue d'aboutir à une norme cohérente sur la qualification des entreprises de construction, à utiliser dans le cadre de la directive 93/37/CEE *Marchés Publics*.

## Références bibliographiques

- [1] *Locaux recevant des travailleurs – Installations électriques HT et BT*. Promotelec.
- [2] *Locaux artisanaux et commerciaux*. Promotelec.
- [3] *Immeubles collectifs – Services généraux*. Promotelec.
- [4] *Locaux d'habitation*. Promotelec.
- [5] *Éclairage et travail sur écrans de visualisation*, 50 p., 1997. AFE - LUX.
- [6] *Éclairage des locaux scolaires*, 59 p., 1998. AFE - LUX.
- [7] *Éclairage des établissements de santé*, 56 p., 2000. AFE-LUX.
- [8] *Éclairage des musées, des collections particulières et des galeries d'art*, 78 p., 1991. AFE-LUX.
- [9] *L'électricité dans le bâtiment – 300 questions pratiques – 320 p.*, 1997, Le Moniteur PARIS.
- [10] *Fluides et réseaux dans le bâtiment*. 132 p., 1999, ADDI Eyrolles.

- [11] *Protection contre la foudre en milieu rural*. Promotelec.
- [12] RÉMOND (C.) – *Les régimes du neutre en HT et BT 2<sup>e</sup> partie*. Juillet 1995. Cahier technique n° 21 du Journal de l'équipement électrique et électronique (JEEE).
- [13] *Éclairage des installations sportives* 127 p. 1999. AFE-LUX.
- [14] *Éclairage dans l'hôtellerie*, 42 p. 2000. AFE-LUX.

### Dans les Techniques de l'Ingénieur Traité Génie électrique

- [15] CHAMPIOT (G.G.). – *Compatibilité électromagnétique*. 2000.  
D 1 300 *Présentation générale*  
D 1 305 *Modes de transmission*  
D 1 310 *Normalisation, réglementation et mesure*.
- [16] ROUSSEAU (A.). – *Parafoudres basse-tension*. D 4 840, 1997.

- [17] MABROUX (H.). – *Alimentations statiques sans interruption*. D 5 185, 2001.
- [18] AUBER (R.) et RÉMOND (C.). – *Installations électriques*. 1993-1994.  
D 5 030 *Caractéristiques générales*  
D 5 032 à D 5 035 *Installations à basse tension*  
D 5 038 *Conception. Vérification. Entretien*.
- [19] AUBER (R.) et ATLANI (C.). – *Prévention des accidents électriques*. D 5 100 – D 5 101, 1996.

### Traité Construction

- [20] ROUSSEAU (A.), GARY (C.) et BERGER (G.). – C 3 307 *Foudre et protection des bâtiments*. 2000.

### Traité Génie énergétique

- Rubrique « Thermique de l'habitat ». Chauffage des locaux, et notamment :
- [21] TABET (J.-P.). – *Cogénération en génie climatique*. BE 9 340 – BE 9 341, AFE-LUX. 1999.