

Électricité dans le bâtiment

Mise en œuvre

par **Dominique SERRE**

Ingénieur, membre de la commission technique de la FFIE

Président de la commission U 15 de l'UTE (Union technique de l'électricité)

1. Principes d'installation	C 3 751v2 – 2
1.1 Distribution générale	— 2
1.2 Protections	— 2
1.3 Autres appareillages	— 3
1.4 Schémas des liaisons à la terre (ou régimes du neutre)	— 3
1.5 Câblage	— 4
1.6 Classifications du matériel	— 8
1.7 Mises à la terre	— 8
2. Réglementation particulière à certains types de bâtiments	— 9
2.1 Logements	— 9
2.2 Secteur tertiaire	— 9
3. Détermination des besoins en énergie	— 12
3.1 Logements	— 12
3.2 Bureaux	— 14
3.3 Autres activités	— 14
4. Servitudes	— 14
4.1 Dévolution des espaces	— 14
4.2 Immeubles de logements	— 14
4.3 Immeubles du secteur tertiaire	— 15
5. Alimentation et qualité de l'énergie électrique	— 15
5.1 Alimentation électrique	— 15
5.2 Qualité de l'énergie électrique	— 16
6. Marquages. Labels. Avis techniques. Qualifications	— 20
6.1 Marquages	— 20
6.2 Labels	— 20
6.3 Avis techniques	— 20
6.4 Qualifications	— 20
Pour en savoir plus	Doc. C 3 750

Dans le dossier [C 3 750v2] nous avons plus particulièrement étudié les différentes applications de l'énergie électrique dans les bâtiments.

Ici sont abordés les aspects liés à la mise en œuvre :

- les principes de distribution et de protection des personnes et des biens ;
- les différents schémas de liaison à la terre du neutre ;
- le choix des canalisations ;
- l'évaluation des besoins en énergie électrique ;
- la qualité de l'énergie.

Ce dossier traite aussi des règles particulières pour les locaux d'habitation et les établissements recevant du public.

La distribution de l'énergie par le réseau de distribution public y est abordée, tant pour le dimensionnement des ouvrages électriques, que pour le dimensionnement du génie civil, les règles détaillées sont dans le dossier [D 5 049].

La communication dans les locaux d'habitation y est abordée pour le dimensionnement des gaines et locaux opérateurs. Ces sujets sont traités plus complètement dans les dossiers [D 5 041] à [D 5 048].

1. Principes d'installation

Les règles d'installation sont exposées dans les fascicules [17] à [24] du traité Génie électrique. Ne sont résumés dans ce paragraphe que 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 ;
- tableaux de répartition et de protection terminale ;
- 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.

Le tableau général doit être situé le plus près possible du centre de gravité électrique de l'installation de façon à éviter des transports d'énergie sur de grandes distances. Les transports de l'énergie coûtent cher lors de la construction de l'installation et aussi par l'énergie dissipée lors du fonctionnement de l'installation.

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.

Tableau 1 – Indice de service des tableaux électriques			
Niveau	1 ^{er} chiffre « Exploitation » (1)	2 ^e chiffre « Maintenance » (2)	3 ^e chiffre « Évolution » (3)
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 »
Unité fonctionnelle : ensemble des appareillages liés à un départ : protection, coupure, séparation, contrôle...			
(1) Le premier chiffre détermine les conséquences d'une opération de condamnation (mécanique) ou de consignation (électrique) sur le tableau électrique.			
(2) Le deuxième chiffre précise l'aptitude du tableau à répondre à un besoin de maintenance.			
(3) Le troisième chiffre précise l'aptitude du tableau à répondre à une évolution future.			

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 ([26], [27])). On parle alors d'**influences externes**, sous-entendu « externes au matériel lui-même », mais susceptibles de l'influencer (cf. [18], [19]).

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.

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), 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.

■ 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.

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 ;
- des **disjoncteurs équipés de relais thermiques** : seuil allant de 105 à 115 % du courant assigné, délai de fonctionnement depuis quasi instantané à quelques secondes.

■ 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 toutefois 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 ils doivent être associés à un dispositif de protection contre les court-circuits. Leurs caractéristiques les appellent plutôt à assurer la protection d'usages limités, comme celle des moteurs, et non celle de circuits de distribution.

- 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 1b en 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 fermés « allumés » et ouverts « éteints » à chaque action sur l'un quelconque des boutons-poussoirs de commande.

- **Minuteries** : mises en action par boutons-poussoirs, elles 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*.

- **Détecteurs de présence** : ils assurent la détection des personnes et, en fonction du niveau d'éclairage, mettent en service l'éclairage pour un temps déterminé. Ces relais remplacent de plus en plus les minuteries. Ils permettent une bonne gestion de l'éclairage et des économies d'énergie.

- **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

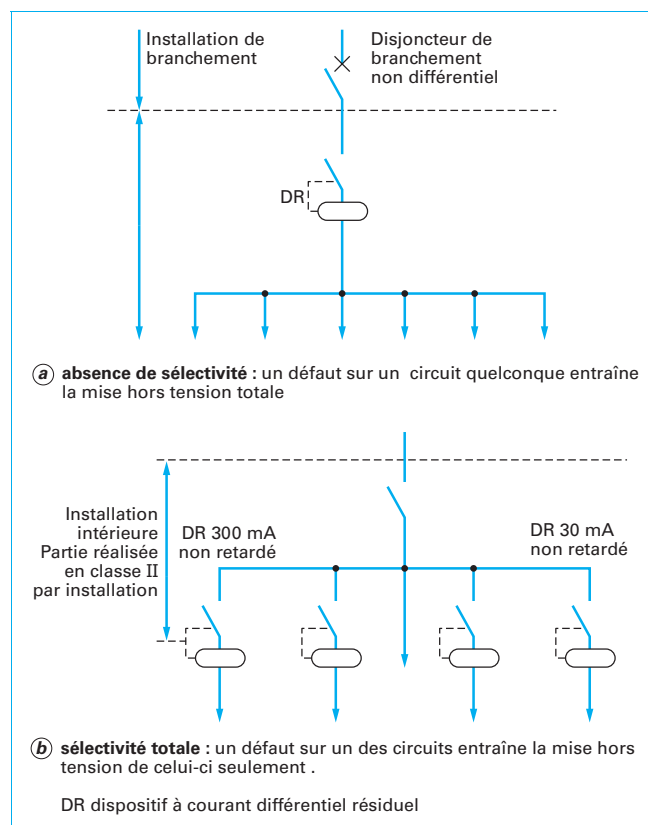


Figure 1 – Exemples de sélectivité (en cas de défaut d'isolement)

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 Schémas des liaisons à la terre (ou régimes du neutre)

Il s'agit de la façon dont le point neutre du (ou des) transformateur(s) est relié à la terre [20]. 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 schéma des liaisons à la terre est principalement déterminé par la situation géographique du transformateur TH/BT.

- **Si le transformateur est situé en dehors du bâtiment et en dehors de la zone d'équipotentialité de l'installation**, le schéma

des liaisons à la terre sera de type TT : cas des installations alimentées à partir du réseau de distribution public.

■ Si le transformateur est situé dans le bâtiment, donc dans la zone d'équipotentialité créée par la prise de terre à fond de fouille, le schéma des liaisons à la terre sera de type TN.

- L'exploitation des installations à puissance surveillée, alimentées par un transformateur de distribution publique peut être de type TN-S après accord du distributeur.

- Pour les installations à puissance limitée, les protections contre les contacts indirects seront assurées par des DDR comme en schéma TT.

Dans certains cas particuliers, le transformateur étant privé, le schéma IT pourra être retenu.

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

1.4.1 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 des courant de défaut de faible valeur et l'utilisation de protections à courant différentiel résiduel.

1.4.2 Régime TN

Il nécessite la présence du transformateur HT/BT dans le bâtiment ou dans la zone d'équipotentialité. Si le transformateur est celui du distributeur, son accord est nécessaire.

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).

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 contre les courants de défaut.

1.4.3 Régime IT

Il ne peut être utilisé que dans le cas d'un poste de transformation HT/BT privé ou en aval d'un transformateur BT/BT.

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 au premier défaut d'isolement.

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).

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

Tableau 2 – Caractéristiques des divers schémas de liaisons à la terre

Caractéristiques	Schéma			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Alimentation directe par le réseau de distribution à basse tension	Non	Possible (1)	Oui	Non
Alimentation par transformateur ou poste de transformation HT/BT	Oui	Oui	Oui (2)	Oui
Coupure au premier défaut	Oui	Oui	Oui	Non
Coupure par dispositifs de protection contre les surintensités	Oui	Oui	Non (3)	Oui
Nécessité de dispositifs de protection à courant différentiel résiduel	Sans objet	Non (4)	Oui	Non (5)
Section du conducteur neutre	$\geq 10 \text{ mm}^2(\text{PEN})$	Selon calcul	Selon calcul	Selon calcul
Protection du conducteur neutre	Sans objet	Non (6)	Non (6)	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.

(6) Si une prise de terre indépendante est réalisable pour la mise à la terre du neutre.

Tableau 3 – Choix du schéma des liaisons à la terre en fonction des utilisations

Utilisations	Schéma			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Bâtiments d'habitation : • locaux privés • services généraux	Non Oui (1)	Non Oui (1)	Oui Oui (2)	Non Non
Bâtiments administratifs (bureaux, banques, services publics)	Oui (1)	Oui (1)	Oui (2)	Déconseillé (3)
Bâtiments publics (commerces, spectacles, hôtels, restaurants...)	Oui (1)	Oui (1)	Oui (2)	(4)
Établissements sanitaires	Interdit (5)	Oui	Oui (2)	(6)
Bâtiments agricoles	Oui (1)	Oui (1)	Oui (2)	Non (3)
Établissements industriels	Oui (1)	Oui (1)	Oui (2)	(7)
Éclairage public	Oui	Oui	Oui (2)	Incompatible (3)
Locaux à risque d'incendie	Interdit	Oui	Oui	Oui
Locaux à risques d'explosion	Interdit	Oui	Oui	Oui
Installations de sécurité	Oui	Oui	Oui (2)	Exigé (8)
Salles informatiques	Incompatible (9)	Oui	Oui (2)	Incompatible (9)
Équipements à forts courants de fuite (fours, chaudières...)	Oui	Oui	Incompatible (9)	Incompatible (9)
Grandes cuisines	Oui	Oui	Incompatible (9)	Incompatible (9)
Machines-outils	Oui	Oui	Oui (2)	Déconseillé

(1) Schéma recommandé si la puissance de l'installation est supérieure à 250 kVA (possible à partir de 36 kVA dans certaines conditions) : schéma TN-C dans les circuits principaux et divisionnaires et schéma TN-S dans les circuits terminaux.

(2) Déconseillé pour les puissances supérieures à 250 kVA.

(3) En raison notamment des difficultés d'exploitation et de l'absence de service permanent d'entretien.

(4) Pour certaines installations de sécurité.

(5) Sauf pour la distribution générale.

(6) Schéma IT médical pour les salles d'opération, suivant NF C 15-211.

(7) Seulement pour des applications nécessitant une alimentation sans coupure.

(8) Dans les IGH.

(9) En raison notamment des courants de fuite.

d'environnement, être posés tels quels, ou nécessiter une protection complémentaire.

1.5.1 Fils et câbles

Ils sont désignés par des appellations codifiées [22], 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 U-1 000 R2V, H 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 ;
- 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.

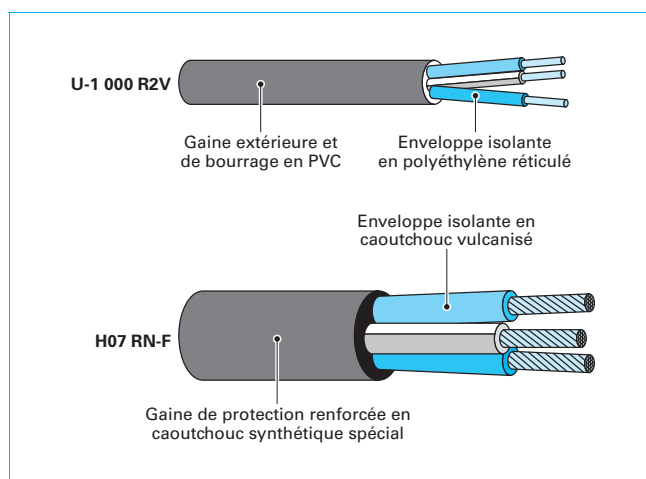


Figure 2 – Câbles usuels (d'après [2])

1.5.2 Conduits et profilés

■ 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.

- La **codification des conduits** est expliquée dans les tableaux 5 et 6.

- Le tableau 7 indique les **performances minimales des systèmes de conduits** en prenant en compte l'utilisation des accessoires.

- 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 8 [22]. Les influences externes sont données dans le dossier [18].

Le tableau 8 donne les conditions d'emploi des conduits en fonction des influences externes.

- Lorsque les conduits ne sont pas apparents (**noyés 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). Le guide UTE C 15-520 donne toutes les informations nécessaires pour une bonne mise en œuvre des conduits.

- 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

Tableau 4 – Conduits usuels (d'après [3])

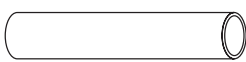
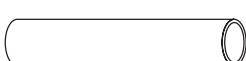
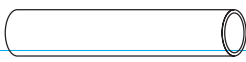


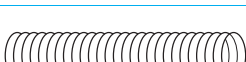
Schémas	Types de conduits	Codification
	Isolant rigide lisse	IRL 3321
	Métallique rigide lisse	MRL 5557
	Isolant cintrable, transversalement élastique lisse	ICTL 3421
	Métallique souple annelé	CSA 4421
	Isolant cintrable transversalement élastique annelé	ICTA 3422
	Isolant cintrable annelé	ICA 3321

Tableau 5 – Codification des lettres

Codification	Correspondance
I	Isolant
M	Métallique
R	Rigide
S	Souple
C	Cintrable
CT	Cintrable transversalement élastique
A	Annelé
L	Lisse

Tableau 6 – Codification des chiffres

Codification	Résistance à l'écrasement (en N)	Résistance aux chocs (en J)	Température minimale d'utilisation et d'installation (en °C)	Température maximale d'utilisation et d'installation (en °C)
1	Très légère 125	Très légère 0,5	+ 5	60
2	Légère 250	Légère 1	– 5	90
3	Moyenne 750	Moyenne 2	– 15	105
4	Élevé 1 250	Élevée 6	– 25	120
5	Très élevée 4 000	Très élevée 20	– 45	150
6				250
7				400

Tableau 7 – Performances minimales des systèmes de conduits

Appellation	Classification minimale	Système minimum correspondant
IRL	3321	1 conduit + 1 accessoire d'assemblage non intégré + 1 accessoire de changement de direction
MRL	5557	1 conduit + 1 accessoire d'assemblage non intégré
ICTL	3421	1 conduit + 1 accessoire d'assemblage non intégré
CSA	4421	
ICA	3321	1 conduit + 1 accessoire d'assemblage non intégré
ICTA	3422	1 conduit + 1 accessoire d'assemblage non intégré

Tableau 8 – Emploi en fonction des influences externes (d'après [22])

Système de conduits (1)	AA	AD (2)	AE (2)	AF	AG	AH	AK	AL	BB	BC	BD	BE	CA	CB
– MRL 5557	1-6	2	4	1	4	1	2	2	1	2	4	1, 2, 3	2	1
– CSA 4421	4, 5, 6	2	4	1, 2, 3	3	3	2	1	1	2	4	1, 2, 3	2	1,3 (3), 4 (3)
– ICTL 3421	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
– ICA 3321	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
– IRL 3321	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
– ICTA 3422	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1

(1) Pour des conditions d'influences externes différentes de celles données dans ce tableau, il convient de se référer à la documentation du constructeur.

(2) Ces valeurs correspondent aux degrés de protection des longueurs de conduit sans accessoires. Les accessoires assurent au minimum un degré de protection IP40.

(3) Les conducteurs doivent être de la série H07V-K.

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.

- Les éléments chauffants sont également préfabriqués, sous forme d'**épingles** fixées sur des supports déroulés et noyées 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.

■ Profilés

Les profilés se distinguent des conduits en ce que les conducteurs sont accessibles sur toute la longueur, après enlèvement d'un couvercle avec ou sans l'aide d'un outil. 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.
- Les **profilés pouvant être ouverts sans l'aide d'un outil** ne peuvent contenir que des câbles.

- Les **profilés ne pouvant être ouverts qu'avec l'aide d'un outil**, s'ils sont mis en œuvre avec leurs accessoires, peuvent recevoir des conducteurs. Dans ce cas, ils sont dénommés « **systèmes de conduits** ».

- 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.

■ 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 (gain de ventilation, fluides, chauffage, etc.), compte tenu de la nécessité impérative 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 intumescent, 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 inter-actions 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, celles-ci devant être raccordées 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 9 reproduit les marquages du matériel sur la plaque signalétique.

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 I P, 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 I K va ainsi jusqu'à 10.

Les matériels sont choisis en fonction des risques présents dans chaque local ou emplacement.

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** (celles-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 écrans des câbles de télécommunication aux masses aux deux extrémités ;
- séparer, dans leur cheminement, par catégories, les câbles de puissance, les câbles de relayage et les câbles de transmission.

■ Chaque bâtiment doit être muni d'une **prise de terre** à laquelle doivent être notamment reliés 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 mm² 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, forcés 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.

Note : la réalisation d'une prise de terre par une boucle à fond de fouille est obligatoire pour tous les bâtiments destinés à abriter des lieux de travail ou des locaux d'habitations collectifs (NF C 15-100 art. 542.2.3.1).



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.

La partie 5-54 de la norme NF C 15-100 traite des mises à la terre des conducteurs de protection et des liaisons d'équipotentialité.

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 descente de paratonnerre, etc. (figure 3).

Tableau 9 – Marquage du matériel – Classes

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

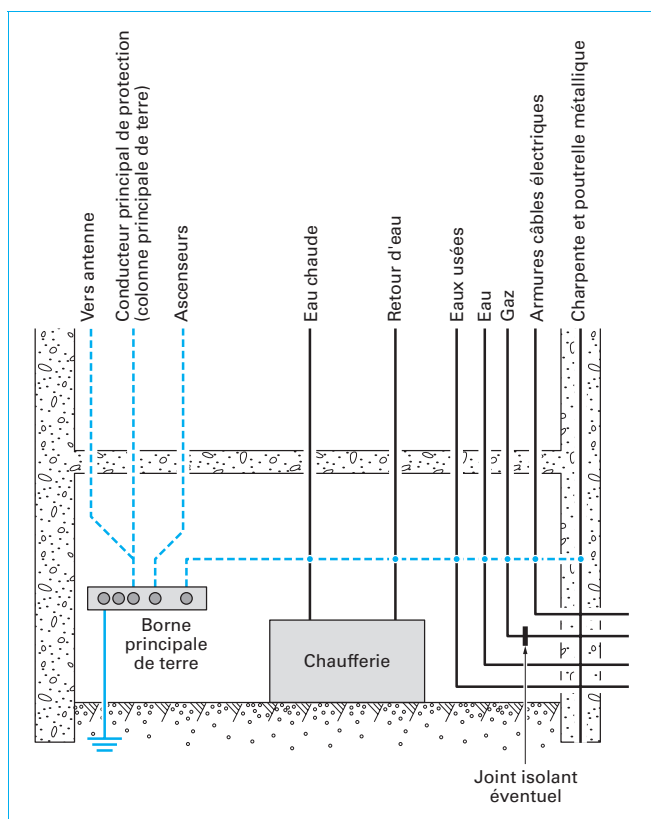


Figure 3 – Liaison équipotentielle principale d'un bâtiment collectif (d'après [3])

2. Réglementation particulière à certains types de 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 le dossier [C 3 750v2], 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, éclairage) est souvent décidé 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.

La prise en compte du décret N° 2006-555 du 17 mai 2006 relatif à l'accessibilité des bâtiments des personnes handicapées a fait évoluer les règles de la norme NF C 15-100 relative aux locaux d'habitations.

La norme a pris en compte les nouvelles dispositions sur la hauteur de l'appareillage, la signalisation lumineuse des dispositifs de commandes, et les niveaux d'éclairement minimum.

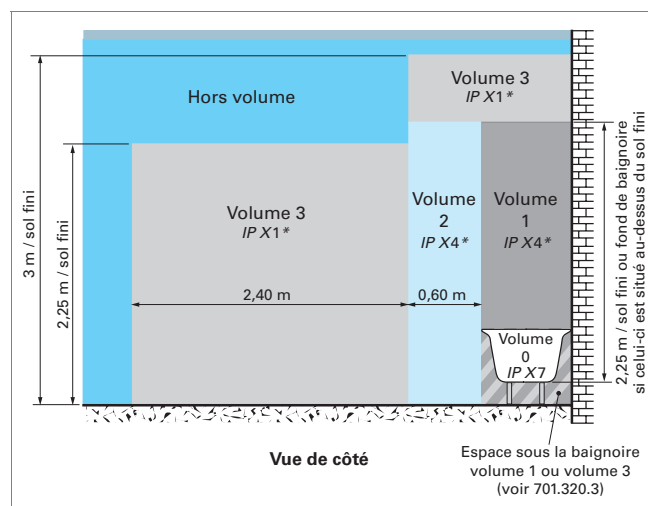


Figure 4 – Volumes de la salle d'eau (d'après [4])

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. Les points d'éclairages alimentés par une canalisation noyée dans le bâti doivent être équipés d'un socle DCL (Dispositif de connexion pour luminaire) permettant la connexion aisée des luminaires.

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 10.

Note : Mettre à jour la figure 4, voir dossier dessus.

2.2 Secteur tertiaire

2.2.1 À savoir

L'ensemble des locaux du secteur tertiaire est soumis au décret du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.



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. Les locaux de services électriques ne sont pas classés BE2 par la norme NF C 15-100, leurs équipements doivent respecter les prescriptions de l'article 7-781 de la norme NF C 15-100 ;
- les locaux **présentant des risques d'incendie**, comme les chaufferies de puissance utile supérieure à 70 kW, les stockages de combustibles, les locaux 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. Les installations électriques de ces locaux doivent respecter les prescriptions de l'article 4-422 de la norme NF C 15-100.

Tableau 10 – Matériels électriques dans la salle d'eau (d'après [5])

Matériel	Mesures de protection 1.6.1. 1.6.1. (1)	Dans les volumes (cf. figure 4)			
		0	1	2	3
Machine à laver, à sécher..... (2)	Classe I + DDHS				
Appareils de chauffage (3)	Classe I + DDHS				
	Classe II + DDHS				
Éclairage	Classe I + DDHS				
	Classe II + DDHS				
	TBTS 12 V	(4)	(4)		
	Transformateur de séparation (5)				
Chauffe-eau instantané	Classe I + DDHS				
Chauffe-eau à accumulation	Classe I + DDHS				
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			(6)	(6)	
Boîte de connexion					
Interdit 	Autorisé 				
<p>(1) DDHS : Disjoncteur différentiel à haute sensibilité < 30 mA.</p> <p>(2) 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 raccordements 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.</p> <p>(3) Dans les volumes 2 et 3, les boîtes de raccordement des appareils de chauffage doivent être situées derrière ceux-ci.</p> <p>(4) Le transformateur TBTS (très basse tension de sécurité) doit être placé en dehors des volumes 1 et 2.</p> <p>(5) 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.</p> <p>(6) Limitées à l'alimentation des appareils autorisés dans ces volumes.</p>					

Tous ces locaux répondent à des prescriptions particulières, tant du 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 pré-fabrication (§ 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 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, soit 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 goulottes courant le long des murs et allèges, soit par faux-plancher.

■ 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



Figure 5 – Réflexions sur écran (d'après [5])

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'éclairage 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 au dossier [17].

■ Salles de spectacles, de conférences, auditoriums, etc. (établissements de type L)

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 (établissements de type M)

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 (établissements de type N)

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 plusieurs niveaux selon l'heure d'utilisation, élevé pendant les repas, réduit entre les services, plus intime pour le soir.

■ Hôtels, pensions de famille (établissements de type O)

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 ([12] et [28]).

Chaque chambre (suite ou appartement) doit être alimentée par un circuit terminal distinct 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, autant décoratif, que fonctionnel.

Un groupe électrogène doit alimenter les services de sécurité non munis de leur propre source autonome. L'allumage des blocs autonomes d'éclairage de sécurité est piloté par le système de sécurité incendie. Ils doivent être équipés d'un système de sécurité incendie de type A.

Une catégorie particulière est celle des hôtels d'altitude (établissement de type OA) (à ne pas confondre avec les refuges de haute montagne, établissement de type REF) ; Les deux types d'établissements doivent être munis de paratonnerres.

■ Salles de danse, salles de jeux (établissements de type P)

- 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.

■ Établissements d'enseignement, colonies de vacances (établissement de type R)

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

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 « anti-vandalisme », avec des matériels de qualité correspondante.

- Dans les **écoles maternelles**, (locaux classés BA2 par la norme NF C 15-100) les appareillages électriques (socles de prises de courant, interrupteurs, etc.) sont situés à 1,20 m au-dessus du sol) et les radiateurs électriques accessibles doivent avoir une température de surface inférieure à 60 °C en régime normal.

- Les **laboratoires** d'enseignement doivent être équipés individuellement d'un dispositif de coupure d'urgence.

- Les locaux abritant des **activités autres que l'enseignement**, relèvent des dispositions relatives à ces activités :

- locaux de restauration et cafétéria (établissements de type N) ;
- gymnases et autres salles de sport (établissements de type X) ;
- salles de spectacles (établissement de type L).

- Les **locaux d'internat** seront équipés d'un système de sécurité incendie de type A.

■ Bibliothèques, centres de documentation (établissements de type S)

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 (établissements de type T)

Leur caractère essentiel est leur adaptabilité aux œuvres et matériels exposés, qui varient au gré des organisateurs. Leur équipement, selon leurs caractères et 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 (établissement de type U)

Ils présentent les **traits particuliers** suivants :

- nécessité impérieuse 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 impérieuse 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...).

Les équipements électriques à basse tension des locaux à usage médical doivent être conçus et réalisés selon la norme NF C 15-211.

Les principes fondamentaux de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements de soins sont très différents des autres types d'établissement, l'évacuation des malades n'étant envisagée que pour le compartiment sinistré.

■ Établissements de culte (établissement de type V)

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 (établissement de type X)

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 [11]. 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 (établissement de type Y)

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 (établissement de type PS)

- 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** (article PS 22) 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). En l'absence de poteaux les blocs d'éclairage bas peuvent être encastrés dans le sol, ces luminaires ne sont pas soumis à la marque NF AEAS. Toutes les couleurs sont autorisées à l'exception du rouge et de l'orange.

Seul les emplacements réservés au stationnement des véhicules sont classés BE 2 (emplacement à risque d'incendie).

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

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 simultanément**).

3.1 Logements

En application de la norme NF C 14-100, la puissance électrique minimale de dimensionnement des logements neufs **sans chauffage** électrique est indiquée dans le tableau 11.

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 ;

F2 : 150 l ;

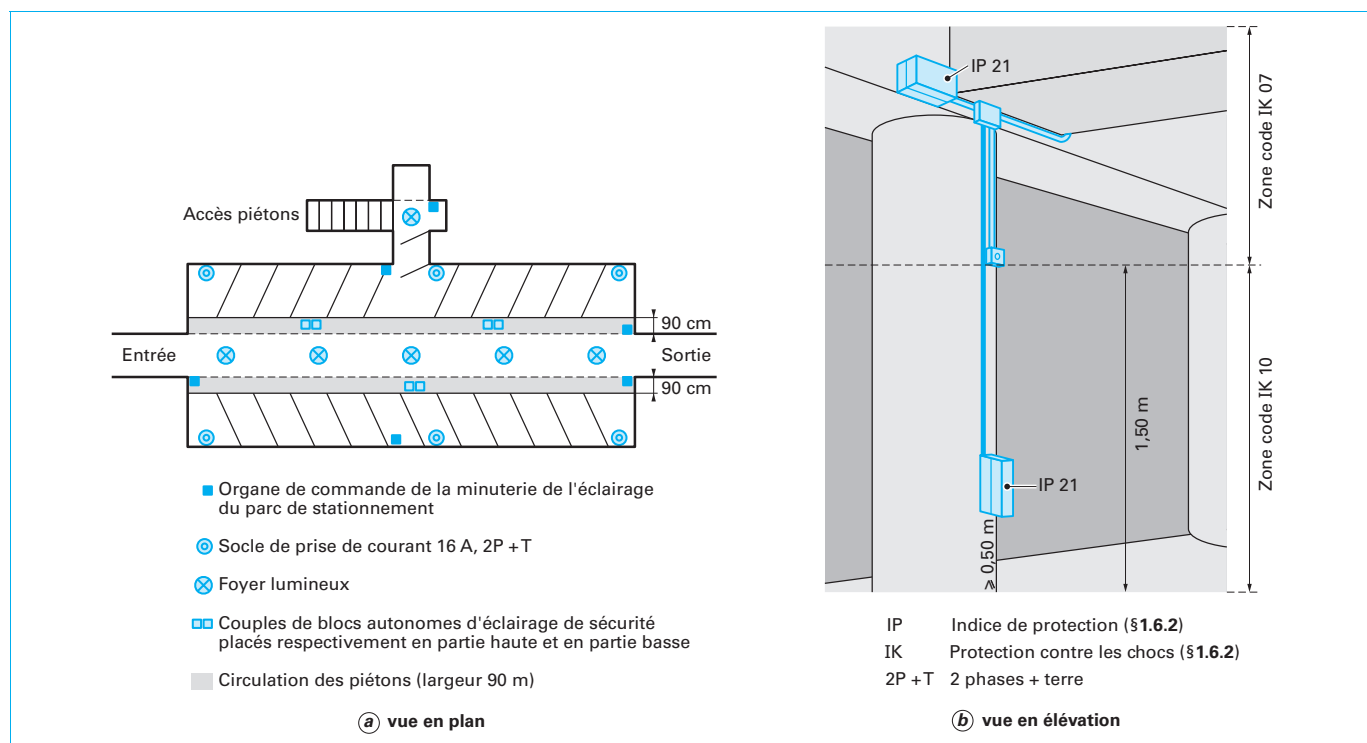


Figure 6 – Disposition de l'éclairage de sécurité dans un parking souterrain (d'après [3])

Tableau 11 – Puissances minimales de dimensionnement à prévoir par point de livraison

Local ou logement	Puissance (en kVA)
Local annexe non habitable	3
Logement de 1 à 2 pièces principales (1) ou de surface $\leq 35 \text{ m}^2$	6
Logement de 3 à 5 pièces principales (1) ou de surface $> 35 \text{ m}^2 \leq 100 \text{ m}^2$	9
Logement de 6 pièces principales (1) et plus ou de surface $> 100 \text{ m}^2$	12
(1) Ne sont pas comptées comme pièces principales les cuisines, salles d'eau, wc, dégagements, volumes de rangement.	

F3 : 200 l ;

F4 : 250 l ;

F5 et + : 300 l.

Dans le cas de **chauffage électrique**, le tableau 12 donne les formules à appliquer, selon le type d'habitat et le mode de chauffage, avec :

 D (W) déperditions, P (W) puissance à installer, V (m³) volume à chauffer, Δt (°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.

Tableau 12 – Puissances en chauffage électrique dans l'habitat

Mode de chauffage		Logement	
		Collectif	Individuel
Direct		$P = D + 15 V \leq 50 \text{ logements (1)}$	$P = D + 10 V$
		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.

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

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

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

3.2 Bureaux

Pour les locaux tertiaires, une puissance minimale de dimensionnement est définie par la norme NF C 14-100 (tableau 13).

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'éclairement égal, varier du simple au triple.

La réglementation thermique (RT 2005), fixe une puissance de référence pour un niveau d'éclairement de 100 lux d'éclairement maintenu. Le tableau 14 indique les puissances références pour différents types de locaux.

3.2.2 Prises de courant

On peut estimer à 200 W la puissance demandée à l'ensemble des prises de courant par poste de travail (écran, imprimante, etc.), avec un facteur de simultanéité de 0,6 à 0,8 selon l'activité.

Les serveurs, imprimantes centralisées et les photocopieurs sont à ajouter aux puissances précédentes.

Tableau 13 – Puissance minimale de dimensionnement pour les locaux tertiaires

Type de locaux	Puissance minimale de dimensionnement (en VA/m ²)
Bureaux et locaux associatifs	40
Petits locaux commerciaux, artisanaux et médicaux	75

Tableau 14 – Puissance installée de référence de l'éclairage

Destination de la zone	Puissance de référence
Commerces et bureaux Établissements d'enseignement Établissements sanitaires Industrie Salles de spectacle, de conférences Hôtellerie. Restauration Locaux non compris dans une autre catégorie	12 W/m ²
Établissement sportif Stockage et transport	10 W/m ²
Local demandant un éclairage à maintenir > 600 lx.	2,5 W/m ² pour 100 lx, avec une limite supérieure de 25 W/m ²

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 3 750]).

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 de 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 [9] sont donnés ci-après.

4.2 Immeubles de logements

4.2.1 Services généraux

Il y a lieu de distinguer :

- les **installations de branchement** situées dans les parties communes (Norme NF C 14-100) ;
- les **tableaux de distribution des services généraux** : (Norme NF C 15-100) éclairage des circulations et de certains services, alimentation des ascenseurs, surpresseurs, extracteurs d'air... ;
- le tableau des alarmes techniques, qui, en général, est placé 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 ;
 - 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 :
 - ≤ 25 logements : Un espace en gaine tel que défini par le guide UTE C 15-900 ;
 - > 25 logements un local technique d'une surface de 6 m².

■ Gaines

- Des gaines verticales sont distinctes :
- pour l'**électricité** « courants forts » colonnes montantes (norme NF C 14-100) ;
 - pour les **communications**, (guide UTE C 15-900) informatique, vidéo, télédistribution et « courants faibles » ;
 - pour le gaz.

Les dimensions de la gaine **électricité** sont rappelées dans le tableau 15.

La gaine **communications** conforme au guide UTE 15-900 est d'une profondeur de 30 cm, une largeur minimale de 40 cm et d'une hauteur égale à toute la hauteur entre sol et plafond (2,20 m minimum).

4.2.2 Logements

Chaque logement est équipé d'une gaine technique privative, appelée Gaine technique du logement (GTL), 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 dispositif de comptage de l'énergie ;
- l'organe de coupure et protection (AGCP) ;
- le coffret de protections et de répartition à basse tension ;
- un dispositif terminal de l'installation de communication (DTI) ;
- un dispositif permettant le « brassage » des canalisations de communication ;
- un répartiteur de télévision (réseau herzien) ;
- éventuellement 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 service électrique, comportant le tableau général à basse tension ;
- un local technique de communication « courants faibles » ;

Plus éventuellement :

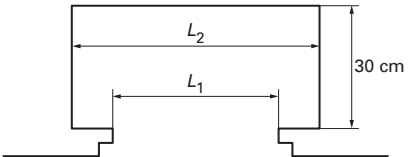
- un poste de livraison et de transformation HT/BT ;
- le local du groupe électrogène ;
- un local de batterie d'accumulateurs, ou d'alimentation sans interruption.

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 [9].

■ 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.

Tableau 15 – 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 ₁ minimal (cm)	L ₂ minimal (cm)	Largeur des portes (cm)
Colonne 200 A sans branchement à puis- sance surveillée	60	73	63
Colonne 200 A avec branchement à puis- sance surveillée	113	126	116 (33 + 83) (2)
Colonne 400 A sans branchement à puis- sance surveillée	103	116	106 (33 + 73) (2)
Colonne 400 A avec branchement à puis- sance surveillée	143	156	146 (73 + 73) (2)

(1) La puissance surveillée concerne les tarifs pour lesquels le dépassement de la puissance souscrite ne se traduit pas par un déclenchement comme dans le tarif à puissance limitée mais par une pénalisation.
(2) Cas de deux vantaux.

Les figures 7a et 7b 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.

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) ;
- la **tarification** vise à optimiser la gestion de la production et de la distribution, en tentant d'infléchir le comportement de l'utilisateur.

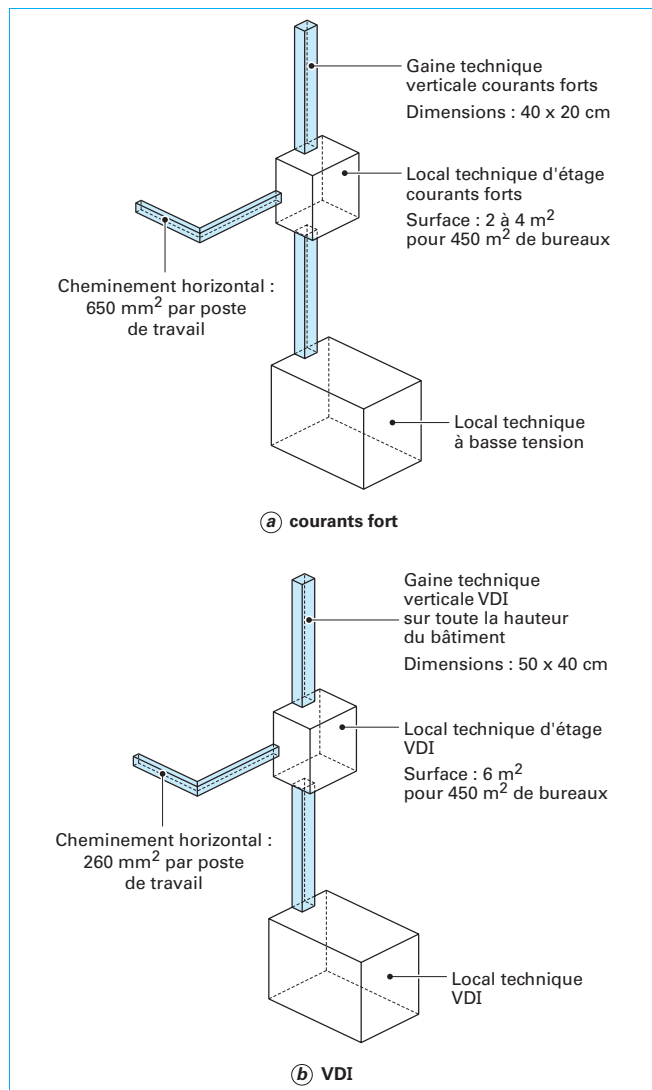


Figure 7 – Réervations pour gaine technique verticale, local technique d'étage et cheminements horizontaux (d'après [10])

5.1.2 Différents types d'alimentation

■ Alimentation normale

C'est une alimentation destinée à assurer l'exploitation. Elle est, en général, issue du réseau de distribution public.

■ 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.

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 *a priori* une fois pour toutes, ou modulé selon les besoins (dans la limite de puissance) au moyen d'appareillages particuliers.

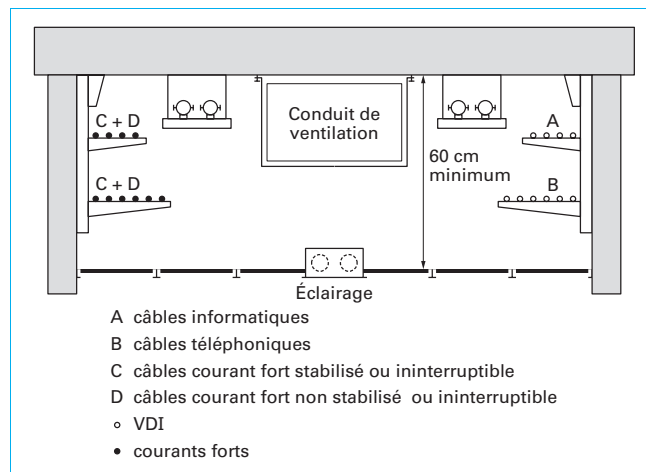


Figure 8 – Cheminements horizontaux en faux-plafond (d'après [9])

■ Alimentation « haute qualité »

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 »** [29], 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).

■ 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 750v2]), 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].

■ Cogénération

La cogénération, combinant les productions d'énergies électrique et thermique (chaleur), 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 ;

On consultera utilement les dossiers [30] et [31].

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. La grande puissance des sources de productions permet le maintien des caractéristiques (tension, courant, fréquence) 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

■ Exposé des problèmes

L'analyse des perturbations consiste à traiter de ce que l'on appelle également la **compatibilité électromagnétique CEM** ([13], [14], [15]). En fait, il s'agit des dysfonctionnements liés aux appareils d'utilisations. 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.

■ 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, toutes atteintes 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 **16** résume les principales perturbations rencontrées dans une installation électrique, par catégories de fréquence des phénomènes.

Le tableau **17** récapitule les mesures d'atténuation ou de protection.

■ 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) ([13], [14] et [15]).

5.2.3 Harmoniques

■ 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 ;
- 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.

• **Tensions** déformées par les courants harmoniques ; les effets peuvent être différés ou instantanés, par exemple :

- **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 analogique « bruité ».

• **Autres exemples d'effets constatés** :

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

■ Atténuation des harmoniques

• **Première mesure** d'atténuation des effets des harmoniques : augmenter la section des conducteurs, utiliser une section du conducteur neutre équivalente voir supérieure à celle des phases (alors que, sous certaines conditions, la norme NF C 15-100

Tableau 16 – Natures, causes et effets des perturbations

Natures	Causes	Équipements perturbés
Perturbations à basse fréquence		
Variations brusques de tension (creux de tension, coupures brèves...)	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts dans le réseau d'alimentation • Appareils de soudage • Fours à arc • Courts-circuits • Démarrage de moteurs • Radiologie, radioscopie 	<ul style="list-style-type: none"> • Éclairage • Contacteurs • Moteurs • Électronique de puissance • Matériels de traitement de l'information • Procédés industriels • Automates programmables
Harmoniques	<ul style="list-style-type: none"> • Éclairage alimenté par dispositif ferromagnétique ou à découpage • Redresseurs • Alimentations à découpage 	<ul style="list-style-type: none"> • Échauffements des moteurs • Conducteurs (sections) • Condensateurs
Surtensions à fréquence industrielle	<ul style="list-style-type: none"> • Défauts entre installations HT et BT 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériels informatiques et électroniques • Éclairage • Moteurs
Perturbations à haute fréquence		
Surtensions transitoires	<ul style="list-style-type: none"> • Foudre (directes ou indirectes) • Appareillage de manœuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériels informatiques et électroniques • Condensateurs
Champs électromagnétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Émetteurs (radiocommunication, télévision, talkie-walkie, etc.) • Éclairage : mise sous tension de ballast ferromagnétique • Systèmes de surveillance • Télécommandes • Appareils à micro-ondes • Foyers à induction 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériels informatiques • Signalisation • Systèmes d'alarme • Automates programmables • Circuits de transmission de signaux numériques

Tableau 17 – Mesures d'atténuation et de protection

Dispositions	Variations brusques de tension	Harmoniques	Surtensions		Champs électro-magnétiques
			À fréquence industrielle	Transitoires	
Dispositions à la construction					
Conception du réseau de masse			×	×	×
Choix du schéma des liaisons à la terre		×	×	×	
Augmentation de la puissance de l'alimentation	×	×	×	×	
Augmentation de la section des conducteurs	×	×			
Sélectivité des protections	×				
Disposition des canalisations					×
Dispositions lors de l'installation					
Structure de l'installation	×				
Alimentations sans interruption (ASI)	×				
Installation de filtres		×	×		
Utilisation de matériels de classe II			×		
Mise en œuvre de transformateurs de séparation		×	×	×	×
Liaison par fibres optiques					
Mise en œuvre de dispositifs de protection contre les surtensions				×	

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.

■ Élimination des harmoniques

Elle se fait en veillant à :

- utiliser des récepteurs « propres » ;
- choisir des structures, électriques, électroniques et systèmes ;
- réaliser des 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 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 « inter-harmoniques », 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

■ 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 (ré-enclenchements 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 éventuels risques 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.

■ 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 18) et du niveau kéraunique du site.

Si le niveau kéraunique est supérieur à 25, ou si les matériels sont très sensibles aux surtensions, les préconisations du tableau 18 seront mises en œuvres.

- 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) ;

Tableau 18 – 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
Nota : le parafoudre peut être raccordé entre une phase et la terre, ou entre phases, ou entre une phase et le neutre.	

- 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'emballlement thermique,
 - les courts-circuits,
 - les courants de défaut à la terre.

On consultera à cet effet l'article *Parafoudre basse tension* [28].

■ 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 relié 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, raccordé avec le ceinturage à fond de fouille, des prises de terre dédiées sont placées à leurs extrémités avec 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 les articles [10] et [16].

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, IMO, KEMA, etc.), ou européenne (ENEC pour les luminaires et accessoires).

6.2 Labels

■ Promotelec

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

- **label Performance** : concerne les logements neufs individuels ou collectifs et s'inscrit dans une démarche de développement

durable. Ce label est porteur des mentions HPE, THPE, HPE EnR, THPE EnR ou BBC Effinergie ;

- **label Promotelec habitat existant**. Pour avoir l'assurance que l'installation électrique de votre logement vous apportera un confort optimal, tout en vous assurant la maîtrise du coût d'exploitation de chauffage ;

- **label Promotelec Ecodom**. Destiné aux logements situés en outre-mer, ce label a pour objectif d'améliorer le confort thermique des occupants, en privilégiant la climatisation naturelle, tout en réduisant les consommations d'énergie.

■ 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.

Exemple

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.

Exemple

Avis délivrés par la commission U 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*.