



CONFORME
à la série
de normes
NF C 15-100

Thierry Gallauziaux et David Fedullo

LE GRAND LIVRE DE L'ÉLECTRICITÉ

7^e ÉDITION



Éditions
EYROLLES

PAR LES AUTEURS
AU MILLION
D'EXEMPLAIRES
VENDUS

Sommaire

VALEURS ET UNITÉS DE MESURE

Un point sur l'électricité	11
Comment ça marche	12
Les valeurs	14
Les groupements d'éléments	16
Les éléments en série	16
Les éléments en parallèle	18
Les types de courant	18
Le courant continu	18
Le courant alternatif	20
Les risques	20
Les appareils de mesure et leur emploi	23
Les appareils de mesure	23

Mesurer les valeurs	23
La mesure d'une tension	23
La mesure d'une intensité	26
La mesure d'une résistance ou de la continuité	26

LE DIAGNOSTIC DE L'INSTALLATION DOMESTIQUE

Le principe du diagnostic électrique	28
Les points de contrôle	29
Fiche de contrôle 1	29
Fiche de contrôle 2	32
Fiche de contrôle 3	32
La prise de terre	35
Le conducteur de terre et la liaison équipotentielle	35

Les conducteurs de protection.....	37
Les autres dispositions.....	37
Fiche de contrôle 4	39
Fiche de contrôle 5	41
Fiche de contrôle 6	44
Fiche de contrôle 7	46
Fiche de contrôle 8	46
Fiche de contrôle 9	49
Fiche de contrôle 10	49
Fiche de contrôle 11	53
La conformité de l'installation	55
La série de normes NF C 15-100	55
Le Consuel	57
Promotelec	58

LA PLANIFICATION DE L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE

L'évaluation des besoins	60
Les équipements courants	60
La prise de terre.....	60
L'éclairage.....	61
Les lampes LED.....	68
Les lampes halogènes.....	77
Les lampes fluorescentes.....	79
Les prises confort.....	83
Les alimentations spécifiques.....	84
Le réseau de communication.....	84
TV, hi-fi, alarme.....	84
L'accueil des visiteurs.....	86
La ventilation mécanique.....	86
La ventilation mécanique ponctuelle ou répartie.....	88
La ventilation mécanique contrôlée (VMC).....	92
L'aspiration centralisée.....	97

L'éclairage extérieur.....	98
Les besoins en puissance	99
Les gros appareils ménagers.....	99
Le chauffage électrique.....	99
Les procédés de chauffage.....	101
Le convecteur.....	102
Le panneau rayonnant.....	104
Les appareils à chaleur douce.....	108
Les appareils à inertie.....	108
Les appareils soufflants.....	108
Les sèche-serviettes.....	111
L'infrarouge.....	113
Les appareils à accumulation.....	114
Les plafonds rayonnants plâtre (PRP).....	115
Les planchers rayonnants.....	115
La production d'eau chaude.....	119
Isoler pour réduire les dépendances énergétiques	122
Les ponts thermiques	126
La certification et les labels des isolants	131
La certification des performances.....	131
Les performances thermiques des matériaux.....	134
Les solutions d'isolation et leurs performances	140
Les solutions d'isolation des parois verticales.....	141
L'isolation rapportée par l'intérieur.....	141
Les complexes de doublage.....	142
L'isolation avec ossature.....	144
L'isolation avec contre-cloison.....	145
L'isolation par l'extérieur (ITE).....	146
L'isolation thermique des planchers bas.....	149
Les planchers sur terre-plein.....	149
Les planchers bas sur vide sanitaire ou local non chauffé.....	151
L'isolation des toitures inclinées.....	156
L'isolation des combles perdus.....	157
L'isolation des combles aménageables.....	162
L'isolation des combles en rénovation.....	163
L'isolation des combles dans le neuf.....	165

Les menuiseries extérieures	167
Choisir l'abonnement adapté	170
Les tensions de raccordement	170
La puissance de raccordement	171
Estimer la consommation future	171
Le délesteur et les gestionnaires d'énergie	172
Les options tarifaires	173
Le tarif option de base	174
Le tarif option heures creuses	174
Le tarif option Tempo (EDF)	175
Le compteur	177
Dans le cas d'un compteur existant	177
En cas d'absence de comptage	183
Réaliser le plan de l'installation	185
Le rappel des fonctions des appareillages	187
Les pièces	187
Les couloirs et circulations	190
L'éclairage	192
Les chambres	194
Le salon	195
La cuisine	196
Les salles d'eau	198
Les volumes de la salle de bains	199
La sécurité	202
Les WC	213
Le sous-sol	213
L'extérieur	214
Déterminer le type de distribution	221
Les diverses possibilités	221
La distribution apparente	221
La fixation directe sur paroi	221
La distribution sous conduits rigides	221
La distribution sous profilés	222

La distribution encastrée dans les parois	223
La distribution semi-encastrée	223
La distribution par le sol	223
La distribution avec une isolation thermique	223
La distribution par les combles	224
La distribution enterrée	224
Les appareillages radio et la maison connectée	225
Le principe d'une installation connectée	225
Les équipements radio	228
L'évolution vers une installation connectée	231
Les passerelles	232
Les produits radio pour l'installation électrique	234
La mise en œuvre d'un système radio	239
La microproduction	239
Les énergies renouvelables	240
L'énergie solaire photovoltaïque	240
Produire de l'électricité avec des panneaux solaires	241
L'installation des panneaux	248
Le rendement	251
Le raccordement au réseau selon les options	253
Les règles normatives d'une installation photovoltaïque	255
Les onduleurs	264
La protection contre les interférences électromagnétiques	269

Les installations autonomes	273
Les marquages obligatoires	276
Les éoliennes domestiques	278
La microhydraulique	282
La cogénération	285

MISES EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION

Avant de commencer	287
L'outillage	287
Le matériel	297
Les conducteurs	298
Les conducteurs isolés	298
Les câbles	300
La dénomination	300
Les profilés	301
Les conduits	303
L'appareillage	305
Les savoir-faire	307
La dépose d'une installation électrique existante	307
Faire du plâtre	309
Le passage dans les conduits	312
Les connexions	317
Le repérage des lignes	319
La distribution	320
La pose apparente	320
La fixation directe sur paroi	323
La pose sous conduits IRL	329
La pose sous profilés en plastique	337
La pose sans accessoires	343
La pose avec accessoires	346
La pose en vide de construction	357
La pose encastrée	357
Les murs porteurs	357

Les murs non porteurs en maçonnerie de petits éléments	360
Les règles pour les carreaux de plâtre pleins ou alvéolés	362
Les règles pour les cloisons sur ossature métallique et les doublages	362
L'intégration dans les planchers	363
L'alimentation des luminaires en encastré	365
Exemple de mise en œuvre d'une installation encastrée	371
La pose semi-encastrée	383
La pose dans le sol	394
La pose avec une isolation thermique	397
La distribution par les combles	406
La pose enterrée	411
Étude d'exemple	415
Étude de la distribution	415
Les montages	415
La dérivation individuelle	416
L'ETEL et la GTL	423
L'ETEL	423
La GTL	425
Les tableaux de répartition divisionnaires	431
Le tableau de répartition principal	434
Les dispositifs de protection	434
Les dispositifs différentiels haute sensibilité (DDRHS)	437
Les interrupteurs différentiels	439
Les disjoncteurs différentiels	447
Les coupe-circuits domestiques	449
Les disjoncteurs divisionnaires	449
Les disjoncteurs de protection contre les arcs électriques	452
La mise à la terre	453

La prise de terre	453
Le conducteur de terre	457
La barrette de mesure	457
La borne principale de terre	457
Le conducteur principal de protection	458
Le répartiteur du tableau	458
Les liaisons équipotentielles locales	458
Les conducteurs de protection	458
La mesure de la terre et le contrôle de l'installation	459
La protection contre les surtensions d'origine atmosphérique	462
Le parafoudre basse tension	464
Le parafoudre pour les circuits de communication	466
Les circuits de puissance	468
Les prises de courant	468
Les prises de courant non spécialisées	471
Les prises de courant 16 A - 2 P + T	471
Les prises 20 A et 32 A en monophasé	472
Les prises 32 A en triphasé	474
Les prises commandées	474
Les prises de courant connectées	474
Les prises pour appareils de communication	483
Les prises et les circuits spécialisés	483
Lave-linge, lave-vaisselle, sèche-linge, four	485
Congélateur, informatique	485
Plaques de cuisson, cuisinière	485
La chaudière	485
Le chauffe-eau électrique à accumulation	485
Les chauffe-eau thermodynamiques	487
La production d'eau chaude électrique connectée	493
La ventilation	496
La VMC (ventilation mécanique contrôlée)	496
Les extracteurs	499
Le chauffage électrique	500
Les convecteurs et les panneaux rayonnants	500
Les appareils à accumulation	510
Les éléments chauffants intégrés au bâti	512
Les délesteurs	523
La gestion du chauffage par zones	523

Le gestionnaire d'énergie	537
Les indicateurs de consommation	539
Les gestionnaires d'énergie avec indicateur de consommation	545
Emplacement des thermostats et des sondes	547
Puissance des émetteurs muraux	547
Régulation du chauffage à eau chaude	550
Le thermostat d'ambiance	550
Le thermostat programmable filaire	550
Le thermostat programmable sans fil	553
La gestion d'un chauffage hydraulique sur plusieurs zones	558
Les gestionnaires d'énergie avec indicateur de consommation pour les installations hydrauliques	565
Les circuits d'éclairage	568
Le simple allumage	569
Le simple allumage connecté	571
L'interrupteur à voyant	576
L'interrupteur automatique	579
Le double allumage	580
Le double allumage connecté	581
Le va-et-vient	584
Le va-et-vient connecté	586
Le télérupteur	589
Les minuteries	594
Le circuit de télérupteur ou minuterie connecté	596
Le variateur	597
Les variateurs connectés	600
Le télévariateur	603
Les relais multifonctions	604
Les commandes par détecteur en extérieur	605
L'interrupteur crépusculaire	605
L'interrupteur horaire	605
La pose des luminaires	608
Les plafonniers et appliques	608
Les plafonniers	608
Les appliques	611
Les spots encastrables	612
Les spots LED en 230 V	614
Les spots LED à courant constant	616
Les spots LED à tension constante	618

La variation des éclairages LED	623
L'installation des spots encastrés	626
Les solutions connectées	633
Les autres montages	634
Les systèmes pour l'accueil des visiteurs	634
Les sonnettes et carillons	634
Le portier interphone	637
Le portier vidéo	637
Les volets roulants	640
Les commandes connectées pour volets roulants	640
Les stores bannes	643
Solutions connectées pour autres ouvrants	646
Les commandes générales, de groupe ou de scénario connectées	647
La diffusion sonore	649
Les enceintes acoustiques	649
Les systèmes de diffusion sonore	651
L'alimentation d'une cave ou d'un garage en immeuble	653
Les systèmes de charge pour les VE	654
Les communications	657
Le raccordement au réseau public	657
L'installation téléphonique existante	657
Le réseau de communication	659
La télévision	686
L'alarme	690
La domotique	698
L'installation du tableau de répartition	706
Le raccordement	706
Le schéma de l'installation	711
Le remplacement d'un tableau ancien	715
Les protections réparties	715
La mise en sécurité d'un tableau existant	718
Le remplacement d'un tableau avec protections bipolaires	718
Le remplacement d'un tableau avec protections unipolaires	722
Le remplacement d'un tableau encastré	725

DÉPANNAGES D'UNE INSTALLATION EXISTANTE

Les pannes d'alimentation générale	735
Le disjoncteur de branchement	737
Les surcharges	737
Les courts-circuits	740
Le défaut d'isolement	741
Le déséquilibre des phases en triphasé	745
La coupure d'une phase ou du neutre	746
Le tableau de répartition et les circuits	748
Le dépannage des dispositifs de protection	748
Le cas d'un fusible fondu	749
Le cas d'un échauffement anormal	751
Les dispositifs différentiels haute sensibilité	754
Le remplacement d'une protection modulaire	756
Les pannes pouvant survenir sur les lignes	758
Les échauffements anormaux	758
Les mauvais contacts (épissures)	758
Les lignes sectionnées	761
Les lignes en défaut d'isolement	764
Les pannes des circuits de prises de courant	767
Panne sur une seule prise	767
Panne sur plusieurs prises	767
Le remplacement d'une prise ancienne	767
Le cas d'une prise de courant en saillie	769
Le cas d'une prise de courant encastrée	769
La recherche d'une panne sur un circuit de prises	773
Les pannes des commutateurs et leurs remèdes	773

Les pannes des variateurs et leurs remèdes.....	779
Les pannes des télerupteurs et leurs remèdes.....	779
La recherche d'une panne sur un circuit d'éclairage.....	779
Les pannes des sonnettes et leurs remèdes.....	785

DÉPANNAGES COURANTS DES APPAREILS

Les pannes des chauffe-eau électriques.....	787
L'eau est froide.....	787
L'eau est trop chaude.....	793
Le chauffe-eau à thermostat électronique.....	793
Le chauffe-eau déclenche le disjoncteur.....	797
Les pannes du circuit d'alimentation.....	797
Les pannes des appareils de chauffage.....	799
Un appareil ne chauffe plus.....	799
Un appareil chauffe de manière excessive.....	802
Un appareil est en défaut d'isolement.....	802
L'entretien des appareils de chauffage.....	802
Les luminaires.....	802
Les suspensions.....	802
Les suspensions à une lampe.....	802
Les pannes des suspensions à une lampe.....	804
Les lustres et leurs pannes.....	805
Les lampes à poser.....	811
Les pannes des lampes à poser et leurs remèdes.....	811

Le montage d'une lampe.....	811
Les lampadaires halogènes en 230 V.....	815
Le cas d'un lampadaire qui ne fonctionne plus.....	815
Défaut d'isolement ou court-circuit.....	821
Les luminaires en TBTS (12 V).....	822
L'ampoule s'éteint.....	822
Le luminaire ne s'allume pas.....	824
Les spots TBTS encastrés.....	824
Les luminaires fluorescents.....	825
L'allumage du tube est long et difficile.....	828
Le tube scintille ou clignote.....	828
La réglette ronronne.....	828
La réglette ne s'allume pas.....	828
Le remplacement du tube par un modèle LED.....	828
Les petits appareils électroménagers.....	831
L'aspirateur.....	831
L'aspirateur fonctionne mais n'aspire plus.....	832
L'aspirateur ne se met pas en route.....	832
L'aspirateur s'arrête de lui-même.....	835
Le fer à repasser.....	835
Le fer ne chauffe plus.....	838
Le fer chauffe trop ou pas assez.....	838
Le fer déclenche le disjoncteur.....	838
Le fer ne produit plus de vapeur.....	838
Le four.....	838
Le four ne s'allume pas.....	841
L'une des résistances ne chauffe plus.....	841
Le four chauffe trop ou chauffe insuffisamment.....	841
Le four déclenche le disjoncteur de façon intempestive.....	841
Les gros appareils ménagers.....	843
Les plaques de cuisson.....	843
Des plaques en fonte déclenchent le disjoncteur.....	843

Une plaque ne chauffe plus.....	843
Une plaque à palpeur rougit.....	845

Le réfrigérateur	845
Le réfrigérateur fonctionne mais ne produit pas de froid	847
Le réfrigérateur produit trop de froid.....	847
Le réfrigérateur ne produit pas suffisamment de froid	847
Le réfrigérateur émet un bruit mais ne démarre pas	847

De l'eau s'accumule au fond du réfrigérateur	847
--	-----

Le lave-linge	847
Le lave-linge ne démarre pas.....	847
Le lave-linge déclenche le disjoncteur.....	849
La machine se remplit anormalement.....	849
Le tambour ne tourne pas	849
L'eau chauffe trop ou pas assez	849
Le lave-linge ne vidange pas.....	849

Valeurs et unités de mesure

Cette partie introductive présente brièvement les principes de base de l'électricité et sa nature. L'objectif est d'éclaircir simplement le courant électrique, sans entrer dans la théorie. Le rappel est fait sur les valeurs et unités essentielles, ainsi que sur leur différences (intensité, puissance et tension). Pour rénover une installation électrique et maîtriser les dépannages et les réparations des appareillages électriques, il est important de savoir les mesurer, ce qui est également expliqué en détail dans cette partie.

Un point sur l'électricité

L'électricité est une énergie qui existe à l'état naturel. Sa manifestation la plus connue est l'éclair lors d'un orage. Mais on ne peut pas la classer au même titre que les autres, car elle présente un inconvénient de taille : elle est difficilement stockable.

Il est nécessaire de la produire en permanence à partir d'autres énergies (centrales thermiques, hydrauliques, nucléaires ou systèmes de produc-

tion photovoltaïque, éolien, de cogénération, etc.). Elle présente l'avantage d'être facilement transportable, de ne pas nécessiter de lieu de stockage, d'être immédiatement utilisable et propre. Le seul point que l'on pourrait lui reprocher est l'aspect inesthétique des lignes aériennes à haute tension, ainsi que de certaines installations dans nos habitations.

Malheureusement, si elle est mal maîtrisée, l'électricité est dangereuse. C'est pourquoi l'on ne cesse d'imposer des normes de plus en plus strictes, de créer du matériel plus sécurisé et plus performant.

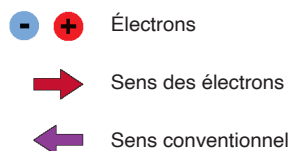
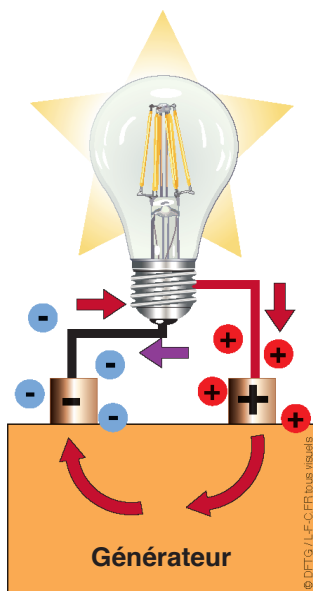
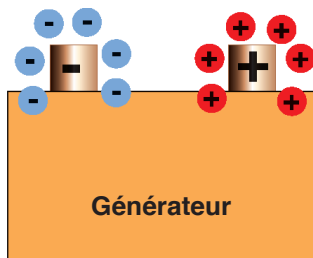


Figure 1 : Le principe du générateur électrique

Pour bien maîtriser un domaine, il faut parfaitement le connaître, c'est pourquoi nous essaierons d'exposer simplement les principes.

Comment ça marche

Un courant électrique est la circulation d'électrons libres entre deux points d'un corps conducteur. Les électrons sont des particules qui gravitent autour d'un noyau (comme les planètes autour du Soleil). Le noyau et ses électrons constituent

un atome. On appelle électron libre un électron pouvant se détacher facilement de l'atome. On distingue deux sortes de matériaux : ceux qui possèdent des électrons libres, appelés les *conducteurs* (essentiellement les métaux), et ceux qui n'en possèdent pas, appelés les *isolants* (verre, porcelaine, plastique, bois, etc.).

Le générateur : un générateur est un appareil qui produit de l'électricité. Il est muni de deux bornes métalliques. Il contient un dispositif qui crée un excès d'électrons sur une borne et un manque sur l'autre. On symbolise ces bornes avec plus (+) pour le manque et moins (-) pour l'excès (figure 1). Lorsqu'on raccorde un récepteur à ses bornes (une ampoule sur une pile, par exemple), le générateur agit comme une pompe à électrons. Il absorbe les charges + et renvoie les -. Dans le circuit, les électrons circulent de la borne - vers la borne +. Le courant électrique possède donc un sens. Autrefois, on pensait que le courant circulait de la borne + vers la borne -. En réalité, c'est l'inverse qui se produit, mais on a conservé cette convention.

Un courant électrique peut provoquer divers effets (chimiques ou physiques) selon la nature de l'élément traversé (figure 2).

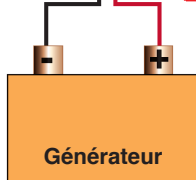
L'effet calorifique : quand un courant électrique traverse un matériau résistant, l'énergie électrique se transforme en énergie calorifique. Cet effet est utilisé pour le chauffage électrique (un convecteur électrique utilise ce principe). Dans le cas de l'éclairage, c'est un effet indésirable : la résistance se compose d'un filament de tungstène porté à incandescence, sous l'effet du passage de l'électricité, dans une enveloppe de verre contenant un gaz rare (krypton, par exemple) ou dans laquelle on a fait le vide. Une partie de l'énergie se transforme en lumière et une autre en chaleur. C'était un inconvénient des lampes à incandescence, qui ont pratiquement disparu. Cet effet peut être encore constaté avec les lampes halogènes. Même les lampes LED actuelles produisent de la chaleur, mais en quantité plus faible.

Les effets du courant électrique

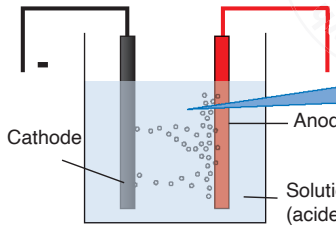
1 L'effet calorifique



Sous l'effet du passage du courant électrique, la lampe s'allume, son filament rougit et dégage de la chaleur : c'est l'effet calorifique.



2 L'effet chimique (électrolyse)

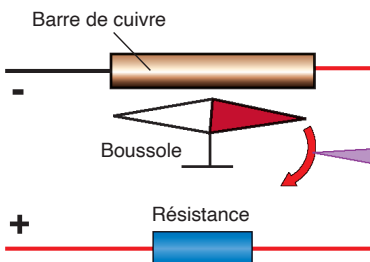


Sous l'effet du passage du courant électrique, il se produit un échange d'électrons entre l'anode et la cathode.

L'effet peut être inversé

Avec une électrolyse, on peut créer de l'électricité (piles, batterie de voiture, par exemple).

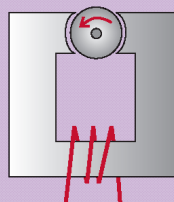
3 L'effet magnétique



Sous l'effet du passage du courant électrique, l'aiguille de la boussole dévie. Le courant crée donc un champ magnétique qui se superpose au champ terrestre.

L'effet peut être inversé

En faisant tourner une dynamo, par exemple, au moyen d'une autre énergie, on produit de l'électricité.

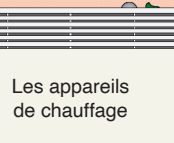
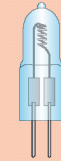


Les applications

Les fusibles



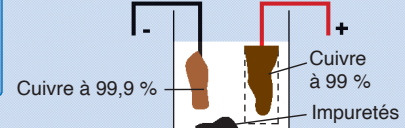
L'éclairage halogène ou à incandescence



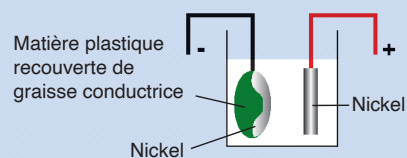
© DFTG / LFC-CFR tous droits réservés

Les applications

- Le dépôt métallique par électrolyse (chromage, cuivrage, dorure, argenture)
- Le raffinage de certains métaux (cuivre dans l'exemple)

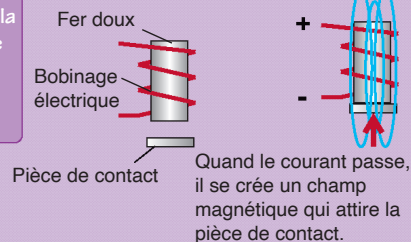


- La galvanoplastie (dépôt de nickel sur du plastique)

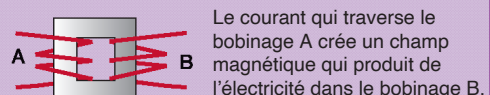


Les applications

- L'électroaimant, qui est utilisé dans de nombreux appareils électriques (relais, contacteurs, sonnettes, etc.)



- Les transformateurs



- Les moteurs électriques

Figure 2 : Les effets du courant électrique