

De la production aux appareils électriques

Apprenti(e)s électricien de montage

Denis Schneider

Note d'auteur

Cet ouvrage est avant tout destiné aux apprenti(e)s électricien de montage. Dans cette édition nous avons reconsidéré le contenu en fonction de la nouvelle ordonnance. Certains chapitres ont disparu et les autres ont été complétés. Un accent particulier a été mis sur les énergies renouvelables. Cet ouvrage s'est également ouvert au matériel pour les télécommunications.

Cet ouvrage doit être évolutif, la norme et le matériel évoluant eux-mêmes au rythme des améliorations de la technique et de l'appareillage, d'une meilleure connaissance des causes d'accidents et de la tendance toujours plus importante et bienvenue à la normalisation internationale.

Cet ouvrage n'est pas une liste exhaustive du matériel existant, mais simplement quelques exemples choisis et expliqués en fonction de la pratique professionnelle des installateurs – électricien.

Je remercie tout particulièrement mes collègues qui ont lu et corrigé ce manuel ou permis d'y apporter des améliorations, ceux qui ont aidé à l'élaboration des questionnaires et à la direction de l'école qui a accepté qu'une mise à jour se fasse.

Je remercie également, pour avoir mis gracieusement à disposition de la documentation et des photos les entreprises suivantes :



Merci également à Electrosuisse pour avoir aussi permis quelques copies des normes NIBT et Compact,

Sans oublier également quelques photographes anonymes pour leurs œuvres mises à disposition par leur site Internet, le site www.installations-electriques.net et mes excuses à tous les oubliés.

Denis Schneider



3e édition
© CREME, 2019

CREME Commission romande d'évaluation des moyens d'enseignement
Faubourg de l'Hôpital 68 • Case postale 556 • CH-2002 Neuchâtel

CONFÉRENCE INTERCANTONALE
DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE DE
LA SUISSE ROMAÑDE ET DU TESSIN

CATARO 086081

ISBN 978-2-88500-831-9

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage par quelque procédé que ce soit, notamment par photocopie ou informatique (scan), est interdite sans autorisation écrite de l'éditeur. Les copieurs et plagiaires seront poursuivis.

Table des matières

Note d'auteur	2	3.4 Courant admissible en fonction de la section.....	36
1. PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	7	3.5 Questionnaire.....	37
1.1 production suisse en 2016	7	4. CONDUITS.....	39
1.1.1 La part des énergies renouvelables :	8	4.1 Les tubes (conduits)	39
1.1.2 Répartition de la consommation électrique en 2016	9	4.1.1 Dimensions actuelles :	39
1.2.1 Centrales nucléaires.	10	4.1.2 Propriété de certains tubes d'installation	40
1.2.2 Centrales hydrauliques	11	4.1.3 Nombre de fils maximum recommandé en fonction du diamètre du conduit.....	42
1.2.3 L'alternateur	13	4.1.4 Montage des canalisations	42
1.2.4 Centrales thermiques	13	4.2 Les canaux (Goulottes)	43
1.2.5 Les énergies renouvelables	14	4.3 Les chemins de câbles et échelles à câbles	44
1.3 Questionnaire	28	4.3.1 Mesures à prendre lors de la pose	44
2. TRANSPORT D'ÉNERGIE.....	21	4.4 Questionnaire	45
2.1 Nécessité de la très haute tension.....	22	5. COUPE-SURINTENSITÉ.....	47
2.2 Tensions utilisées lors du transport d'énergie électrique	22	5.1 Coupe-surintensité à fusible diazed	47
2.3 Interconnexion.	23	5.1.1 Le fusible Diazed	47
2.4 Marché du courant.....	24	5.1.2 Caractéristique de fusion	48
2.5 Lignes de transport	25	5.1.3 Bagues de calibrage et vis de contact (S)	48
2.5.1 Canalisations aériennes.	25	5.1.4 Tête de fusible (K).....	49
2.5.2 Canalisations souterraines.....	25	5.1.5 Choix d'un fusible	49
2.6 Questionnaire	26	5.2 Coupe-surintensité à fusible à haut pouvoir de coupure (HPC).....	49
3 CÂBLES.....	29	5.3 Coupe-surintensité à fusible à faible pouvoir de coupure	50
3.1 Câble de l'installation intérieure	29	5.4 Les disjoncteurs.....	51
3.1.1 Aboutissement des câbles.....	29	5.4.1 Thermique	51
3.1.2 Liaison coupe-surintensité général – tableau.	29	5.4.2 Magnétique.....	52
3.1.3 Différents types de conducteurs uni ou multipolaires.....	29	5.4.3 Caractéristique de coupure	53
3.1.4 Pose des câbles.	31	5.4.4 Exemples de disjoncteurs :	54
3.2 Câbles pour canalisations mobiles.....	32	5.5 Les disjoncteurs pour moteurs	55
3.2.1 Types de canalisations mobiles.....	32	5.5.1 Principe de fonctionnement.....	55
3.2.2 Exemple de câble souple.....	32	5.6 Relais thermique	56
3.3 Câbles de télématique.....	33	5.6.1 Principe de fonctionnement.....	56
3.3.1 Câbles pour la téléphonie et l'informatique filaire	33	5.7 Thermistances	56
3.3.2 Câbles à fibre optique.....	34	5.8 Questionnaire	57
		6. BOÎTES ET APPAREILS.....	59
		6.1 Matériel de raccordement.....	59
		6.2 Matériel d'encastrement.....	60
		6.2.1 Montage encastré.....	60

6.2.2	Montage apparent	60	8.2	Le chauffage direct	81
6.2.3	Différentes boîtes d'encastrement	61	8.2.1	Les convecteurs muraux	82
6.3	Les interrupteurs (sch. 0)	62	8.2.2	Les convecteurs de sol	82
6.4	Contacts à poussoir	62	8.2.3	Les plinthes chauffantes	83
6.5	Commutateurs (sch 3)	63	8.2.4	Les parois chauffantes	83
6.6	Permutateurs (sch 6)	63	8.2.5	Les radiateurs de bancs	84
6.7	Combinaisons	63	8.2.6	Les radiateurs sèche-linge	84
6.8	Divers	64	8.2.7	Les radiateurs « instantanés »	84
6.8.1	Variateurs de lumière	64	8.2.8	Les radiateurs infrarouges	85
6.8.2	Variateurs sensoriels	65	8.2.9	Rentabilité du chauffage direct	86
6.8.3	Variateurs pour application particulière	65	8.3	Chauffage par accumulation	86
6.8.4	Détecteurs	65	8.3.1	Les accumulateurs statiques	86
6.9	Dimensionnement selon NIBT	65	8.3.2	Les accumulateurs dynamiques	87
6.10	Les prises	66	8.4.	Accumulateurs électriques pour chauffages centraux	88
6.10.1	Pour récepteurs d'énergie 230 V (LNPE)	66	8.4.1	Les accumulateurs à eau	88
6.10.2	Pour récepteurs d'énergie 400 V	67	8.4.2	Les accumulateurs à matière solide	89
6.10.3	Exemple de prises	68	8.5	Systèmes de chauffage à câble	90
6.10.4	Prises CEI	69	8.5.1	Câbles chauffants	90
6.10.5	Exemples de prises industrielles	70	8.5.2	Le chauffage de sol	91
6.11	Prises pour la télécommunication	71	8.5.3	Chauffage de sol à « nattes millimètre »	94
6.11.1	Téléphonie / informatique	71	8.5.4	Bandes chauffantes	94
6.11.2	Téléphonie analogique	71	8.6	Commandes	96
6.11.3	Prises multiples	71	8.6.1	Désignation des fils pilotes	96
6.11.4	Prises pour câblo-opérateur	71	8.6.2	Régulation et commande	96
6.12	distribution TV-multimédia	72	8.7	Principes du bilan thermique	96
6.13	Différentes exécutions	73	8.7.1	Besoin calorifique	96
6.14.	Questionnaire	74	8.7.2	Diminution des déperditions	97
			8.7.3	Apports passifs	97
			8.7.4	Source de chaleur étrangère	98
7.	DISPOSITIFS DE COMMANDE ÉLECTROMÉCANIQUE	77	8.8	Récupération calorifique	98
7.1	Dispositif de protection à courant différentiel- résiduel (DDR)	77	8.9	Questionnaire	99
7.1.1	Raccordement du DDR	77	9	CUISINIÈRES ÉLECTRIQUES	103
7.1.2	Seuil de déclenchement	77	9.1	Généralités	103
7.1.3	Principe de fonctionnement	78	9.2	Les plaques cuisson massives	103
7.1.4	Contrôle de fonctionnement	78	9.2.1	Les plaques de cuisson massives à deux ou trois corps de chauffe commandées par un commutateur	103
7.1.5	Obligation d'installer	79	9.2.2	Plaques rapides	104
7.1.6	Genre de courant de défaut	79	9.2.3	Les plaques de cuisson commandées par thermostat	104
7.1.7	Exemples d'exécution	79	9.2.4	Les plaques de cuisson commandées	
7.2	Questionnaire	80			
8.	CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE	81			
8.1	Principes de base du chauffage	81			
8.1.1	Les systèmes de chauffage électrique	81			

	par un régulateur d'énergie.....	105			
9.3	Les corps de chauffe rayonnants pour plan de cuisson vitrocéramique	105		12.4	Coefficient performance
	9.3.1 réglage de la puissance	106		12.5	Economie d'énergie.....
	9.3.2 Les organes chauffants.....	107		12.6	Questionnaire
9.4	Les plaques à induction.....	108		13	MESURE PAR TRANSFORMATEUR
9.5	Les fours	108			D'INTENSITÉ TI..... 141
9.6	Les fours à micro-ondes.....	110		13.1	Questionnaire
	9.6.1 Principe de fonctionnement.....	110		14	LABEL ÉNERGIE ET STANDARD
9.7	Raccordement des cuisinières.....	111			MINERGIE 143
9.8	Questionnaire	112		14.1	Standart Minergie
10	CHAUFFE-EAU ÉLECTRIQUES..... 115				14.1.1 Ventilation
10.1	Généralités	115			14.1.2 Eclairage.....
10.2	Construction	115			14.1.3 Appareils
10.3	Le thermostat plongeur	116		14.2	Questionnaire
10.4	Les chauffe-eau à écoulement libre.....	117		15	SOURCES LUMINEUSES..... 147
10.5	Les chauffe-eau raccordés sous pression.....	118		15.1	Classification
10.6	Les automates à eau chaude	120			15.1.1 Label énergie
	10.6.1 Principe de fonctionnement.....	120			15.1.2 Utilisation rationnelle de l'énergie électrique.....
10.7	Les chauffe-eau à pompe à chaleur	121		15.2	Les lampes à incandescences.....
10.8	Les chauffe-eau solaires.....	122			15.2.1 Généralités.....
10.9	Les chauffe-eau instantanés.....	122			15.2.2 Construction et principe de fonctionnement.....
10.10	Questionnaires.....	123			15.2.3 Les culots
11	RÉFRIGÉRATEURS..... 127				15.2.4 Influence de la tension.....
11.1	Généralités	127			15.2.5 Caractéristiques des ampoules
11.2	Les réfrigérateurs à compresseur.....	127		15.3	Les lampes Halogènes.....
11.3	Les réfrigérateurs à absorption	128			15.3.1 Principe de fonctionnement.....
11.4	Principales caractéristiques	129			15.3.2 Caractéristiques
11.5	Les réfrigérateurs thermoélectriques	130			15.3.3 Avantages des lampes halogènes
11.6	Givre et variation du taux d'humidité dans l'air	130			15.3.4 Installation des lampes halogènes basse tension.....
	11.6.1 Généralités.....	130			15.3.5 Les transformateurs
11.7	Questionnaire	132			15.3.6 La régulation des lampes halogènes.....
12	POMPES À CHALEUR 133			15.4	Les lampes à décharge
12.1	Principe de fonctionnement	133			15.4.1 Principe de fonctionnement.....
12.2	Types de pompes à chaleur	134			15.4.2 Lampes à vapeur de sodium
	12.2.1 Pompes à chaleur eau/eau.....	134			15.4.3 Les lampes à lueur cathodique.....
	12.2.2 Pompes à chaleur saumure/eau.	135			15.4.4 Les lampes à cathodes froides
	12.2.3 Pompes à chaleur air/eau.	135			15.4.5 Les lampes à vapeur de mercure.....
	12.2.4 Pompes à chaleur air/air	136			15.4.6 Température et rendu des couleurs.....
12.3	Modes de fonctionnement.	137			

15.4.7 Lampes fluocompactes (LFC)	160
15.4.8 Exemples d'exécution des lampes fluocompactes.....	161
15.5 Les LED (DEL)	162
15.5.1 généralités	162
15.5.2 Commande des lampes LED	163
15.5.3 Exemples de lampes LED	163
15.6 Symboles utilisés pour les ampoules	164
15.7 Questionnaire	165
16 TECHNIQUE D'ÉCLAIRAGE.....	169
16.1. Définitions et calculs	169
16.2 Conditions d'un bon éclairage.....	169
16.2.1 Valeurs recommandées.....	169
16.3 mesure de l'éclairement	170
16.4 Questionnaire	171
17 REDRESSEURS	173
17.1 Les diodes.....	173
17.2 Les redresseurs mono-alternances	174
17.2.1 Redresseur mono-alternance avec lissage	174
17.3 Les redresseurs bi-alternances	175
17.4 Questionnaire	176

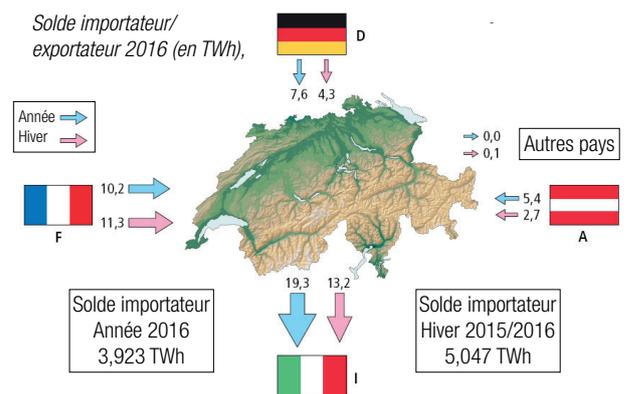
Chapitre 1 PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

La première centrale électrique en Suisse a été mise en service en 1886 près de Lucerne. Il s'agissait d'une centrale hydroélectrique de 450 CV. Très rapidement d'autres centrales ont été construites. Actuellement d'autres types de centrales électriques ont vu le jour. La distribution de cette énergie est assurée en Suisse par des distributeurs tels que :

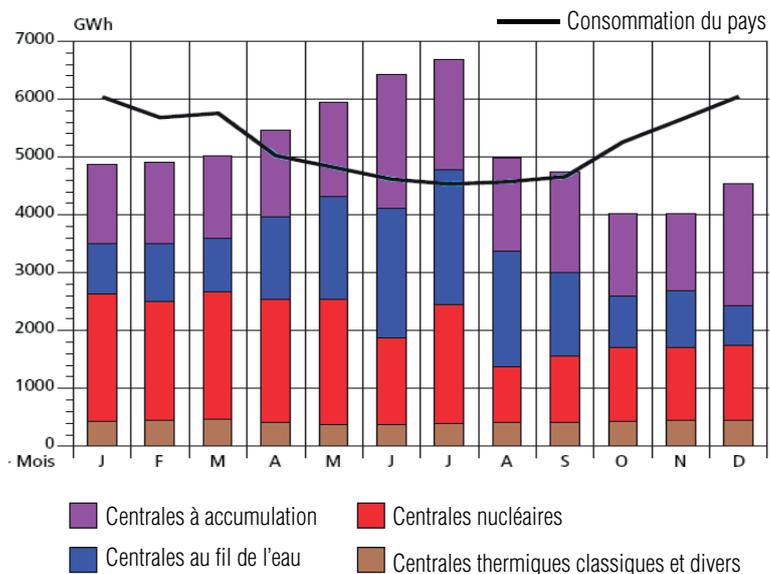
- * ALPIC (union de plusieurs distributeurs pour gérer la grande distribution en suisse romande)
- * E Groupe E.
- * ATEL Aare – Tessin Elektrizität
- * EWZ Elektrizität Werk Zurich
- * BKW Bernische Kraftwerk
- * RE Romande énergie

Les producteurs suisses couvrent actuellement le 90 % de la consommation totale d'énergie électrique nécessaire à notre pays. Le solde est importé.

En fonction des heures et du prix de l'énergie, nous importons ou exportons de l'énergie électrique.



1.1 Production suisse en 2016



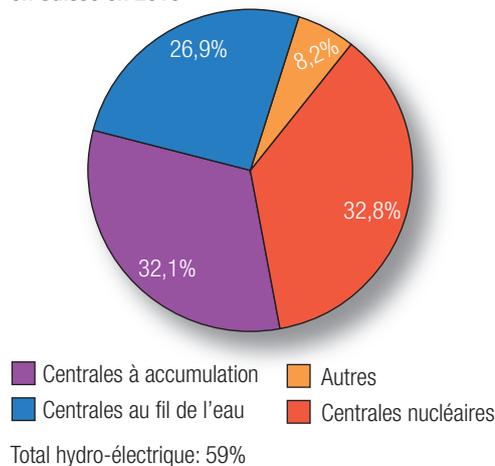
La production de 61.6 TWh a diminué de 6,6% en 2016. 2,9 GWh a été consacré au pompage.

Cinq **centrales nucléaires** (Benznau 1 et 2, Mühleberg, Gösgen, Leibstadt) produisent environ 20,2 TWh.

Une centaine de **centrales hydroélectriques à accumulation** (dont la Grande Dixence) produisent 19,8 TWh.

Une quarantaine de **centrales hydroélectriques au fil de l'eau** (par exemple Verbois) ont produit 16,7 TWh en 2016.

Répartition de la production d'électricité en Suisse en 2016



Les autres énergies représentent 2,0 TWh (sans les centrales chaleur-force) dont :

- une dizaine d'usines à gaz en Suisse, dont Pierre-de-Plan;
- une douzaine d'installation d'éoliennes, dont Mont-Crosin qui produit environ 40 GWh à 51 GWh;
- De plus en plus solaire d'installations photovoltaïques sur des bâtiments et la centrale Mont-Soleil (production annuelle env. 550 MWh).

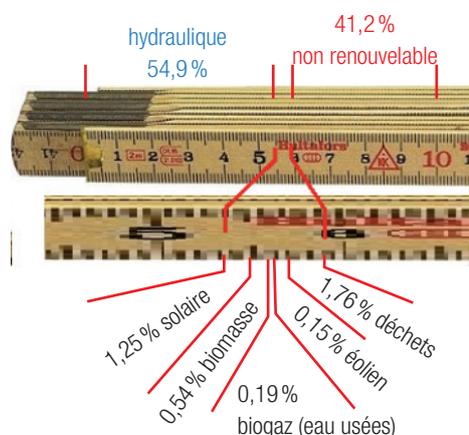
Ces énergies (thermique, hydraulique, éolienne, solaire, etc..) sont appelées énergies primaires. Elles sont transformées en énergie électrique appelée également énergie secondaire. La production totale ne varie que très peu au fil des ans (66,3 TWh en 2010, 67,0 TWh en 2008, 66 TWh en 2007, 61 TWh en 1998).

Le défi pour la Suisse sera de remplacer durant les prochaines décennies la production par le nucléaire par d'autres sources renouvelables et peut-être par des centrales au gaz (5-6 centrales).

1.1.1 La part des énergies renouvelables

En 2014, 60 % de la production est le fait d'énergies renouvelables

La demande d'énergie électrique issue d'énergie renouvelable ne cesse d'augmenter ces dernières années. La plupart des distributeurs offrent ce type d'énergie en garantissant une production équivalente à celle des contrats établis avec un prix du kWh un peu plus élevé que le prix habituel. Le gouvernement suisse veut une politique énergétique avec moins de nucléaire et plus d'énergies renouvelables



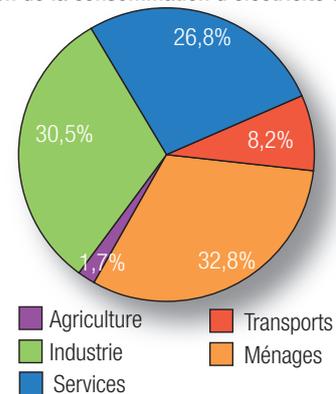
1.1.2 Répartition de la consommation électrique en 2016

La consommation de l'énergie électrique en 2016 s'est répartie en différents secteurs d'activité :

En 2012, la consommation a été de 59 TWh et a atteint 62,6 TWh en 2016.

Habituellement, notre production électrique est supérieure à notre consommation. Toutefois, selon les graphiques ci-dessous, nous constatons que nous importons presque quotidiennement de l'énergie électrique.

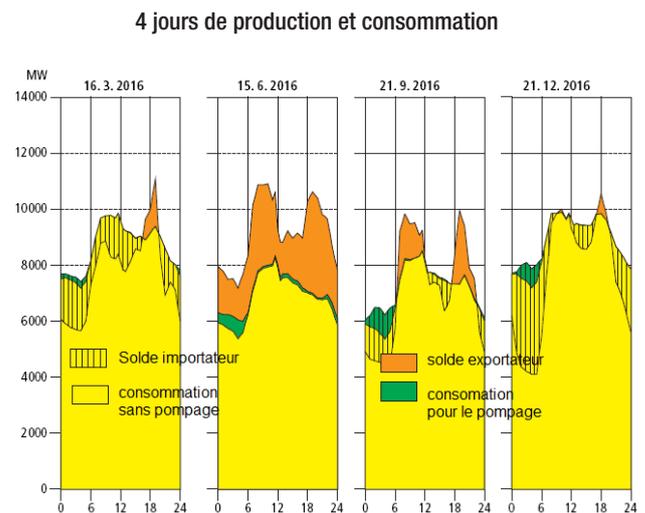
La raison est économique. Une grande partie de notre production peut être discontinuée, contrairement à l'énergie produite par les centrales nucléaires qui est presque constante au fil des mois. La politique de nos producteurs est de vendre notre énergie quand le prix est élevé (forte demande, de 11h à 12h et à 18h) et de l'importer quand son prix est bas (la nuit).



En Suisse, la consommation d'énergie électrique est très variable selon les heures de la journée.

Pour couvrir les demandes de pointe de courant, les distributeurs utilisent les centrales hydroélectrique.

Comme on le voit sur le graphique ci-contre, tous les jours des échanges d'électricité ont lieu entre les pays.



Note

La consommation de pompage est celle nécessaire pour pomper l'eau des lacs en basse altitude pour l'amener dans les lacs en haute altitude auxquels sont raccordées des conduites forcées.

Selon la page 5 indiquer en TWh : le total exporté 21,1 le total importé 18,7

En conclusion, la balance énergétique Suisse est positive (2013) (*positive / négative*).

Note

Une consultation de données plus récentes de production et consommation est possible à cette adresse :

<http://www.installations-electriques.net/Instal/production.htm>

1.2.1 Centrales nucléaires

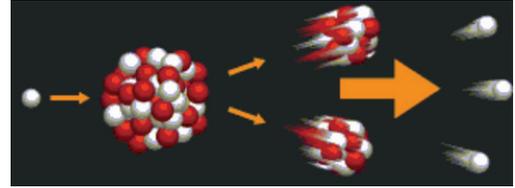
Les centrales nucléaires se basent sur le principe de la fission des liaisons internes d'un atome au moyen d'un neutron. Ce phénomène a pour effet de libérer une très grande quantité de chaleur. Elles produisent de l'électricité à partir de la transformation de la matière en énergie.

La fission :

un neutron percute de l'U 235 (235 neutrons et 92 protons).

Le noyau se scinde en SE + XE + 1 neutron

le SE a 94 neutrons et 38 protons et le Xe 140 neutrons et 54 protons.



Fission avec de l'U 238

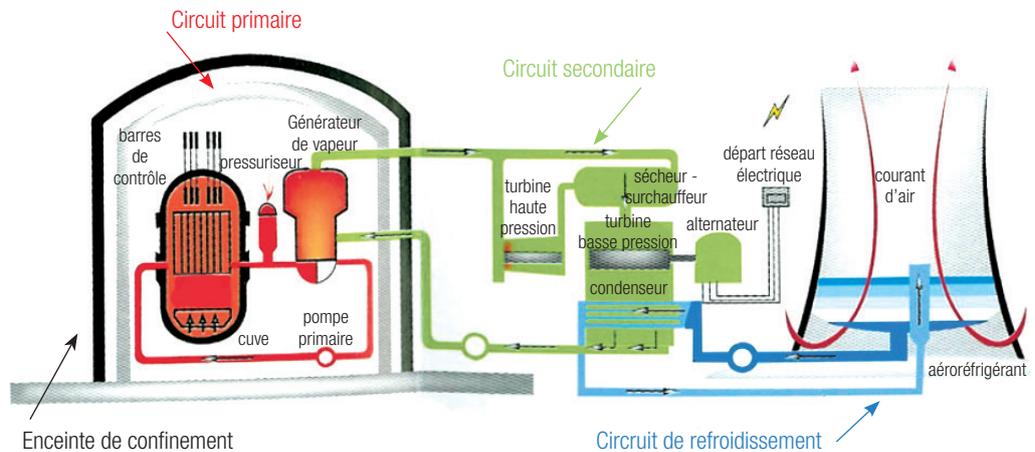
Le nombre de protons avant la collision est de 92 et celui après la collision de $38 + 54 = 92$

Le nombre des neutrons avant la collision est de 235 et un neutron pour créer la collision alors qu'après la collision il y en a $94 + 140 + 1 = 235$

Après la collision, il manque un neutron qui a été transformé en énergie thermique selon la relation : $E = mc^2$

Cette chaleur augmente la température de l'eau se trouvant dans le circuit du réacteur. Cette eau se transforme en vapeur et fait tourner une turbine et qui entraîne un alternateur électrique.

Comme énergie primaire, on utilise de l'**uranium**. La fission nucléaire entraîne des déchets radioactifs dont le stockage définitif représente encore un problème pas totalement résolu à ce jour.



Quelques caractéristiques d'une centrale :

Réacteur	Puissance	2'775 MW
	Température entrée cuve	286°C
	Température sortie cuve	323°C
	Diamètre de la cuve	3,98 m
Alternateur	Puissance nominale	900 MW
	Tension de sortie	24 kV

1.2.2 Centrales hydroélectriques

Les centrales hydroélectriques transforment l'énergie d'un déplacement d'eau en énergie électrique. Les centrales hydroélectriques à accumulation sont équipées d'un barrage permettant de stocker de l'eau afin de pouvoir la turbiner en fonction de la consommation électrique. Elles sont utilisées principalement pour fournir de l'énergie aux heures de pointes (voir p.7).

Les barrages peuvent être de différents types, par exemple :



Barrage voûte



Barrage poids

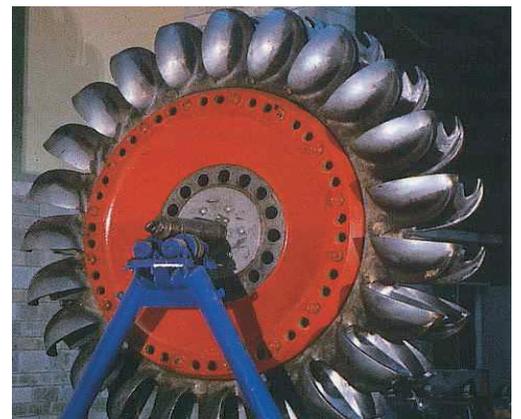
Nous pouvons classer les centrales hydroélectriques en 3 catégories :

1.2.2.1 Les hautes chutes

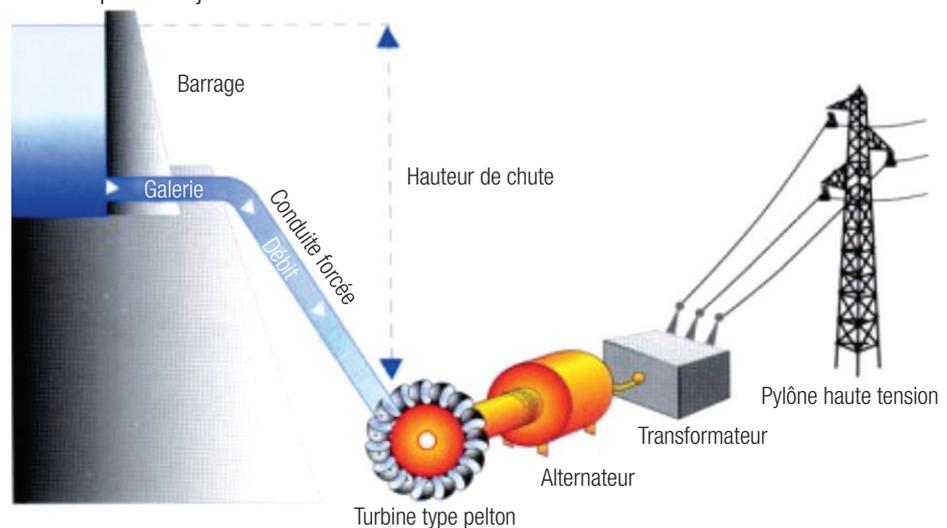
On parle de « hautes chutes » lorsque la conduite forcée reliant le barrage à la centrale a une dénivellation entre 200 et 2'000 mètres.

La transformation de l'énergie hydraulique en énergie électrique est obtenue au moyen d'une turbine **Pelton** qui entraîne un alternateur.

L'eau de la conduite forcée est projetée à grande vitesse en 3 -4 points d'injection dans les godets de la turbine. La forme des godets est étudiée pour recevoir un maximum d'eau et se vider entièrement avant d'arriver face à un nouveau point d'injection.



La turbine **Pelton** a un rendement de 92 %.



1.2.2.2

Les chutes moyennes

Dans le cas de « chutes moyennes », la dénivellation de la conduite forcée est comprise entre 30 et 200 mètres.

La turbine Francis est une turbine à réaction. Elle nécessite des points d'injection d'eau autour de la turbine pour la mettre en rotation. L'eau est ensuite évacuée par le centre de la turbine.

Ces points d'injection et la forme de ce rotor sont réalisés de façon à ce que l'eau pénétrant dans la turbine à vitesse réduite donne à la fois l'énergie cinétique due à sa vitesse et son énergie potentielle due à sa pression.



La turbine FRANCIS

Rendement d'une turbine FRANCIS 92 %

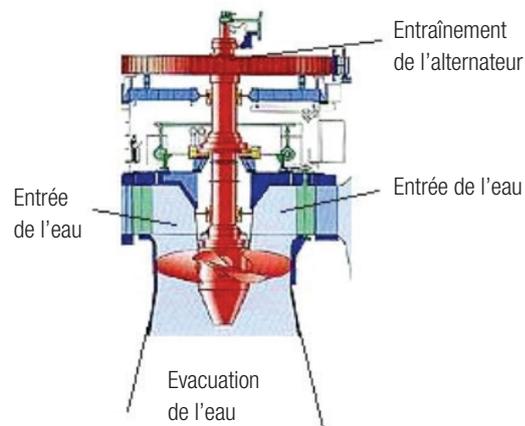
1.2.2.3

Centrales hydrauliques au fil de l'eau

Ces centrales sont construites directement dans le lit du cours d'eau ou sur un canal de dérivation. Elles sont caractérisées par un débit d'eau très important mais avec une faible hauteur de chute et par conséquent peu de vitesse de déplacement de l'eau.

La turbine Kaplan est une roue en forme d'hélice.

Ses pâles sont orientables pour améliorer le rendement en fonction du débit d'eau du cours d'eau et obtenir une vitesse de rotation de la turbine constante.



Turbine KAPLAN.

Rendement de la turbine Kaplan 85 %

1.2.3 L'alternateur

L'alternateur est l'élément dont le rotor est mis en mouvement par la turbine. Il transforme l'énergie de rotation (cinétique) en énergie électrique.

Cette énergie électrique possède des caractéristiques bien précises au niveau de la tension et de la fréquence. C'est la partie fixe de l'alternateur appelée stator qui fournit cette tension. La partie qui tourne est appelée rotor.

La tension du réseau varie de quelques pourcent dans la journée alors que la fréquence est un élément très stable dans le réseau européen. Ses variations ne dépassent pas 0,1 Hz.



*Rotor d'un alternateur d'une centrale nucléaire
Le rendement de l'alternateur est d'environ 92 %.*

1.2.4 Centrales thermiques

Les centrales thermiques transforment l'énergie thermique obtenue à l'aide de la combustion de mazout, de gaz, de charbon ou de la fission de l'uranium en une énergie électrique.

L'élément indispensable à cette transformation est l'eau qui, mise sous pression, devient de la vapeur à environ de 300°C et fait tourner une turbine à vapeur. Cette turbine à vapeur entraîne le rotor de l'alternateur.



Turbine à vapeur

Rendement des différentes centrales :
(approximatif)

nucléaire :	30 %
thermique :	30 %
hydraulique à accumulation :	60 %
hydraulique au fil de l'eau :	45 %



1.2.5 Les énergies renouvelables

1.2.5.1

Eolienne

Les éoliennes utilisent le vent pour produire de l'électricité.

La hauteur des mâts atteint ou dépasse les 30 mètres. La disposition de ces derniers doit être prévue de façon à ce qu'ils ne soient jamais alignés dans la direction du vent. La puissance d'une éolienne est de l'ordre de 10 kW (ce qui correspond au besoin d'une petite villa dont le chauffage est électrique) à 100 kW.



Avantages

- elles utilisent de l'énergie renouvelable.

Inconvénients

- coût de production élevé,
- Idépendance de la production face au climat (trop peu ou trop de vent peut stopper la production),
- atteinte esthétique à l'environnement,
- un bruit permanent peut rendre son installation peu propice en zone urbaine

Pour produire de l'électricité, l'éolienne met en rotation le rotor d'un générateur DC ou AC grâce au vent.

La puissance d'une éolienne :

$$P = \rho \cdot v^3 \cdot \Pi \cdot r^2 \cdot \eta \text{ [W]}$$

avec :

ρ : densité de l'air kg/m³

v : vitesse du vent en m/s

r : rayon du rotor

η : rendement de l'éolienne

On constate que la puissance varie au cube de la variation de vitesse du vent.

Il existe deux types d'éolienne :

- celui dont les hélices tournent verticalement (le modèle le plus courant) ;
- celui dont les hélices tournent horizontalement (pour de petites éoliennes).

Pour les éoliennes, on utilise souvent des alternateurs asynchrones dont la tension est souvent de 690 V. On alimente les lignes de transports de quelques dizaines de kilovolts après avoir élevé la tension grâce à des transformateurs. Il n'est pas rare que la fréquence varie avec la vitesse de rotation des pâles, l'on transforme le courant alternatif de l'alternateur en courant continu, puis que ce dernier soit retransformé en courant triphasé à 50 Hz avant d'être injecté dans le réseau.

Ces génératrices sont des moteurs asynchrones à cage d'écureuil, dont la vitesse du rotor est supérieure à celle du champ tournant ce qui induit un courant statorique. Il y a donc transfert de puissance du rotor au stator. Certains constructeurs équipent leur éolienne d'alternateur à nombre de pôles variables en fonction de la vitesse du vent.

1.2.5.2 Solaire (photovoltaïque)

Une centrale photovoltaïque transforme la lumière en électricité.

Le soleil nous envoie de l'énergie sous forme de rayonnement. La densité de ce rayonnement peut atteindre la valeur de référence de 1 kW/m^2 . Avec l'utilisation de cellules photovoltaïques, on transforme cette énergie en tension électrique continue.

Chaque cellule photovoltaïque peut produire une tension d'environ $0,5 - 0,6 \text{ V}$. Un panneau est composé d'un grand nombre de chaînes parallèles de cellules branchées en série. Le branchement en série permet d'obtenir la tension de sortie désirée et le montage des chaînes en parallèle permet d'en augmenter le courant.



Avantages

- Ils utilisent de l'énergie renouvelable et sont d'un encombrement réduit.

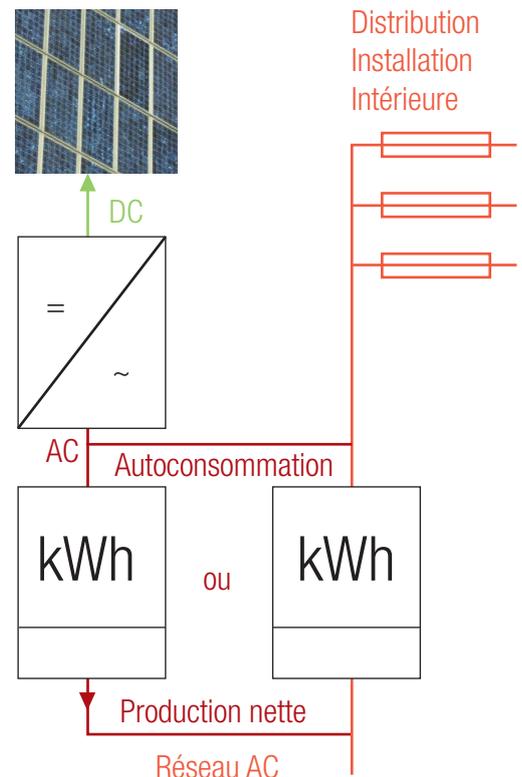
Inconvénients

- Prix de l'installation élevé.
- Parfois peu esthétique.
- Production variant selon la météo.

Actuellement l'État favorise l'installation de petites unités productrices. Le rachat de la production se fait selon la quantité d'énergie produite soit avec la RPC (amortissement de l'investissement sur 20 à 30 ans ajouté au prix du kWh) soit avec une rétribution unique RU qui couvre environ un tiers du coût d'installation puis un rachat à bas prix (entre 5 et 10 ct/kWh) de la production.

Lors de l'installation de panneaux solaires, on alimente en général un onduleur avant d'injecter l'énergie produite sur le réseau (production nette). Cette installation nécessite la pose d'un compteur pour comptabiliser l'énergie vendue au distributeur.

Le client peut aussi utiliser en priorité son énergie (autoconsommation) et revendre le surplus au distributeur. Dans ce cas il faut poser un seul compteur bidirectionnel.



Note

L'onduleur doit être équipé d'un dispositif qui le déconnecte du réseau en cas de coupure de l'alimentation par le distributeur afin d'éviter que l'installation photovoltaïque injecte du courant dans le réseau (risque d'îlotage).

1.2.5.3 Biomasse

Dans une centrale à biomasse, on peut transformer des matières organiques tels que plantes, bois ou leurs résidus (biogaz) en électricité ou en chaleur.

Soit le gaz de décomposition est utilisé comme carburant d'un moteur à explosions accouplé à une génératrice.

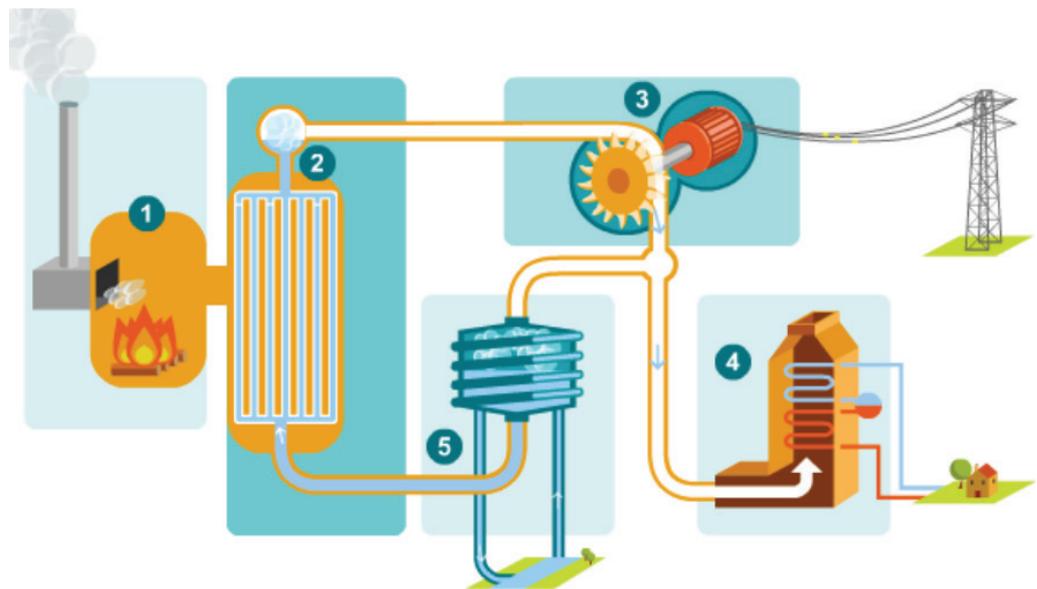
Soit on brûle les déchets et avec cette énergie on chauffe de l'eau pour produire de l'électricité comme dans une centrale thermique classique.



Avantages

- Valorisation des déchets organiques.
- Lutte contre l'effet de serre (même quantité de CO₂ qu'en cas de dégradation naturelle).
- Indépendance énergétique augmentée.

exemple de fonctionnement d'une centrale à biomasse :



1. chambre de combustion : on y brûle les résidus organiques (bois, herbe, etc.),
2. on transforme de l'eau liquide en vapeur sous pression,
3. la vapeur entraîne un alternateur qui produit de l'électricité,
4. l'eau au sortir de la turbine peut être utilisée pour du chauffage à distance (cogénération),
5. la vapeur est refroidie dans un condenseur et se retransforme en liquide. Un nouveau cycle peut commencer.

1.2.5.4 Couplage chaleur force ou cogénération

On parle d'un couplage chaleur force quand on produit simultanément de la chaleur et de l'électricité. Il existe des centrales de type industriel et des petites unités pour les particuliers.

1.2.5.5

Géothermique

Une centrale géothermique puise la chaleur contenue dans le sol pour la transformer en électricité.

Il existe des systèmes de surface à basse température où l'on tire la chaleur du sol à une faible profondeur et également des systèmes à haute ou très haute température avec des forages en profondeur (on gagne environ de 4 à 15°C par 100 m).

Le fonctionnement des petites unités est identique à celui des pompes à chaleur et celles plus importantes utilisent le principe des centrales thermiques avec des forages pour capter la chaleur en profondeur.



Avantages

- Ne dépend pas du climat.
- Toujours disponible.

Inconvénients

- Diminution du pouvoir calorifique au cours des années.
- Prix des forages élevés.

Hydrolienne

L'idée est de mettre une sorte d'éolienne dans le lit d'une rivière et donc de produire de l'électricité non plus avec une énergie due à une chute d'eau mais à un passage d'un fluide à une certaine vitesse engendrant la rotation des hélices. Une hydrolienne fluviale permet de produire entre 40 et 80 kW selon le courant. Une première centrale prototype a vu le jour en février 2017 à Lavey (VD). Un projet de 39 hydroliennes dans le Rhône devrait voir le jour en France près de Genève.



1.2.5.6 Autres sources non utilisées en Suisse

marée

Actuellement ce type de production est encore très largement à l'étude, avec presque autant de procédés différents qu'il y a de centrales.

Le principe est de transformer l'énergie cinétique des marées en électricité.

Vagues

Comme pour la production à partir des marées, celle avec les vagues est riche en solutions très diverses.



1.3 Questionnaire

1. Citer trois distributeurs d'électricité, sur lesquels vous travaillez.

SIB services industriels de Bagnes, SIS Sierre énergie, FMO Force motrice d'Orsières,
Romande energie, Groupe E, SIG, etc.

2. Que peut-on faire avec de l'énergie électrique ?

Produire un travail (thermique, mécanique, etc.)

3. Quelle est la part du marché occupé par les centrales nucléaires ?

Environs 30 à 35 %

4. Quelle est la part du marché occupé par les différents types de centrales hydroélectrique ?

Total : env 60 % (accumulation env 35 % et fil de l'eau env. 25 %).

5. Indiquez la production d'énergie électrique due au nucléaire en GWh !

Env. 22 000 GWh.

6. Donnez des exemples d'énergie renouvelable !

Solaire, biomasse, éolienne issue des déchets, eaux usées, géothermie
hydrolienne ; marée, vagues, dans d'autres pays

7. Quelles sont les principaux types de centrales électriques en Suisse ?

Hydroélectrique, nucléaire, thermique, éoliennes, solaire (photovoltaïque).

8. Quelles sont les différences entre un barrage poids et un barrage voûte ?

La forme (le « poids » retient l'eau en y opposant sa masse et le « voûte » en repoussant
les forces sur la montagne).

9. Expliquez pourquoi la Suisse exporte tous les jours de l'électricité alors qu'elle n'arrive pas à couvrir ses besoins ?

Pour gagner de l'argent, elle exporte lorsque le prix de l'énergie est très élevé
(énergie de pointe) et importe lorsqu'il est bon marché.

10. Quelle est la centrale électrique la plus proche de votre domicile ?

11. Selon quel principe fonctionne une centrale nucléaire ?

En cassant un atome d'uranium on perd un peu de matière qui est transformée en énergie thermique ($E=mc^2$).

12. Quel est le nom du combustible utilisé dans une centrale nucléaire ?

L'uranium.

13. Quel est l'inconvénient majeur de l'énergie nucléaire ?

L'entreposage des déchets à très terme n'est pas encore optimum

14. A quel moment de la journée, utilise-t-on l'énergie hydraulique à accumulation ?

Au moment des pointes de consommation tels que midi et début de soirée.

15. Qu'est-ce qu'un barrage en électricité ?

Un ouvrage en béton destiné à stocker l'eau pour la turbiner en cas de besoin (réservoir d'énergie).

16. Comment appelle-t-on l'élément amenant l'eau du barrage à l'usine ?

Une conduite forcée.

17. Qu'est-ce qu'un «ALTERNATEUR» ?

Un générateur de tension alternative.

18. Quelles sont les parties d'un alternateur ?

Un rotor constitué d'un électro-aimant (entraîné par la turbine) et un stator constitué d'enroulements.

19. Qu'est-ce qu'une turbine «KAPLAN» ?

Une turbine à pales orientables utilisée dans les centrales hydroélectriques au fil de l'eau.

20. Quels sont les genres de combustibles utilisés par les centrales thermiques ?

Uranium, charbon, gaz, mazout (biogaz).

21. Où place-t-on une turbine «PELTON» ?

Au pied des conduites forcées dont la hauteur de chute est de plus de 200 m,
sur le même axe que l'alternateur.

22. Une centrale turbine 200 m³ d'eau, quelle est l'énergie produite si la hauteur de chute est de 460 m et que le rendement de la turbine est de 0,87 et celui de l'alternateur de 0,71 ?

$200\ 000 * 9,81 * 460 * 0,87 * 0,71 = 578\ \text{MJ} = 155\ \text{kWh}$

23. Quelle quantité d'eau faut-il turbiner en une année pour allumer 8 heures par jour une ampoule de 15 W en sachant que la hauteur de chute est de 35 m et que le rendement global est de 0,45 ?

$15 * 3600 * 8 * 365 / (0,45 * 9,81 * 35) = 1'020'000\ \text{kg} \Rightarrow 1'020\ \text{m}^3$.

24. Sous quelle forme se trouve l'énergie primaire d'une centrale géothermique

Energie thermique (calorifique / chaleur).

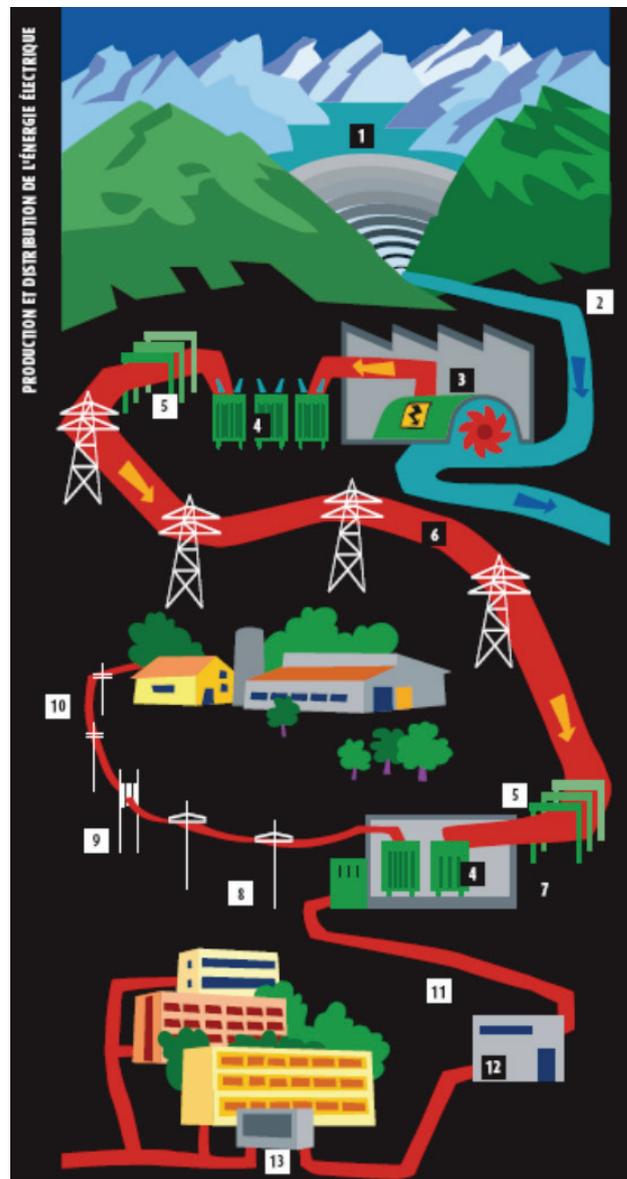
25. Qu'est-ce que la cogénération ?

Production simultanée de chaleur et d'électricité.

26. Qu'est-ce qu'une hydrolienne ?

Une hélice placée au fond d'une rivière qui en tournant produit de l'électricité.

Chapitre 2 TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE



Les centrales d'énergie électrique sont implantées selon les conditions géographiques adaptées.

- **En montagne**
hydroélectrique à accumulation
- **le long des fleuves**
refroidissement nucléaire
hydroélectrique au fil de l'eau
- **En plaine**
stabilité sismique pour le nucléaire, ravitaillement en combustible facile

Les consommateurs, eux, sont répartis partout sur le territoire et sont souvent éloignés d'une centrale.

Il est donc nécessaire de posséder un RESEAU de TRANSPORT assurant une liaison électrique permanente entre les centrales et les consommateurs.

Ces liaisons sont réalisées aux moyens de lignes à haute tension (HT).

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Lac de retenue | 8. ligne MT 16, 50 kV |
| 2. conduite forcée | 9. transformateur sur pylône |
| 3. groupe turbine-alternateur | 10. ligne BT 230 / 400 V |
| 4. transformateur MT – BT (p.e. : 16 / 400 kV) | 11. câble MT |
| 5. poste de couplage | 12. sous-station transformatrice |
| 6. ligne HT 150, 230, 400 kV | 13. coffret de distribution |
| 7. Sous-station | |

2.1 Nécessité de la très haute tension

La tendance actuelle pousse à « monter » très haut la valeur des tensions utilisées lors du transport de l'énergie électrique. Ceci à comme avantage de diminuer les courants pour la même puissance à transporter. En diminuant les courants on diminue également les pertes (qui varie au carré des variations de courant).

Exemple :

Une centrale hydroélectrique fournissant une puissance de 1200 MW alimente des consommateurs à une distance de 60 km (monophasé ; récepteur ohmique).

Le distributeur possède deux options : $U = 40 \text{ kV}$
 $U = 400 \text{ kV}$

Application : sachant que la ligne est composée de deux fils et qu'elle dissipe de la chaleur selon l'**effet joule**, le distributeur calcule son réseau. Il admet une densité de courant de $2,1 \text{ A/mm}^2$.

options	P	U	I	A	R_{ligne}	P_{totale}
	[MW]	[kV]	[kA]	[mm ²]	[Ω]	[MW]
1	1200	40	30	14 300	0,147	132
2	1200	400	3.0	1 430	1,47	13,2

Note

- La diminution des pertes couvre largement l'investissement sur l'infrastructure.
- A part la conclusion, cet exemple n'est pas réaliste car, en réalité, la distribution se fait en triphasé et les calculs ne sont pas aussi simples.

2.2 Tensions utilisées lors du transport d'énergie électrique

Le domaine de la haute tension contient des subdivisions :

la très haute tension THT	230 et 400 kV
réseau régional haute tension HT	50 à 150 kV
réseau local moyenne tension MT	6 à 24 kV

Pour les lignes de transport à grande distance, il est souvent préférable d'utiliser des alimentations continues car elles présentent l'avantage d'annuler les effets inductifs et capacitifs des lignes. Par exemple il existe une liaison France – Angleterre à 540 kV continu.

Toutefois le prix des redresseurs et onduleurs de très grande puissance ne compense pas le gain fait par ce mode de transport pour des distances telles que nous avons en Suisse.

2.3 Interconnexion

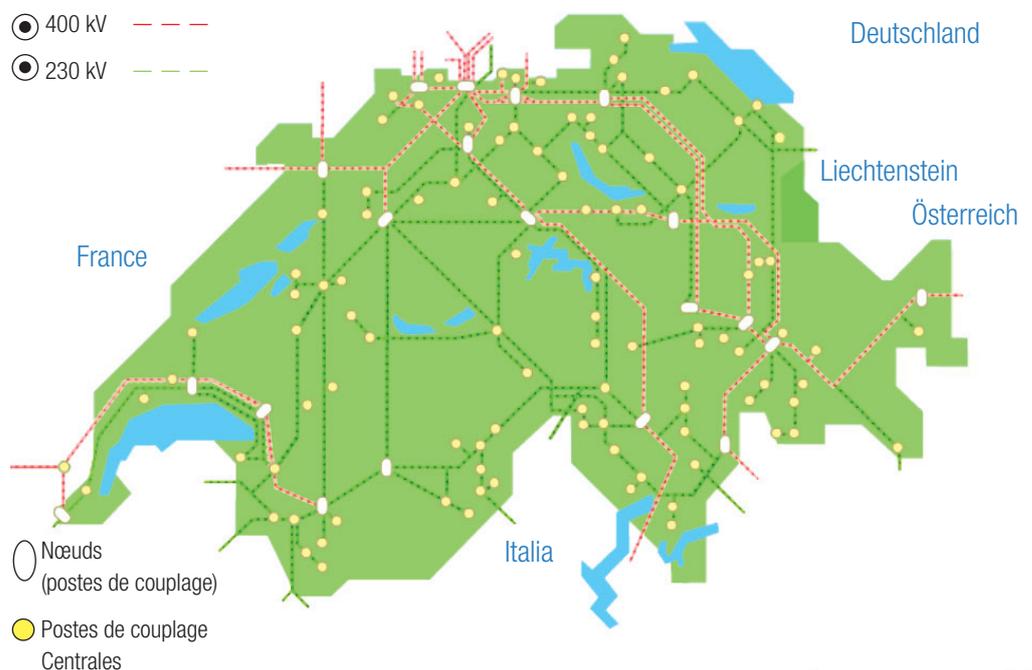
Toutes les lignes à très haute tension (THT) sont interconnectées en Europe, c'est à dire, elles sont reliées par des postes de transformateurs et des postes de couplages.

L'interconnexion permet :

- des échanges d'énergie entre les régions du pays et l'étranger ;
- d'alimenter une partie de réseau par une autre ligne en cas de défaut sur une ligne ou dans une centrale ;
- à chaque distributeur d'assurer l'approvisionnement en électricité à ses abonnés alors même que ponctuellement ou de façon permanente il n'arrive pas à assurer la production nécessaire aux besoins de ses clients.

Note

- *Un transformateur permet d'élever ou abaisser la tension.*
- *Le poste de couplage permet de raccorder à l'aide d'interrupteurs HT les différentes lignes HT.*



Réseau de distribution THT

Sur cette représentation des lignes THT, on voit très clairement le flux d'énergie entre la Suisse et les pays limitrophes. A Bâle un important maillage permet les échanges avec la France et l'Allemagne. Le long du Léman, on voit également une importante ligne qui permet un transit de l'énergie produite en France destinée à l'Italie.

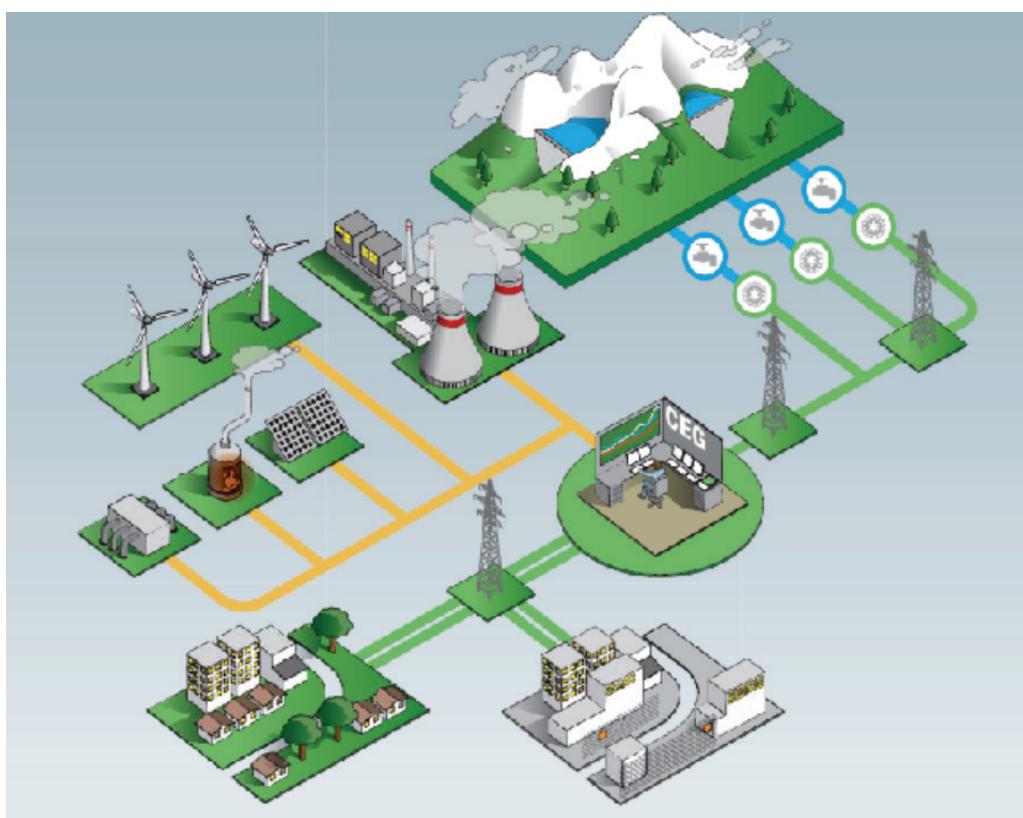
En Suisse le maillage ne semble pas complet, toutefois il est existant grâce aux lignes en HT.

2.4 Marché du courant

Afin de gérer au mieux la production et les échanges d'énergie électrique, la plupart des distributeurs et producteurs de Suisse romande se sont regroupés en un groupe ALPIC (anciennement EOS – Energie Ouest Suisse). Ce groupe gère la production et le transport sur les lignes 125, 230 et 400 kV de notre région.

La gestion de toute cette énergie se fait au CEG (Centre d'Exploitation et de Gestion) à Prilly. La consommation électrique variant en permanence en fonction de l'heure, de la météo et d'autres facteurs, le CEG a pour mission d'assurer la production continuellement au plus près de la consommation car chaque kWh produit qui n'est pas directement utilisé est perdu.

Une partie de la production est gérée par Swissgrid, il s'agit de toute la production photovoltaïque. Swissgrid s'occupe également des subventions (RPC ou RU) de ces installations.



En plus de la gestion interne le CEG s'occupe également des échanges avec l'étranger.

Au niveau international l'Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité (UCPTE) s'occupe de l'interconnexion et des échanges de l'électricité.

Traçabilité de l'énergie

Les distributeurs suisses font la promotion de l'énergie « verte » avec des tarifs souvent plus élevés. Il est encore impossible à un abonné de savoir exactement d'où provient l'énergie qu'il utilise. Par contre le distributeur assure avoir acheté ou produit une quantité équivalente d'énergie de ce type (solaire, éolienne, etc..) à celle du contrat qui le lie au client.

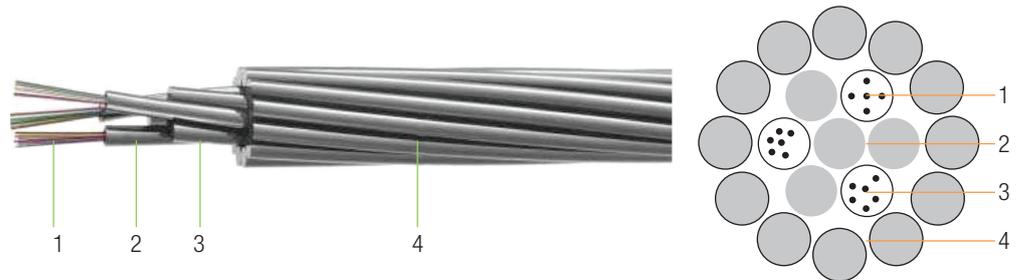
2.5 Lignes de transport

2.5.1

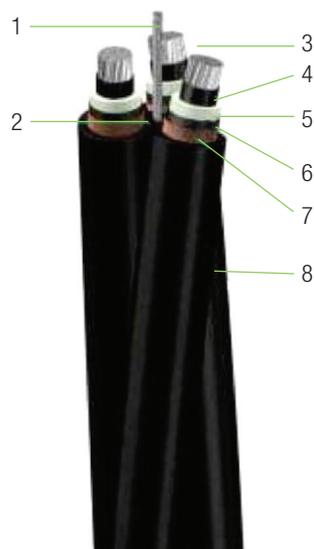
Canalisations aériennes

Les canalisations aériennes THT, HT et de l'éclairage public sont fait de conducteurs nus en cuivre ou en Aldrey placés au moyen d'isolateurs sur des poteaux métalliques, en bois ou en béton.

Il arrive qu'on utilise les câbles aériens pour transmettre des signaux à l'aide de fibre optique. Ces fibres optiques sont posées en spirale sur les câbles en Aldrey ou en alderman (95 % aluminium, 0,5 % magnésium, 0,5 % silicium et un câble en acier au centre).



1. Fibre 2. tube Acier remplis de gel 3. câble Stalium 4. plusieurs épaisseurs de câble Aldrey et stalium



Restriction :

Dans certains cas, lors de traversées de forêts la ligne HT peut être constituée de conducteurs isolés et torsadés entre eux.

Nous parlons de câble TORSATEN (ce sont trois câbles unipolaires torsadés entre eux avec une isolation très résistante aux contraintes mécaniques).

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. fil d'acier | 5. isolation polyéthylène réticulé |
| 2. isolation polyéthylène réticulé | 6. composite semi-conducteur extrudé |
| 3. conducteur aluminium | 7. écran cuivre |
| 4. composite semi-conducteur extrudé | 8. PVC |

2.5.2 Canalisations souterraines

Le passage des canalisations en souterrain s'impose en particulier dans les villes et surtout à chaque fois pour des raisons de sécurité ou d'esthétisme.

Les câbles souterrains ont des limites d'utilisation. Ils se comportent comme des condensateurs provoquant un retard de la tension U par rapport au courant I ce qui les rend inutilisables sur de grandes distances.

Note

- Si la centrale de Gösgen était reliée par un câble long de 60 km à un consommateur. Ce dernier n'arriverait pas à allumer une lampe de 60 W.

2.6 Questionnaire

1. Qu'est-ce qu'une ligne HT ?

de 6 à 400 kV

2. Quel est l'avantage de transporter de l'énergie au moyen de tension très élevée ?

A quantité égale d'énergie, le courant est plus petit si la tension augmente et donc la puissance perdue diminue.

3. Que signifie le terme INTERCONNEXION ?

Cela signifie que tous les réseaux (européens) de distribution sont connectés entre eux afin de garantir l'approvisionnement.

4. Qu'est-ce qu'une canalisation aérienne ?

Canalisation d'acheminement de l'énergie électrique par des fils dans les airs (par opposition à souterraines).

5. Pourquoi les câbles souterrains ont-ils des limites en matière de transport d'énergie ?

Il se comporte comme un condensateur (déphasage courant-tension).

6. Qu'est-ce qu'une canalisation souterraine ?

Canalisation d'acheminement de l'énergie électrique par des fils dans la terre (par opposition à aérienne).

7. Qu'est-ce qu'un câble TORSATEN ?

ce sont trois câbles (pour la HT) torsadés entre eux avec une isolation très résistante aux contraintes mécaniques.

8. Quel appareil un distributeur pose-t-il chez un client pour gérer les appareils délestés ?

la télécommande centralisée (TC) ou télérelais.

9. Comment est constitué un câble TORSATEN ?

Fil d'acier isolé au polyéthylène réticulé, entouré d'un conducteur en aluminium, d'un semi-conducteur extrudé etc.

10. Que signifie le terme *canalisation* selon la NIBT ?

C'est l'ensemble constitué par le fil / câble et le matériel de fixation (bride, tube, etc).

11. Pourquoi existe-t-il un tarif de nuit meilleur marché que celui de jour?

pour inciter les clients à utiliser l'énergie nocturne quand l'offre est grande au lieu de la journée quand la demande est importante.

12. Qu'est-ce que la « traçabilité de l'énergie » ?

C'est la possibilité théorique) de savoir qui a produit l'énergie consommée.

13. Quelle est la valeur de la tension à l'introduction des bâtiments ?

3 * 400 / 230 V

14. On doit transporter 500 MW calculez le courant qui transite sur les fils d'alimentation

a) avec une tension de 230 kV? $500\,000\,000 / 400\,000 = 1250\text{ A}$ si le $\cos = 1$

b) avec une tension de 400 kV? $500\,000\,000 / 690\,000 = 722\text{ A}$ si le $\cos = 1$

15. Quels sont les avantages de l'interconnexion ?

permet le bouclage du réseau, réalimentation en cas de panne par un autre endroit, les échanges, la coupure de certaines lignes.

16. Quel est le rôle d' ALPIC ?

gère la production, le transport sur les lignes THT et certains échanges d'énergie.

Chapitre 3

3.1

CÂBLES

Câble de l'installation intérieure

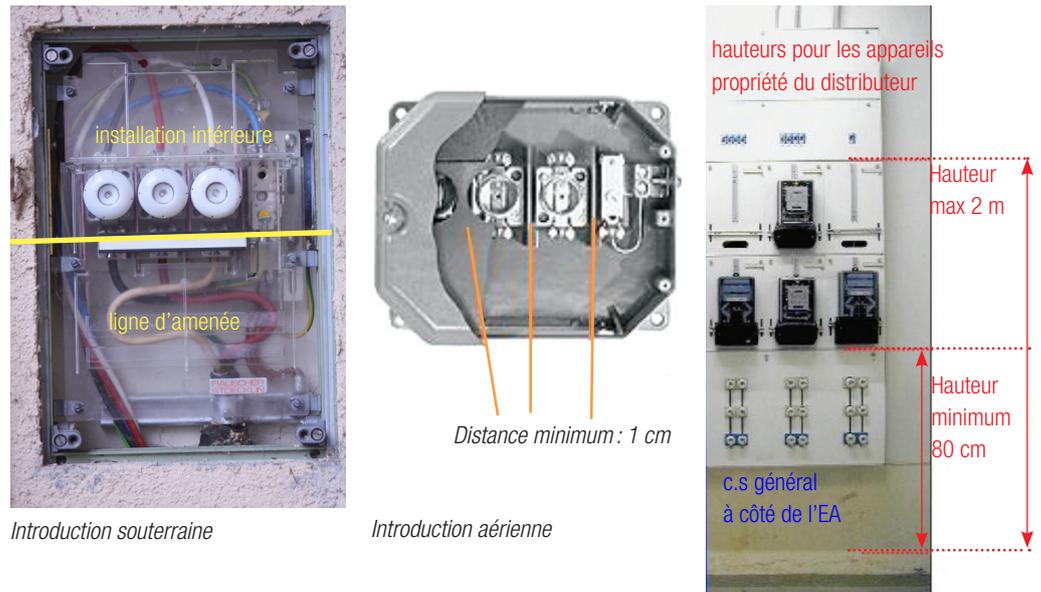
3.1.1

Aboutissement des câbles

Exemples d'introduction

Le câble de la ligne d'amenée aboutit au **coupe-surintensité général**. Il détermine la séparation entre le réseau du fournisseur et l'installation intérieure soumise à la NIBT.

Dans la pratique, l'introduction et le tableau électrique se présentent de la manière suivante, selon les PDIE (prescriptions de distributeurs d'électricité de suisse romande).



Note

- La hauteur des supports des appareils appartenant au distributeur (compteurs et télérelais) doivent être à une hauteur comprise en 80 cm du panneau support (arrête inférieure) et 200 cm (arrête supérieure).

3.1.2

Liaison coupe-surintensité général – tableau.

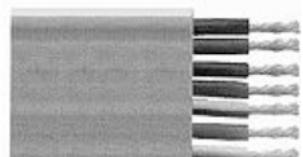
La liaison entre le coupe-surintensité général et le tableau électrique est effectuée par des personnes de métier. Le *tableau* ou *ensemble d'appareillage* comprend les compteurs d'énergie, la télécommande, les coupe-surintensité pour alimenter les différents consommateurs et autres appareils de commande..

Note

- La télécommande sert à commander le contacteur des consommateurs délestés ou le comptage des tarifs du compteur d'énergie.

3.1.3

Différents types de conducteurs uni ou multipolaires

T:		Tdc (TT)	
Plat:		Tdc-CLT	
		Isoport	

3.1.3.1

Dénomination
des fabricants

A	cordons pour ascenseurs	a	armé
B	fil de coton	c	résistant à la corrosion
CL	deux feuilles acier	d	double isolation
F	cordon plat flexible	f	méplat
G	caoutchouc	i	imprégné
J	jute	k	résistant au froid
L	vernis	l	léger
P	papier	r	section circulaire
Pb	gaine de plomb	t	torsadé
PUR	Polyuréthane	u	guipé (tissu huilé ou fibre de verre)
S	soie naturelle ou artificielle	v	renforcé (électr. ou mécan.)
T	matière thermoplastique	w	résistant à la chaleur
Z	cordon pour luminaire à suspension centrale		

Exemples

- **Tdc** Câble thermoplastique double isolation résistant à la corrosion.
- **Tif** Cordon à isolation thermoplastique, léger, méplat.
- **PUR-PUR fil et câble isolés au polyuréthane.**

3.1.3.2

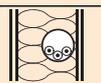
Fili corde

Dans la pratique, nous pouvons trouver des conducteurs :

avec une âme massive qui comprend un seul brin en cuivre. <i>Exemple : câble Tdc 1,5 mm² à 10 mm²</i>	
Pour les sections >10 mm ² les conducteurs sont construits en multi-brins <i>Exemple : câble Tdc 16 mm² à 300 mm²</i>	

Pour obtenir une plus grande souplesse, on augmente le nombre de brins en diminuant leur section.

3.1.4 Pose des câbles

<p>Les conducteurs sont posés à l'aide de conduits (tubes), de chemins de câbles, dans des conduits-profilés noyés.</p> <p>Les fils ne doivent jamais pouvoir être touchés par des personnes « ordinaires ».</p> <p>Les câbles peuvent être posés en montage apparent sans protection supplémentaire sauf en cas de risque de chocs.</p> <p>Dans la NIBT, les quelques 80 modes de pose répertoriés sont regroupés en méthodes de référence. Cela permet de simplifier le dimensionnement des canalisations (les fils isolés au PVC ne devant pas dépasser 70 °C en utilisation normale) en les groupant en fonction de leur déperditions thermiques.</p> <p>La pose de fil directement dans une goulotte (B1) n'est autorisée que si couvercle présente une indice IP 4X et ne s'enlève à la main que très difficilement.</p>	A1	 <p>Conducteurs unipol. dans un conduit dans une paroi isolante</p>	A2	 <p>Câble multicond. dans un conduit dans une paroi isolante</p>	
	B1	 <p>Conducteur unipol. dans un conduit sur une paroi isolante</p>	 <p>Cond. unipol. dans un conduit espacé sur une paroi isolante</p>	 <p>Cond. unipol dans un conduit encastré dans une paroi maçonnée</p>	
	B2	 <p>Câble multicond. dans un conduit sur une paroi en bois</p>	 <p>Câbles multicond. dans une goulotte sur une paroi en bois</p>	 <p>Câble multicond. dans un conduit encastré dans une paroi maçonnée</p>	
	C	 <p>Câbles monocond. ou multicond. sur une paroi en bois ou maçonnée</p>	 <p>Câbles dans une goulotte non perforée</p>		
	D	 <p>Câbles multicond. dans un conduit profilé enterré</p>	 <p>Câble unipol. dans un conduit de protection ou dans un caniveau de protection enterré</p>	 <p>Câble uni ou multicond. avec gaine de protection enterré, avec protection mécanique supplémentaire</p>	
	E	 <p>Câbles à l'air libre</p>	 <p>Câbles multicond. jointifs sur échelle à câbles</p>	 <p>Câbles multicond. sur chemins de câbles perf. ou panier à câbles</p>	
	F	 <p>Câbles monocond. jointifs à l'air libre</p>	 <p>Câbles monocond. jointifs sur échelle à câbles</p>	 <p>Câbles monocond. sur chemins de câbles perf. ou panier à câbles</p>	
G	 <p>Câbles monocond. espacés à l'air libre</p>	 <p>Câbles monocond. esp. sur échelle à câbles</p>			

3.2 Câbles pour canalisations mobiles

3.2.1

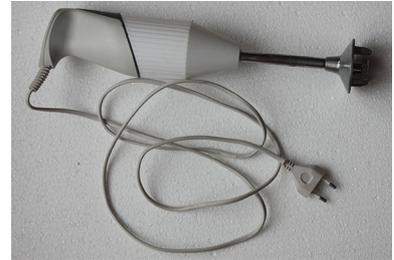
Types de canalisations mobiles

Les câbles pour montage mobile sont utilisés lorsque :

- nous désirons brancher un appareil mobile ou transportable à une prise ;



Cordons de raccordement



Cordon d'appareil

- nous désirons prolonger une canalisation fixe vers un appareil au moyen d'une canalisation mobile ou d'un cordon prolongateur ;



cordons prolongateurs

NIBT

- Depuis 2005, il n'est plus obligatoire de mettre les cordons de plus de 5 mètres sur des dispositifs enrouleurs.

3.2.2 Exemple de câble souple

Cordons torsadés flexibles GtS	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc, torsadé, tresse soie artificielle brune.
Cordons ronds flexibles GrB.	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc, rond, tresse coton glacé noir (HO3RT-F).
Cordons pour fers à repasser GrBB	conducteurs en cuivre étamé, isolation caoutchouc avec tresse double en coton glacé noir/blanc.

3.3 Câbles de télématique

3.3.1 Câbles pour la téléphonie et l'informatique filaire

numérotation des quartes

Pour la distribution de la téléphonie, on utilise soit des câbles bifilaires I 83 (que pour des lignes analogiques) ou des câbles U 72.

Les câbles U72 sont composés de quartes contenant 4 fils repérés A, B, C (turquoise) et D (violet). Le nombre maximum de quartes est de 120 soit 240 paires.



Les fils A sont repérés dans l'ordre :

Blanc, rouge, noir, jaune.

Ensuite on met à tour de rôle la couleur du fil B avec le couleur du fil A (d'abord le bleu avec chacune des couleurs du fils A, puis l'orange et ainsi de suite).

Les fils B sont repérés dans l'ordre bleu, orange, vert, brun, gris.

Les fils C sont repérés avec la couleur turquoise.

Les fils D sont repérés avec la couleur violet.

Fils A	fils b				
	Bleu	Orange	Vert	Brun	Gris
blanc	1	2	3	4	5
rouge	6	7	8	9	10
noir	11	12	13	14	15
jaune	16	17	18	19	20
blanc + bleu	21	22	23	24	25
rouge + bleu	26	27	28	29	30
noir + bleu	31	32	33	34	35
jaune + bleu	36	37	38	39	40
blanc + orange	41	42	43	44	45
rouge + orange	46	47	48	49	50
noir + orange	51	52	53	54	55
jaune + orange	56	57	58	59	60
blanc + vert	61	62	63	64	65
rouge + vert	66	67	68	69	70
noir + vert	71	72	73	74	75
jaune + vert	76	77	78	79	80
blanc + brun	81	82	83	84	85
rouge + brun	86	87	88	89	90
noir + brun	96	97	98	99	100
jaune + brun	96	97	98	99	100
blanc + gris	101	102	103	104	105
rouge + gris	106	107	108	109	110
noir + gris	111	112	113	114	115
jaune + gris	116	117	118	119	120
fils A	fils b				
	bleu	orange	vert	brun	gris

Exemple

La 12^{ème} quartes est composée d'un fil A noir, d'un fil B orange d'un fil C turquoise et d'un 4ème fil D violet.

Dans les installations de téléseu on utilise généralement des câbles coaxiaux.

La présence du blindage renforce son immunité aux perturbations électro-magnétiques.



3.3.2

Câbles à fibre optique

3.3.2.1

Introduction

Note

Les systèmes optiques de transmission sont de plus en plus fréquemment utilisés en technique de transmission.

Ce système permet de construire, sans régénérateur, des segments pouvant atteindre 100 km et plus pour des débits de l'ordre des gigabits (Gbit/s).

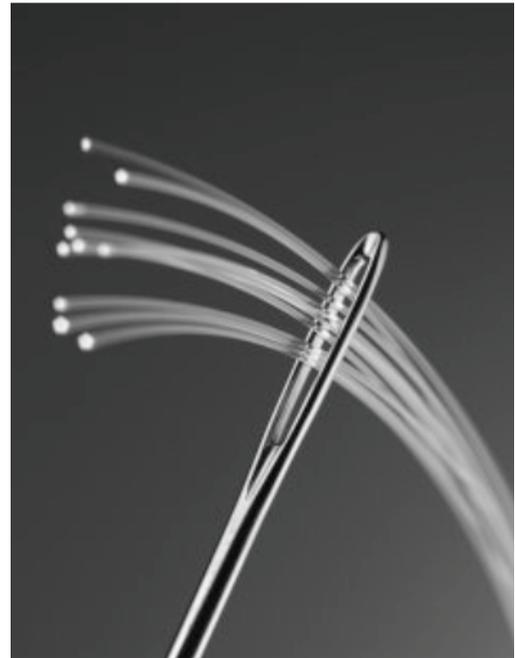
- Avec les lignes cuivre, le signal est amplifié : on augmente la valeur du signal et également celui du bruit. Avec la fibre optique, le signal est régénéré : on remet en forme le signal..

La fibre optique (FO) est utilisée principalement :

- pour les liaisons sur de longues distances ;
- pour des installations demandant un débit très élevé ;
- pour des installations avec des fortes perturbations électro-magnétiques ;
- pour des installations d'éclairage (non traité dans ce chapitre).

Les qualités des FO sont :

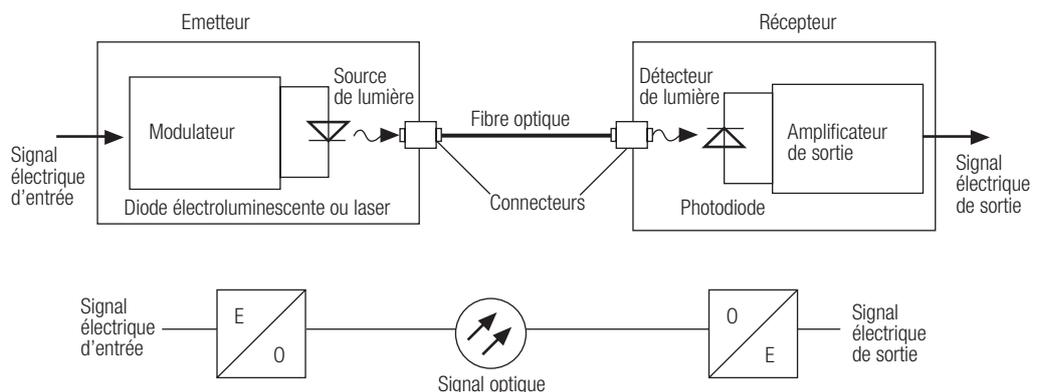
- à débit équivalent, ces câbles sont plus léger que ceux en cuivre ;
- immunité aux bruits (perturbations EM) ;
- débits très élevés ;
- largeur de bande jusqu'au Ghz ;
- assure la protection contre les écoutes (pas de diaphonie).



3.3.2.2

Principe

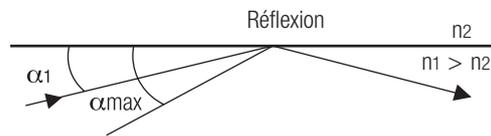
Il s'agit de transformer le signal électrique d'entrée en un signal lumineux afin de l'injecter dans la fibre. A l'autre extrémité, on transforme le signal lumineux en signal électrique de sortie.



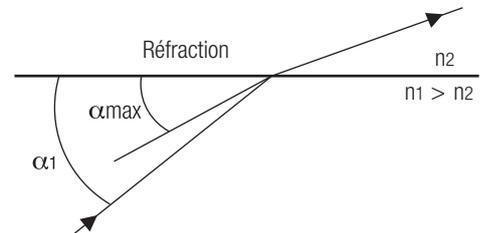
Réflexion et réfraction

Lorsque un rayon lumineux passe d'un verre d'indice de réfraction n_1 à un autre un verre d'indice n_2 plus faible, **il change de direction et de vitesse.**

Si l'angle d'incidence α_1 est inférieur à l'angle limite α_{\max} , le rayon de lumière est totalement réfléchi, on parle alors de **réflexion**.



Par contre, si l'angle d'incidence α_1 est supérieur à l'angle limite α_{\max} , le rayon lumineux est réfracté, on parle de **réfraction**.



Note

- L'indice de réfraction n est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et celui de la lumière dans un milieu. Ce dernier est toujours supérieur à 1, plus il est grand plus la vitesse de la lumière est petite.

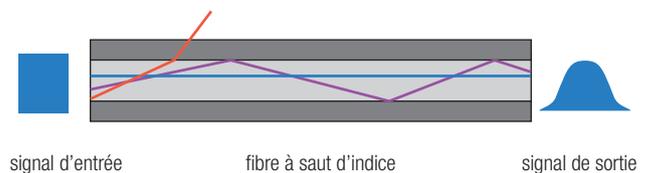
3.3.2.3

Passage du rayon lumineux

Dans un câble il y a souvent plusieurs fibres. Il existe 3 sortes de FO en télécommunication qui se distinguent principalement (hormis le prix) par leur débit.

- multi-mode à saut d'indice vitesse : « lente »
- multi-mode à gradient d'indice vitesse : moyen
- monomode vitesse : rapide

Dans une fibre la longueur du parcours d'un rayon lumineux peut varier en fonction des différentes réflexions sur les parois.



Plus il y a de réflexions (en mauve), plus le chemin est long et donc plus le signal source est étiré. Cela diminue le débit binaire car il ne faut pas de recouvrement entre différents signaux lumineux..

Pour limiter cet effet la fibre est fabriquée de façon à sortir de la fibre les rayons dont le parcours serait trop augmenté (en rouge).

Dans ce cas l'intensité lumineuse diminue mais la durée de l'impulsion lumineuse n'augmente que très peu. On peut facilement mettre en évidence ce phénomène en courbant exagérément une FO prévue pour l'éclairage. On verra alors la lumière sortie au point de pliage et l'intensité de la lumière à l'extrémité de la fibre nettement diminuer.

Le matériel nécessaire à la connexion de fibres – dont le diamètre du cœur ne dépasse pas un cinquième de millimètre – nécessite une grande précision d'alignement et de coupure des fibres.

3.3.2.4

Modes de propagation

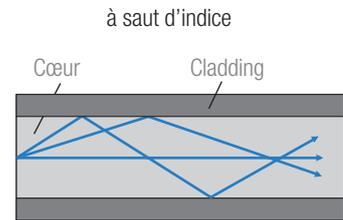
Fibre multimode
à saut d'indice

Les différents rayons lumineux parcourant la fibre sont appelés « **modes** ».

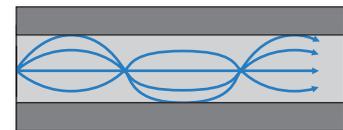
Dans ce type de fibres, l'indice de réfraction du cœur est constant, il y a changement brusque de l'indice de réfraction entre le cœur et le cladding (conducteur optique extérieur).

Dans cette fibre, il y a plusieurs parcours possibles du rayon lumineux dans la fibre d'où le terme de multimode.

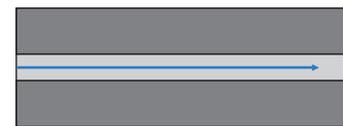
Le diamètre du cœur est de 100 μm et celui de la gaine de 140 μm .



à gradient d'indice



monomode



Représentation des différents types de fibres optique :

Fibre multimode
à gradient d'indice

Afin d'éviter une trop grande limitation de la bande passante, des fibres dont le cœur est dit à « gradient d'indice » ont été développées. L'indice de réfraction diminue graduellement du centre du cœur vers le cladding provoquant une augmentation de la vitesse de propagation des rayons lumineux situés à la périphérie du cœur par rapport à celle des rayons se propageant au centre de celui-ci. Le chemin des rayons lumineux présentent une allure sinusoïdale. Il y a toujours plusieurs parcours possibles du rayon lumineux dans la fibre mais les temps de parcours des différents modes sont presque identiques.

Le diamètre du cœur est de 50 μm ou 62,5 μm et de 125 μm pour la gaine.

Fibre monomode

La fibre monomode est un cas particulier de la fibre multimode à saut d'indice. Plus le cœur de la fibre est fin, moins la différence de longueur des trajets entre les divers modes de propagation de la lumière est grande. Si le cœur ne dépasse pas quelques micromètres, il n'y a plus qu'un mode de propagation, et la dispersion modale devient nulle. Il n'y a plus qu'un parcours possible du rayon lumineux dans la fibre d'où le terme de « monomode ».

C'est la solution idéale en ce qui concerne la bande passante. Le diamètre du cœur est d'environ de 10 μm et de 125 μm pour la gaine.

3.4
Courant admissible
en fonction
de la section.

Le courant admissible dans les canalisations à courant fort dépend principalement des conditions de pose de la canalisation (voir NIBT 5.2.3.1.1.15.5). Ici nous indiquons les valeurs pour la méthode de référence B1 - qui est la plus largement utilisée - pour une canalisation triphasée (sauf la première colonne en monophasé) à 30 °C.

A [mm^2]	1,5 mono	1,5 tri	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
I [A]	17,5	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239

3.5 Questionnaire

1. Comment s'appelle le dispositif où aboutit le câble du distributeur chez l'abonné ?

Le coupe-surintensité général.

2. Quelle est la différence entre un fil et une corde ?

Le fil est avec un conducteur massif alors que la corde est multibrin.

(mais ce n'est pas du souple !)

3. Quelle est la désignation précise d'un câble GrB ?

Caoutchouc , section circulaire, coton.

4. Quelle est la température minimum ambiante pour avoir encore le droit de poser un câble TT ?

+ 5 °C (NIBT 5.2.1..2.3.4)

5. Un câble TT 4 x 1,5 mm² possède des conducteurs bleu, vert, rouge et jaune-vert.
Avez-vous le droit de l'installer ?

Non le vert est interdit

6. Un câble TT a une température en service de 65 °C, est-ce correct ?

Oui, maximum admissible 70 °C.

7. Citez tous les conducteurs qui doivent être jaune-vert ?

Conducteurs de protection, d'équipotentialité, de terre, PEN (avec embouts bleu).

8. Quelle différence de repérage doit-il y avoir un conducteur de protection et un PEN ?

Le PEN doit avoir un embout bleu à chaque extrémité.

9. Quelle est la méthode de référence d'un câble tiré dans un tube noyé dans la maçonnerie ?

B2.

10. Quelle est la méthode de référence de fils tirés dans un tube noyé dans de l'isolation thermique ?

A1

11. Donner un exemple de cordon prolongateur !

Enrouleur sur un chantier (canalisation souple avec une prise «réseau» et une fiche mobile à chaque extrémité).

12. Donner un exemple d'une canalisation avec d'une méthode B1 !

Fils tirés dans un tube apparent ou encastré dans de la maçonnerie (ou plâtre).

13. Quelles sont les couleurs des fils A, B, C, et D de la quarte 78 d'un câble U72 ?

a. Jaune-vert

b. Vert

c. Turquoise

d. Violet

14. Pourquoi la FO est-elle insensible aux perturbations électromagnétiques ?

Le signal est lumineux.

15. Quel type de câble utilise-t-on lors de l'installation d'un téléseuil ?

Coaxial (parfois FO).

16. Quand utilise-t-on du câble plat ?

Alimentation des prises dans des canaux, de lampe dans des faux-plafond,
pour des ponts roulants.

17. Sous quelles conditions peut-on mettre des fils directement dans un canal ?

IP 4X et un couvercle difficilement ouvrable à la main ou à l'aide d'un outil.

18. Quelle est la méthode de référence qui correspond à un câble bridé dans un faux plafond ?

C si bridé ou «plus».

19. Quelles sont les trois types de fibre optique qu'il existe ?

Monomode, à gradient d'indice, à saut d'indice.

20. Pourquoi le débit diminue-t-il avec la longueur de la fibre ?

La dispersion chromatique diminue l'amplitude du signal et l'allonge. Sa durée
augmente donc en fonction de la longueur de la ligne.

Chapitre 4 CONDUITS

Afin de protéger les personnes d'un défaut d'isolement et de protéger les fils et les câbles contre des détériorations, on place ces fils ou câbles dans différentes sortes de conduits (tubes). L'ensemble conduits et conducteurs se nomme – au sens de la NIBT – la canalisation électrique. Ces conduits sont choisis selon :

Le genre de local dans lequel ils sont posés :

- température maximale ou minimale d'utilisation ;
- risque de choc mécanique ;
- risque de corrosion ;
- accessible à des personnes averties ou pas ;

Le mode de montage :

- Apparent visible ;
- Apparent caché (par exemple dans un faux-plafond) ;
- encastré dans des matériaux combustibles ;
- encastré dans des matériaux incombustibles.

Les conducteurs à tirer :

- le nombre de conducteurs
- la section des conducteurs

Selon le type de conduit, il peut être en longueur de 3 m ou en torche de 25, 50 ou 100 m. Pour les raccorder entre eux, on utilise des raccords, des coudes, etc. Pour les fixer, on dispose de brides, colliers, de produits de scellement, etc. En aucun cas le conduit ne doit risquer d'endommager les conducteurs. Il y a lieu de poser des embouts plastics aux extrémités des conduits métalliques s'ils ne sont pas parfaitement ébavurés.

4.1 Les tubes (conduits)

4.1.1 Dimensions actuelles

Désignation	diamètre extérieur	diamètre de la mèche pour percer ou tarauder
M16	16 mm	14,5 mm
M20	20 mm	18,8 mm
M25	25 mm	23,5 mm
M32	32 mm	30,5 mm
M40	40 mm	38,5 mm
M50	50 mm	48,5 mm
M63	63 mm	61,5 mm

Note

- Pour une même grandeur, le diamètre extérieur est le même pour tous les genres de tubes ;
- La succession des dimensions normalisées des conduits est la même que celle des coupe-surintensité.

4.1.2 Propriété de certains tubes d'installation

THF

Plastique flexible en polyéthylène, orange, combustible, insensible à l'humidité.

Température d'emploi : de -15°C à $+60^{\circ}\text{C}$

Résistant à la corrosion

Faible résistance mécanique :

Uniquement en montage noyé dans la maçonnerie

Ne convient pas pour emplacements avec dangers d'incendie ou en montage apparent



THFW

Plastique flexible en polyéthylène, gris, difficilement combustible, insensible à l'humidité.

Température d'emploi : de -15°C à $+60^{\circ}\text{C}$

Résistant à la corrosion

Faible résistance mécanique :

Principalement utilisé en montage noyé ou dans des doublages



TIT

Isolant rigide, pour cintrage à froid, difficilement combustible

Faible résistance aux influences thermiques,

Température d'emploi : de -5°C à $+60^{\circ}\text{C}$

Résistant à la corrosion

Faible résistance aux chocs mécaniques

Principalement utilisé en montage apparent

Ne convient pas pour l'extérieur



ALU

Aluminium, rigide, incombustible

particulièrement résistant aux influences thermiques,

Température d'emploi : de -45°C à $+250^{\circ}\text{C}$

Normalement résistant à la corrosion (atmosphérique),

Particulièrement résistant aux chocs.

Conducteur.

Principalement utilisé en montage apparent

Ne convient pas pour emplacements avec dangers de corrosion



TAZ

Acier zingué, rigide, incombustible

particulièrement résistant aux influences thermiques,

Température d'emploi : de -45°C à $+90^{\circ}\text{C}$

Normalement résistant à la corrosion (atmosphérique),

Particulièrement résistant aux chocs

Conducteur.

Principalement utilisé en montage apparent

Ne convient pas pour emplacements avec dangers de corrosion



PP THFW-G flex

En polyéthylène, gris, extraflexible, rainuré,
difficilement inflammable,
résistant à la corrosion
Pour des raisons d'identification, ces tubes sont marqués
avec une ligne blanche

*PP THF-G flex*

En polyéthylène, orange, extraflexible, rainuré,
résistant à la corrosion
Pour des raisons d'identification, ces tubes sont marqués
avec une ligne blanche

*ICTAAM
(aussi THFWG)*

Classification 3422, bleu,
Difficilement inflammable,
Température d'emploi : de -25°C à $+90^{\circ}\text{C}$
Insensible à l'humidité,
Résistant à la corrosion,
Bonne résistance aux chocs mécaniques (1000 N)
Principalement utilisé en montage encastré

*HFTXM*

Sans halogène doublé de matière plastique
Difficilement inflammable,
Température d'emploi : de -5°C à $+105^{\circ}\text{C}$
Résistance faible aux chocs mécaniques



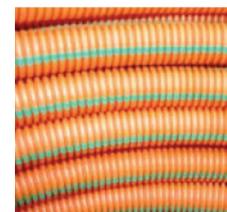
*Haloflex GHF
(Plica) flexible*

Ployable, rainuré
Auto-extinguible,
Température d'emploi : de -5°C à $+105^{\circ}\text{C}$
Faible résistance aux chocs mécaniques

*THFG*

Température d'emploi : de -5°C à $+90^{\circ}\text{C}$
Résistance élevée aux chocs mécaniques

Existe en gris (ligne blanche) auto-extinguible : THFWG

*ICTA*

Peut être obtenu en torches précâblées
température d'emploi : de -5°C à $+60^{\circ}\text{C}$
Résistant à l'humidité

Principalement utilisé en montage encastré



4.1.2.1

Types de tubes,
abrégations
et dénominations

Abrégations

TIT (ou KIR)

THD

THF

THFG *

THFW

THFWG*

TA

TAZ

THGK

ALU

ESTA

Dénominations

tube thermoplastique isolant.

tube thermoplastique dur.

tube thermoplastique flexible (orange).

tube thermoplastique flexible (orange avec un trait vert)

tube thermoplastique flexible, difficilement inflammable (gris).

tube thermoplastique flexible, difficilement inflammable (avec un trait vert)

tube acier. (rouge)

tube acier zingué.

tube thermoplastique flexible, rainuré avec couverture en CPV lisse.

tube aluminium.

tube en acier inoxydable.

* le tube THFG (ou THFWG) a une résistance à l'écrasement de 1250 N, tandis que le THF (ou le THFW) à une résistance à l'écrasement de 750 N et le ICTAAM de 1000 N.

4.1.3

Nombre de fils
maximum recommandé
en fonction
du diamètre du conduit

Le diamètre du conduit est à choisir de façon à ce que les conducteurs puissent y être tirés sans risque d'endommagement de leur enveloppe ni que les efforts de traction n'endommagent ou ne modifient l'âme du conducteur (par exemple allongement).

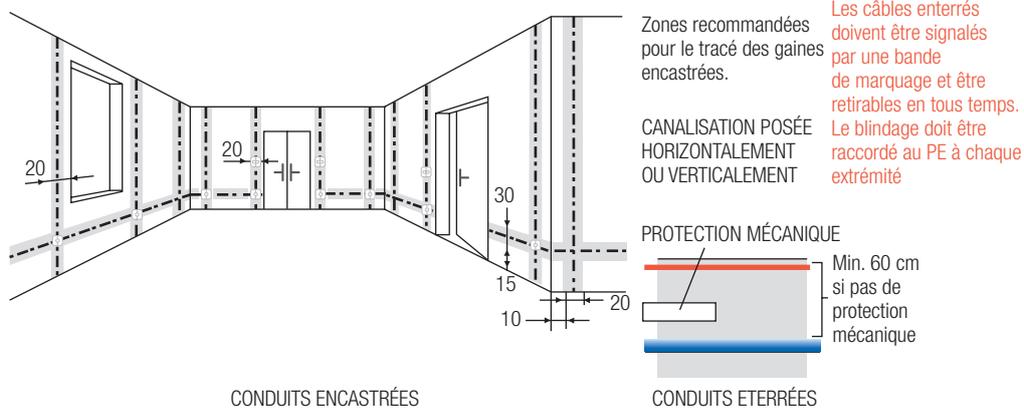
Les indications du tableau **NIBT 5.2.1.3.5** sont à respecter pour les longueurs de canalisations que l'on rencontre normalement dans une installation.

Note

- Pour des canalisations très courtes ou entièrement rectilignes avec des conduits rigides, il est cependant possible de choisir des conduits plus petits, pour autant que le tirage des conducteurs isolés ne soit pas entravé.
- Le choix de conduits plus grands est indiqué lorsque des canalisations présentent plusieurs coudes ou de très grandes longueurs.

4.1.4

Montage
des canalisations



4.2 Les canaux (Goulottes)

Les canaux permettent la pose en parallèle de différentes canalisations.

Canal d'installation

On trouve différentes teintes et dimensions.



Canal d'allège

Certains modèles sont prévus pour un montage en hauteur permettant l'intégration d'appareil.



Canal de plinthe

Permet également la pose d'appareillage électrique au sol.



Canal de filerie

Utilisé dans les ensembles d'appareillage lors d'un câblage avec fils souples.



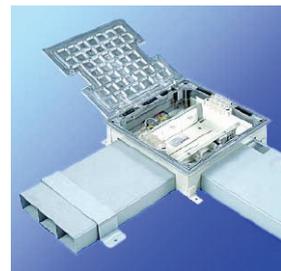
Canal sur plancher

Permet de protéger des câbles « libre » à des endroits de passages où ils risqueraient d'être endommagés ou d'être des encoubles pour les utilisateurs.



Canal de sol

Canal à sceller dans la chape. Il présente des points d'accès aux changements de direction avec possibilité d'installer des prises courant fort, faible ou informatique dans des boîtes scellées.



Pour tous ces canaux, il existe des pièces supplémentaires telles que : jonctions, fermetures, séparations, etc.

La pose de fils dans les canaux, bien que non recommandée, est autorisée si le couvercle du canal ne peut être enlevé uniquement avec un effort important de la main (ou un outil) et que le canal présente un IP XXD ou IP4X. *Les précautions à prendre en cas de tirage de circuits de tensions différentes sont indiquées dans la [NIBT 5.2.7.1](#).*

Note

- *Le groupement de plusieurs canalisations dans une même conduite engendre une diminution du courant admissible des conducteurs et souvent une augmentation de la section de conducteurs*

4.3 Les chemins de câbles et échelles à câbles

Comme pour les goulottes, il existe plusieurs solutions lorsqu'on veut pouvoir ajouter ou diminuer simplement le nombre de circuits sur un tronçon de canalisation.

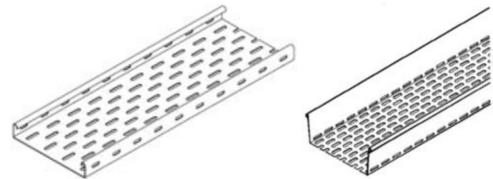
Caniveaux à câble

En fibre de verre, difficilement inflammables, ils peuvent être avec ou sans couvercle.



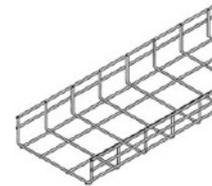
Chemins de câble

En tôle d'acier zinguée, ils doivent être reliés à l'équipotentialité de protection (PA) en cas de longueur importante (plus de 6 mètres s'ils sont accessibles au touché.).



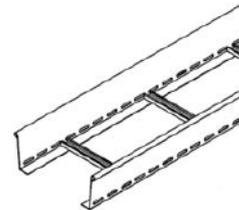
Caniveaux à grille

En acier inoxydable.



Echelles à câbles

En tôle d'acier zinguée au feu prévu pour le montage vertical dans des gaines techniques. Ces échelles sont à raccorder au PA mais ne peuvent pas servir de conducteur PA.



4.3.1 Mesures à prendre lors de la pose

- Lors de la pose de caniveau, il faut faire particulièrement attention à ce que les coupes ne risquent pas d'endommager les câbles lors de la pose.
- La dimension (largeur) des caniveaux doit être prévue avec un important pourcentage de réserve afin d'assurer la possibilité d'extensions futures.
- Les supports seront fixés en prenant en considération la masse totale des câbles ainsi que ceux qui s'ajouteront plus tard. Leur nombre doit être suffisamment important pour éviter tout effondrement de la canalisation.
- Lorsqu'ils sont en matériaux conducteurs et d'une longueur non négligeable (dès 6 mètres), les caniveaux doivent être reliés au conducteur d'équipotentialité (mais ne peuvent plus être utilisés comme conducteur d'équipotentialité de protection) s'ils sont accessibles au touché.
- Dans la mesure du possible, on évitera la pose en toron des câbles afin de favoriser les déperditions de chaleur et ainsi d'éviter une augmentation de la température des câbles au-delà des valeurs admissibles.
- Les supports des canalisations doivent être en matériaux résistants au feu (donc pas de plastique) et à la chaleur si les câbles qu'ils supportent sont protégés contre le feu.

4.4 Questionnaire

1. Quel est le tube d'un diamètre directement supérieur à du M40 ?

M50 (succession identique aux fusibles).

2. Donner 2 exemples de tubes livrés en longueur de 3 m :

THD, TIT (KIR) TA, TAZ, ALU.

3. Jusqu'à quelle température maximale peut-on installer un tube THF ?

+ 60 °C.

4. Citer deux tubes interdits en montage apparent pour des installations à courant fort :

THF, THF-G, tous les tubes de coloration orange.

5. Donner deux exemples de tubes prévus pour un montage apparent :

THD, TIT, TA, TAZ,, ALU.

6. Quelle différence y a-t-il entre un tube THF et un THFG ?

Le G est souple (rainuré) et renforcé aux chocs mécaniques.

7. Pour quelle raison le TIT ne convient-il pas pour une pose à l'extérieur ?

Ne résiste pas à une température plus basse que 5°C.

8. Quelle différence y a-t-il entre oxydation et corrosion ?

Oxydation est une réaction avec de l'oxygène alors que la corrosion est une réaction avec une base ou un acide.

9. Donner un exemple de tube résistant à la corrosion :

Tube en PVC (TIT, THD, THFW).

10. Que veut dire « THFW » ?

Tube en thermoplastique, flexible, ne propage pas la flamme.

11. Quelle est la hauteur minimale dans un mur pour faire une pose horizontale encastrée ?

Minimum 15 cm (art. 5.2.1.3.5) .

12. Dans des conditions « normales », quel est le diamètre minimum du conduit pour tirer 7 fils de 1,5 mm² ?

M20

13. Dans des conditions « normales », quel est le diamètre minimum du conduit pour tirer 5 fils de 2,5 mm² ?

M20

14. Combien de fils de 1,5 mm² peut-on faire passer dans un tube M25 ?

13

15. Quel diamètre de tube choisir lors d'une alimentation de cuisine ?

M20.

16. Dans quel cas peut-on dépasser le nombre de fils dans un tube indiqué dans la NIBT ?

Si la canalisation est courte et/ou rectiligne.

17. Dans quel cas ne peut-on pas tirer autant de fils dans un tube qu'il n'est indiqué dans la NIBT ?

Si la canalisation est longue et/ou sinueuse.

18. Quel type de canal proposez-vous à un client pour faire une installation apparente au sol le long des parois ?

Canal de plinthe.

19. Quel type de canal proposez-vous à un client pour faire une installation apparente au plafond le long des parois ?

Canal d'installation.

20. Quel type de canal proposez-vous à un client pour protéger des câbles mobiles qui passent entre le mur et un bureau au centre de la pièce ?

Canal sur plancher.

21. Quelle mesure de protection électrique faut-il prendre lors de la pose d'une grande longueur de chemin de câbles ?

Il faut le raccorder à un conducteur d'équipotentialité de protection

(min 6 / 10 mm² max 16 mm²)

22. Quel est le diamètre du tube à choisir en montage encastré lorsqu'on doit alimenter un bloc de chauffage monophasé 400 V / 12 kW ?

$I = 12000/400 = 30$ ampères => 3 fils de 6 mm² et un tube M 25.

23. Combien de consoles doit-on installer au minimum pour poser 10 mètres de chemin de câbles qui doit contenir 7 câbles 5x35 mm² (224 kg/100 m) en sachant que les efforts sur les consoles ne doivent pas dépasser 600 Newton ?

600 N = env. 60 kg; longueur de câble 70 m, masse des câbles 224 x 0,7 = 157 kg, nombre de consoles 157 / 60 = 2,6 soit 3 consoles.

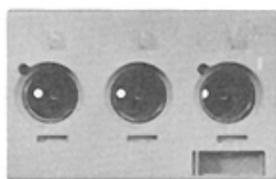
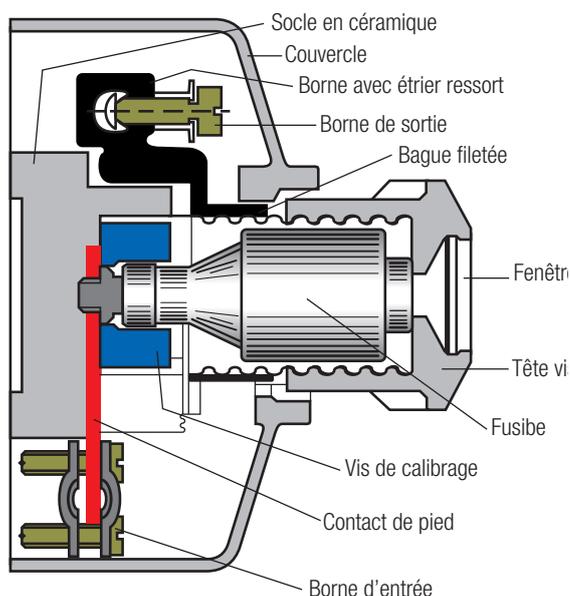
Chapitre 5 COUPE-SURINTENSITÉ

Les coupe-surintensité protègent les installations contre les surcharges et les court-circuits.

Il y a plusieurs genres de coupe-surintensité :

- les coupe-surintensité à fusibles ;
- les disjoncteurs ;
- les thermiques (uniquement contre les surcharges).

5.1 Coupe-surintensité à fusible diazed



Montage apparent



Montage intégré



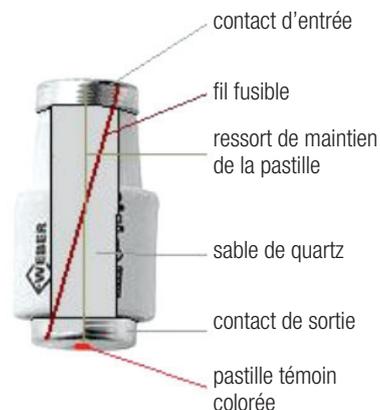
Support pour HPC

5.1.1 Le fusible Diazed

Le fusible est l'élément qui va fondre en cas de surcharge ou de court-circuit.

Le fil d'argent est dimensionné pour une certaine densité de courant. Si le courant dans le fusible augmente, la température à l'intérieur du fusible augmente aussi. Cette augmentation de température provoque la fusion du fil et par conséquent l'ouverture du circuit électrique.

Le sable de quartz, à l'intérieur, a pour fonction de dissiper et répartir la chaleur en fonctionnement normal et d'éteindre l'arc électrique au moment de la fusion du fil.



5.1.2 Caractéristique de fusion

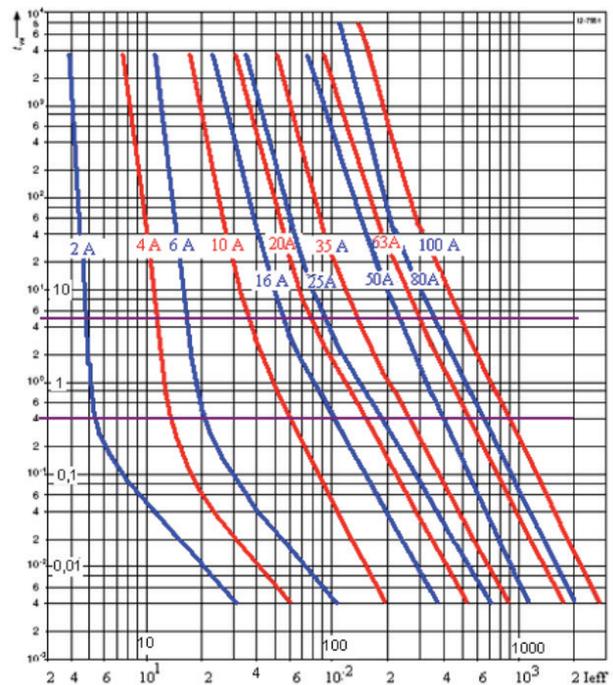
Sur ces courbes, on peut déterminer le temps de coupure d'un fusible en fonction du courant que le traverse.

Exemples

- un fusible 10 A coupe au bout de 5 secondes un courant de 37 A alors qu'il ne lui faudra que 0,4 s pour couper un courant de 60 A.
- un courant de 200 A fait fondre un fusible de 16 A en 0,04 s.

Note

- Les échelles sont sur des axes logarithmiques.



5.1.3 Têtes de fusible (K)

La fonction de la tête est de pouvoir serrer correctement le fusible sur le socle et d'assurer le passage du courant à travers le coupe-surintensité.



KII plombable

KIII non-plombable

Dans la pratique, il faut vous assurer du bon serrage de la tête du fusible sinon il y aura de mauvais contacts, des arcs électriques et des points d'échauffement entre le fusible et la vis de contact, une oxydation des contacts, une modification de la forme des contacts et une augmentation de la résistance accompagnée de dysfonctionnements des appareils raccordés.

D'autre part, ces coupe-surintensité ne sont pas construits pour être dévissés ou vissés en charge. Il faut veiller à mettre hors service tous les récepteurs avant d'intervenir sur une installation.

Il existe plusieurs sortes de socles en fonction de la catégorie et de la famille des coupe-circuits à fusible, du type de socles unipolaires ou multipolaires avec ou sans sectionneur de neutre et du type de montage (apparent ou intégré).

Note

- Il est possible d'utiliser des fusibles DII dans du matériel prévu pour des grandeurs KIII en plaçant un fourreau de réduction KIII/DII.



Fourreau de réduction

5.1.4 Bagues de calibrage et vis de contact (S)

La fonction de la vis de contact (SII ou SIII) ou de la bague de calibrage (SI) est d'éviter qu'un fusible d'une intensité nominale supérieure à celle pour laquelle la canalisation a été dimensionnée ne soit mis en place.



Bagues de calibrage SI

Vis de contact SII

Vis de contact SIII

Note

- La vis de contact – contrairement à la bague de calibrage – sert de point de contact. Elle est donc absolument indispensable au bon fonctionnement de l'installation.

5.1.5 Choix d'un fusible

Les fusibles sont regroupés en 3 catégories : HPC (haut pouvoir de coupure), D (Diazed) et fusible tubulaire. La famille D se divise, elle aussi, en 3 classes en fonction des intensités nominales

- DI: $16 A \geq I_n$
- DII: $30 A \geq I_n \geq 6 A$
- DIII: $63 A \geq I_n \geq 35 A$
- HPC: $630 A \geq I_n \geq 25 A$

Note

- Dans d'anciennes installations, on trouve des fusibles D IV qui ne sont actuellement plus admis dans les installations neuves.
- Actuellement, seul le type de fusible retardé (träge) est encore sur le marché.

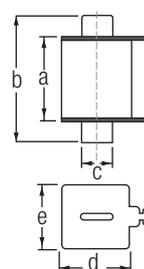
5.2 Coupe-surintensité à fusible à haut pouvoir de coupure (HPC)

Les coupe-intensité à haut pouvoir de coupure sont montés dans des boîtiers appropriés. Dans la pratique, nous les nommons « cartouche HPC ». Selon le NIBT, leur emploi est réservé à des personnes averties car ils ne possèdent pas de pièce de calibrage. Leur place n'est donc pas dans des tableaux accessibles à des profanes.

Le pouvoir de coupure d'un HPC est d'au moins 100 kA.

Constitution

	DIN 00	DIN 1 / 2 / 3
A	49	68
B	79	135
C	15	20
D	51	64 / 72 / 84
E	21	30 / 50 / 59



Note

- Les valeurs a, b, c, d et e sont normalisées.

Principe de fonctionnement

Il est le même que celui des fusibles Diazed, mais avec une section de fil d'argent plus grande.

Surface de contact

La cartouche HPC se place entre les doigts de la mâchoire (ou broche) du support. Électriquement, une force électromagnétique F va accroître la pression de contact entre les deux parties.

Note

- Ces cartouches fusibles ne doivent pas être retirées lorsqu'il y a un courant qui circule. Il y a un grand danger de provoquer un arc électrique et la destruction du support.
- Le retrait ou l'insertion d'un HPC ne doit se faire qu'avec l'outillage ou le matériel adéquat.



poignée HPC

No rmalisation des HPC, selon DIN ou ASE

Selon DIN	Selon ASE	I_n minimum [A]	I_n maximum [A]
DIN 00		6	160
DIN 1		25	250
DIN 2	G 4	63	400
DIN 3	G 6	315	630
-	G 6S	500	630
	G 8	300	800

Tous les HPC ont la même couleur de pastille témoin de fusion : rouge. Il faut donc à chaque fois mettre une étiquette à proximité du HPC stipulant l'intensité assignée maximale à utiliser.

5.3 Coupe-surintensité à fusible à faible pouvoir de coupure

Les coupe-surintensité à faible pouvoir de coupure sont montés dans des boîtiers appropriés.

Dans la pratique, nous les nommons « microfusible ». Leur courants nominaux sont petits. Ils sont utilisés dans les installations industrielles ou domestiques pour protéger les appareils contre la surcharge.

Tube isolant (verre ou céramique)



Fil fusible

Capsule métallique

Principe de fonctionnement

Il est le même que pour les fusibles Diazed, mais avec des sections de fil d'argent plus petites. Ces fusibles existent en plusieurs versions.

Dans le boîtier, avec sable ou sans sable : Grandeurs usuelles :

- à fusion normale
- à fusion retardée T
- à fusion rapide Flink F
- à fusion super rapide FF
- 5 x 20 mm
- 5 x 15 mm
- 6,3 x 32 mm

Surface de contact

Les microfusibles peuvent être glissés entre des contacts ou vissés.

NIBT

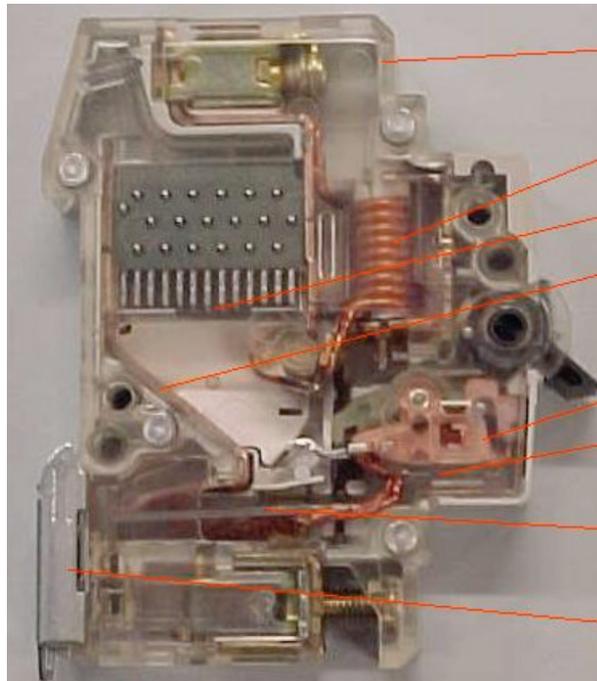
- Les fusibles à faible pouvoir de coupure ne peuvent pas être utilisés pour protéger une canalisation.



Exemple de support

5.4 Les disjoncteurs

La tendance est au remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnéto-thermiques qui assurent la protection des canalisations et des appareils récepteurs d'énergie. Ceci non seulement pour des raisons économiques, mais aussi pour des questions de stockage des différents fusibles vus précédemment.



boîtier
bobine magnétique
chambre de coupure
tôle d'arc
sous-ensemble serrure
vis de réglage
lame bimétallique
ressort de fixation



disjoncteur 4 x 13 A B avec mesure du neutre

Principe

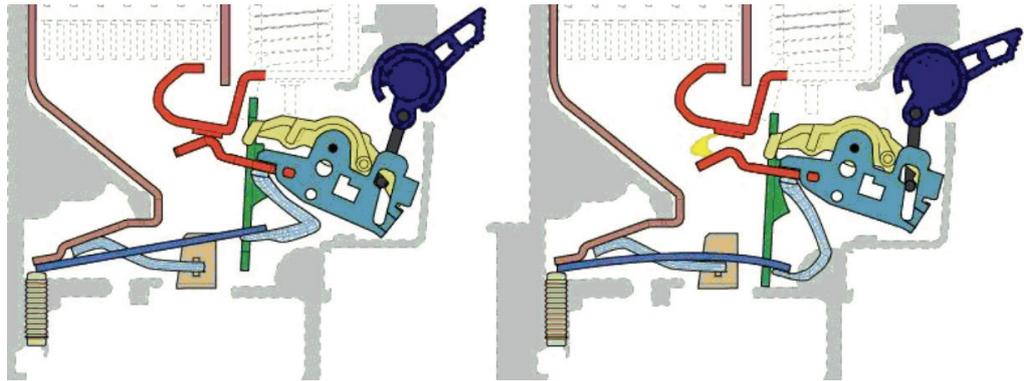
Le disjoncteur assure la protection des canalisations ou des récepteurs selon deux principes : *THERMIQUE* et *MAGNETIQUE*.

5.4.1 Thermique

Une lame bimétallique est formée de deux matières qui ont un coefficient de dilatation différent. Cette lame bimétallique peut être en un alliage ferro-nickel et de l'invar. Elle est chauffée par un courant (effet Joule). La lame bimétallique est calibrée de telle manière qu'avec un courant nominal I_{nom} elle ne subisse aucune déformation. Un courant de **1,13 fois I_n** ne doit pas non plus créer la déformation nécessaire à la coupure par le bilame. A **1,45 fois I_n** , le bilame doit avoir créé la coupure en une heure au maximum

Par contre, si des surcharges sont provoquées par les récepteurs, en fonction du temps et du courant, la lame va se déformer et entraîner l'ouverture du contact.

Fonctionnement du dispositif thermique



En service

Déclenché

5.4.2 Magnétique

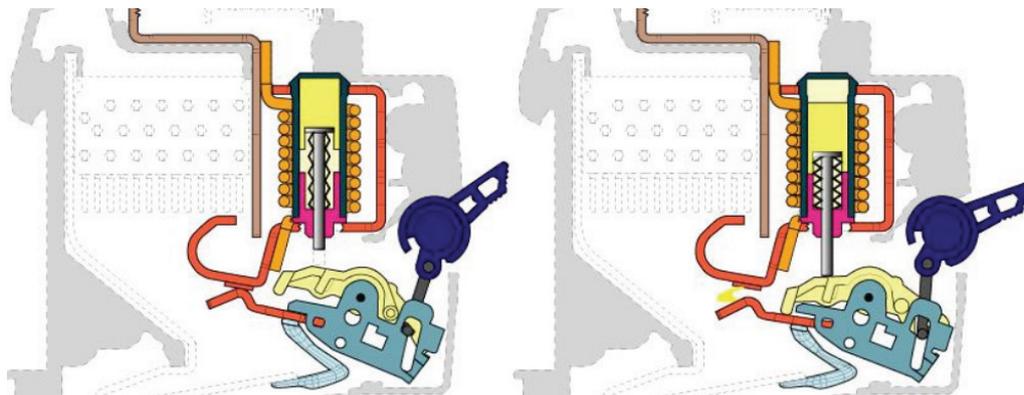
Pour couper rapidement de grands courants de court-circuit, le disjoncteur est équipé d'une bobine réagissant très rapidement aux courants de court-circuits I_{cc} .

En service normal, le courant I_n circulant dans la bobine n'a pas assez d'influence magnétique (induction magnétique) pour pouvoir déplacer l'armature mobile (piston) maintenue dans la bobine à l'aide d'un ressort. Le circuit est fermé.

Si un défaut apparaît dans le circuit en aval du disjoncteur, l'impédance Z du circuit diminue et le courant augmente jusqu'à atteindre une très grande valeur de courant de court-circuit I_{cc} .

Dès cet instant, le courant I_{cc} provoque une violente aimantation de l'armature mobile. Cela a pour conséquence de déplacer le piston, car la force qu'il exerce est plus importante que celle du ressort, qui va percuter le dispositif de coupure ce qui va interrompre le circuit en aval du disjoncteur. Le dispositif de coupure est construit de telle façon que si l'on bloque la manette de commande, le circuit sera quand même coupé.

Fonctionnement du dispositif magnétique



En service

Déclenché

Chaque type de disjoncteur possède un pouvoir de coupure nominal, exprimé en ampère, inscrit dans un rectangle.

Par exemple :

10000

5.4.3 Caractéristique de coupure

Il existe pour les disjoncteurs de canalisation trois caractéristiques de déclenchement ayant la même courbe pour l'effet thermique (partie supérieure de la courbe en bleu clair), mais présentant des fonctionnements magnétiques (parties verticales en bleu clair) décalés en fonction de l'intensité qui les traverse.

Ces trois caractéristiques sont définies par des lettres, B, C, D.

*Fonctionnement
thermique*

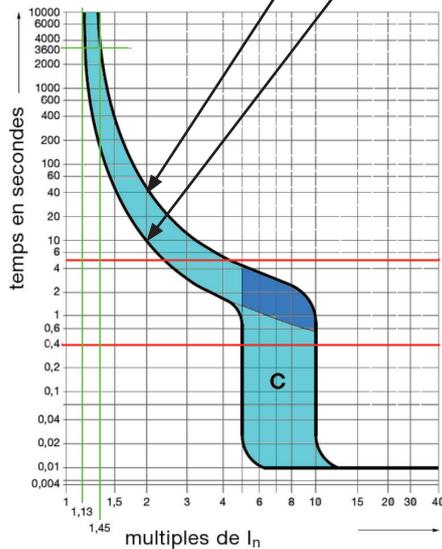
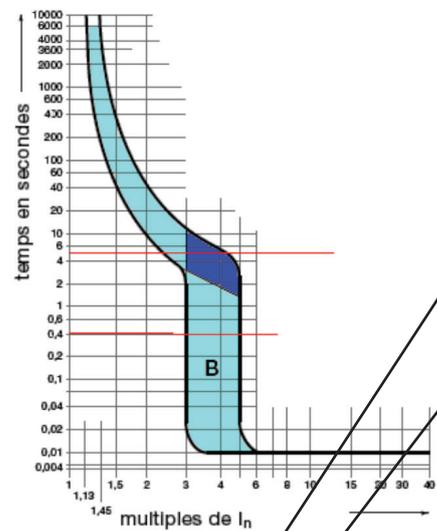
Identique pour toutes les courbes.

*Fonctionnement
magnétique*

Courbe B : de 3 à 5 fois I_n

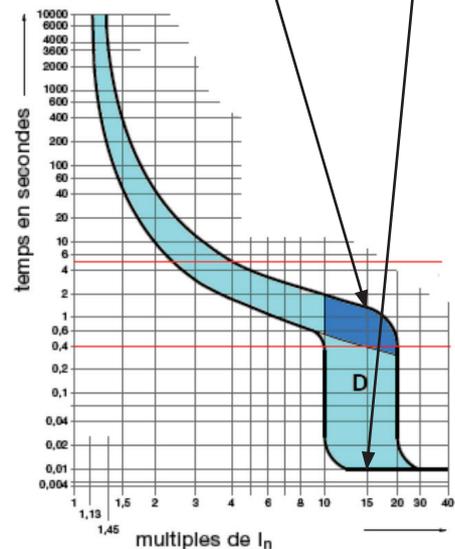
Courbe C : de 5 à 10 fois I_n

Courbe D : de 10 à 20 fois I_n



Exemples de lecture :

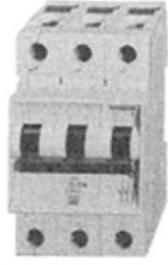
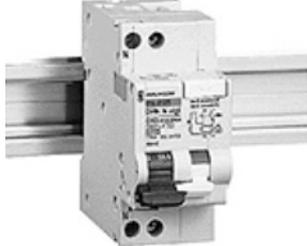
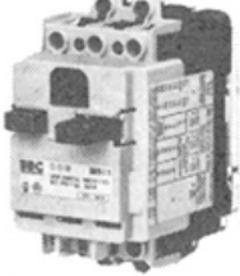
- un disjoncteur 13 A ne met jamais plus de 45 secondes pour couper un courant de 26 A (2 fois I_n) ;
- un disjoncteur 13 A ne coupe jamais un courant de 26 A en moins de 10 secondes ;
- un disjoncteur D 13 A coupe un courant de 195 A (15 fois I_n) au minimum en 10 ms et au maximum en 1,5 secondes.



Note

- La zone en bleu foncé indique que pour un courant donné et un temps correspondant (par exemple un disjoncteur B 13 A coupe un courant de 45 A en 5 s). Il est impossible de savoir si c'est une coupure due au bilame ou à la bobine.

5.4.4
Exemples
de disjoncteurs :

<p>disjoncteur tripolaire 6...50 A 230/400 V AC pouvoir de coupure 6 kA, caractéristique pour protection de lignes <C>, déclenchement rapide magnétique $5...10 \times I_n$, connexions 16 mm², hauteur nominale 55 mm</p>	
<p>disjoncteur unipolaire haut pouvoir de coupure 6...63 A 230/400 V AC pouvoir de coupure 50 kA, caractéristique pour protection de lignes , déclenchement rapide magnétique $3...5 \times I_n$, connexions 25 mm², hauteur nominale 80 mm, tension d'isolation 690 V AC</p>	
<p>disjoncteur à vis 380 V AC pouvoir de coupure 6 kA, caractéristique pour protection d'appareils <K>, déclenchement rapide magnétique $8...12 \times I_n$, Ø 42 mm, longueur 80 mm, pas de vis E27</p>	
<p>disjoncteur différentiel <Vigi C> 230 V AC pouvoir de coupure 6 kA, caractéristique pour protection de lignes <C>, déclenchement rapide magnétique $5...10 \times I_n$, 1 L+N, connexions 10 mm², hauteur nominale 70 mm</p>	
<p>disjoncteurs/démarrateurs de moteur démarrateur de moteur 3 L 16 A 500 V AC déclenchement thermique et électromagnétique, fixation à vis, bornes de raccordement 4 mm², possibilité d'adjonction de 2 contacts auxiliaires, 60x105 mm, profondeur 75 mm</p>	

5.5 Les disjoncteurs pour moteurs

Les disjoncteurs de moteur sont des coupe-surintensité fonctionnant selon le même principe que les disjoncteurs de canalisation. Ils possèdent un dispositif de réglage pour la mesure du courant de surcharge (fonctionnement thermique) devant être ajusté à la valeur de l'intensité nominale du moteur. Ces disjoncteurs sont équipés de deux poussoirs ou d'un bouton rotatif permettant d'enclencher ou d'arrêter le moteur raccordé en aval.

Exemple

On lit sur la plaquette d'un moteur triphasé $I = 3,4 \text{ A}$. Afin de protéger le moteur contre la surcharge, on choisit un disjoncteur avec une possibilité de réglage de 2,5 à 4 A. On règle alors le thermique du disjoncteur à 3,4 A.

Représentation d'un disjoncteur de moteur



Ces disjoncteurs ne peuvent pas être commandés à distance.

5.5.1 Principe de fonctionnement

Le disjoncteur de moteur peut être équipé uniquement d'un dispositif de coupure thermique ou avec également un dispositif de coupure magnétique comme le disjoncteur de canalisation.

5.5.1.1 Thermique avec réglage du courant

Ceci offre la possibilité de protéger les enroulements du moteur contre les surcharges imposées mécaniquement au moteur. Une augmentation de la charge sur l'arbre du moteur implique une augmentation du courant, donc une augmentation dangereuse de la température du moteur et aussi des lames biméalliques du disjoncteur de moteur ce qui va entraîner l'ouverture des contacts du disjoncteur.

5.5.1.2 Magnétique

En cas de court-circuit ou de blocage de l'arbre du moteur, un courant important va circuler dans la bobine du disjoncteur et entraîner l'ouverture des contacts du disjoncteur.

NIBT

- Il est obligatoire de protéger contre les surcharges tous les moteurs de plus de 500 W contre les surcharges. Dans un local avec danger d'incendie, tous ceux qui ne sont pas sous la surveillance permanente d'une personne doivent être protégés quelle que soit leur puissance.

5.6 Relais thermique

Dans la pratique, il est souvent nécessaire de commander un moteur à distance. Il faut donc obligatoirement utiliser des contacteurs.

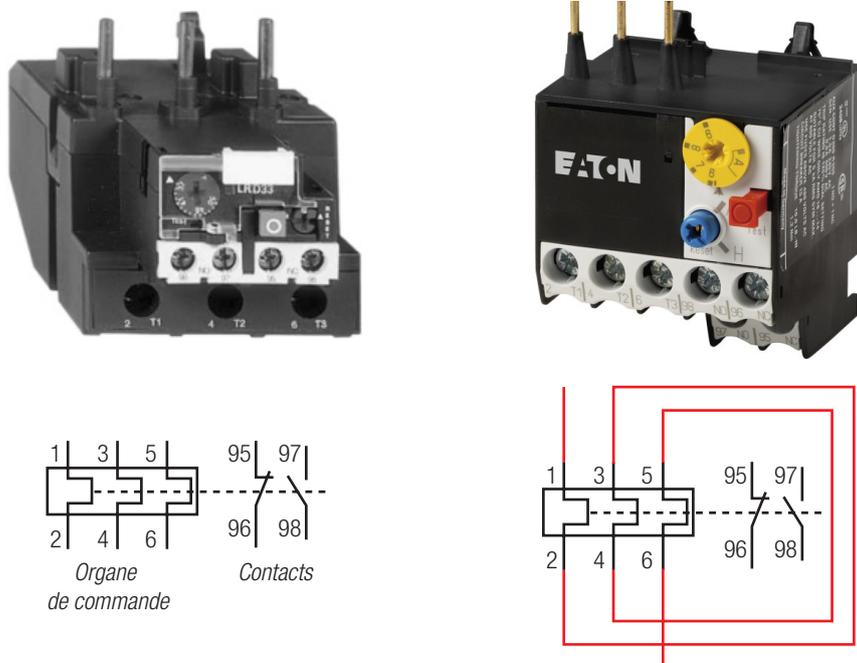
Pour limiter les frais d'installation, l'installateur peut fixer au contacteur un relais thermique. Celui-ci doit être réglé selon le courant nominal du moteur. Comme pour les disjoncteurs, le fabricant a déjà prévu que le dispositif de coupure supporte sans couper un courant de surcharge jusqu'à 1,13 fois la valeur de réglage.

Exemple

Un relais thermique réglé à 10 A ne coupe pas des intensités inférieures à 11,3 A.

5.6.1 Principe de fonctionnement

Le courant de chaque phase chauffe des bimétaux. Selon l'échauffement, ces lames vont se courber et agir sur un dispositif mécanique qui va ouvrir et fermer des contacts.

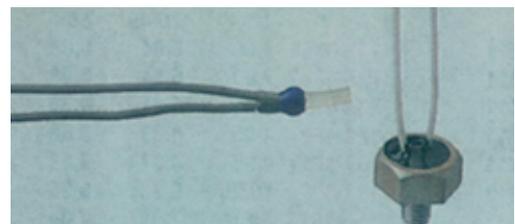


Lors de l'utilisation d'un relais thermique avec moteur monophasé, il faut faire passer le courant à travers les trois dispositifs de mesure.

5.7 Thermistances

Depuis l'apparition de l'électronique, on remplace parfois le bloc thermique par des thermistances. Ces thermistances sont placées sur les bobines du moteur. Ce sont des résistances non-linéaires dont la résistivité se modifie en fonction de la température. Elles ont un coefficient de température positif ou négatif.

Nous parlerons de thermistances NTC (coefficient de température négatif – CTN en français) ou PTC (coefficient de température positif – CTP en français).



5.8 Questionnaire

1. Quel est le but des coupe-surintensité ?

Protéger les lignes contre les surcharges et /ou les courts-circuits.

Donc protéger les personnes des conséquences d'une électrocution et les choses d'un incendie.

2. Citer 3 sortes de fusibles différents.

HPC (haut pouvoir de coupure) Diazed, tubulaire (faible pouvoir de coupure);

3. En quelle matière le fil fusible est-il fait ?

Argent

4. A quoi sert la pastille témoin (indicatrice de fusion) ?

Savoir si le fil fusible a fondu.

5. En combien de temps un fusible 10 A coupe-t-il un courant de 180 A ?

Env. 6 ms

6. Quel courant faut-il pour qu'un fusible 20 A fonde en 5 secondes ?

Env. 80 A

7. Quel courant faut-il pour qu'un fusible 10 A fonde en 0,4 secondes ?

Env. 60 A

8. Quelles différences y a-t-il entre une bague de calibrage et une vis de contact ?

La bague de calibrage n'est pas indispensable pour assurer un bon contact,

alors que la vis de contact oui.

9. Que faire en pratique si on a prévu un support pour fusible DIII avec tête KIII et qu'on doit mettre un fusible de 16 A ?

Il faut mettre une réduction KIII-DII

10. Dans quelles dimensions de la norme DIN existe-t-il des HPC 25 A ?

DIN 00 et DIN 1 DIN 000

11. Que faire lors de la pose d'un HPC afin d'éviter que lors d'un échange on en place un dont l'intensité nominale est trop élevée ?

Il faut mettre une étiquette « $I_{max} = \dots$ »

12. Quels sont les deux modes de fonctionnement d'un disjoncteur ?

Magnétique (court-circuit) et thermique (surcharge).

13. Pourquoi est-il important de connaître la valeur du pouvoir de coupure ?

Il faut s'assurer que le coupe-surintensité PEUT couper le courant (souvent I_{kmax}) de court-circuit dans le temps indiqué et sans risque de détériorations.

14. Durant combien de temps un disjoncteur C 16 A supporte-t-il un courant de 60 A sans risque de coupure ?

Environ 2 secondes.

15. Au bout de combien de temps est-on certain qu'un disjoncteur C 16 A a coupé un courant de 60 A

Coupure assurée en env. 6 à 8 secondes.

16. Quel est l'organe qui a provoqué la coupure d'un disjoncteur C 16 A parcouru par 60 A ?

Le circuit thermique (bimétal).

17. Quelle est l'intensité minimale qui peut être coupée en 0,4 s par un disjoncteur B 13 A ?

3 fois $I_n = 39 A$

18. Quel est l'organe qui a provoqué la coupure d'un disjoncteur C 20 A parcouru par 210 A ?

A plus de 10 fois I_n c'est la bobine (magnétique).

19. Quel est l'organe qui a provoqué la coupure d'un disjoncteur D 20 A parcouru par 210 A si la coupure a eu lieu en 0,2 s ?

La bobine (magnétique).

20. Quel est l'organe qui a provoqué la coupure d'un disjoncteur D 20 A parcouru par 210 A si la coupure a eu lieu en 1 s ?

Il est impossible de savoir si c'est le magnétique ou le thermique.

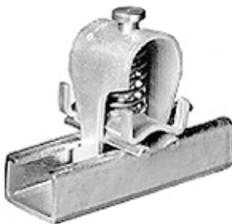
21. Un moteur indique $U = 230 / 400 V \Delta / Y$ $I = 8,66 / 5 A$. Sur quelle valeur réglez-vous le thermique en cas de démarrage direct ?

5 A

Chapitre 6 BOÎTES ET APPAREILS

6.1 Matériel de raccordement

Les raccordements doivent être en tout temps accessibles (sauf dans le cas de cellpack et les extrémités froides des câbles chauffants). Le serrage doit être fiable et durable. Les bornes pour les conducteurs PE doivent être assurées contre le desserrage.

	<p>Boîte de dérivation AP sec boîte de dérivation</p> <p>en matière synthétique, blanc, barre profilée EN 50022-35, bornes série</p>		<p>Borne à fichier</p> <p>sans vis</p> <p>Borne enfichable Wago, autoextinguible, contacts en Cu étamé, difficilement inflammable, sans halogène, pour fil et toron</p>
	<p>Boîte de dérivation pour câble plat</p> <p>boîte de dérivation pour câble plat 1,5 mm², 10 A 500 V avec prise <Wieland> en polyamide 6/6, gris, sans halogène, plaque à bornes avec vis à pointe</p>		<p>Boîte de dérivation pour câble rond</p> <p>boîte de dérivation pour câble rond 16 A 400 V en polycarbonate, gris, exempt d'halogène</p> <p>adaptateur, 5-pôles</p>
	<p>Boîte de raccordement boîte de raccordement AP 15 A 500 V</p> <p>couvercle en matière synthétique blanc, entrée pour câble Ø 6,4...12,2 mm</p>		<p>Borne isolé</p> <p>serre-fils boîtier en matière isolante, noir, en 2 parties</p>
	<p>Bride de mise à la terre</p> <p>antirouille (pour mise à la terre de protection et de service T+T, une seule bride est indispensable)</p> <p>bloc de raccordement pour corde 16 mm²</p>		<p>Borne de blindage</p> <p>pour barre profilée en aluminium</p>
	<p>Matériel de mise à terre</p> <p>pour fondations</p> <p>point de raccordement en acier zingué au feu avec plaque de raccordement</p>		<p>Armatures de câbles, procédé de coulage <Cellpack></p> <p>pour câbles de tous genres jusqu'à 11 kV</p> <p>manchon de jonction complet avec moules matière synthétique, résine de coulage G, entonnoirs, ruban d'étoupage, mode d'emploi, sans serre-fils</p>

NIBT

- Si plusieurs circuits arrivent dans une seule boîte de raccordement, il faut mettre une étiquette : **attention plusieurs alimentations.**

6.2 Matériel d'encastrement

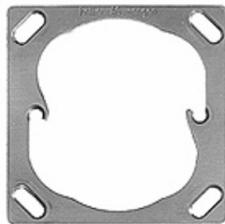
Dans la pratique, les différents appareils (interrupteurs, prises) ont des dimensions standardisées.

- Appareils apparents : dimensions selon les fabricants (60 x 60 mm).
- Appareils encastrés : nous parlons de **grandeur I**, lorsque les dimensions de la plaque de recouvrement sont de 86 x 86 mm et la plaque de fixation mesure 70 x 70 mm. Tous les fabricants ont les mêmes dimensions.

6.2.1 Montage encastré



Boîte d'encastrement gr1
77 x 77 [mm]
fixation 70 x 70 [mm]
forage diamètre 71 [mm]



Plaque de fixation gr 1
70 x 70 [mm]



cadre de recouvrement, plaque frontale avec capot
77 x 77 [mm]



Boîte d'encastrement gr I-I



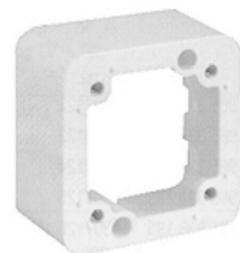
Plaque de fixation gr I-I
70 x 130 [mm]



Cadre de recouvrement I-I
86 x 146 [mm]

6.2.2 Montage apparent

En ce qui concerne le matériel apparent les dimensions varient très souvent d'un constructeur à l'autre. Pour ceux qui utilisent le même appareillage pour le montage encastré et apparent, la dimension du boîtier est alors celle de la plaque de recouvrement.



6.2.3 Différentes boîtes d'encastrement

Les appareils, lorsqu'ils sont encastrables dans des parois en matériaux combustibles, doivent être placés dans une boîte d'encastrement ayant réussi le test du fil à 850°C. Dans les autres cas, cela est fortement recommandé pour des questions de pratique.

Cette boîte peut être de différentes matières, mais doit être appropriée à son environnement.

Chaque fournisseur possède des éléments auxiliaires de fixation pour les boîtes.

<i>Boîtes pour parois minces</i>		
		
utilisation : <u>cadre de porte</u>	utilisation : <u>cloison bois</u>	utilisation : <u>cloison plaque plâtre</u>
<i>Boîtes à sceller</i>		
		
utilisation : <u>parois maçonnée</u> <u>(finitions plâtre)</u>	utilisation : <u>coffrage béton</u>	utilisation : <u>sol poru prise PMK</u>
		
utilisation : <u>boîte à sceller double</u>	utilisation : <u>pour façade isolée</u>	utilisation : <u>à sceller</u>

En général, on ne peut pas alimenter des appareils gr I avec des circuits issus de coupe-surintensité différents. Dans ce cas on utilise des montages de boîtes et d'appareil gr I+I ou plus si nécessaire. On veillera alors à laisser une séparation entre les boîtes de circuits différents.

6.3 Les interrupteurs (sch.0)

Les interrupteurs sont des dispositifs de déclenchement. Ils sont surtout utilisés pour les circuits d'éclairage.

Ils doivent permettre en une seule manœuvre d'interrompre tous les conducteurs polaires des installations et des parties d'installations.

Remarque

En cas de coupure unipolaire, l'interrupteur doit toujours déclencher la phase L.

Il existe une multitude d'interrupteurs pour montage apparent ou encastré selon les locaux et les applications désirées. On en trouve aussi également avec des lampes de contrôle ou d'orientation.



Note

- *contrôle => allumé en même temps que la lampe.*
- *orientation => allumé si la lampe est éteinte.*

6.4 Contacts à poussoir

En pratique, on rencontre très souvent des installations où on n'a pas besoin d'ouvrir ou fermer un circuit de manière permanente, mais où on veut soit :

- donner une impulsion de courant – on parle alors de contact de travail ou NC – utilisé par exemple lors de commande de lumière avec une minuterie ;
- couper brièvement le courant – on parle alors de contact de repos ou NO – utilisé par exemple comme poussoir d'arrêt dans une commande de moteur ;
- soit muni d'un contact commutant.

L'apparence d'un contact à poussoir est similaire à celle des interrupteurs à poussoir. Comme eux, ils peuvent être équipés d'une lampe témoin soit de contrôle soit d'orientation.



6.5 Commutateurs (sch.3)

Dans la pratique, nous parlons parfois de commutateur. Ce n'est rien d'autre qu'un interrupteur offrant non seulement d'interrompre le circuit, mais de diriger le courant selon les besoins de l'utilisateur.

Exemple

commande d'une lampe depuis 2 endroits.

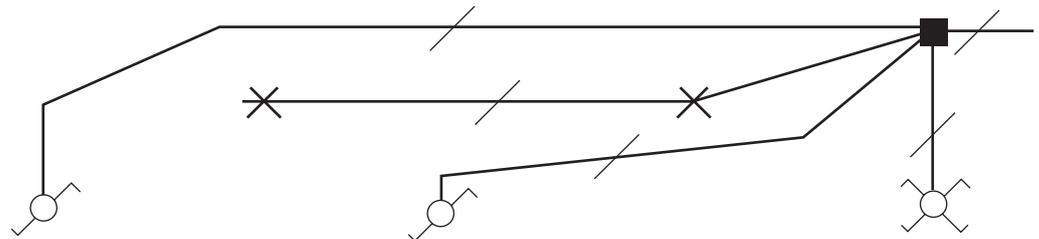
$\frac{L}{\ominus}$ $\frac{N}{\ominus}$ $\frac{PE}{\ominus}$ Compléter ce schéma de raccordement



6.6 Permutateurs (sch.6)

Dans la pratique, nous voulons permuter les connexions des fils entrants et sortants. Il s'agit par exemple des interrupteurs placés entre les commutateurs sch.3 d'une installation « en sch.6 ».

Complétez en indiquant la fonction des fils tirés dans les conduits.



6.7 Combinaisons

Il est souvent moins encombrant de combiner en un seul appareil gr l plusieurs types d'organes de commande tels que :

- inter + inter (Sch.1) *Note : en pratique on installe une combinaison Sch.3 +3;*
- inter + inter mais sans possibilité que les deux fonctionnent simultanément *p.e. stores;*
- inter + poussoir ou poussoir + poussoir.



6.8

Divers

6.8.1

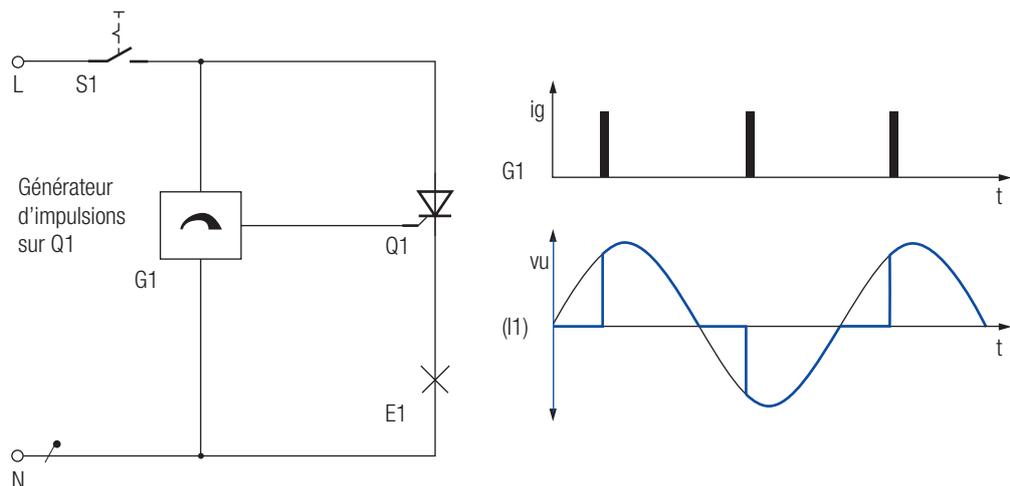
Variateurs de lumière

Les variateurs permettent de modifier l'intensité lumineuse des lampes. Ils sont constitués d'un fusible, d'un interrupteur (S1) ou d'un commutateur, d'un triac (Q1) et d'un générateur d'impulsion (G1) – composé d'une résistance, d'un condensateur en série - et d'un diac.

Ils portent parfois le nom de « DIMMER » (de l'anglais signifiant assombrir). Le fonctionnement des différents composants est étudié en électronique. Ces variateurs, selon leurs caractéristiques, peuvent commander uniquement des charges ohmiques (**lampes à incandescence**) ou des charges inductives (**lampes halogènes alimentées par un transformateur**). Pour qu'ils puissent fonctionner correctement, ils ont besoin d'une charge minimale définie par le constructeur.

Principe

De par ses composants électroniques, le variateur est un appareil qui permet, à partir d'une source de tension alternative, de commander un courant sinusoïdal (I_1) de même fréquence, mais de valeur efficace variable en fonction du temps durant lequel le courant peut circuler à travers le triac.



La durée de passage du courant à travers le triac est réglée par l'apparition d'un courant – dit de gâchette – en provenance du générateur d'impulsion et par le passage à zéro de la tension d'alimentation.

Le générateur d'impulsion est, en simplifié, un montage RC série dont la valeur de R est réglée par le bouton du variateur. La tension aux bornes du condensateur augmente selon sa courbe caractéristique de charge. A une certaine valeur de tension, un diac raccordé entre R et C et l'entrée de la gâchette du triac se met en conduction permettant l'envoi de l'impulsion du courant de gâchette (i_g).

Montage

Le variateur de lumière peut être associé avec un interrupteur schéma 3 traditionnel. Cela a comme conséquences de pouvoir allumer depuis deux endroits et de régler l'intensité lumineuse depuis un endroit.

6.8.2 Variateurs sensoriels

La particularité de cet appareil est que la commande de réglage de l'intensité lumineuse ne se fait plus avec une résistance variable, mais par un courant de très petite intensité à travers le corps humain, il faut poser un doigt sur la partie ronde qui est conductrice.



6.8.3 Variateurs pour application particulière

Pour les applications particulières, il faut utiliser du matériel spécialement conçu. Ci-contre un variateur pour tube fluorescent. Dans ce cas, les armatures TL doivent être équipées de selfs électroniques spéciales.



6.8.4 DéTECTEURS

Il n'est pas rare que par commodité les commandes manuelles soient remplacées par des commandes automatiques. Pour cela, on utilise deux sortes de détecteurs :



Détecteur de mouvement

Détecteur de présence

Relais crépusculaire avec sonde éloignée

L'avantage du détecteur de présence est que la personne n'a pas besoin de bouger pour enclencher le dispositif qui permet d'allumer la lampe.

Les détecteurs de mouvement sont généralement liés à une sonde crépusculaire (intégrée) qui permet d'adapter son fonctionnement au besoin et en fonction de l'éclairage ambiant.

Il existe également des sondes « que » crépusculaires qui enclenchent les lampes lorsque l'intensité lumineuse naturel décroît. Dans ce cas, il faut faire attention à ne pas placer le détecteur à proximité de la source lumineuse artificielle car cela pourrait provoquer un clignotement permanent de la lampe.

6.9 Dimensionnement selon NIBT

Depuis 2010, l' I_a maximale du dispositif de protection placé en amont d'un interrupteur ne doit pas être plus grande que celle de l'interrupteur, sauf pour ceux de 10 A qui peuvent être protégés à 13 A au maximum si le courant qui les traverse ne dépasse pas 10 A.

L'intensité (ou leur somme) qui traverse un interrupteur ne doit pas être plus grande que son intensité assignée.

6.10 Les prises

6.10.1

Pour récepteurs d'énergie 230 V (LNPE)

Tension nominale [V]	Intensité nominale [A]	Type		Commentaires	Fiche
250	10	12		Interdite de pose dès 2017	T12
	10	13		Protégée par disj. 13 A max. ou par fusible 10 A max.	T12
	16	23		Pour récepteur jusqu'à env. 3,5 kVA <i>(par exemple : cuisine)</i>	T23 T12
230 / 400	10	15		Pour récepteur jusqu'à env. 2,3 kVA mono ou 7 kVA triphasé Protégée par disj. 13 A max. ou fusible 10 A max.	T15 T12
	16	25		Pour récepteur jusqu'à env. 3,5 kVA ou 10 kVA triphasé <i>(par exemple : cuisine)</i>	T 25, T15, T12
230 V 6h	16	63		Prises CEE 17 et CEI 309 Position horaire 6h : libre emploi Autres positions horaires : emploi réservé	T63
	32	64			T64
	63	65			T65
	125	69			T69

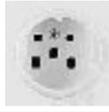
NIBT

- **L'intensité nominale maximale de dispositif de protection placé en amont d'une prise doit correspondre à celle de la prise** sauf pour les prises 10 A : La protection maximale est assurée soit par un disjoncteur 13 A (caractéristique B, C ou D) ou un fusible de 10 A.
- **Toutes les prises à libre emploi jusqu'à et y compris 32 A doivent être protégées par DDR 30 mA au max.**
- Ne sont pas à libre emploi les prises euro qui ne sont pas à 6h ou les prises derrière un agencement de cuisine (sauf celle du lave-vaisselle).
- **Les prises doubles ou triples ne doivent pas être alimentées par des phases différentes.**
- Lors de raccordement en série de prises monophasées alimentées par un circuit triphasé, on évite de dériver le conducteur neutre dans la prise (la présence d'un déséquilibre des charges ou de récepteurs à harmoniques augmentant le courant dans le neutre, la prise s'en trouverait détruite par surchauffe).
- On ne doit pas interrompre le conducteur de protection aux luminaires lorsque la canalisation y transite pour alimenter une prise.

Note

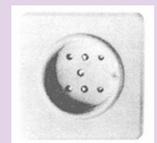
- *On trouve parfois des prises T13 qui supportent 16 A. Dans ce cas, on peut les protéger avec des disjoncteurs ou des fusibles de 16 A.*

6.10.2 Pour récepteurs d'énergie 400 V

Tension nominale [V]	Intensité nominale [A]	Type		Commentaires	Fiche
230 / 400	10	15		Pour récepteur jusqu'à env. 2,3 kVA mono ou 7 kVA triphasé	T15 T12
	16	25		Pour récepteur jusqu'à env. 3,5 kVA ou 10 kVA triphasé <i>(par exemple : cuisine)</i>	T 25, T15, T12
400 V 6h	16	70		Prises CEE 17 et CEI 309 Position horaire : 6h => libre emploi (3L+PE)	T70
	32	71			T71
	63	72			T72
	125	73			T73
230/400 V 6h	16	75		Prises CEE 17 et CEI 309 Position horaire : 6h => libre emploi (3L+N+PE)	T75
	32	76			T76
	63	77			T77
	125	78			T78

NIBT

- La règle pour le dimensionnement des coupe-surintensité qui précèdent les prises monophasées est la même pour les prises triphasées.
- **Toutes les prises à libre emploi jusqu'à et y compris 32 A doivent être protégées par DDR 30 mA au max.**
- Ne sont pas à libre emploi les prises euro 9h ou les prises derrière un agencement de cuisine (sauf celle du lave-vaisselle).
- Les prises jusqu'à une intensité de 16 A / 400 V peuvent servir de dispositif de commande.
- Les prises triphasées T 7, T 8, T 9 ou T10 souvent utilisées lors de l'alimentation de cuisinières électriques ne peuvent plus être installées dans une installation neuve ou rénovée. Elles ont été remplacées par des prises T 25.
- Les prises industrielles (en fonte) carrées ou rectangulaires J15, J25, J40 ne peuvent (en principe) plus être posées dans des installations neuves ou rénovées. Elles ont été retirées du marché dès 2008.

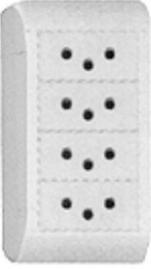


Note

- *Lors de réparations, il est permis de remplacer du matériel cassé par le même matériel qui était autorisé à l'époque où l'installation électrique a été faite, même si aujourd'hui cela est interdit dans une installation neuve. Cette règle n'est pas valable pour les prises T12 qui doivent être remplacées par un modèle avec collerette.*

6.10.3

Exemples de prises

	<p>prise type 12 L+N+PE 10 A 250V, capot en matière isolante, blanc, bornes à fiches autobloquantes</p> <p>prise simple 60 x 60 mm, hauteur 27 mm</p>		<p>Combinaison contact à poussoir + prise type 13, 10 A 250V AC cadre de recouvrement 88 x 88 mm, plaque frontale 60 x 60 mm, bouton-poussoir 40 x 25 mm, en matière isolante, blanc, plaque de fixation 70x70 mm, bornes à fiches autobloquantes, profondeur 35 mm sans protège enfants</p>
	<p>prise type 13 RR L+N+PE 10 A 250V, couvercle et plaque de montage en matière isolante, blanc, 87x87 mm, bornes à fiches autobloquantes, sans boîte d'encastrement grd. I étanche à la lance IP 55</p>		<p>prise type 25 S 3L+N+PE 16 A 400V/L+N+PE 16 A 250V, couvercle et plaque de montage en matière isolante, blanc, 87x87 mm, bornes à vis, sans boîte d'encastrement grd. I à l'épreuve des égouttements IP 21</p>
	<p>Prises et fiches industrielles en polyamide, résistant aux chocs, T <= 100°C,</p> <p>prise INC (TA) enfichage droit, à l'épreuve des éclaboussements IP 44, 5 P, 400 V, flasque 75 x 75 mm</p>		<p>Connecteurs industriels pour puissance et commande S S en polyamide turquoise, résistant aux chocs, T 100°C</p> <p>prise pour montage adossé avec flasque enfichage oblique, inclinaison 10°, flasque vissée, sans pièces de contact pour élément de commande (à commander séparément), étanche à l'eau IP 67</p>
	<p>prise type 12 L+N+PE 10 A 250V, cadre AP, en matière isolante, blanc, intérieur et partie frontale, bornes à fiches autobloquantes, h : 44 mm</p> <p>prise quadruple 124 x 62 mm (4 modules <Mosaic>)</p>		<p>prise DDR T13 Prise diff. enc. FI T13 10 mA blc EDIZIOdue</p>
	<p>prise <JK> type 12 L+N+PE 10 A 250V, disque frontal en matière isolante, blanc, plaque de fixation, bornes à fiches autobloquantes, sans dispositif de montage</p> <p>pour canaux d'allège</p> <p>prise simple disque frontal pour alésage Ø 47 mm</p>		<p>Fiches / prises de connecteur INC pour connexions froides (appareils classe I, température des broches 70°C)</p> <p>prise de connecteur INC L+N+PE 10 A 250V boîtier en matière thermoplastique noir, flasque 50 x 28 mm, pour vis de fixation M3</p>

6.10.4 Prises CEI

Les différents fabricants d'appareils électriques sont obligés d'équiper leurs produits en fonction de chaque pays. La conséquence est de devoir disposer d'un énorme stock de fiches d'où la création de conjoncteurs CEI.

Afin d'éviter les risques de branchement de fiches d'appareils électriques sur des prises n'étant pas à la même tension, la norme CEI 309 indique une position de la broche du conducteur de protection selon un indice horaire. De plus, une couleur différente indique la tension du dispositif conjoncteur, uniformisé au plan international.

Tension U [V]	24 – 42V 100 – 200HZ	24	48	40 – 50 400 – 500HZ
Couleur	Vert	Violet	Blanc	Vert
exemples				
Tension U [V]	110	230	400	500
Couleur	Jaune	Bleu	Rouge	Noir
exemples				
				

Exemple

Une fiche porte l'inscription 230V (9h).

(9h) signifie que la position de l'alvéole de protection, par rapport au cadran horaire, est à 9 heures (vu de face : au milieu à gauche).

NBT

- les prises CEI 9h ou d'un autre indice horaire que 6 heures n'ont pas l'obligation d'être protégées par DDR.

6.10.5 Exemples de prises industrielles :

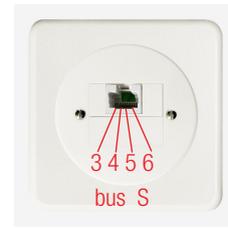
	<p>Fiches industrielles CEI/EN 60309 R en polyamide 6, résistant aux chocs, T 100°C</p> <p>fiche à l'équerre gris clair RAL 7035, avec manchon de protection intérieur, à l'épreuve des éclaboussements IP 44</p> <p>2L+PE 16 A Ø 50,3x85 mm</p>		<p>Prises industrielles CEI/EN 60309 R en polyamide 6, résistant aux chocs, T 100°C</p> <p>prise AP gris clair RAL 7035, entrée en haut, à l'épreuve des éclaboussements IP 44</p> <p>2L+PE 16 A 60x120 mm, saillie 75 mm</p>
	<p>Prises industrielles Série <A 3/A 4> 10 A 230/400V UL/CSA: 600V</p> <p>intérieur support de contacts en matière thermoplastique, renforcé de fibres de verre, gris, contacts en laiton argenté, T - 40°...+125°C, connexions à vis 0,5...1,5 mm² (AWG 20-16), sans protection de fil</p>		<p>Prises et fiches industrielles R série <A 3/A 4> 10 A 230/400V UL/CSA: 600V</p> <p>capot mobile pour intérieurs, levier de verrouillage longitudinal, à l'épreuve des éclaboussements IP 44 en fonte d'aluminium avec revêtement par pulvérisation, gris, avec presse-étoupe M20</p>
	<p>Prises industrielles série <B 6...48> 16 A 500V UL/CSA: 600V</p> <p>adaptateur à bornes 16 A 400V AC / 440V DC supports contacts en matière thermoplastique, gris, renforcé de fibres de verre, contacts en alliage de cuivre, argenté, T - 40...+125°C, bornes à vis 2,5 mm² (AWG 20-14)</p>		<p>Prises et fiches industrielles RR série <B 6...48> 16 A 500 VUL/CSA: 600V</p> <p>socle de boîtier en fonte d'aluminium avec revêtement par pulvérisation, gris, avec presse-étoupe latérale, étanche à la lance IP 65</p> <p>embase AP levier de verrouillage longitudinal</p>
	<p>Prises industrielles série <MO B...48></p> <p>modules, connexion à sertir <MO 4L+PE/ MO 5.1 L> en matière thermoplastique, noir, 16 A 1000V, T - 40°...+125°C, contacts à sertir à commander séparément</p>		<p>Câble d. charge AC PX avec de charge véhicule 125 A / 850 V type 2 CCS</p>
	<p>Fiche mobile Bals CEE Quick-Connect polyamide 6, sans halogène, résistant aux chocs, T -25°...+100°C, 3P 16 A >50V 10h 100-300Hz</p>		<p>Prise INC Walther CEE P44 16 A / 110V / 50-60Hz enfichage oblique, inclinaison 15°</p>

6.11 Prises pour la télécommunication

6.11.1

Téléphonie et informatique

Dans le domaine de la téléphonie numérique et dans l'informatique télécommunication, les prises actuelles sont normalisées sur le plan international, ce qui permet aux constructeurs d'avoir les mêmes normes de câblages pour tous les appareils.



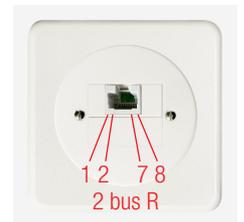
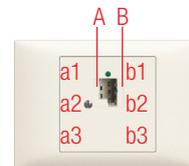
Pour les liaisons informatiques à 4 fils (*p.e. distribution Internet*), on utilise aussi les bornes 3, 4, 5 et 6. Pour le bus U, les bornes 4 et 5.

Attention très souvent ces prises ne sont équipées que des bornes 3-4-5-6 (nommées prise ISDN).

6.11.2

Téléphonie analogique

Pour la téléphonie analogique, il est habituel d'utiliser des prises TT83. Le raccordement à deux fils se fait sur les bornes a1 et b1.



Anciennement, il fallait ponter les bornes a1 et a2 (sonnerie).

On peut aussi utiliser des prises RJ45 pour le raccordement des bus R d'un NT (ligne ISDN).

6.11.3

Prises multiples

Pour d'évidentes raisons de gain de place les fabricants ont prévu des prises multiples soit RJ45 + TT83 soit 2, 3 ou 4 * RJ 45.



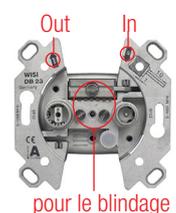
Ce dernier modèle étant particulièrement adapté à la connexion des NT, d'installations avec le xDSL ou de box.

6.11.4

Prises pour câblo-opérateur

Pour le raccordement des câbles de téléseaux, il est nécessaire d'utiliser des prises blindées.

Il n'est pas rare qu'un câblo-opérateur propose sur son câble un service Internet et/ou de téléphonie IP (Internet Protocol), donc avec voie de retour.



Pour ce type de prise, il est impératif de respecter le sens IN / OUT des câbles raccordés et de raccorder une résistance terminale sur la dernière prise du bus ou d'installer directement une «prise terminale», c'est-à-dire déjà équipée de la résistance de 75 ohms.

6.12 distribution TV-multimédia

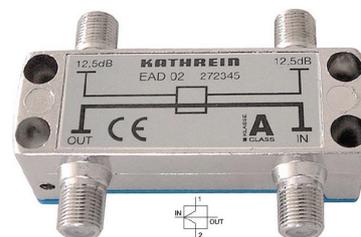
Dans une installation de télé-réseau, la section minimale des tubes est M25.

Le signal étant souvent garanti pour un nombre restreint de prises, il peut être nécessaire d'installer un amplificateur. Il s'agit d'un appareil avec une entrée et une ou plusieurs sorties dont la puissance de sortie a été augmentée. Cet appareil nécessite une alimentation. Lors d'une installation de télé-réseau, il faut prévoir que le tube d'alimentation de l'appartement arrive dans une boîte encastrée (400 / 300 / 120 mm) avec un tube de liaison pour le courant fort



Amplificateur TV

Pour faire des dérives, on ne peut pas, comme en courant fort, faire des liaisons entre tous les fils. On utilise des dérivateurs qui permettent de distribuer le signal en garantissant une bonne qualité du signal sur chacune des sorties. Entre autres, ils évitent les phénomènes d'écho que l'on pourrait avoir entre les différentes distributions. Il existe des dérivateurs à 2, 3 ou plus de sorties. Plus il y a de sorties, plus la puissance à la sortie de chacun des connecteurs est petite. Les connecteurs à utiliser actuellement sont les connecteurs de type F.



Dérivateur TV

Dans une distribution ADSL avec une ligne téléphonique analogique, il est nécessaire d'installer un **filtre** sur la ligne analogique, entre la ligne d'alimentation et le poste téléphonique. Le raccordement du modem ADSL peut se faire soit directement sur la ligne d'alimentation, soit sur le filtre.



Dans une distribution ADSL avec une ligne téléphonique numérique, il est nécessaire d'installer un **splitter** sur le bus U, qui sépare le signal ADSL et celui de la téléphonie.

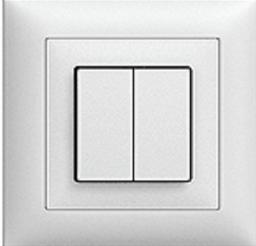
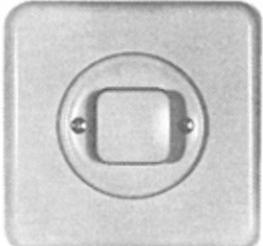
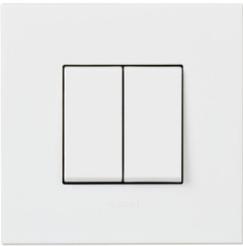
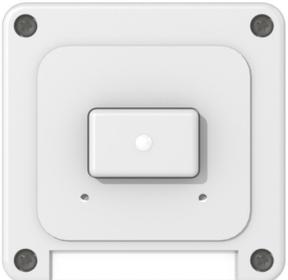


Switch

Dans une installation informatique, en particulier avec la distribution d'un signal Internet en réseau, la distribution du signal entre plusieurs usagers se fait à l'aide d'un switch.



6.13 Différentes exécutions

	<p>Feller standard Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blanc • noir 		<p>Feller Edizio Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • abricot • blanc • gris clair ou gris foncé • lavande • moca • pistache • transparent • beige • crema • marron • noir • terracotta • vanille
	<p>Legrand Alpha Couleur disponible :</p> <ul style="list-style-type: none"> • blanc 		<p>Legrand Arteor Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • aluminium • anthracite • blanc • gris
	<p>ABB Classic Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blanc • Noir 		<p>ABB Levy Sidus Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • alu • anthracite • blanc • blanc brillant • softtouch
	<p>Hager Basico (Amcher – Basico) Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blanc • Noir 		<p>Hager Kallysto Couleurs disponibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anthracite • beige • blanc • gris clair • marron • noir
<p>Legrand Alpha aqua</p> 	<p>Feller mouillé</p> 	<p>ABB Supra</p> 	<p>Hager Robusto</p> 

6.14 Questionnaire

1. Qu'est-ce qu'un interrupteur ?

Organe capable de mettre En ou HORS service un appareil – Schéma 0.

2. Qu'est-ce qu'un commutateur ?

Organe capable de diriger le courant sur une sortie à choix parmi deux (schéma 3).

3. Qu'est-ce qu'une boîte d'encastrement ?

Boîte montée dans une cloison prévue pour y recevoir un appareil (p.e. inter, prise...)

4. Compléter le tableau suivant en donnant le type de l'appareil et un exemple d'utilisation :



variateur de lumière



variateur de moteur
(ventilateur de cheminée)



inter. rotatif (éclairage extérieur)



sonde de température (sur tuyau d'eau)



inter. sch 1 (ventil + lpe => WC)



inter Sch1 à clé
(cde non accessible à tous)



inter sch 2 (commande d'un store)



détecteur de mouvement (lum ext.)



commutateur à 7 positions
(plaque fonte)

5. Avez-vous le droit d'utiliser des prises CEI 2P + T type 63 en Suisse ?

Oui

6. Pouvez-vous utiliser une prise marquée 10 A 230V pour raccorder un appareil dont la puissance est de 3,2 kW ?

Non car le courant est au minimum de 13,9 A.

7. Avez-vous le droit de connecter une fiche type 12 dans une prise T15 ?

Oui

8. Une prise porte l'inscription 400V (9h), que signifie cette inscription ?

Que la borne du conducteur PE est à 9h , c'est une prise qui n'est pas à libre emploi
(donc pas de DDR obligatoire).

9. Quelle est l'intensité nominale d'une prise T25 ?

16 A

10. Quelle est la plus petite combinaison de boîtes à choisir pour installer 2 commutateurs Sch.3 et une prise T13 ?

Boîte gri1 : Sch 3+3 combiné avec T13

11. Est-il autorisé de poser une prise en apparent sur du bois ?

Oui. pour les modèles récents, il n'y a plus besoin de plaque difficilement combustible
ou incombustible.

12. Quelle est l'intensité maximale du coupe-surintensité qui précède :

a) une prise T15, le coupe-circuit est d'un type « à fusibles » ? 10 A

b) une prise T13, le coupe-circuit est d'un type « disjoncteur » ? 13 A

c) une prise T23, le coupe-circuit est d'un type « à fusibles » ? 16 A

d) une prise T25, le coupe-circuit est d'un type « disjoncteur » ? 16 A

13. Quel est le sens de raccordement des conducteurs polaires dans une prise triphasée ronde ?

Sens horaire

14. Comment fait-on en pratique pour corriger l'ordre des phases dans une prise triphasée ?

Il faut croiser 2 conducteurs polaires (phases).

15. Quelle est la couleur des prises CEI 400V triphasées ?

Rouge

16. Quelle est la couleur des prises CEI 230V monophasées ?

Bleu

17. Quelle différence y a-t-il entre une prise T12 et une prise T13 ?

La T13 est munie d'une collerette limitant l'emploi à des appareils de classe de protection I ou II.

La T12 a été interdite de pose dès 2017.

18. Que faites-vous en pratique si un client a une prise J40 qui est défectueuse ?

On doit la changer contre une prise CEI T 77 / 63 A

19. Faire le schéma de raccordement d'une commande de 3 lampes par 2 détecteurs de mouvement :

Généralement les détecteurs se mettent en parallèle (les lampes aussi)..

Chapire 7

7.1 Dispositif à protection à courant différentiel- résiduel (DDR)

DISPOSITIFS DE COMMANDE ÉLECTROMÉCANIQUE

Le raccordement des parties conductrices au conducteur de protection n'est malheureusement pas une mesure suffisante pour protéger les personnes car la tension de défaut est souvent supérieure à 50V. Le coupe-surintensité coupe l'installation pour des courants de quelques ampères alors que dès quelques milliampères une personne peut déjà succomber des suites du passage du courant électrique à travers son corps! Le rôle du DDR, qui est une mesure de protection complémentaire, est justement de couper l'alimentation d'un circuit présentant un courant de défaut de l'ordre des quelques milliampères.



Note

- *L'appellation FI vient de l'allemand.*

Il existe des disjoncteurs différentiels qui fonctionnent aussi comme disjoncteur magnéto-thermique (FI-LS) ou des interrupteurs différentiels (FI ou DDR) qui ne font que la protection par courant différentiel.

7.1.1 Raccordement du DDR

Pour réaliser de façon efficace une protection par courant différentiel, il est nécessaire que le conducteur de protection soit existant et séparer du conducteur neutre. En cas de défaut dans une installation avec conducteur PEN, le DDR ne déclenchera que lorsqu'une personne se fera électriser ou aussi avec un appareil sans défaut relié à la terre du bâtiment.



On trouve sur le marché des DDR :

- bipolaires (phase + neutre) pour les circuits monophasés ;
- tétrapolaires (3 phases + neutre) pour les circuits triphasés tripolaires ou tétrapolaires ;
- avec tore séparé (très rare).

Dans le cas où un conducteur neutre existe dans la partie de l'installation à protéger, il doit être raccordé au DDR.

7.1.2 Seuil de déclenchement

La sensibilité d'un DDR est la valeur inférieure du courant de défaut $I_{\Delta n}$ qui doit provoquer la réaction du DDR. En règle générale, un DDR réagit déjà aux 66% de sa sensibilité.

On discerne généralement trois familles de dispositifs différentiels en fonction de leur sensibilité :

- $I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}$: anciennement utilisé comme mesure de protection complémentaire pour la protection des personnes lorsque le conducteur de protection n'est pas utilisable (seulement dans de vieilles installations) ;
- $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$: mesure de protection complémentaire pour la protection des personnes. Ils sont utilisés pour la protection des prises de courant, des locaux humides, des installations mobiles (chantiers, foires, ...), des bâtiments agricoles, des salles de bains, etc. ;
- $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$: mesure de protection complémentaire pour la protection contre l'incendie.

Note

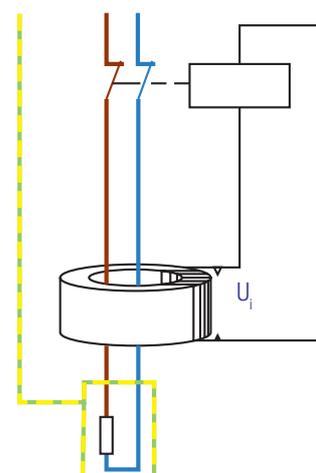
- *10 mA est une intensité mortelle, toutefois comme on est en-dessous de la limite d'auto-libération, la norme estime qu'il y a plus de risques liés aux coupures intempestives que celui d'être électrocuté (attention toutefois aux enfants de moins de 2 ans qui n'ont pas le réflexe de s'auto-libérer).*

7.1.3 Principe de fonctionnement

Dans une installation en parfait état, le courant vient du réseau, traverse le tore du DDR, parvient au récepteur d'énergie et retourne au réseau en repassant dans le tore du DDR.

Dans ce cas, la somme vectorielle des courants est nulle (courants dans le tore est nulle (loi de Kirchhoff). La résultante magnétique des deux courants est nulle, leur effet étant de même amplitude mais de sens contraire.

Il n'y a donc aucun flux magnétique dans le tore et donc aucune tension induite U_i . Aucun déclenchement n'a lieu car il n'y a aucun courant de défaut.

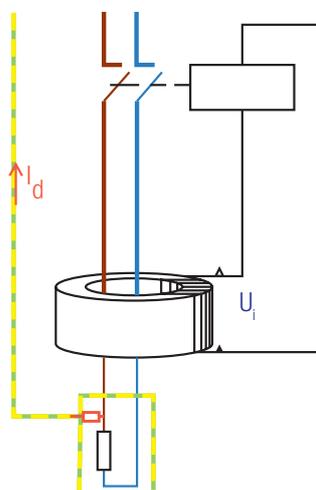


Quand un courant de défaut s'écoule à la terre, le courant dans la phase (courant sortant) est différent de celui dans le neutre (courant entrant).

Cette différence de courant provoque une résultante magnétique non nulle dans le tore du DDR. Du fait des variations de flux magnétique, la bobine est le siège d'une tension induite U_i proportionnelle au courant de défaut (déséquilibre entre courant entrant et courant sortant).

Quand une tension induite apparaît, il y a un courant qui va circuler à travers le dispositif déclencheur. Si le défaut est assez important, la tension induite sera suffisante pour produire un courant assez élevé pour faire fonctionner le dispositif de coupure qui interrompt rapidement (généralement en moins de 30 ms) tous les pôles (y compris N).

Même en cas de rupture du conducteur neutre N, le dispositif de protection à courant différentiel (DDR) fonctionne. En triphasé, la loi de Kirchhoff s'applique également.



7.1.4 Contrôle de fonctionnement

La touche d'essai T permet de simuler un courant de défaut et de contrôler le fonctionnement du dispositif de protection (à faire périodiquement selon les instructions du fabricant ou, sans instruction, tous les 6 mois – par exemple lors du passage d'heure été – hiver et hiver – été).

Pratiquement, une résistance est raccordée entre un des pôles en amont du tore magnétique et un autre pôle en aval. En pressant sur la touche test, cela engendre un déséquilibre dans le tore. Lors d'un raccordement bipolaire ou tripolaire sur un DDR tétrapolaire, il faut prendre garde à utiliser les pôles sur lesquels est raccordé le dispositif test.

Lors de la pose d'un DDR, ce dernier doit être testé afin de contrôler son fonctionnement.

NIBT

- *Le test d'un DDR doit être fait avec un appareil de contrôle OIBT homologué.*

7.1.5
Obigation d'installer

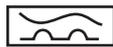
Toutes les installations de prises à libre emploi jusqu'à 32 A. Les installations dans les salles de bains, locaux avec dangers d'incendie et certains locaux particuliers selon NIBT 7.

7.1.6
Genre de courant de défaut

Le dispositif de protection à courant différentiel possède plusieurs signes distinctifs particuliers.



Ne doivent pas être montés dans des installations fixes.



Type A: Doivent être utilisés chaque fois que l'on ne peut pas prévoir si, lors d'un défaut, le récepteur raccordé produira un courant de défaut alternatif ou continu pulsé.



Lors d'un montage en série de dispositifs à courant différentiel résiduel, celui en amont doit être de type «sélectif», c'est-à-dire qu'il doit avoir ce symbole.

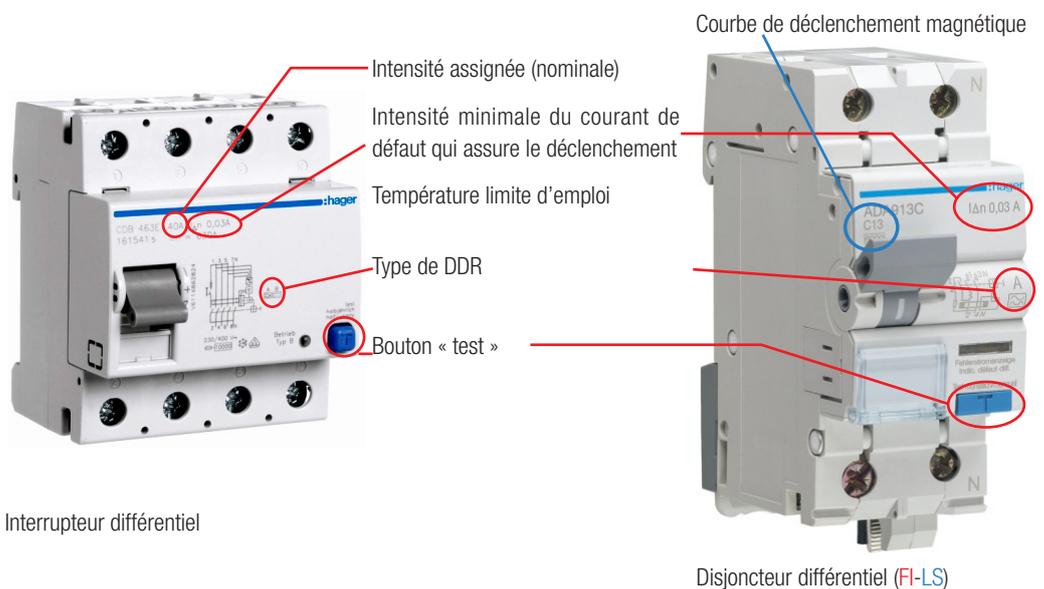


Température minimale à laquelle le seuil de déclenchement du DDR est garanti.



Type B: Doivent être utilisés en cas de courant de défaut continu (par exemple installation de production par panneaux solaires).

7.1.7
Exemples d'exécution



Note

- L'absence d'indication de courbe caractéristique telle que l'on en trouve sur les disjoncteurs (B, C ou D) indique que ce DDR est un interrupteur différentiel (exemple de gauche) et non un disjoncteur différentiel (exemple de droite). Il ne protège donc que contre les courants de défaut. Dans ce cas, le circuit doit être protégé par un disjoncteur de canalisation.

7.2 Questionnaire

1. Pourquoi le conducteur de protection ne doit-il pas passer dans le DDR ?

Car la somme vectorielle des I resterait égale à 0 et le DDR ne déclencherait pas.

2. Quels sont les essais à faire lors de la mise en service d'un DDR ?

Presser la touche test (il doit déclencher) puis utiliser un appareil homologué pour vérifier le courant et le temps de déclenchement

3. Citer 5 endroits où la pose d'un DDR est obligatoire :

Salle de bains, toutes les prises à libre emploi -> 32 A, chantier, locaux agricole, risque d'incendie, câbles chauffant, camping, etc...

4. Quel symbole doit porter un DDR 300 mA placé en amont d'un autre DDR 30 mA ?

S dans un carré.

5. Puisque le DDR ne limite pas le courant qui traverse le corps humain, comment fait-il pour améliorer la sécurité d'une installation ?

Il coupe avant que la personne ne risque une fibrillation cardiaque

6. Un enfant qui a une résistance de 1000 ohms touche la phase et le contact de protection d'une prise. Quelle est l'intensité du courant qui le traverse ?

230 mA

7. Le DDR déclenche-t-il si cet enfant touche entre phase et neutre ?

Non

8. Que se passe-t-il si un DDR 30 mA est traversé par un courant de 18 mA ?

Il peut déclencher comme il peut ne pas déclencher.

9. Sur quel appareil trouve-t-on ce symbole :  ?

Sur un DDR qui équipe une canalisation mobile (par exemple un enrouleur).

10. Quelle est la fréquence à laquelle un client doit actionner le bouton TEST de son DDR ?

Souvent tous les mois ou tous les 6 mois .

11. Que faire en pratique pour que le client teste régulièrement son DDR ?

Informé le client, noter sur le tableau (étiquetage).

Chapitre 8 CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

8.1 Principes de base du chauffage

Comme dans d'autres pays, le chauffage électrique des locaux est également répandu en Suisse. Cette tendance a été accélérée par la crise du pétrole et les hausses de prix consécutives du mazout ainsi que par les efforts visant à substituer l'électricité au mazout.

Pour des raisons de politique énergétique (moratoire sur les centrales nucléaires), certains distributeurs d'énergie sont devenus très restrictifs quant à l'autorisation d'installation de chauffages électriques directs ou à accumulation. Le seul qui est généralement encore autorisé sans restriction est le chauffage par pompe à chaleur.

Le chauffage électrique présente de nombreux avantages parmi lesquels on peut citer :

- mode de chauffage non polluant, ni pour l'air ni pour l'eau ;
- procure un confort exceptionnel ;
- absence de cheminée (place, investissement) ;
- pas de stockage de combustible, pas de citerne à mazout ;
- pratiquement pas d'entretien.

Avec l'accident de l'usine de Fukushima en 2010, la Confédération a pris la décision de sortir du nucléaire. Pour que cela soit possible, sans trop augmenter notre dépendance énergétique face aux autres pays, il faudra créer de nouvelles centrales et rentabiliser au mieux les installations existantes. Une solution envisagée pour diminuer la consommation d'énergie électrique est d'interdire l'utilisation du chauffage électrique (y compris des installations existantes) qui représentait en 2016 10 % de la consommation nationale et de faire mettre hors service les installations existantes alors même qu'il y a 20 ans on incitait les propriétaires à installer ce genre de chauffage.

8.1.1 Les systèmes de chauffage électrique

On fait la distinction entre les systèmes de chauffage électrique suivant la période où ils absorbent l'énergie électrique et celle où ils restituent la chaleur.

Si les deux opérations ont lieu simultanément, on parle de chauffage direct. S'il y a décalage entre la deuxième opération et la première, on parle de chauffage à accumulation.

Comparé au chauffage direct, le chauffage à accumulation présente l'avantage de consommer principalement l'énergie électrique pendant les périodes de bas tarif.

8.2 Le chauffage direct

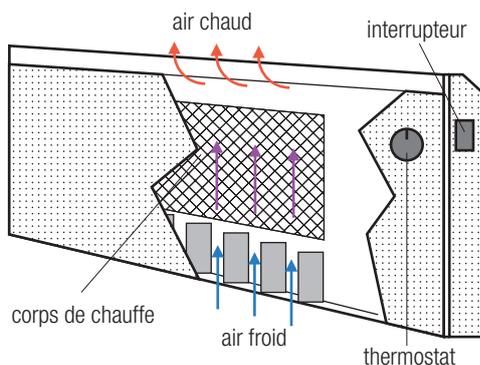
Le chauffage direct permet de transformer immédiatement l'énergie électrique en chaleur avec effet immédiat pour les pièces à tempérer.

Avec le chauffage direct, l'énergie électrique n'est consommée qu'au moment des besoins avec une régulation pièce par pièce tenant compte des apports gratuits de chaleur (ensoleillement, apports internes au logement) et des déperditions thermiques (température extérieurs, vents, etc.).

La capacité de rétention de chaleur des parois et du mobilier autorise l'interruption de l'alimentation électrique pour une courte durée. Généralement, la coupure du courant par le distributeur (deux fois une demi-heure) n'influence pas de manière perceptible la température régnant dans le local.

Dans les chapitres suivants, on ne traitera que les appareils fixés à demeure.

8.2.1 Les convecteurs muraux



L'air se trouvant dans l'appareil se réchauffe au contact des corps de chauffe. L'air chaud s'échappe par le haut et l'air froid est aspiré par le bas de l'appareil. L'émission de chaleur a donc lieu principalement par déplacement d'air chaud (convection - diminution de la masse volumique suite à la dilatation du gaz ce qui le rend moins dense que l'air plus frais) et dans une moindre mesure par rayonnement. L'intérieur de ces radiateurs est constitué par un corps de chauffe de grande surface à basse température n'enflammant aucune poussière.

Des canaux de convection permettent une augmentation supplémentaire de la surface de contact et assurent ainsi le débit naturel d'air nécessaire, malgré la basse température. Un thermostat d'ambiance intégré permet une régulation continue de la température en fonction des besoins calorifiques. Certains appareils sont équipés d'un dispositif manuel de réduction de la température nocturne ainsi que d'une protection contre les surchauffes. Celle-ci coupe le chauffage, par exemple, lorsqu'un linge est déposé par erreur sur le radiateur et obstrue les ouvertures.

Avantages

- rendement assez important sur une petite surface ;
- émission de chaleur immédiate.

Inconvénient

- la poussière, brassée par l'air, se dépose contre la paroi et au plafond juste en dessus du convecteur.

Puissances :

- 400 à 2000 W.

8.2.2 Les convecteurs de sol



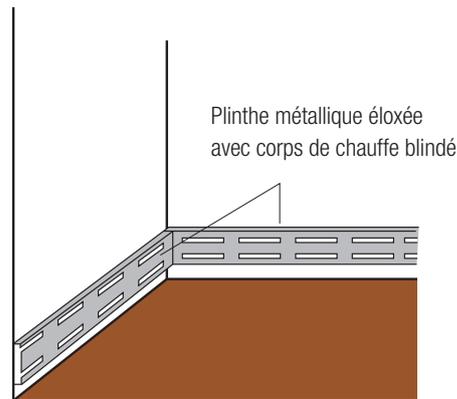
Ils étaient avantageusement utilisés partout où une entrée d'air froid importante devait être absorbée comme par exemple devant :

- les parois vitrées ;
- les portes-fenêtres ;
- les façades à fenêtres panoramiques.

Ces radiateurs ont une faible puissance linéaire, ce qui exclut toute combustion de poussière.

Puissance : 480 W par mètre linéaire

8.2.3 Les plinthes chauffantes



On remplace les plinthes de la pièce à chauffer par des plinthes chauffantes.

Une sorte de tapis de chaleur se diffuse depuis les plinthes chauffantes et en même temps une partie de la chaleur monte lentement le long des parois, comme un très faible courant d'air. Le déplacement de l'air est inférieur à 10 cm par seconde. Cette enveloppe de chaleur permet un bien-être total dans une ambiance de 20°C.

La température de surface des plinthes de chauffage ainsi que celle de l'air diffusé à leur sortie est particulièrement basse.

Pour une température ambiante de 20°C, celle de surface des plinthes est de 30°C, alors qu'elle avoisine 90°C pour les corps de chauffe traditionnels.

Avantages

- température uniforme du plancher au plafond et d'une paroi à l'autre,
- très peu de déplacement de particules de poussière,
- température moyenne de la pièce plus basse de 3°C, pour une même sensation de chaleur, ce qui permet une économie d'énergie de 18 %,
- système facilitant l'ameublement et le nettoyage.

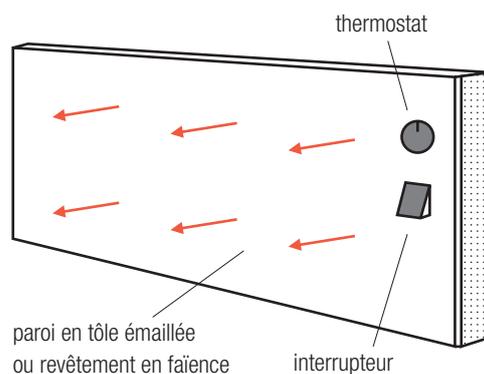
Inconvénient

- prix des plinthes relativement élevé.

Puissances

- 75 et 170 W pour une longueur de 120 cm.

8.2.4 Les parois chauffantes



La surface de chauffe peut atteindre une température de 80°C. La chaleur est émise principalement par rayonnement et dans une faible mesure par convection.

Avantage

- la chaleur par rayonnement est très agréable.

Inconvénients

- surface de chauffe assez importante ;
- température de la paroi chauffante élevée.

Puissances

- 400 à 2000 W.

8.2.5 Les radiateurs sèche-linge



Il existe des modèles fixes ou pivotants. Particulièrement utile pour les serviettes éponges qui sinon restent humides souvent durant des heures, de ce fait, elles sont peu hygiéniques et inaptes à remplir l'usage auquel elles sont destinées.

La puissance de ces appareils peut varier de moins de 100 W à plusieurs centaines de watt. Leur emploi est rendu plus confortable avec l'utilisation de programmateur horaire et thermostatique.

NIBT

- La pose de sèche-serviettes en volume 1 des salles de bains est autorisée.

8.2.6 Les radiateurs « instantanés »

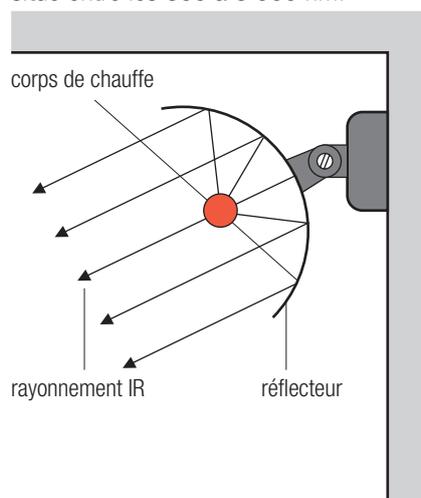


Ce type de convecteur est équipé d'un ventilateur en plus de la résistance électrique.

L'air frais ambiant aspiré par le ventilateur à travers des orifices latéraux d'admission d'air s'échauffe et s'échappe par la grille de refoulement d'air chaud. La température ambiante se règle progressivement et se maintient à une valeur constante à l'aide du sélecteur.

8.2.7 Les radiateurs infrarouges

C'est un chauffage par rayonnement à haute température. La longueur d'onde de l'infrarouge se situe entre les 800 à 6'000 nm.



L'élément chauffant est fixé dans un réflecteur en métal poli. Le réflecteur concentre les rayons infrarouges en un faisceau de façon à produire un effet de chauffage localisé et dirigé.

Les rayons infrarouges sont transformés en chaleur dès qu'ils entrent en contact avec des corps solides ou liquides. Les radiateurs infrarouges ne chauffent pas directement l'air de la pièce, mais les surfaces soumises au rayonnement IR. Ce type de chauffage est utilisé comme chauffage d'appoint localisé, par exemple dans les salles de bains, balcons, terrasses, etc. Il est également utilisé dans l'industrie (séchage, polymérisation, cuisson localisée de vernis, etc.).

Longueur d'onde [nm]	Rayonnement infrarouge	Sources
760 – 2'000	court	Lampe, tube à filament de porte à une température env. 2'000°C
2'000 – 4'000	moyen	élément tubulaire en quartz. température de 800 à 960°C
4'000 – 11'000	long	corps de chauffe blindé à une température de 500 à 750°C

Avantages

- chauffe immédiatement la personne se trouvant dans le faisceau infrarouge, idéal pour la salle de bains ou la douche, comme chauffage d'appoint ou d'entre saisons.

Inconvénients

- ne chauffe qu'indirectement l'air ambiant, ne dégage de la chaleur sur les objets ou les personnes que dans l'axe du faisceau infrarouge.

Puissances

- 600 à 2000 W (pour l'habitat).

NBT

- Lors de la pose, respecter la distance jusqu'aux objets inflammables (2 mètres au minimum sauf avis différents du fabricant).

8.2.8 Les radiateurs de bancs



La puissance des appareils peut être réglée de diverses manières, en plusieurs paliers, avec un interrupteur ou un thermostat.

Dans les salles de grands volumes comme par exemple les églises, il n'est pas judicieux de chauffer l'air. L'important est que les personnes ne ressentent pas la fraîcheur qu'il peut faire dans ces locaux.

Le chauffage de banc par infrarouge est une solution qui répond à ce besoin. Le rayonnement est partiellement dirigé dans la zone des pieds qui auront une agréable sensation de chaleur sans qu'il y ait de courant d'air.

Cette absence de courant d'air est également bénéfique car il n'y a pas de déplacement de poussière, ni de risque d'en enflammer. Les bancs seront déjà à une température agréable au bout d'une quinzaine de minutes.

Avantages

- rapidité de chauffe.

8.2.9 Rentabilité du chauffage direct

Les frais d'investissement sont plus modestes que pour le chauffage à accumulation (appareils et infrastructure de l'installation, puissance raccordée plus faible).

Comme les appareils de chauffage direct fonctionnent généralement aux heures diurnes, soit à haut tarif, les frais d'énergie sont plus élevés que pour le chauffage à accumulation.

Le chauffage direct constitue malgré tout une formule économique suivant les tarifs d'électricité et la durée de l'entre-saison.

8.3 Chauffage par accumulation

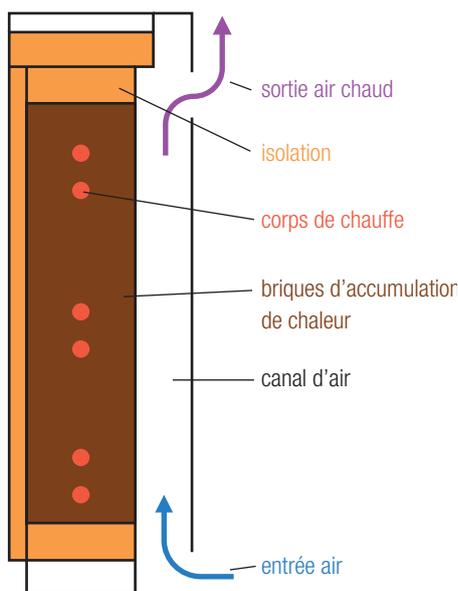
Les appareils de chauffage à accumulation sont alimentés par l'énergie de nuit (bas tarif) qu'ils transforment en chaleur à l'aide de corps de chauffe.

Ces appareils sont équipés en fonction de leur taille et de leur puissance, d'un ou plusieurs corps de chauffe noyés dans une masse d'accumulation en briques de magnésite.

Le grand pouvoir accumulateur des briques de magnésite permet de stocker une grande quantité de chaleur dans un volume restreint. La masse d'accumulation est entourée d'une isolation thermique et logée dans un caisson d'allure plaisante.

La chaleur accumulée est dispensée durant la journée suivante.

8.3.1 Les accumulateurs statiques



Dans les accumulateurs statiques, l'air est chauffé uniquement par contact avec la masse des briques chaudes de magnésite. La circulation de l'air dans l'accumulateur se fait librement et ne peut être réglée. Le débit de l'air dépend de la température entre la surface de chauffe et l'air du local.

Ce type d'accumulateur convient aux locaux de service (buanderie, tambour d'entrée, corridor, etc.).

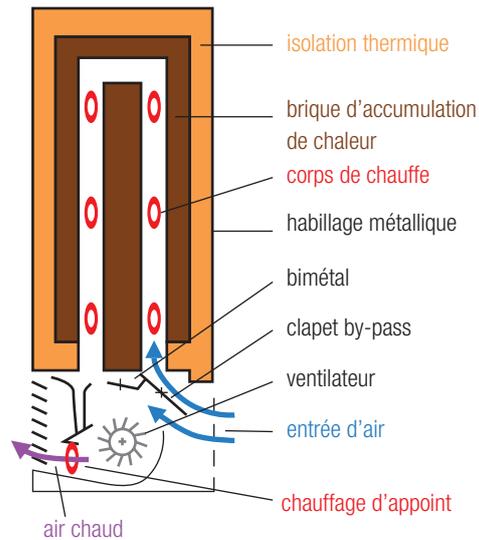
Avantages

- construction simple ;
- prix d'achat meilleur marché que les autres types d'accumulateurs.

Inconvénients

- la température de l'air chauffé n'est pas très constante ;
- pas de possibilité de réglage du débit de l'air chaud.

8.3.2 Les accumulateurs dynamiques



Dans les accumulateurs dynamiques, l'air de la pièce est chassé au travers des briques d'accumulation au moyen d'un ventilateur intégré. La chaleur nécessaire au chauffage est ainsi transmise dans la pièce.

Pour obtenir une transmission de chaleur par convection minimale, le bloc accumulateur dispose d'un revêtement calorifuge très efficace caché par un habillage extérieur.

La régulation de la restitution de la chaleur est assurée par le ventilateur qui est enclenché automatiquement, le thermostat d'ambiance monté sur la paroi du local à chauffer.

Pour éviter une température exagérée de l'air chaud pulsé dans la pièce (max. 120°C), une déviation (by-pass) commandée par un bimétal assure préalablement un mélange avec l'air ambiant.

L'appareil est doté d'un thermostat de sécurité qui empêche la surchauffe.

Malgré le volume important de leur revêtement calorifuge, l'encombrement de ces appareils de chauffage est relativement restreint. Leur profondeur varie, suivant le modèle et la fabrication, de 18 cm à 35 cm.

Avantages

- le ventilateur incorporé à l'appareil permet de chauffer une pièce en quelques minutes,
- la commande thermostatique séparée a le grand avantage de tenir compte de toutes sources de chaleur extérieures (due au soleil, à des appareils ménagers, à des lampes puissantes, à la présence de personnes, etc.). La commande automatique du ventilateur réagit alors en conséquence.

Inconvénients

- il est nécessaire de choisir des appareils de puissance optimale, si l'accumulateur est déchargé, il n'y a plus possibilité de chauffer le local, sauf si l'appareil possède un chauffage d'appoint,
- la profondeur de l'appareil pose souvent un problème esthétique d'intégration dans le local,
- bruit du ventilateur.

PDIE

- Les distributeurs d'énergie imposent une ou plusieurs coupures en journée du chauffage direct et impose des heures de fonctionnement nocturne du chauffage à accumulation. Dans ce cas une «relance» est généralement possible en journée.

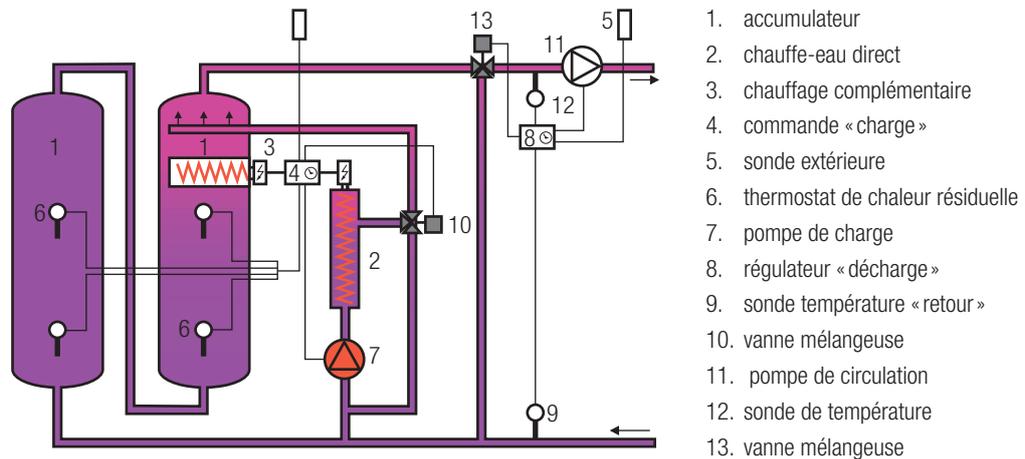
8.4. Accumulateurs électriques pour chauffages centraux

L'installation nécessaire pour chauffer les locaux est identique à celle utilisée en liaison avec le chauffage central à eau chaude, chauffée avec du mazout ou du gaz.

Dans de nombreux cas, l'accumulateur central peut remplacer une ancienne chaudière, grâce à quelques modifications aisément effectuées de l'installation existante. Les chauffages à accumulation électrique peuvent être utilisés pour chaque système de chauffage central jusqu'à une température d'eau de 95°C.

8.4.1 Les accumulateurs à eau

Dans ce système, la chaleur est stockée dans l'eau. Selon le mode de construction, on se trouve en présence de un ou de plusieurs réservoirs à eau en tôle d'acier entourés d'une jaquette d'isolation d'une épaisseur de 25 cm environ, limitant la déperdition de chaleur. Le réservoir est équipé de tiges blindées (3), il contient en outre un corps de chauffe dans le circuit interne (2), une pompe de charge (7) et une vanne mélangeuse (10). Le circuit externe, lui est également équipé d'une pompe de circulation (11) et d'une vanne mélangeuse (13).



8.4.1.1 Processus de charge

Durant ce processus, la pompe de charge (7) fait circuler l'eau dans les réservoirs en circuit fermé.

Le corps de chauffe du circuit (2) n'entre pas en action si l'eau chaude n'est pas sollicitée pendant la mise en charge. Une commande automatique (4) règle la température de l'eau nécessaire au chauffage du bâtiment en fonction de la température extérieure et de la température résiduelle de l'eau des réservoirs.

Suivant les PDIE (prescription des distributeurs sur les installations électriques) locale, les recharges de jour peuvent être réalisées automatiquement à haut tarif lors des pointes de froid.

8.4.1.2 Prélèvement de la chaleur

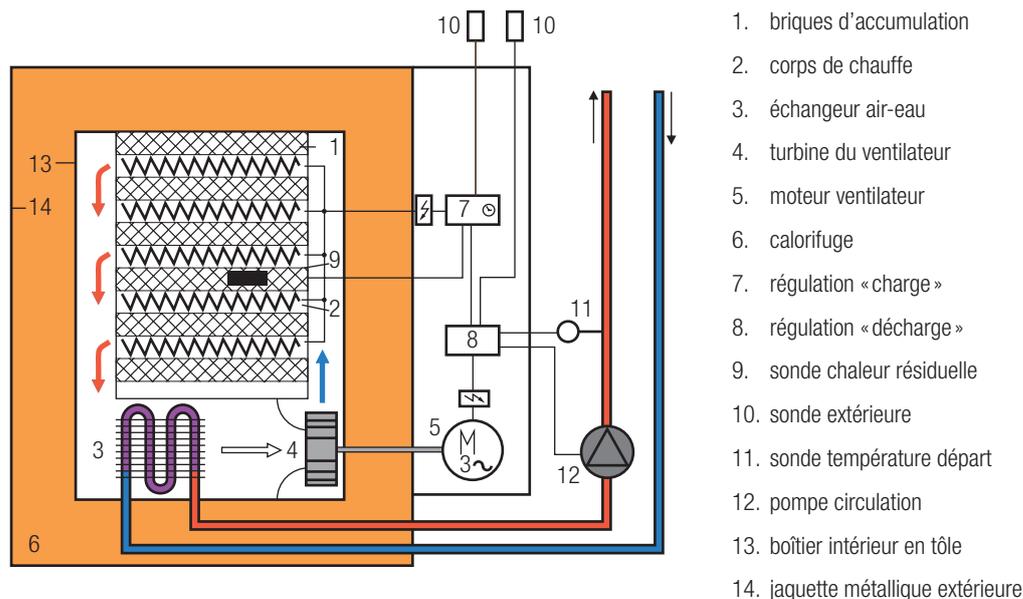
L'eau chaude provenant des accumulateurs est amenée suivant les besoins thermiques par l'intermédiaire de la vanne mélangeuse (10) à l'eau chaude du circuit du chauffage central.

La régulation de la température de l'eau de départ (12) du chauffage central est assurée en fonction de la température extérieure (5) par un dispositif de régulation électronique (8). Celui-ci assure conjointement la limitation de la température de retour (9) afin que l'eau de retour, suffisamment chaude, ne pénètre pas dans l'accumulateur.

8.4.2 Les accumulateurs à matière solide

Dans ce système, la chaleur produite par des corps de chauffe électriques est accumulée dans des briques de magnésite. Pour un volume équivalent, on peut accumuler sept fois plus de chaleur dans la magnésite que dans l'eau.

Les briques de magnésite (1) sont disposées dans un compartiment intérieur de façon à aménager des canaux (2) permettant aussi bien la mise en charge que la décharge. Ce compartiment intérieur est fortement isolé (6), la déperdition de chaleur est de ce fait réduite à un minimum.



8.4.2.1 Processus de charge

Au tarif de nuit, les briques de magnésite (1) sont chauffées de 150°C environ (chaleur résiduelle) à une température maximale de 650°C. Ce processus est réglé par une commande de charge (7) selon la température extérieure et le reste de chaleur stockée.

8.4.2.2 Prélèvement de la chaleur

La pleine charge est atteinte après env. 8 heures. Une recharge de jour, si nécessaire, peut être réalisée automatiquement.

Une seconde commande (8) assure le fonctionnement d'un ventilateur (4) commandé par un moteur (5) en réglant sa vitesse, selon la température extérieure et celle de départ donnée par la sonde (11). En fonction de la valeur de consigne, le ventilateur transporte la chaleur stockée dans les briques de magnésite (1) à l'échangeur de chaleur (3). Celui-ci la transmet à l'eau de chauffage que la pompe de circulation (12) amène dans les radiateurs ou les panneaux chauffants.

NIBT

- Les conduites d'eau froide et d'eau chaude métalliques doivent être reliées à la liaison l'équipotentielle lorsqu'elles sont accessibles.

8.5 Systèmes de chauffage à câbles

8.5.1 Câbles chauffants

Avec le système de chauffage électrique, il n'y a plus besoin de penser à l'achat de l'huile de chauffage, pas besoin de citerne, plus de facture de ramonage, de service d'entretien du brûleur ni de révision de citerne. Le courant arrive toujours à la maison sans être néfaste à l'environnement. Il ne provoque ni pollution de l'air par résidus de combustion ni fumée. Le courant est produit en Europe. Étant donné les différences d'exigences de construction et de confort, il existe plusieurs systèmes de chauffage. Le chauffage par le sol ou par le plafond qui apporte d'importants avantages. Il est plus économique que les système de chauffage direct. Il permet plus de souplesse pour l'ameublement des pièces et n'a besoin d'aucun entretien.

Les systèmes de chauffage conventionnels distribuent la chaleur de manière peu appropriée. Une grande chaleur est dégagée sur une relativement petite surface. Comme « la chaleur monte », l'on constate une température élevée au plafond et au sol (les pieds sont souvent froids et la tête trop chaude). Cela engendre une circulation d'air relativement importante. Ceci n'est pas seulement désagréable, mais également malsain. Il en va autrement pour le chauffage de sol.



Chauffage de sol

Il apporte une température plus élevée là où on l'apprécie le plus, c'est-à-dire dans les zones inférieures, sur toute la surface du sol. Comme la chaleur est diffusée de manière uniforme, on peut se contenter d'une température ambiante plus basse avec bien plus de confort et une circulation d'air moindre. L'avantage est aussi l'économie d'énergie car le réglage du thermostat peut être plus bas pour un même sentiment de confort.



Convecteur traditionnel

Ceci est également valable pour le chauffage par le plafond. Le chauffage par le sol ou par le plafond produit non seulement un bien-être, mais également un climat ambiant plus sain pour une consommation d'énergie minimale.

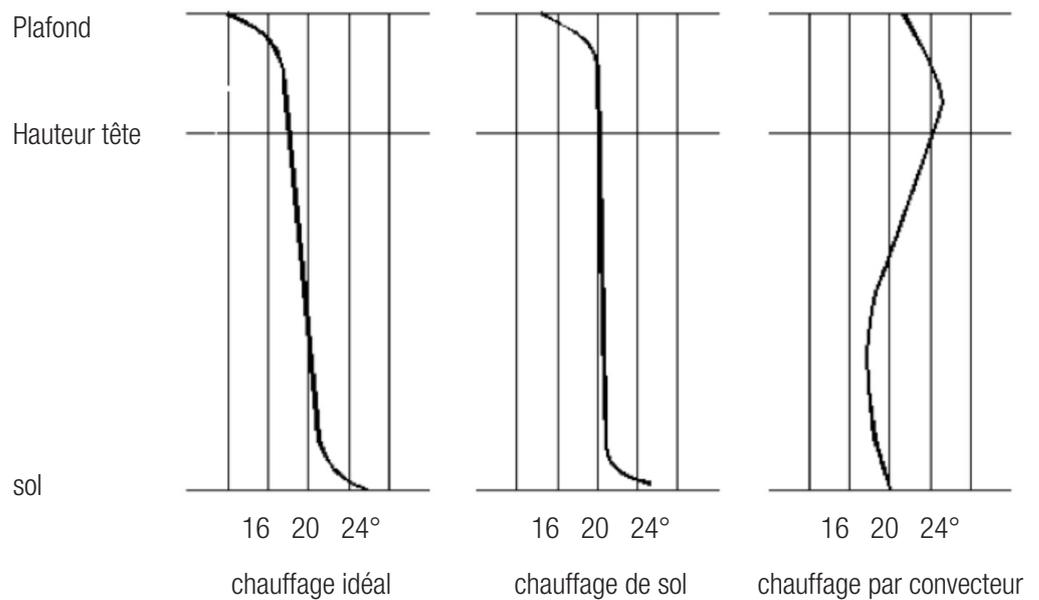
Dans le cadre de ce cours nous étudierons les systèmes suivants :

- chauffage de sol par natte chauffante ;
- chauffage de sol millimètre ;
- chauffage par bandes chauffantes ;
- chauffage par rubans autorégulants

8.5.2 Le chauffage de sol

Le chauffage de sol est constitué d'éléments de chauffage directement encastrés dans la chape. Il a l'avantage de ne pas être visible et d'approcher de très près le chauffage « idéal » grâce à l'émission de la chaleur depuis le plancher (pieds chauds, tête froide).

répartition de la chaleur en fonction de la hauteur



8.5.2.1 Généralités

Le chauffage de sol transmet son énergie thermique à la chape par conduction. Le chauffage de la pièce se fait ensuite par de faibles mouvements de convection. Le temps entre le moment de l'enclenchement du chauffage et ses effets sur la température ambiante est relativement long (de l'ordre de quelques heures).

Afin d'améliorer le confort, il convient d'installer un chauffage d'appoint qui a une très bonne réactivité.

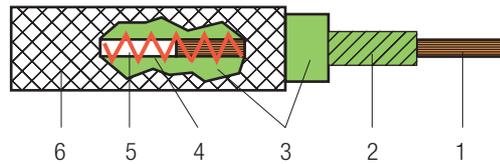
NIBT

- Le point de jonction entre le câble chauffant et les extrémités froides des câbles chauffants ne sont pas concernés par l'obligation de rester accessibles.

8.5.2.2

Caractéristiques
du câble chauffant

Constitution du câble chauffant



1. extrémité froide (Cu étamé.. 1,5 mm²)
2. gaine isolante en propylène
3. enveloppe en polyamide
4. fil porteur en polyamide
5. conducteur chauffant (2 à 6 fils en CuNi)
6. tresse en Cu étamé (selon application)

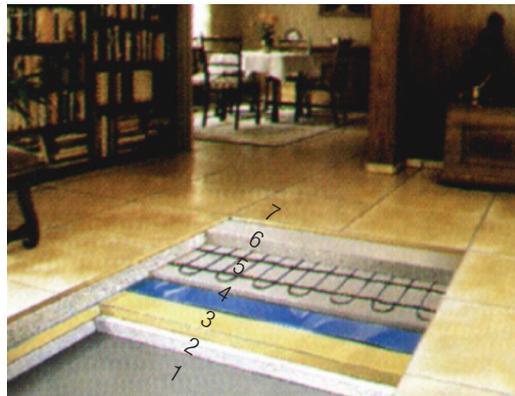
Selon l'épaisseur de la chape, le temps de chauffage de la chape et de la quantité d'énergie emmagasinée est plus ou moins important.

Le natte chauffante est à poser à une profondeur 6 à 8 cm pour un chauffage à accumulation et de 2 à 5 cm pour un chauffage direct.

Grâce à sa structure, le câble chauffant possède une très haute résistance mécanique et thermique. Le rayon minimal de courbure est 3 cm. En raison de son étanchéité intégrale, le câble peut généralement être également posé dans des revêtements humides.

8.5.2.3

Éléments de chauffage



Pose d'une natte chauffante

1. Dalle brut
2. Isolation thermique
3. Isolation thermique et phonique
4. Barrière vapeur
5. Chauffage de sol
6. Chape ciment
7. Revêtement du sol

La puissance d'un câble est fonction de sa longueur.

Les valeurs usuelles des différents types de câbles varient de 0,1 à 3 ohm/m.

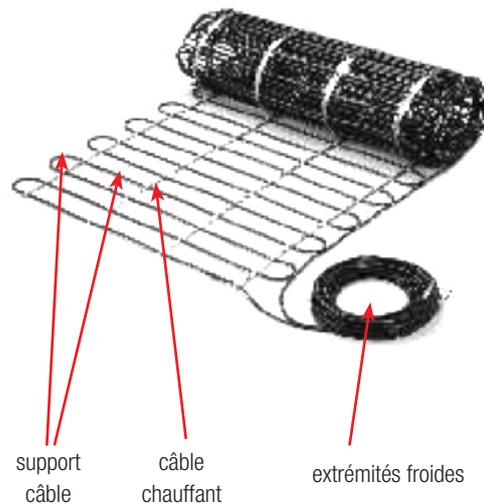
Les nattes sont confectionnées pour des puissances comprises entre 150 et 2000 W et une tension nominale de 230 V (parfois même 400 V).

Note

- Les nattes sont livrées en rouleau de la surface et de la forme voulue (il n'est pas nécessaire de chauffer sous les meubles). Avant de les poser il faut légèrement les chauffer en les branchant à une source électrique pour les assouplir.

8.5.2.4

Régulation et commande



En mode «chauffage direct» la natte est simplement commandée par une sonde de sol - qui évite une élévation trop importante de la température de la chape - et d'un thermostat qui permet de régler la température de la pièce. Pour les grande pièce (plus de 2kW de chauffage installé) il faut utiliser un contacteur. Pour le chauffage à accumulation, le stockage de la chaleur est commandée par une sonde de sol - qui évite une élévation trop importante de la température de la chape - et d'un thermostat qui permet de régler la température de la pièce.

Pour les grande pièce (plus de 2 kW de chauffage installé) il faut utiliser un contacteur par un appareillage de régulation automatique de charge. Ce système se compose d'un appareil de commande central avec sonde de température extérieure et d'un régulateur de zones. Pour chaque zone, il y a une commande de chaleur résiduelle. En fonction de la température extérieure et de la chaleur encore présente dans le plancher, la régulation de charge détermine le temps de charge nécessaire (à la fin de la période de bas tarif).

8.5.2.5

Applications

Chauffage par le sol, direct ou à accumulation, dans les habitations, églises, bâtiments publics et industriels.

Chauffage de ponts, rampes, escaliers et chemins pour piétons, recouverts de béton, de bitume ou d'asphalte (maintien hors gel).

Avantages

- la température du sol est uniforme ;
- la chaleur est restituée lentement dans tout le local ;
- en aucun endroit du local il n'y a des zones de haute température (comme c'est le cas du chauffage par radiateurs) ;
- peu de déplacement de particules de poussière ;
- système facilitant l'ameublement et le nettoyage.

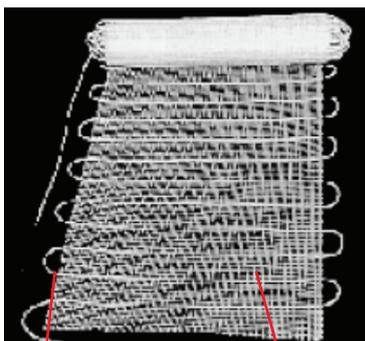
Inconvénients

- on ne peut pas régler la décharge de la chaleur accumulée dans la chape ;
- aucun élément de fixation pénétrant dans le sol ne doit être utilisé dans les zones équipées du chauffage de sol, ;
- grande inertie de chauffage ;
- émission d'un champs électromagnétique sur toute la surface de la pièce.

NIBT

- Un dispositif de coupure à courant différentiel-résiduel doit être utilisé avec $I_{\Delta n}$ d'au maximum 30 mA lors de la pose de tout chauffage de sol.

8.5.3

Chauffage de sol
à « nattes millimètre »

câble chauffant

grille à mailles fines

La natte chauffante (ou tapis calorifique) est réalisée à partir d'un câble chauffant composé d'un toron résistif de 7 brins, isolé au Téflon, le tout blindé par une tresse de fils de cuivre zingué d'une section globale de 1,5 mm². Le diamètre extérieur du câble est d'environ 3 mm.

L'alimentation des tapis d'une largeur de 40 ou 80 cm et de 1,5 à 18 m de long est réalisée par deux extrémités froides de 2,5 m de long.

La grille à mailles fines, supportant le câble, est en matière plastique. Cette conception permet à la colle du revêtement de sol d'entrer en contact avec la chape à travers les mailles de la grille, d'où un collage performant et une bonne diffusion de la chaleur.

La natte chauffante se pose directement sous le revêtement du sol, dans la colle du carrelage, et ne nécessite pas de protection mécanique.

Le revêtement de sol doit être adapté au chauffage de sol.

Le chauffage millimétrique est livrable en 80-160 W/m². Le chauffage de sol n'est pas uniquement posé dans les nouvelles constructions, mais convient également parfaitement lors de rénovations avec des sols de peu d'épaisseur.

La puissance par mètre est suffisamment basse pour éviter d'avoir une température du sol supérieure à 30°C.

Les valeurs suivantes sont à respecter :

matière	épaisseur max.	valeur [W/mK]
Carrelage	30 mm	1,00
Parquet	16 mm	0,14
Moquette	20 mm	0,09
Liège	10 mm	0,08
PVC	30 mm	0,23

8.5.4

Chauffage
électrique extérieur

Ces câbles chauffants étaient une solution idéale pour maintenir hors gèle, des voies de circulation, des rampes, des ponts.

Fonctionnement

Une sonde mesure la température et l'humidité de la surface à chauffer. Cette dernière, par conséquent, doit être installée à l'endroit où l'humidité persiste le plus longtemps.

Lorsque la sonde détecte une surface froide et humide, l'appareil de commande enclenche le chauffage.

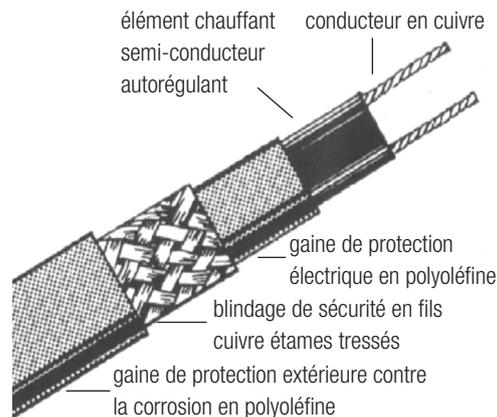
Le câble calorifique convient au montage dans :

- du béton ;
- des couvertures de ciment ;
- des revêtements de bitume/asphalte.

8.5.4.1

Les rubans chauffants autorégulants

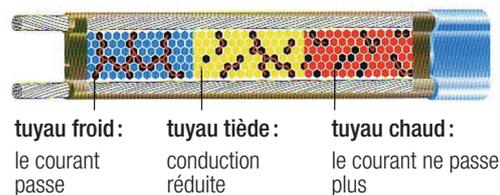
Les rubans chauffants autorégulants sont très utiles pour le déneigement des toitures chéneaux et gouttières, pour le maintien hors gel des conduites exposées au froid et le maintien en température des circuits d'eau chaude sanitaire, la protection contre le gel des canalisations, des chéneaux, la mise hors gel des cuves à mazout, terrasses, déneigement, ainsi que pour la protection des réseaux d'incendie, des compteurs ...



L'élément chauffant est constitué d'une matière plastique de composition spéciale avec des particules de carbone noyées dans la masse et formant une résistance entre les deux conducteurs parallèles en cuivre.

Lorsque la température augmente, la matière plastique se dilate et la distance entre les particules de carbone s'accroît de plus en plus. La résistance électrique de l'élément chauffant augmente, le courant et la puissance diminuent.

Lors du refroidissement, ce processus s'effectue en sens inverse, la puissance de chauffage augmente.



tuyau froid :
le courant passe

tuyau tiède :
conduction réduite

tuyau chaud :
le courant ne passe plus

Grâce à ce système d'auto-régulation, le ruban chauffant réagit aux modifications de température à chaque centimètre du système (un tronçon du câble peut produire de la chaleur sans que le reste du câble n'en produise).

On peut assimiler le ruban chauffant autorégulé à un nombre infini de résistances PTC raccordées en parallèle. Il est possible de couper le câble autorégulant à n'importe quelle longueur. Une des extrémités sera raccordée au 230 V, alors que l'autre devra être isolée. La puissance des rubans est de 10 à 40 watts par mètre.

Différents organes d'alimentation et de commande sont disponibles sur le marché :

- commande par interrupteur manuel avec lampe de contrôle ;
- commande par interrupteur manuel et thermostat différentiel (p. ex. +2°C et - 8°C).

8.6 Commandes

L'installation des chauffages électriques n'est généralement plus admise. Les installations existantes risquent de devoir être mises hors service d'ici 2030.

En général, le chauffage direct peut être utilisé toute la journée avec une coupure diurne d'une heure ou de deux fois une demi-heure (pour éviter une diminution trop importante de la température ambiante) afin de limiter les pointes de consommation du milieu de journée. Le chauffage à accumulation fonctionne principalement la nuit. Toutefois, une relance diurne est possible.

8.6.1 Désignation des fils pilotes

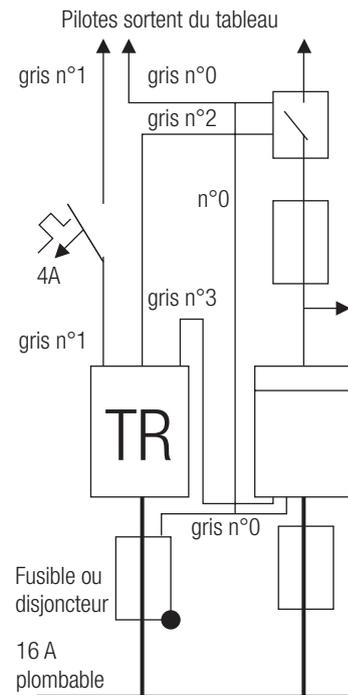
chauffage direct	CD
chauffage à accumulation	CA
chauffage mixte	cm

8.6.2 Régulation et commande

Les chauffages à accumulation ont un fonctionnement plus rentable si leur dispositif de commande est géré par une régulation.

Lors de la pose de chauffage direct à convecteurs, il existe deux variantes de réglage de la température possibles :

- s'il n'y a qu'un seul convecteur dans la pièce, on utilise des convecteurs avec le thermostat incorporé,
- s'il y a plusieurs convecteurs par pièce, on place un thermostat d'ambiance unique qui commande l'ensemble des convecteurs afin d'assurer une température uniforme dans la pièce et un fonctionnement / vieillissement identique pour chaque radiateur.



8.7. Principes du bilan thermique

8.7.1 Besoin calorifique

Le but du chauffage d'un local est de compenser les déperditions thermiques afin de garantir une température ambiante agréable et constante.

Les déperditions thermiques sont dépendantes de différents facteurs tels que :

- type d'isolation
- épaisseur de l'isolation¹⁾
- surface de contact avec l'extérieur¹⁾
- lieu de contact avec l'extérieur (sous-sol – murs extérieurs – toiture)
- surface et qualité du vitrage¹⁾
- température extérieure²⁾
- exposition aux vents³⁾
- apports passifs
- comportement des usagers⁴⁾
- source de chaleur complémentaire

Notes

¹⁾ Les échanges thermiques sont proportionnels à la différence de température et la surface de contact et inversement proportionnels à l'épaisseur de l'isolation.

²⁾ Les pertes sont d'autant plus grandes que l'écart de température est important. Un réglage de la température ambiante à 18°C au lieu de 22°C permet une économie d'énergie de 50 % lorsque la température extérieure est de 16°C et de 18 % si elle est de 0°C.

³⁾ Le vent tend à augmenter les échanges de chaleur et donc le refroidissement des locaux chauffés.

⁴⁾ Le comportement des usagers peut faire varier grandement le besoin d'énergie au maintien d'une température ambiante agréable. Pour une hygiène de vie optimale, il est important de procéder à l'aération des locaux. Pour cela, il est préférable de faire de grands renouvellements d'air (fenêtres grandes ouvertes durant 5 minutes) deux à trois fois par jour à la place d'un faible renouvellement permanent (fenêtres entre-ouvertes en permanence).

Les principes de base de la maison passive sont la **réduction des déperditions thermiques** et le bénéfice des **apports directs de l'énergie solaire** (apports passifs).

8.7.2

Diminution des déperditions

Les règles suivantes permettent d'appliquer ces principes

- **Choisir un corps de bâtiment compact**

Le choix du rapport surface/volume a un impact sur le besoin calorifique. En réduisant la surface de contact avec l'extérieur, on diminue les déperditions thermiques excessives. Une maison mitoyenne est avantageuse, et d'autant plus si elle a plusieurs étages car elle comporte moins de surface de murs extérieurs pour un même volume.

- **Éviter l'exposition au vent (auvent et ombrage)**

Un store présente l'avantage d'empêcher la surchauffe d'une pièce l'été. Une haie autour de la maison lui évitera d'être refroidie par le vent.

- **L'enveloppe étanche du bâtiment**

- **Limiter les ponts thermiques**

Les ponts thermiques génèrent des pertes de chaleur, mais aussi des taux d'humidité trop élevés.

8.7.3

Apports passifs

- **Orienter le bâtiment vers le sud**

Il est possible d'augmenter les apports sans utiliser de système producteur d'énergie thermique. Il suffit d'orienter les façades avec une grande surface vitrée vers le sud. Une véranda peut servir de zone tampon entre l'intérieur chauffé et le vent extérieur.

8.7.4

Source de chaleur étrangère

Lors du dimensionnement d'une installation de chauffage, il est important de tenir compte des apports calorifiques d'autres sources telles que :

- chaleur dégagée par les personnes lors de grands rassemblements. On admet qu'une personne équivaut à un apport thermique d'une puissance de 0,1 kW. Pratiquement cela veut dire qu'une salle de réunion doit être réglée avec une température relativement basse avant l'arrivée des convives afin qu'elle n'augmente pas trop en présence des occupants,
- chaleur dégagée par des appareils en fonction. Par exemple, une salle avec des serveurs informatiques est chauffée par les appareils en service.
- dans l'habitat, la présence d'une cheminée pour servir de complément lors de grands froids.

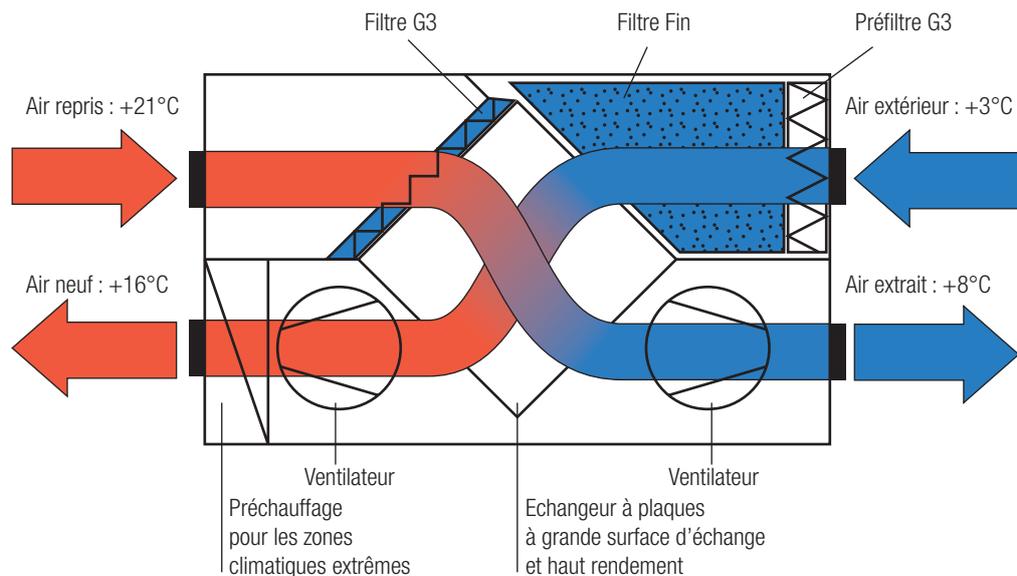
8.8

Récupération calorifique

Afin d'améliorer le coefficient énergétique d'une maison, on peut avoir recours à la récupération de l'énergie calorifique contenue dans les matières avant que celles-ci ne soient évacuées de l'habitat.

On peut facilement récupérer l'énergie de l'air

Cela consiste à utiliser une aération centralisée avec un échangeur de chaleur.



L'air froid de l'extérieur est réchauffé par l'air chaud expulsé.

Dans cet exemple, on soutire 13 degrés ($21 - 13 = 8$) à l'air vicié extrait pour les transmettre à l'air frais aspiré ($3 + 13 = 16$).

Note

Ce système fonctionne aussi en climatiseur l'été.

Selon le même principe, il est également possible d'installer des récupérateurs de chaleur sur les eaux évacuées.

8.9 Questionnaire

1. Quel est le principe du chauffage de sol?

Le câble chauffe la chape par conduction qui chauffe ensuite l'air par convection.

2. Qu'est-ce qui sert de masse d'accumulation de chaleur dans le chauffage de sol?

La chape

3. Décrire le principe du chauffage de sol.

Chauffer la chape qui chauffera l'air, la température de confort peut être plus basse qu'avec un chauffage par convecteur.

4. Quelles sont les puissances maximales et la tension de raccordement des nattes de chauffage?

2 kW 230 V

5. Décrire le principe de la régulation d'un chauffage de sol.

Une sonde d'ambiance règle l'apport thermique et une sonde de sol limite la température du sol à un maximum admissible.

6. Quel est le principal avantage du chauffage de sol à « nattes millimètre »?

Faible épaisseur, peut donc se poser sur la chape et sous le carrelage la moquette ou le parquet sans abimer la chape.

7. Quel est le diamètre extérieur du câble chauffant de cette natte?

3 mm

8. Comment interpréter les valeurs [W/mK]?

Une valeur basse indique un isolant c'est le nombre de watts qui traversent 1 m de cette matière par degrés d'écart.

9. Quel est le principe du ruban chauffant autorégulant?

Le ruban conduit (et donc chauffe) selon la température du ruban à cet endroit.

10. Quels sont les inconvénients du chauffage de sol par câbles chauffants?

On ne peut pas percer.

11. De quels éléments sont constitués les rubans chauffants autorégulants?

Deux conducteurs Cu séparés par un semi-conducteur autorégulant, le tout protégé par des isolations et un blindage.

12. Citer quatre applications des rubans chauffants autorégulants :

Chauffage d'accompagnement des tuyaux d'eau chaude, mise hors gels de conduites d'eau, d'installations incendie, de chenaux.

13. Quel est le désavantage marquant de tous les chauffages de sol ?

L'inertie est très importante (jusqu'à plusieurs heures entre le moment de l'enclenchement et la sensation de chaleur).

14. Citer le nom des trois modes de propagation de la chaleur :

Convection, conduction, rayonnement (pas les micro-ondes qui sont un système de chauffage et non une propagation de chaleur).

15. Pour chacun de ces modes, citer un exemple d'appareil électrique qui utilise ce mode en priorité lors de son fonctionnement :

Convection : un chauffe-eau, conduction : fer à souder, rayonnement : chauffage par infra-rouge.

16. Expliquer pourquoi les fluides chauds ont tendance à monter :

En chauffant leur volume augmente et donc leur masse volumique diminue ce qui les rend à volume égale, plus léger que le reste.

17. Indiquer quel mode de transmission de la chaleur est apte à se propager dans le vide :

Rayonnement.

18. Citer les avantages du chauffage électrique :

Investissement financier réduit, facilité de réglage par pièce, faible encombrement.

20. Quelle est la différence entre un système de chauffage direct et un système à accumulation ?

Le chauffage direct transforme immédiatement énergie absorbée en énergie utile alors que le chauffage à accumulation stocke l'énergie absorbée la nuit pour la restituée quelques heures plus tard

21. Quelle est la provenance du noircissement que l'on trouve parfois au-dessus des convecteurs muraux ?

Dépôt de poussière.

22. Dans quels cas peut-on trouver des convecteurs de sol ?

Locaux avec de grandes baies vitrées.

23. Citer les avantages des plinthes chauffantes :

Peu de mouvement d'air (poussière), chaleur uniforme.

24. Quel système de chauffage conseillez-vous à un client désirant un chauffage sur une terrasse couverte ?

Infrarouge

25. Qu'est-ce que l'on entend par une décharge d'un chauffage à accumulation :

a) statique? La décharge n'est pas contrôlée.

b) dynamique? Décharge contrôlée par un ventilateur (attention au bruit) commandé par thermostat.

26. Donner le nom du matériau que l'on utilise pour stocker la chaleur dans les radiateurs à accumulation :

Briques de magnésite.

27. Quel est l'avantage d'un accumulateur équipé d'un chauffage d'appoint (direct)?

S'il y a une brusque augmentation des besoins thermiques, l'accumulateur n'aura pas assez stocker d'énergie, l'appoint la fournira.

28. Citer deux systèmes d'accumulateurs électriques pour chauffages centraux et dire quel est le système le plus avantageux et pour quelles raisons :

Statique et dynamique, Le dynamique (plus cher à l'achat) est dimensionné au plus juste pour coller au besoin, un abaissement de la température est possible.

29. Expliquer le principe de fonctionnement d'un accumulateur à eau :

De nuit (prix réduit) on chauffe une grande quantité d'eau et en cas de besoin, on enclenche un corps de chauffe d'appoint.

30. Que faut-il raccorder au PA lors de l'installation d'une chaudière électrique?

(PA =liaison équipotentielle de protection) les canalisations conductrice d'eau chaude et d'eau froide.

31. Quand doit-on mettre un DDR lors de la pose d'un câble chauffant?

En pratique : toujours.

32. Quel est le numéro du fil pilote utilisé pour la commande d'un chauffage à accumulation (CA)?

Le choix du numéro du pilote est laissé à l'installateur (sauf le 0 qui est le neutre).

33. Dans quels cas utilise-t-on des convecteurs sans thermostat incorporé?

Lorsqu'on a plusieurs convecteurs dans une seule pièce commandés par un thermostat unique.

34. Pourquoi ne doit-on pas installer une sonde extérieure sur une façade ouest ?

Elle serait trop perturbée par le soleil couchant qui est « chaud » (c'est moins la cas du soleil d'est).

35. A quelle température doit-on régler le thermostat de sol d'un chauffage en chape ?

Env. 40°C – pas plus de 60°C pour avoir au maximum 30°C de température de surface.

C'est un chauffage basse température.

36. Quels sont les facteurs à prendre en considération lors du dimensionnement d'une installation de chauffage ?

Situation climatique et géographique, type d'isolation, épaisseur, surface, vitrage.

37. Citer deux avantages des apports passifs :

Gratuit ne produit pas d'augmentation de CO₂.

38. Comment augmenter les apports passifs ?

Orienter convenablement la maison, mettre des baies vitrées au sud.

39. Citer deux avantages d'une ventilation avec échangeur de chaleur :

Récupération de la chaleur intérieure pour préchauffer l'air extérieur l'hiver et fonctionnement en climatisation l'été.

40. Faire le schéma d'une commande d'un chauffage de sol avec 3 nattes de 1 kW.

Chapitre 9 CUISINIÈRES ÉLECTRIQUES

9.1 Généralités

Nous étudierons principalement les cuisinières électriques à usage domestique.

Les éléments essentiels de ces appareils de cuisson sont les foyers (plaques de cuisson) et le four, qui peuvent être séparés (réchaud ou four) ou groupés en un seul appareil (cuisinière).

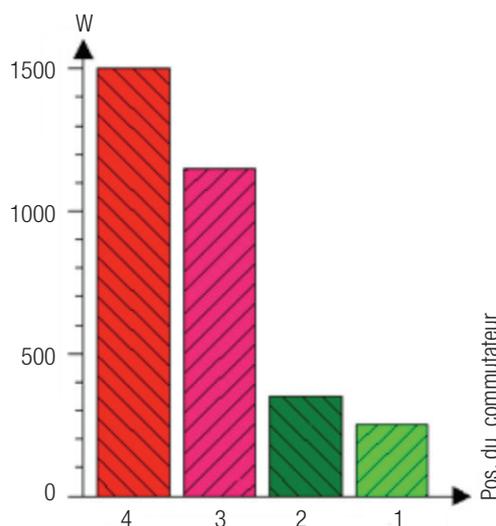
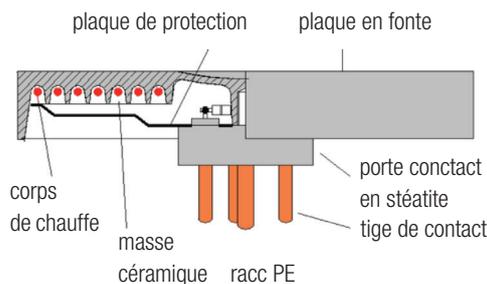
Le réchaud est un appareil comportant généralement deux à quatre foyers de cuisson dont la puissance totale peut atteindre environs 7 kW. Dans le cas d'un foyer à induction, la puissance est généralement plus élevée. Il n'est pas rare que le constructeur ne permette pas l'emploi de tous les foyers en même temps s'ils sont utilisés à leur puissance maximale.

Le terme de four sert à désigner une enceinte close et calorifugée, comportant des corps de chauffe, permettant de cuire, rôtir, griller et dont la puissance est généralement inférieure à 3 kW.

La cuisinière électrique est un appareil comportant deux à quatre foyers de cuisson et un four, dont la puissance totale est d'environ 10 kW.

9.2 Les plaques cuisson massives

9.2.1 Les plaques de cuisson massives à deux ou trois corps de chauffe commandées par un commutateur



Puissance de la plaque en fonction de la position du commutateur

Le corps de chauffe de ces plaques est un fil de nickel-chrome boudiné, réparti en plusieurs valeurs de résistances inégales. Ces résistances sont enrobées d'une masse céramique isolante et pressées dans des rainures à l'envers de la plaque en fonte.

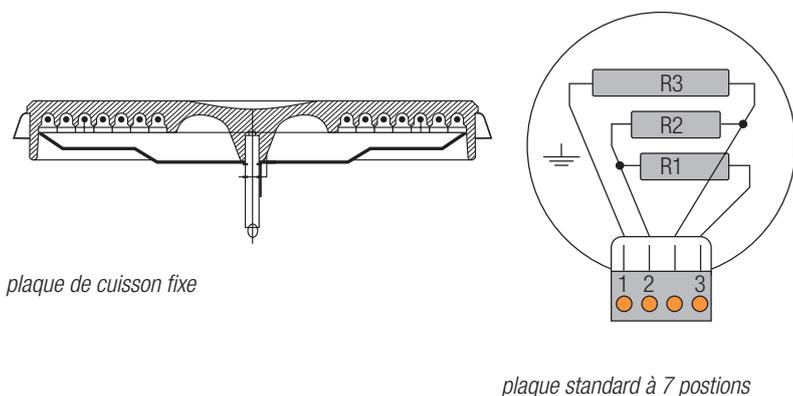
Les anciennes plaques massives à broches possédaient deux circuits de résistances commandés par un commutateur à 5 positions (4 pos. + 0). Elles étaient amovibles.

Dans un premier temps, elles ont été remplacées par des plaques de cuisson fixes ayant les mêmes caractéristiques électriques. Des cuisinières électriques équipées de telles plaques sont de plus en plus rares aujourd'hui.

La répartition de la puissance en fonction de l'échelon du commutateur est loin d'être linéaire, raison pour laquelle ces plaques n'équipent plus les cuisinières actuellement.

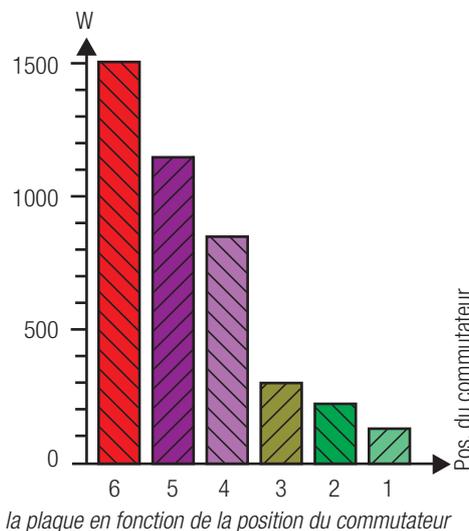
Actuellement, on a des commutateurs à 7 positions (« 0 » + 6 positions) ou des gradateurs à variation continue de puissance, repérés de 0 à 12.

Aujourd'hui, les plaques en fonte sont équipées de trois résistances de valeur différente. Ces trois résistances sont branchées selon le schéma ci-dessous ce qui permet, grâce à un commutateur à came souvent à 7 positions (6 pos.+ 0), d'en modifier le couplage afin de varier la puissance de la plaque.



plaque de cuisson fixe

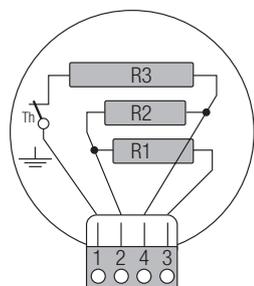
plaque standard à 7 positions



La variation de puissance n'est pas linéaire. On note toujours un saut important de puissance entre les trois valeurs basses et les 3 valeurs hautes. La puissance choisie est constante au cours du temps.

9.2.2 Plaques rapides

On désigne par plaques rapides, des plaques de cuisson de mêmes grandeurs que les plaques standards, mais de puissances plus élevées. Souvent le centre de ces plaques (partie creuse) est rouge, ce qui permet de les repérer facilement.



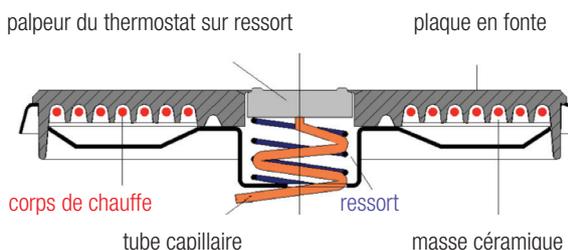
plaque rapide avec limiteur de température

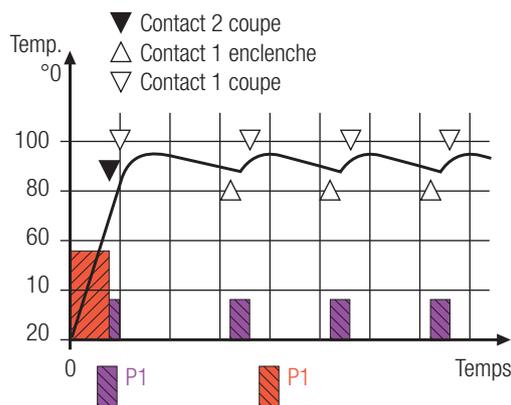
Une plaque standard peut atteindre une température de 300° à 400°C. Pour éviter que cette température ne s'élève dangereusement, lors d'un fonctionnement à vide (sans récipient) ou avec un ustensile incorrect, la plaque rapide est équipée d'un thermostat bimétallique intégré à l'arrière de la plaque. Ceci permet également de mieux régler sa puissance par rapport à une normale.

9.2.3 Les plaques de cuisson commandées par thermostat

Cette plaque est combinée avec un thermostat à tube capillaire dont le bulbe est placé au centre de la plaque par une fixation sur ressort. Il est ainsi plaqué contre le fond du récipient dont il palpe la température, ce qui permet un réglage de la température et non de la puissance.

Une fois la température atteinte, le thermostat coupe le corps de chauffe et le réenclenche une fois la température trop basse.

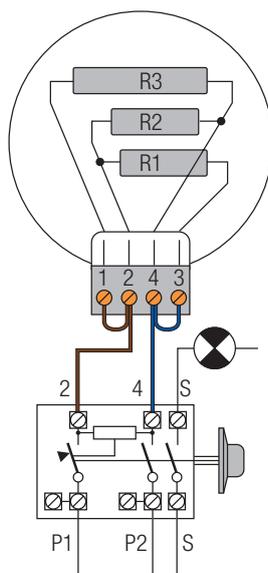




Température de la plaque en fonction de la puissance choisie et du temps.

En augmentant la position de réglage, les intervalles de temps de coupure deviennent toujours plus courts (la température augmente) pour finalement disparaître. Le circuit de petite puissance reste alors constamment fermé.

9.2.4 Les plaques de cuisson commandées par un régulateur d'énergie



Corps de chauffe

La puissance maximale dépend partiellement du diamètre de la plaque et varie de 1000 à 2000 W.

La plaque possède deux circuits de chauffage de puissances différentes. Ces circuits sont respectivement ouverts ou fermés - par deux contacts commandés par le thermostat - en fonction de la température choisie.

La température prévue est ensuite maintenue par fermeture et ouverture successives du circuit de petite puissance.

Ces plaques sont équipées d'un corps de chauffe « rapide » commandé par un régulateur d'énergie avec ou sans accélération de chauffe. En pratique, on utilise fréquemment des plaques de cuisson à trois corps de chauffe en lieu et place des plaques à un seul. Il suffit de brancher les trois corps de chauffe en parallèle (simplification du service après-vente).

Comme dans les plaques rapides standards, les plaques à un corps de chauffe sont équipées d'une protection contre la surchauffe.

Le régulateur d'énergie décrit ci-dessus a une fonction manuelle.

9.3 Les corps de chauffe rayonnants pour plan de cuisson vitrocéramique



plan vitrocéramique

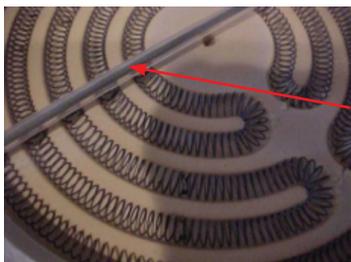
Les plans de cuisson en vitrocéramique ont une surface esthétique, plane, fonctionnelle et d'un entretien facile. A ces attraits s'ajoute une technique qui permet de visualiser le foyer qui est en fonction.

L'emplacement des foyers est dessiné sur la surface du plan de cuisson.



La chaleur est transmise au fond du récipient autant par rayonnement infrarouge que par conduction, ce qui donne au plan de cuisson vitrocéramique un meilleur rendement qu'avec les plaques massives et une plus grande rapidité de chauffe.

La vitrocéramique est un verre qui a été céramisé. Il supporte des températures allant jusqu'à 750°C. Au-delà de cette température, le verre se ramollit.



Les foyers qui sont disposés sous la plaque vitrocéramique sont équipés d'un thermostat de sécurité qui déclenche les corps de chauffe lorsque la température dépasse env. 600°C.



Pour éviter de se brûler au contact du plan de cuisson lorsque le foyer est hors circuit, un voyant lumineux indique la chaleur résiduelle. Le voyant lumineux reste enclenché aussi longtemps que la température dépasse env. 50°C. Ce dernier est enclenché par le contact S-H du thermostat de sécurité.

En principe, tous les ustensiles de cuisine prévus pour la cuisson à l'électricité peuvent être utilisés. Le meilleur rendement est obtenu avec des ustensiles dont le fond est mat et de couleur foncée.

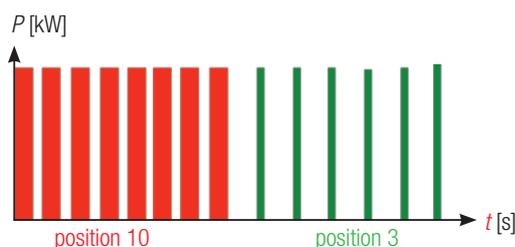
L'entretien de la surface est simple, un coup d'éponge suffit. Pour éliminer les salissures plus importantes, les débordements qui se sont carbonisés ou caramélisés, il y a lieu de se référer au mode d'emploi du fabricant.

ATTENTION!

Les poudres ou tampons abrasifs sont à exclure.

9.3.1 Réglage de la puissance

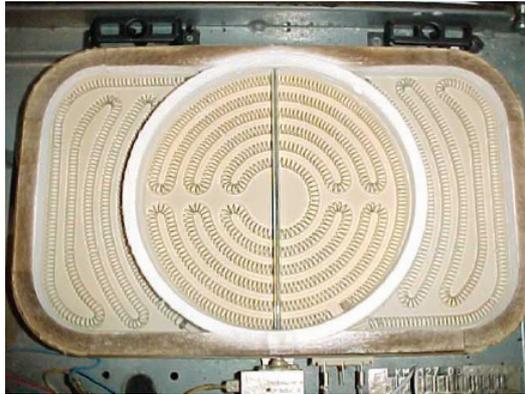
Le réglage de la puissance se fait en fonction du temps. Des phases de coupure succédant à des phases de fonctionnement à 100 %.



A puissance maximale, le corps de chauffe est presque tout le temps en service. En diminuant le réglage, on change le rapport des durées marche/arrêt.

9.3.2 Les organes chauffants

9.3.2.1 Corps de chauffe rayonnants



Ce sont des corps de chauffe spécifiques aux foyers utilisés pour les plans de cuisson en vitrocéramique.

La chaleur est transmise également par rayonnement infrarouge et non plus uniquement par conduction comme c'est le cas pour les plaques massives en fonte. Le réglage de la température du foyer se fait par un régulateur d'énergie.

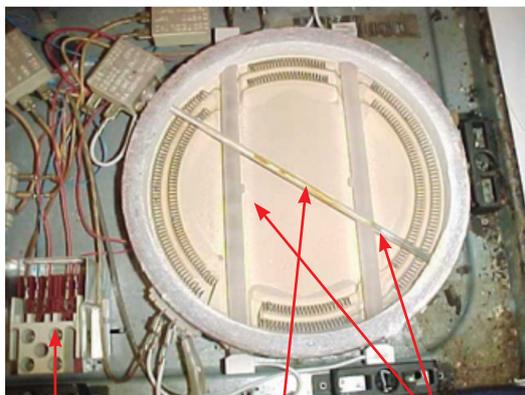
Tous ces foyers possèdent un thermostat de sécurité qui déclenche à 600°C.



Les foyers sont équipés de une à deux résistances en fils spirales, fonctionnant indépendamment ou simultanément en fonction de la zone à chauffer.

On trouve également des corps de chauffe de plaques vitrocéramiques sous forme de bande en accordéon.

9.3.2.2 Foyers à lampes halogènes



témoin de chaleur
résiduelle

thermostat de surchauffe
et de chaleur résiduelle

lampes halogènes

Dans ce type de foyer, on a remplacé les résistances par deux ou quatre lampes halogènes. Elles sont disposées dans un réflecteur qui concentre tous les infrarouges vers le haut. Le principal avantage de ces foyers est leur pleine diffusion de chaleur atteinte en quelques secondes et, inversement, lors du déclenchement une rapide diminution de la température (idéal pour saisir les viandes). Ils sont beaucoup plus rapides pour chauffer les quantités inférieures à un litre. Leur faible durée de vie fait que presque plus aucun fournisseur ne les propose.

9.3.2.3 Foyers mixtes

Dans ce système, le corps de chauffe à rayonnement traditionnel est combiné avec deux lampes halogènes.

En fonction de l'allure de la cuisson, les lampes halogènes s'allument et s'éteignent par séquences alors que la résistance continue de diffuser sa chaleur.

9.4 Les plaques à induction



La plaque à induction est composée d'une bobine plate en forme de spirale avec un condensateur raccordé en parallèle (circuit oscillant parallèle). Elle est placée sous un plan de cuisson en vitrocéramique. Le courant qui la traverse est à une fréquence de 20 à 100 kHz, ce qui génère un important champ magnétique.

Lorsqu'un ustensile en matière ferromagnétique (par exemple en fonte ou en acier émaillé) est exposé à ce champ magnétique, il s'y produit des courants induits et donc un échauffement. Cette chaleur est ensuite transmise au contenu de la casserole ou de la marmite ou d'un autre récipient. Seul le récipient chauffe.

Le plan de cuisson reste froid (attention toutefois, en cas d'utilisation prolongée, le plan de cuisson sera chauffé par conduction par le récipient).

Si aucun ustensile n'est posé sur la plaque (alimentée), la bobine d'induction et le condensateur qui forment un circuit oscillant parallèle, entrent en résonance (circuit LC parallèle = circuit bouchon). Le circuit est de ce fait traversé par un courant très faible, ce qui a pour avantage que le plan de cuisson reste pratiquement froid.

Avantages

- une régulation rapide et souple de l'énergie, comme pour les brûleurs à gaz (pas de chaleur stockée),
- la montée de température est de 35 % plus rapide et la consommation d'énergie est de 20 % à 35 % plus faible qu'avec la plaque traditionnelle,
- seul l'ustensile est chauffé et non la plaque en verre. L'apport d'énergie est immédiatement stoppé lorsqu'on enlève l'ustensile du plan de cuisson.

Inconvénient

- seuls les ustensiles ferromagnétiques sont utilisables (ceux en aluminium, cuivre, acier inox, verre et céramique ne sont pas appropriés à la cuisson par induction),
- prix élevé de la plaque.

9.5 Les fours

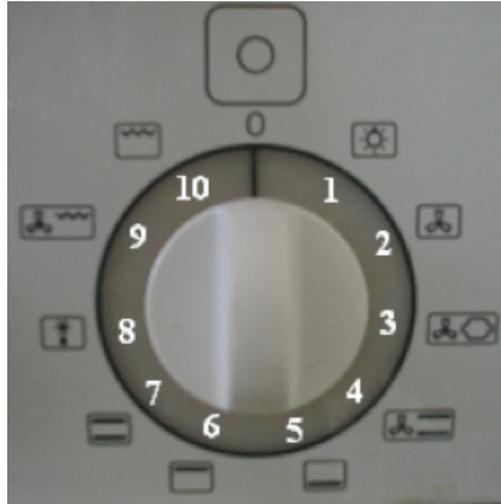


Le four fait un ensemble avec la cuisinière ou peut constituer un appareil indépendant. Comme appareil indépendant il offre surtout l'avantage d'être placé à hauteur de travail et peut être équipé d'un ventilateur pour l'aspiration de l'air vicié et des vapeurs du four.

Les fours ont une puissance nominale qui peut atteindre environ 3 kW.

Ils sont équipés d'un chauffage supérieur et inférieur, constitués par des barres chauffantes ou des corps de chauffe boudinés en fil Cr-Ni et protégés par une tôle.

Dans les anciens modèles, la puissance est réglée par un interrupteur à cames. Dans les modèles récents, c'est la température de l'enceinte du four qui est réglée au moyen d'un thermostat à tige ou à tube capillaire. La température est généralement réglable entre 50°C et 260°C.



Position du commutateur

- | | |
|--|--|
| 1 : que la lumière + ventilation pour évacuation de la chaleur résiduelle | 5 : chauffage que par le corps de chauffe « bas » |
| 2 : chauffage par chaleur « tournante » | 6 : chauffage que par le corps de chauffe « haut » |
| 3 : chauffage par chaleur « tournante » avec une température de réglage maximum en début de période de chauffe | 7 : chauffage des corps de chauffe « haut » et « bas » |
| 4 : chauffage par chaleur « tournante » + apports des corps de chauffe « haut » et « bas » | 8 : décongélation |
| | 9 : ventilateur + « grill » |
| | 10 : uniquement « grill » |

Le nettoyage automatique du four (four autonettoyant) peut se faire de deux manières différentes :

Par catalyse

Les parois de tôles d'acier émaillées sont recouvertes d'un revêtement spécial mat et rugueux (voir photo de la page précédente), qui renferme un composant (catalyseur) qui accélère le processus naturel de combustion.

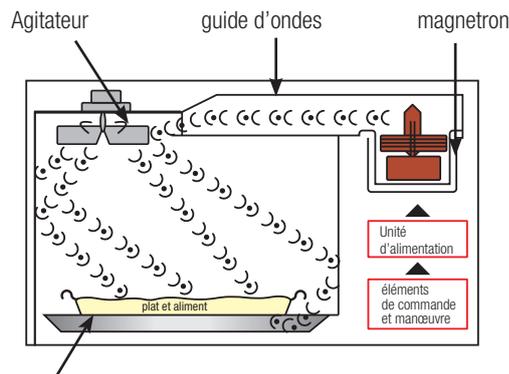
Le revêtement catalytique des tôles provoque un auto-nettoyage pendant l'utilisation du four, économisant ainsi temps et travail.

Par pyrolyse

La chaleur dégagée (500°C) durant le nettoyage pyrolytique réduit en cendres les résidus collés contre les parois du four. Un simple chiffon humide « suffit » pour éliminer rapidement ces résidus.

Ce système nécessite une ventilation qui achemine l'air vicié vers le conduit d'évacuation extérieur. Il faut également une isolation plus épaisse du four. Cette dernière permet des économies durant la cuisson et le rôtissage qui correspond environ à l'énergie dont on a besoin pour le nettoyage (environ 5 kWh). Par mesure de sécurité, l'ouverture de la porte est bloquée aussi longtemps que la température est trop élevée.

9.6 Les fours à micro-ondes



plat pour la cuisson

Dans la cuisson par micro-ondes, la chaleur est produite à l'intérieur même des aliments. Les micro-ondes sont brassées par l'agitateur et réfléchies par les parois métalliques du four. Elles traversent sans échauffer les récipients de cuisson (verre, porcelaine terre cuite, plastique, papier) et elles agissent sur les molécules de graisse, de sucre et d'eau en les chauffant (la plupart des aliments contiennent 65 à 95 % d'eau).

Dès que les micro-ondes entrent en contact avec une substance organique, les molécules de cette dernière augmentent leur vibration. Il en résulte un frottement moléculaire et comme conséquence, un échauffement progressif de la substance organique.

9.6.1 Principe de fonctionnement

Le tube magnétron est la pièce essentielle de tout appareil à micro-ondes. C'est lui qui produit les micro-ondes (de 2,45 GHz) et les transmet à travers un guide d'ondes jusqu'à l'antenne agitric qui assure la distribution homogène des ondes dans l'enceinte de cuisson.

Un ventilateur refroidit les parties soumises à une action thermique, ainsi que le magnétron qui transforme une partie de l'énergie électrique absorbée en rayonnement électromagnétique.

Selon les modèles, des agitateurs d'ondes ou des plateaux tournant produisent une distribution des ondes la plus uniforme possible dans le four.

Le four à micro-ondes est équipé de sécurités qui empêchent la mise en marche si la porte du four est ouverte ou si la température du magnétron est trop élevée.

La puissance de l'appareil est généralement réglable en continu de 20 à 100 %. Une minuterie permet le réglage du temps de chauffage.

Certains fours, équipés d'un gril électrique, permettent de rôtir et de gratiner les mets.

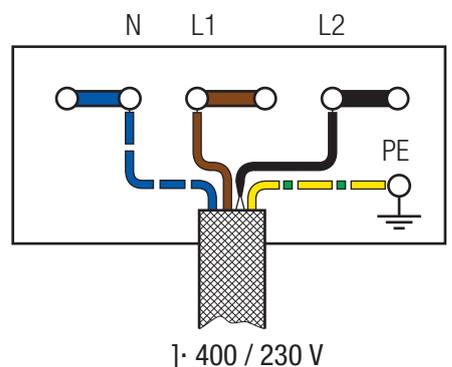
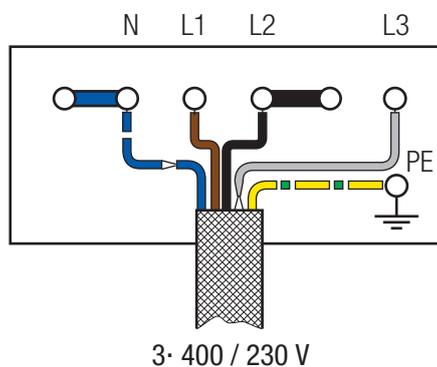
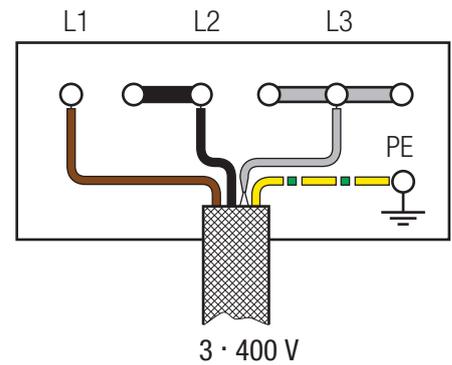
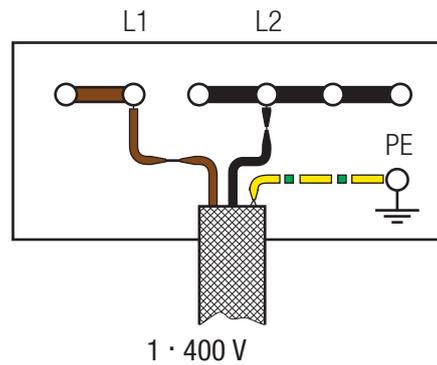
Avantages

- économie d'énergie ;
- économie de temps ;
- économie de vaisselle ;
- pas d'aliments brûlés ;
- lors de la cuisson il y a formation de sels minéraux naturels. Parce que rien n'est trop cuit, les vitamines, les minéraux et les substances aromatiques restent dans les aliments.

Inconvénients

- il ne faut jamais faire fonctionner le four à micro-ondes à vide (destruction du magnétron) ;
- il ne faut jamais mettre d'objets en aluminium ou en autres matières conductrices dans l'enceinte du four. Apparition de tensions induites importantes pouvant détruire le magnétron ;
- pour les mêmes raisons, pas de vaisselle avec des motifs dorés ou argentés ;
- ne pas chauffer d'œuf (matière non homogène).

9.7 Raccordement des cuisinières



Note

- Certaines cuisinières et fours nécessitent le raccordement du conducteur neutre pour le ventilateur, l'éclairage, la prise frontale, l'horloge et la commande.

NIBT

- Les cuisinières électriques de plus de 18 kg sont considérées comme du matériel semi-fixe.
- Des parties combustibles placées dans le voisinage des cuisinières ne doivent pas être soumises à une température dépassant 85°C. Cette exigence est valable aussi bien en service normal qu'en cas d'anomalies prévisibles, y compris en cas de défaillances du dispositif de réglage.
- Si la cuisinière est placée dans une armoire, il faut installer un organe qui coupe l'alimentation des appareils producteurs de chaleur lorsque les portes ne sont pas totalement ouvertes.
- Lorsque le réchaud est séparé du four dans un agencement de cuisine, les parties électriques doivent être séparées du reste du meuble (p.e. rangement casseroles) par une plaque de séparation IP 2X.
- Les fours à chaleur tournante ne sont pas assimilés aux installations de chauffage à air pulsé.

9.8 Questionnaire

1. Indiquer l'ordre de grandeur de la puissance d'une cuisinière à usage domestique :

7 kW

2. Indiquer la position du commutateur sur laquelle on doit tester une plaque de cuisson massive :

Position 1 : toutes les résistances sont en série.

3. Indiquer la manière dont les fabricants différencient une plaque standard d'une plaque rapide :

Il y a une marque rouge au centre de la plaque.

4. Pour un plan en vitrocéramique, citer :

a) la température de déclenchement du thermostat de sécurité : 600°C

b) la température à laquelle la lampe de contrôle de la chaleur résiduelle s'éteint : Env. 50°C

c) la température limite de destruction du plan de cuisson : 750°C

5. Pourquoi un ustensile à fond mat et de couleur foncée permet-il d'obtenir un meilleur rendement sur un plan vitrocéramique ?

Les couleurs foncées absorbent plus l'énergie que les couleurs claires.

6. Un plan de cuisson en vitrocéramique est muni de foyers radiants et de plaques à induction. Indiquer le système à utiliser de préférence dans les cas suivants

a) bouillir un demi litre d'eau : Par induction

b) griller un steak : Par induction

c) mijoter une choucroute : Foyer radiants

7. Expliquer le principe de fonctionnement d'une plaque à induction :

La plaque génère un flux magnétique de 20 à 100 kHz, une casserole ferromagnétique

posée dessus sera le siège grands courants induits.

8. Indiquer sur quelle grandeur (physique) de réglage on agit en choisissant une position d'un commutateur

pour une plaque en fonte : La puissance électrique (R varie)

pour une plaque halogène : Le temps d'utilisation à 100 %

9. D'après quel schéma doit-on raccorder une cuisinière ayant les caractéristiques suivantes :

a) plaques de cuisson 400 V, réseau 3x400/230 V : 1er de la 2e ligne si existant

(sinon 2e de la 1re ligne)

b) plaques de cuisson 230 V, réseau 3x400/230 V : 1er de la 2e ligne si existant

(sinon 2e de la 2e ligne)

10. Quel est l'organe de commande qui règle la température d'un four ?

Par un thermostat à tige ou à tube capillaire.

11. Citer l'avantage du four à chaleur tournante :

La chaleur est mieux répartie + gain de temps en chauffage.

12. Indiquer les deux systèmes de fours autonettoyants :

Catalyse et Pyrolyse.

13. Quels sont les avantages du four à micro-ondes ?

Gain de temps, ne brûle pas les aliments, meilleur pour réchauffer les aliments.

14. Indiquer, pour un four à micro-ondes, les valeurs de :

a) la fréquence utilisée : 2,45 GHz

b) la tension de fonctionnement du magnétron : 2 kV

c) la puissance : De 300 à 700 W

15. Quel est le rendement d'une plaque 1,2 kW qui permet d'élever de 65°C 1,5 litre d'eau en 12 minutes ?

$1,5 * 4187 * 65 / (1200 * 12 * 60) = 0,472$

16. Quel est le type de prise à utiliser pour une cuisinière électrique avec four ?

T 25 (16 A)

17. Quelle est la section minimale des fils d'alimentation d'une cuisinière 8,5 kW en raccordement fixe ?

I env 12,3 A, donc c.s. 16 A : B1 ou B2 => 1,5 mm² ; A1 ou A2 => 2,5 mm²

18. Quelle est la valeur affichée par un ohmmètre lors de la mesure d'un corps de chauffe 1,5 kW / 230 V si sa température de service est de 350°C ?

$R_{350} = 230^2 / 1500 = 35,3 \text{ ohms}$; $R_{20} = 35,3 / (1 + 0,0002 * 330) = 33 \text{ ohms}$

19. Quelle est la puissance réelle d'une plaque 2 kW / 230 V ainsi que la chute de tension en ligne lorsqu'elle est la seule plaque utilisée, sachant que la canalisation a une longueur de 35 m et est composée de fils tirés dans un conduit enrobé dans du béton (température ambiante de ne dépassant pas 30°C) ?

$R_{\text{plaque}} = 230^2 / 2000 = 26,45 \text{ ohms}$, $R_{\text{ligne}} = 0,0175 * 70 / 1,5 = 0,8167$

$I = 8,435 \text{ A}$

$P_{\text{plaque}} = 26,45 * 8,435 = 223,1 \text{ W}$; $U_{\text{ligne}} = 8,435 * 0,8167 = 6,889 \text{ V}$

20. Pourquoi n'est-il pas nécessaire de mettre le commutateur d'une plaque halogène sur la position minimale pour s'assurer de son fonctionnement ?

La puissance est toujours de 100 % quelque soit la position de réglage du commutateur.

21. Pourquoi n'est-il pas nécessaire de vérifier l'ordre des phases (champ tournant) sur le bornier d'une cuisinière triphasée avec ventilateur ?

Les corps de chauffe n'ont pas de champ tournant et le ventilateur est monophasé.

Chapitre 10 CHAUFFE-EAU ÉLECTRIQUES

10.1 Généralités

Ce sont des appareils qui transforment l'énergie électrique en chaleur pour élever la température de l'eau.

On distingue différents chauffe-eau par rapport à la contenance en eau (de 10 à plus de 300 litres), par leur forme (muraux, à colonnes, à encastrer) et par la technique utilisée pour chauffer l'eau.

10.2 Construction

Le réservoir en acier est protégé contre la corrosion par un émail spécial cuit à 890°C. Le revêtement acquiert ainsi une très grande dureté et fait corps avec le métal qui est ainsi protégé contre les eaux agressives.

Aucun émail n'est absolument exempt de minuscules pores. Pour éviter tout risque de perforation, on incorpore dans les réservoirs des anodes en magnésium (à remplacer lorsqu'on détartre le réservoir) ou parfois en titane.

Lorsque le chauffe-eau est mis en service, ce métal se dépose dans les pores qui se trouvent ainsi automatiquement bouchés par voie électrolytique. Ceci prolonge très sensiblement la vie des chauffe-eau.

On construit également des réservoirs en acier inox.

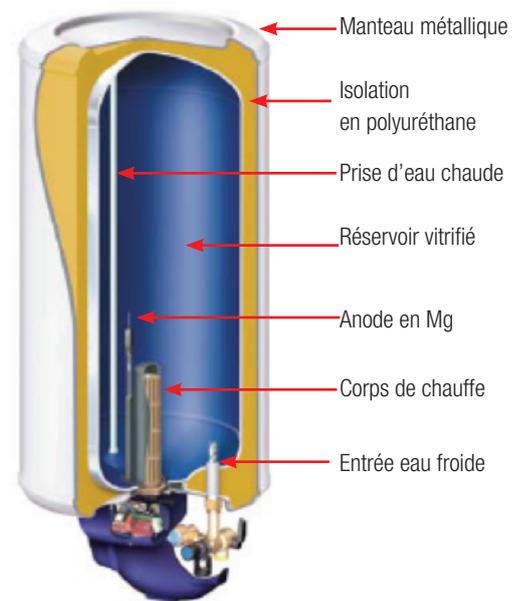
Le réservoir doit résister à une pression de $6 \cdot 10^5$ Pa. La pression d'essai est de $12 \cdot 10^5$ Pa.

Une flasque (bride) vissée ferme l'ouverture à la base du réservoir. Cette flasque sert également de support pour le ou les éléments de chauffe qui peuvent être retirés sans vider le réservoir du chauffe-eau. Un tube de diamètre plus petit y est également fixé et sert de protection pour le thermostat.

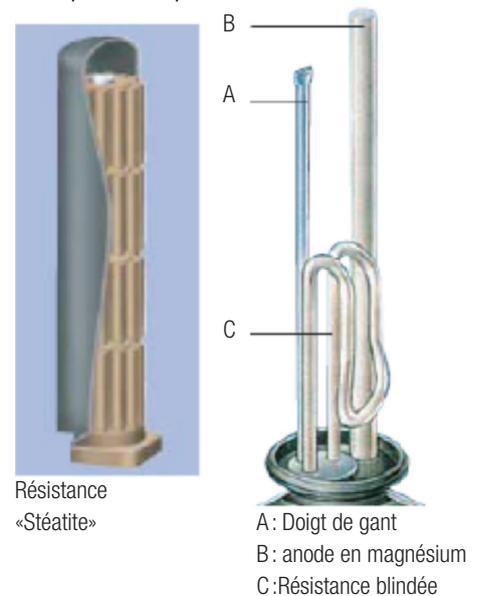
Pour éviter la déperdition de chaleur, un calorifuge en mousse de polyuréthane expansé entoure le réservoir. Dans les anciens chauffe-eau, on utilisait du liège concassé et imprégné ou de la laine minérale.

Un ou plusieurs éléments chauffants formés d'un fil résistant en Ni-Cr spiralé et monté sur supports en stéatite sert de chauffage. Le tout étant logé dans les tubes fixés dans la flasque.

Coupe d'un chauffe-eau mural



Exemple de corps de chauffe



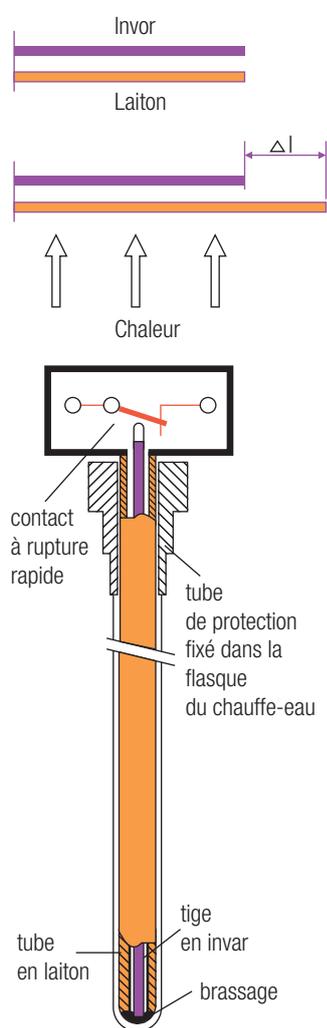
Certains fabricants utilisent des résistances blindées comme corps de chauffe.

Avec ces résistances, la transmission directe de la chaleur et les extrémités froides à l'extérieur de la flasque procurent un meilleur rendement. La forme donnée à la résistance blindée permet de chauffer près de 100 % du volume du réservoir. L'étanchéité à l'air supprime l'oxydation des résistances, d'où une très longue durée de vie. Seul inconvénient, pour changer ces corps de chauffe, il faut vidanger le chauffe-eau. C'est l'occasion de détartrer si nécessaire le réservoir.

Pour régler la température de l'eau, on utilise un thermostat plongeur « tout ou rien ».

Les petits chauffe-eau (10 à 30 litres), ainsi que certains chauffe-eau avec réglage externe, sont équipés d'une sonde thermique (thermostat à tube capillaire).

10.3 Le thermostat plongeur



Principe de construction d'un thermostat

Le thermostat plongeur est basé sur le principe de la différence d'allongement de deux métaux ayant un coefficient de dilatation différent (invar et laiton). Soumis à la même température, il se produit pour les deux métaux un allongement inégal.

Cette propriété est mise en valeur pour actionner un contact à rupture rapide, par l'intermédiaire d'un levier, qui déclenche ou enclenche le circuit d'alimentation ou la commande.

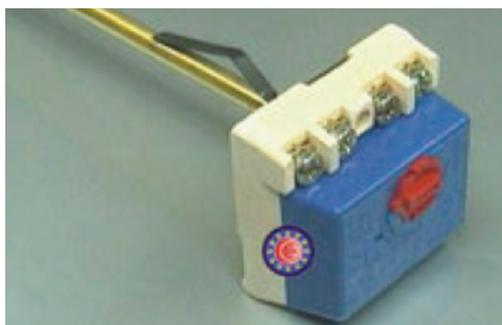
Le thermostat est un appareil de réglage qui peut éventuellement se détériorer. Pour éviter les conséquences d'une surchauffe inadmissible, on doit utiliser une seconde sécurité électrique pour les chauffe-eau sous pression.

La 2^e sécurité électrique raccordée sur les fils d'alimentation coupe le circuit aussitôt que la température de l'eau devient critique. Cette sécurité est généralement montée dans le même boîtier que le thermostat de réglage et fonctionne de manière totalement indépendante.

Un bimétal capte la température sur le tube du thermostat. Lorsque cette dernière devient critique (env. 120°C), le bimétal ouvre le circuit électrique ce qui coupe l'alimentation, puis il reste ouvert même lorsque la température a retrouvé une valeur admissible.

Dans certains thermostats, on peut réarmer le contact du bimétal en pressant sur un bouton et ainsi fermer le circuit. Il faut généralement ouvrir le couvercle de protection avant de pouvoir actionner ce poussoir.

La lettre F est apposée sur la plaquette signalétique du thermostat : lorsque ce dernier est équipé des deux sécurités.



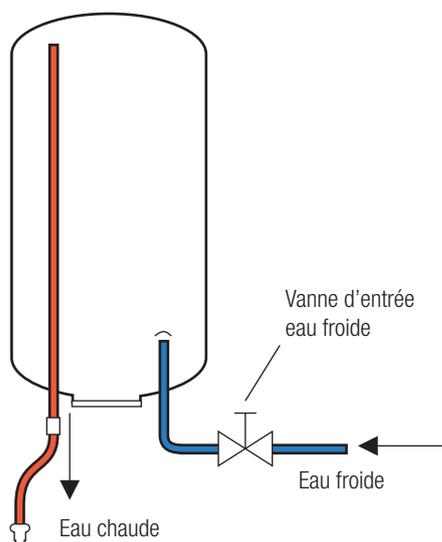
Il est également possible d'installer un second thermostat indépendant et pré-réglé. Il est raccordé en série avec le thermostat de réglage et fait office de thermostat de sécurité.

Le réglage du thermostat ne devrait pas dépasser la température de 55°C. Au-delà de cette température, tant l'entartrage que l'agressivité de l'eau augmentent de manière exponentielle.

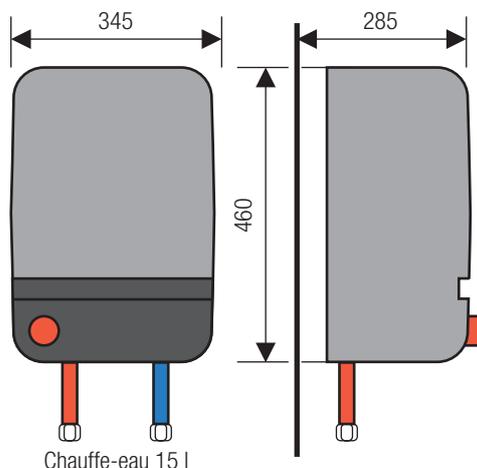
De plus, aux températures élevées, les pertes thermiques augmentent particulièrement dans les tuyaux.

Pour prévenir des risques de légionellose qui prolifèrent à des températures plus basses, il ne faudrait pas diminuer ce réglage en-dessous de 55°C ou alors hebdomadairement créer une élévation de la température à 60°C.

10.4 Les chauffe-eau à écoulement libre



Chauffe-eau à écoulement libre



Chauffe-eau 15 l

Dans un chauffe-eau à écoulement libre, l'eau est toujours à la pression atmosphérique car le tube de sortie n'est jamais fermé, il n'y a donc aucun risque de surpression lors d'une surchauffe éventuelle. L'installation sanitaire de ces chauffe-eau est très simple. Le robinet d'eau chaude se trouve dans la conduite d'amenée de l'eau froide. C'est l'entrée de l'eau froide dans le réservoir qui chasse l'eau chaude à l'extérieur.

L'utilisation d'un tel chauffe-eau est limitée à une seule prise d'eau chaude.

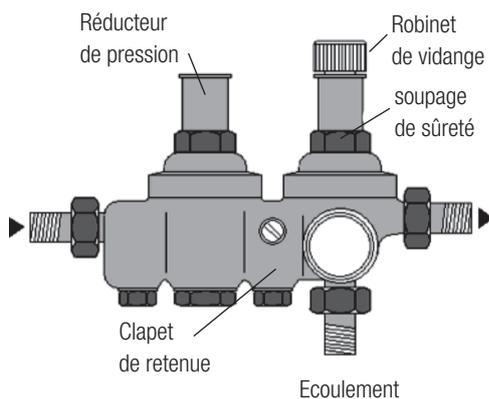
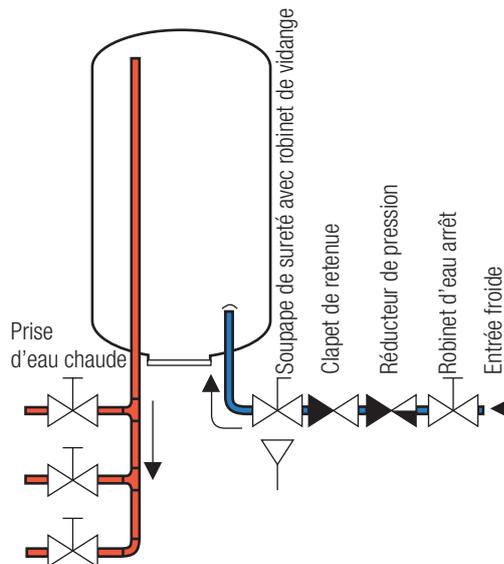
Leur utilisation se limite aux petits chauffe-eau de 5 à 30 litres pour alimenter les lave-mains.

On constate qu'en ouvrant le robinet d'eau, il se produit un retard de quelques secondes avant que l'eau chaude ne s'écoule. De même, en fermant le robinet, il faut attendre quelques secondes avant que l'écoulement ne soit terminé. Ceci provient de l'effet de siphonage causé par la tension superficielle de l'eau.

Lors du chauffage, l'eau dans le réservoir se dilate de sorte que 3 à 4 % du volume du chauffe-eau s'écoule par la sortie d'eau chaude.

Ces petits chauffe-eau sont généralement raccordés directement au réseau électrique.

10.5 Les chauffe-eau raccordés sous pression



Lorsque l'installation sanitaire comporte plusieurs prises d'eau chaude, le chauffe-eau les alimentant doit être du type « sous pression ».

Le réservoir est soumis à la même pression que celle du réseau d'eau froide.

Dans ce cas, son raccordement à l'eau froide nécessite des appareils de protection hydrauliques sur la conduite d'arrivée de l'eau. Ce sont :

1. le réducteur de pression (manodétendeur) qui abaisse la pression de la distribution d'eau froide à env. $6 \cdot 10^5$ [Pa]. Il amortit les éventuels à-coups de pression (coups de bélier) du réseau d'eau. Il n'est toutefois pas nécessaire s'il y en a déjà un d'installer sur le tuyau d'introduction d'eau du bâtiment.
2. le clapet de retenue qui évite le retour de l'eau chaude dans la conduite d'alimentation d'eau froide lors d'une surpression dans le chauffe-eau. Il évite également la vidange du chauffe-eau lors d'une interruption de l'alimentation en eau froide (évite que les corps de chauffe fonctionnent à vide et évite qu'une personne travaillant sur l'eau froide se fasse brûler par un retour d'eau chaude dans la canalisation d'eau froide).
3. la soupape de sûreté qui limite la pression à l'intérieur du réservoir. Cette dernière s'ouvre lorsque la pression admissible est dépassée et permet à l'eau sous pression de s'écouler sans risque d'explosion du chauffe-eau.
4. un robinet de vidange (parfois combiné avec la soupape de sûreté) qui permet de vider l'eau contenue dans le chauffe-eau. Ces sécurités hydrauliques sont complétées par un limiteur de température (thermostat de réglage) et d'un dispositif de protection contre la surchauffe (thermostat de sécurité).

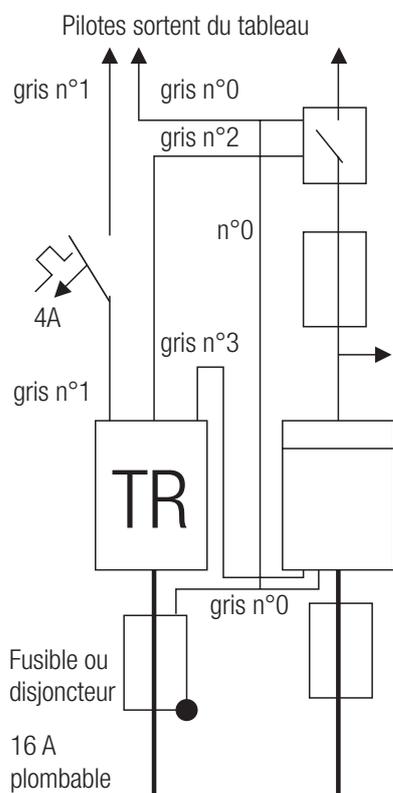
Types de chauffe-eau à accumulation en fonction de leur contenance

Type de chauffe-eau	Contenance en litres											
	10	15	30	50	75	100	120	150	200	250	300	400
muraux	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
à encastrer				X	X	X	X					
en placard									X	X	X	X
horizontaux						X	X	X	X			
à colonne									X	X	X	X

Les petits chauffe-eau sont à alimenter en 230 V monophasé. Les unités plus importantes sont prévues pour un raccordement triphasé. Les puissances sont en rapport avec la contenance.

Le distributeur détermine dans chaque cas la catégorie de puissance et le temps de fonctionnement du chauffe-eau, également lors du remplacement ou de l'extension d'une installation existante.

Selon les PDIE



repérage des fils pilotes

63.2 Chauffe-eau domestique à accumulation, fonctionnant en heures creuses

63.21 La durée de chauffe est de 6 heures, sauf dispositions particulières de l'exploitant de réseau. Les puissances maximales pour une température d'utilisation de l'eau à 60°C sont les suivantes :

Contenances litres	Puissance W
50	800
100	1600
120	2000
160	2600
200	3200
300	4700
400	6200
500	7700
600	9200
800	12000
1000	15000

63.31 Le raccordement d'un chauffe-eau instantané peut être soumis à des dispositions particulières de l'exploitant de réseau.

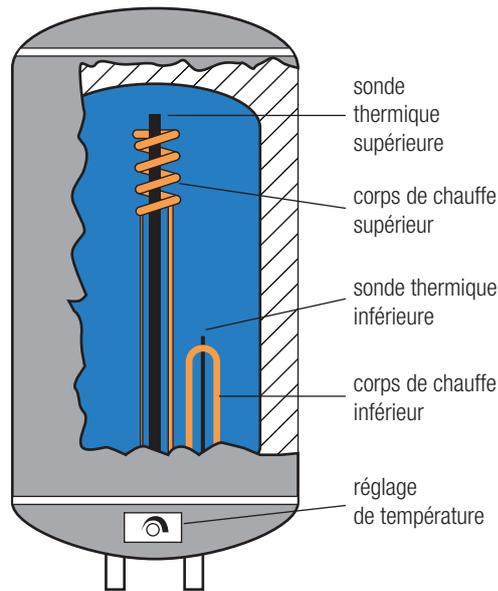
Note

$1 \text{ bar} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa (Pascal)}$.

NIBT

- Tous les appareils producteurs d'eau chaude doivent être protégés contre les températures excessives. Pour cela, la protection doit être assurée au moyen d'un dispositif sans réenclenchement automatique fonctionnant indépendamment du thermostat.
- Les dispositifs de protection contre les surpressions et autres dispositifs de sécurité du système hydraulique doivent être conformes aux prescriptions du service des eaux.
- Au cas où la température d'un chauffe-eau peut atteindre des valeurs susceptibles d'enflammer des matériaux voisins, il doit être placé à une distance suffisante (4 ou 8 cm) permettant une évacuation sûre de la chaleur. S'il n'est pas possible de ménager une distance suffisante, les parties combustibles doivent être revêtues de matériaux incombustibles et calorifuges. L'écartement entre le chauffe-eau et ce revêtement sera partout d'au moins 1 cm.
- Au cas où un chauffe-eau est entouré de tous côtés par des parties combustibles, il faut assurer au moyen d'orifices de ventilation une circulation d'air suffisante.

10.6 Les automates à eau chaude



Dans la plupart des cas, les besoins quotidiens en eau chaude, et donc la grandeur du chauffe-eau, peuvent être évalués aisément pour assurer un certain confort. Pourtant, dans certains cas, la demande en eau chaude varie.

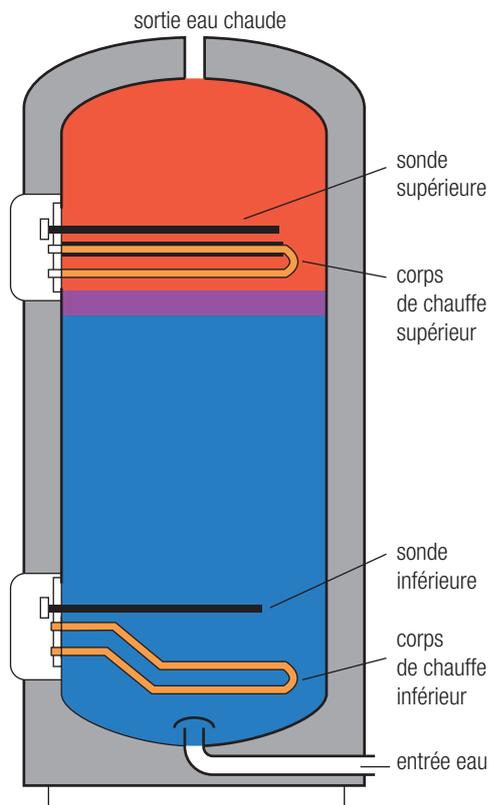
Par exemple :

- un salon de coiffure peut avoir une fois par semaine une consommation deux à trois fois plus importante que les autres jours :
- lors du remplacement d'un chauffe-eau devenu trop petit et que la place manque pour un appareil plus grand.

Dans tous ces cas, l'automate à eau chaude est l'appareil idéal.

10.6.1 Principe de fonctionnement

ci-dessous : automate à eau chaude > 200 litre



A la fin de la période de chauffe nocturne à bas tarif, un corps de chauffe électrique complémentaire entre automatiquement en fonction, au tarif normal de jour, dès que la température de l'eau de la partie supérieure du réservoir tombe en-dessous de 55°C.

La consommation d'électricité au tarif de jour se limite ainsi aux pointes de consommation d'eau chaude.

Pour les chauffe-eau à colonne de 200 litres et plus, on prévoit généralement une commande qui permet le choix des fonctions suivantes : position économique, position normale, position automatique.

Dans la position normale, la totalité du volume disponible est chauffée pendant la nuit au tarif réduit.

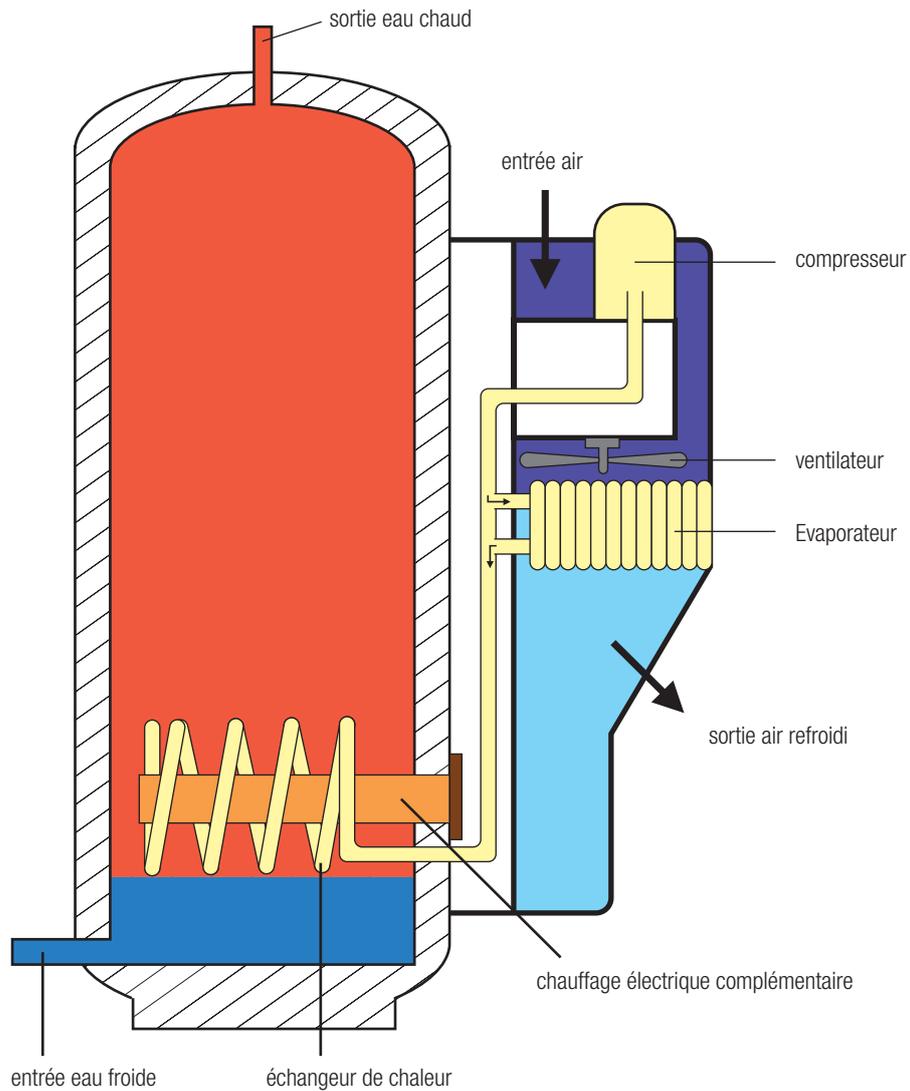
Dans la position automatique, la totalité du volume est chauffée de nuit par le corps de chauffe inférieur. Pendant la journée, aussitôt que les 2/3 du volume d'eau ont été utilisés, le corps de chauffe supérieur maintient le tiers restant en température au tarif diurne. Cette fonction ne devrait être enclenchée qu'en cas de consommation exceptionnelle d'eau chaude.

10.7 Les chauffe-eau à pompe à chaleur

La pompe à chaleur prélève la chaleur non valorisée de l'air ambiant et la cède, par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur, au contenu du chauffe-eau.

Les 66 % de l'énergie utile pour le chauffage de l'eau sanitaire sont ainsi prélevés à l'air.

Lorsque la limite de température ambiante encore économiquement valorisante est franchie, un thermostat pré-réglé commute automatiquement le mode pompe à chaleur sur le chauffage électrique complémentaire.



Pour que le chauffe-eau pompe à chaleur puisse être économiquement utilisé, il doit être installé dans un lieu où :

- il est souhaité un effet de refroidissement de l'air ;
- il circule suffisamment d'air frais,
- de la chaleur perdue peut être valorisée,
- le lieu d'installation est à l'abri du gel.

Note

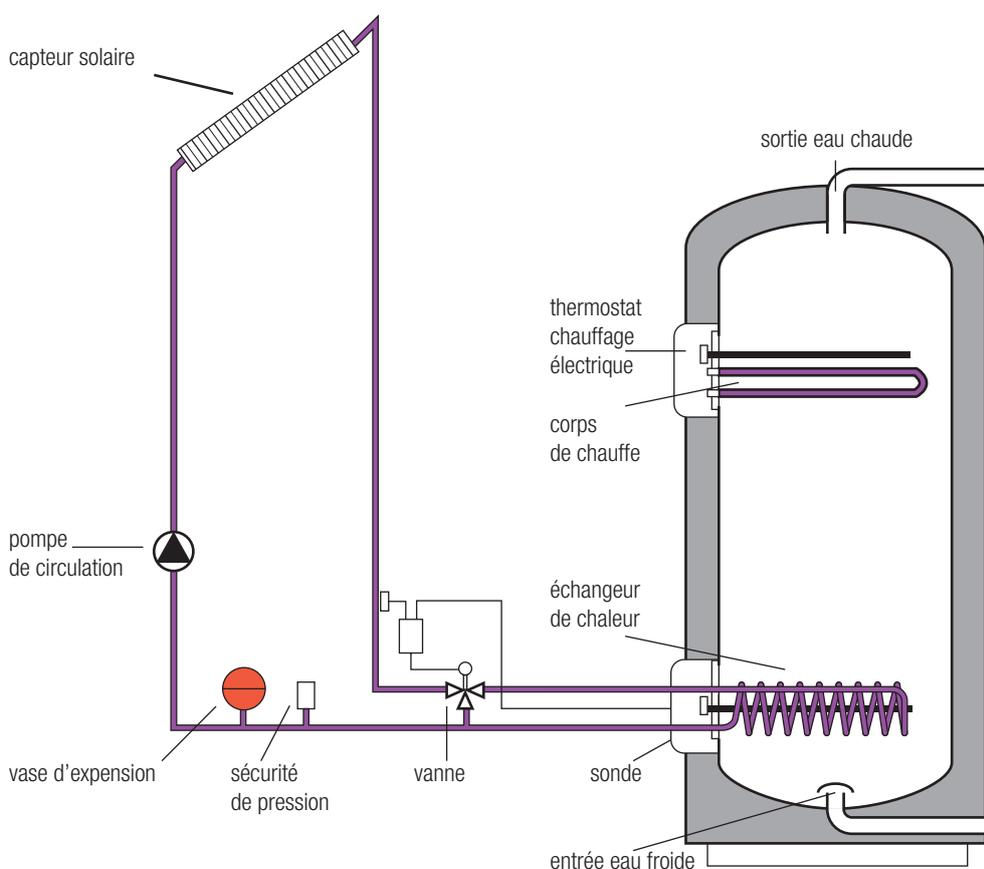
- *d'autres types de pompe à chaleur peuvent être utilisés selon le même principe.*

10.8 Les chauffe-eau solaires

Une installation solaire pour la production d'eau chaude permet d'économiser, pour une maison familiale, jusqu'à 3000 kWh par an, avec une surface de capteurs de 4 à 6 m².

Le chauffe-eau est conçu pour utiliser en priorité l'énergie solaire. Il est de ce fait équipé d'un échangeur de chaleur dans la partie inférieure du réservoir pour chauffer (ou préchauffer selon les conditions d'ensoleillement) tout le volume d'eau disponible.

En cas de manque de soleil, ou si un soutirage important a vidé plus des 2/3 de l'eau chaude disponible, le maintien en température du tiers du volume supérieur est assuré par un corps de chauffe électrique.

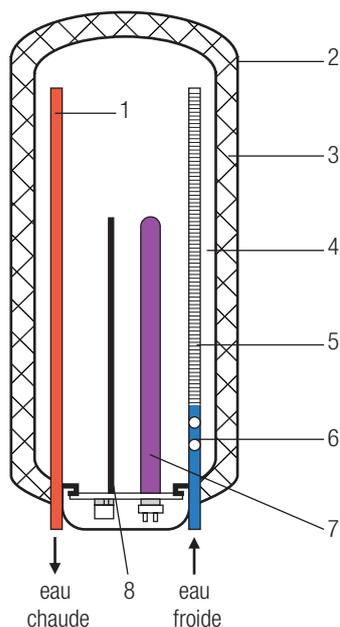


10.9 Les chauffe-eau instantanés

Il s'agit de petit chauffe-eau très puissant qui chauffe l'eau à mesure qu'on l'utilise sans en stocker.

Le raccordement d'un chauffe-eau instantané peut être soumis à des dispositions particulières de l'exploitant de réseau ou simplement interdit.

10.10
Questionnaires



1. Compléter la légende du dessin ci-contre :

1. sortie eau chaude
2. manteau
3. isolation mousse polyuréthane
4. cuve acier émaillé
5. anode magnésium
6. entrée eau froide
7. Corps de chauffe
8. thermostat

2. Citer dans l'ordre, depuis l'arrivée d'eau froide, les éléments hydrauliques nécessaires pour un chauffe-eau sous pression :

Entrée eau froide, robinet d'arrêt, réducteur de pression clapet de retenue, soupape de sureté, chauffe-eau

3. Quelle est la fonction de l'anode de magnésium se trouvant à l'intérieur de la cuve ?

Elle sert à éviter les risque de perforation de la cuve (le magnésium se dépose dans les pores de l'émail de la cuve).

4. A quelle valeur maximale peut-on ajuster le réducteur de pression et pourquoi ?

Maximum 6 bars (limite de pression supportée par la cuve).

5. A quelle pression d'essai est soumise la cuve d'un chauffe-eau ?

12 bar (120 000 Pa)

6. Citer les matières utilisées pour la confection des cuves :

Acier, acier inox, (anciennement cuivre).

7. Quelle est la différence entre un chauffe-eau sous pression et à écoulement libre ?

Celui à écoulement libre (de faible contenance) n'a qu'un robinet placé sur l'eau froide.

8. Expliquer le principe de fonctionnement d'un thermostat de chauffe-eau :

Lorsque la température augmente, le tube s'allonge mais pas la tige d'invar, ce qui permettra la commutation du contact.

9. Comment peut-on reconnaître qu'un thermostat est équipé de la deuxième sécurité ?

Il doit y avoir la lettre F.

10. A quelle température maximale devrait être réglé le thermostat d'un chauffe-eau, et pour quelles raisons ?

55°C assez bas pour diminuer les problèmes de tartre et les déperditions de chaleur.

11. A quelle température minimale devrait être réglé le thermostat d'un chauffe-eau, et pour quelles raisons ?

55°C assez élever pour tuer pas mal de bactéries.

12. Indiquer les conséquences d'un entartrage trop important :

Le temps n'est pas suffisant pour chauffer l'eau, les corps de chauffe risquent d'être détruits.

13. Quels sont les types de corps de chauffe utilisés dans les chauffe-eau et quels sont les avantages de l'un par rapport à l'autre ?

Stéatite peut être échangé sans vider la cuve ou blindé avec un meilleur rendement.

14. Quelle est la fonction du clapet de retenue ?

Evite un retour d'eau chaude dans les canalisations d'eau froide (baisse de pression réseau ou travaux sur l'eau froide).

15. Quelle est la fonction de la soupape de sûreté ?

Evite une montée en surpression de la cuve en la vidant partiellement de son contenu.

16. Pourquoi les dispositifs de sécurités hydrauliques ne sont-ils pas nécessaires sur le chauffe-eau à écoulement libre ?

Il n'y a pas de pression.

17. Combien d'eau chaude à 39 [°C] peut-on obtenir, si on dispose d'un chauffe-eau de 200 litres d'eau à 58 [°C]. La température du réseau d'eau froide est de 8 [°C] ?

Q en trop : $200 * 4187 * 19 = 15,9 \text{ MJ}$; masse d'eau de $8 \rightarrow 39 = 15,9 \text{ MJ} / (4187 * 31)$
 $= 123 \text{ kg}$, masse totale $200 + 123 = 323 \text{ kg}$.

18. Citer les avantages d'un automate à eau chaude –par rapport à un chauffe-eau normal :

Grande contenance et possibilité de faire une « recharge » sans chauffer toute le volume d'eau.

19. Décrire le fonctionnement de l'automate à eau chaude :

De nuit on chauffe tout et la journée (tarif diurne) on ne maintient qu'1/3 du volume à température idéale.

20. Quelle est la distance minimale entre un chauffe-eau réglé à 55°C et une partie combustible du bâtiment ?

4 cm, si pas possible 1 cm en ayant recouvert les parties combustibles de panneau incombustibles et calorifuge (garder une aération).

21. Comment doivent être raccordés les 6 corps de chauffe d'un chauffe-eau de 6 kW si leur résistance (à chaud) est de 13,225 ohms ?

$P_{\text{d'un élément}} : 1 \text{ kW}$, tension de phase : $(1000 * 13,225)^{0,5} = 115 \text{ V} \Rightarrow$ couplage étoile série
sur notre réseau 3*400 V

22. Quel est le défaut d'un chauffe-eau 6 kW qui ne génère que 12 impulsions en 192 secondes à un compteur dont la constante est de 75 · (impulsions · kWh⁻¹) ?

$P = 12 * 3600 / (75 * 192) = 3 \text{ kW} \Rightarrow$ manque une phase (fusible ou fil déconnecté)

23. Quel est le défaut d'un chauffe-eau qui donne l'impression à son utilisateur qu'il y a de semaines en semaines de moins en moins d'eau chaude à disposition ?

Certainement un problème de tartre.

24. Quelle est la section minimale des fils (méthode de référence B2) qui alimentent un chauffe-eau 6 kW dont la canalisation est protégée par un coupe-surintensité de 20 A ?

Si raccordé direct pas de risque de surcharge $I = 8,6 \text{ A} \Rightarrow$ si lcc ok : $A = 1,5 \text{ mm}^2$.

25. Comment se répartit l'eau en fonction de la température dans un chauffe-eau 300 litres dans lequel on a déjà utilisé 100 litres d'eau en cours de journée ?

Environs 80 litre d'eau froide en bas à env. 15°C, une zone intermédiaire de 40 litres à 40°C
et le solde en haut à 50°C.

26. Un client se plaint que son chauffe-eau n'a pas chauffé durant la nuit. Vous contrôlez l'alimentation triphasée qui est en ordre. Citer deux autres probabilités de panne :

Le thermostat à déclenché, le signal de la TC n'est pas arrivé, problème au contacteur, ou encore rupture du (des) corps de chauffe.

27. Quelle est la quantité d'énergie utile pour élever 100 litres d'eau de 15 à 55°C ? 16,7 MJ

Quelle est la quantité d'énergie utile pour élever 100 kg d'eau de 15 à 35°C ? 8,37 MJ

Quelle est la masse finale d'eau si on additionne ces deux quantités ? 200 kg

Avec la même quantité d'énergie (totale), de combien de degrés pourrait-on élever la température de la masse totale du liquide ? $25 \text{ M} / (4187 * 200) = 30^\circ\text{C}$

Quelle est la température finale du mélange ? $30 + 15 = 45^\circ\text{C}$

28. Mêmes questions avec 200 litres à 60°C et 100 litres à 15°C :

$15 + (200 * 4187 * 45 / (300 * 4187)) = 45^\circ\text{C}$

Chapitre 11 RÉFRIGÉRATEURS

Le réfrigérateur a pour but la conservation des aliments à basse température. Le froid permet de garder les denrées périssables fraîches plus longtemps (ralentissement de l'activité des bactéries).

À une température de 4 à 5°C, la conservation est de quelques jours et elle atteint quelques mois à -18°C.

11.1 Généralités

L'effet du froid provient d'un déplacement de la chaleur. Tout corps, aussi froid qu'il apparaît, contient de la chaleur (l'absence de chaleur implique une température de 0 K). Refroidir un corps consiste à lui enlever de l'énergie thermique pour la transmettre à un autre qui s'échauffe.

Lorsqu'on comprime de l'air ou un gaz, cette compression s'accompagne d'un accroissement de chaleur (pompe à vélo). L'énergie dépensée pour accomplir cet effort s'est en partie transformée en chaleur. Si on décomprime brusquement, il y a « détente » du gaz ou de l'air avec un brusque déplacement de chaleur, d'où un froid relatif (cartouche « Kisag » pour faire de la crème fouettée).

L'échange de chaleur entre un corps chaud et un corps froid peut se faire avec ou sans changement de leur état physique.

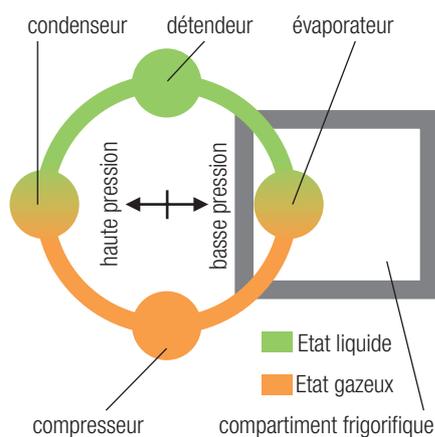
Le phénomène de transformation qui absorbe le plus de joules est le changement d'état d'un corps par fusion ou vaporisation.

Pour les réfrigérateurs, on utilise des corps dont la température d'évaporation à la pression atmosphérique normale est très basse (pour certains, au-dessous de 0°C).

Ces corps sont appelés fluides frigorigènes.

Quel que soit le type d'appareil frigorifique à fluide, la production du froid résulte des changements d'état du fluide frigorigène suivant un cycle continu de transformation : évaporation – condensation, qui s'opèrent dans les éléments du circuit frigorifique de l'appareil.

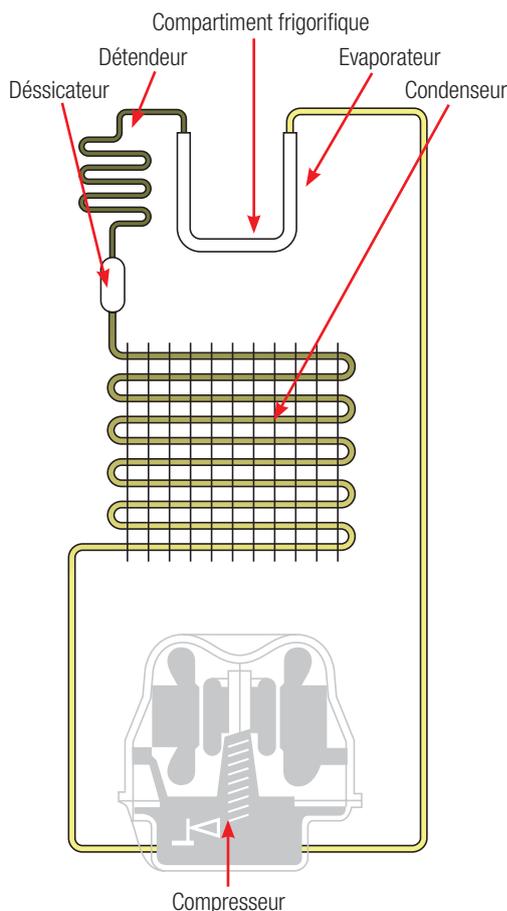
11.2 Les réfrigérateurs à compresseur



Les armoires frigorifiques à compresseur sont les plus utilisées.

Le fluide frigorigène à l'état gazeux est comprimé dans le compresseur. A sa sortie, l'agent frigorigène comprimé et chaud parvient au condenseur. Dans celui-ci, la chaleur se transmet à l'air ambiant plus froid par convection et le fluide se liquéfie peu à peu. Le liquide, alors à haute pression, traverse le détendeur dans lequel il est décomprimé pour ensuite pénétrer dans l'évaporateur où il s'évapore.

Pour ce faire, il a besoin de chaleur. Il la prend dans l'enceinte de l'armoire et aux produits à réfrigérer qui voient leur température s'abaisser. A la sortie de l'évaporateur, le fluide frigorigène se présente à l'état gazeux sous basse pression, il est aspiré par le compresseur et le cycle recommence.



Le fluide frigorigène employé actuellement est un azéotrope (par exemple : 50 % C_2HF_5 et 50 % de $C_2H_3F_3$)

Le groupe moteur-compresseur est hermétique et du type rotatif.

Le fluide frigorigène et l'huile de lubrification circulent dans les bobinages et le rotor, ce qui permet un refroidissement du moteur.

Le détendeur est un tube capillaire d'une longueur relativement importante (env. 1,5 m) qui, par ses pertes de charge, fait fortement diminuer la pression du fluide.

Dans les réfrigérateurs à compression, on prévoit dans le circuit de l'agent frigorigène un dessiccateur afin de garantir un fonctionnement absolument sûr. Il s'agit d'une capsule remplie d'un produit granulé (chlorure de calcium, alumine ou gel de silice). Le dessiccateur absorbe l'humidité qui pourrait se trouver dans l'agent frigorigène et évite ainsi une formation de glace dans le tube capillaire du détendeur.

Pour que la température requise dans le réfrigérateur soit maintenue, un thermostat à tube capillaire règle automatiquement l'enclenchement, respectivement le déclenchement, du compresseur.

11.3 Les réfrigérateurs à absorption



Il existe des réfrigérateurs à absorption qui fonctionnent avec un corps de chauffe et donc le fluide frigorigène est à base d'ammoniaque.

Depuis quelques années, on ne trouve ces modèles plus que dans des petites constructions (réfrigérateur de voyage 12 V ou minibar 230 V).

Mini bar pour hôtels

Avantage

- totalement silencieux.

Inconvénient

- consommation un peu plus importante que le modèle à compression.

11.4 Principales caractéristiques

* La température du compartiment basse température est au minimum de -6°C .
Les produits surgelés se conservent durant quelques jours.

** La température du compartiment basse température est au minimum de -12°C .
Les produits surgelés se conservent durant une à trois semaines.

*** La température du compartiment basse température est au minimum de -18°C .
Les produits surgelés se conservent durant des mois. On peut même congeler de petites portions.



La température du compartiment basse température est dans tous les cas de -18°C . En outre, le fait de congeler de grandes portions n'a pas d'incidence sur la température de conservation. Il faut environ 24 heures pour congeler (de $+25^{\circ}\text{C}$ à -18°C) 5 % de la capacité utile.

Ces températures de stockage sont garanties pour une température ambiante de 16°C à 32°C .

Dégivrage

L'air ambiant contient de la vapeur d'eau. Cet air pénètre dans le réfrigérateur ou le congélateur lorsque la porte est ouverte. Les aliments entreposés dégagent également de la vapeur d'eau.

Cette vapeur d'eau en suspension dans l'air se dépose sur les parois froides de l'évaporateur et y forme du givre. La glace ainsi formée constitue un isolant thermique ce qui fait chuter le rendement de l'appareil en obligeant le compresseur à travailler plus souvent et plus longtemps.

Pour pallier à cet inconvénient, il faut dégivrer périodiquement l'évaporateur. Il existe deux types de dégivrage :

Dégivrage manuel

On place le bouton du thermostat dans la position « dégivrage » ou « arrêt ». Ce système peu pratique à quasiment disparu sur les réfrigérateurs actuellement sur le marché.

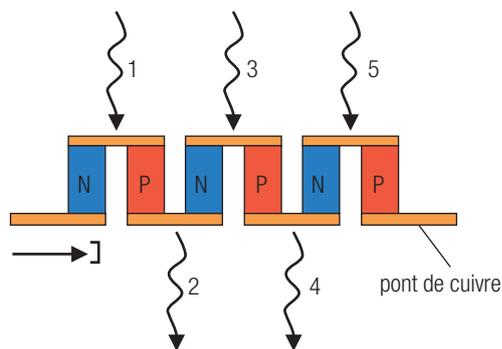
Dégivrage automatique

Il s'effectue automatiquement entre deux fonctionnements du compresseur. L'eau est dirigée vers le condenseur. La chaleur dégagée par ce dernier accélère l'évaporation de l'eau.

Note

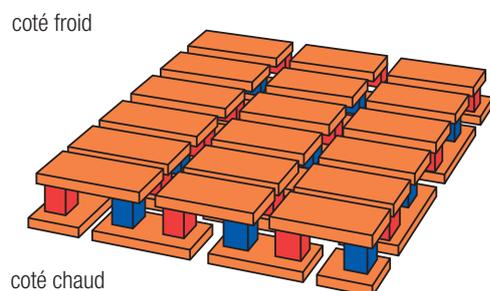
- *Il ne faut jamais recongeler des denrées qui ont été préalablement décongelées.*

11.5 Les réfrigérateurs thermoélectriques



Les soudures (ponts de cuivre) impaires absorbent de la chaleur, les soudures paires en restituent.

Exemple de couplage Peltier pour former une batterie



Ce mode électronique de production de froid n'est actuellement pas en mesure de concurrencer les modes précédents dont l'efficacité est beaucoup plus grande. Son emploi se limite aux petits réfrigérateurs transportables (pour auto, camion, camping, etc. ou mini bar – env. 45 litres).

Leur principe repose sur l'effet Peltier découvert en 1834.

Lorsqu'on fait passer du courant dans un circuit hétérogène constitué de deux matériaux dissemblables, alternativement associés en série par des soudures thermoélectriques, on observe que ces dernières s'échauffent ou se refroidissent suivant le sens de passage du courant. Les soudures d'une même parité sont le siège d'une absorption de chaleur, tandis que celles de la parité opposée sont le siège d'un dégagement de chaleur. C'est l'effet Peltier.

Dans les systèmes actuels, les matériaux dissemblables sont des semi-conducteurs comme par exemple le composé de tellure d'antimoine (Sb_2Te_3) que l'on dope pour le rendre N et le tellure de bismuth (Bi_2Te_3) que l'on dope également pour le rendre P.

11.6 Givre et variation du taux d'humidité dans l'air

11.6.1 Généralités

Le givre, comme la condensation, se forme sur les parties froides. La quantité maximale d'eau contenue dans l'air dépend de sa température. Plus la température augmente, plus l'air peut contenir d'eau. L'humidité relative est le rapport exprimé en % entre la quantité d'eau contenue dans l'air et le maximum possible à cette température. Par exemple, à 10°C l'air peut contenir 10 gr/m³ d'eau. S'il n'en contient que 5 gr/m³, son humidité relative est de 50 %.

De l'air chaud qui entre contact avec des éléments froids voit sa température diminuer et son taux d'humidité relative augmenter (la quantité maximale d'eau qui peut être contenue diminue alors que la quantité d'eau réellement contenue dans l'air ne change pas). Si ce taux atteint les 100 %, il y a saturation et donc condensation. Si la partie froide est à une température inférieure à 0°C, ce qui est le cas des évaporateurs des réfrigérateurs, il y a formation de givre.

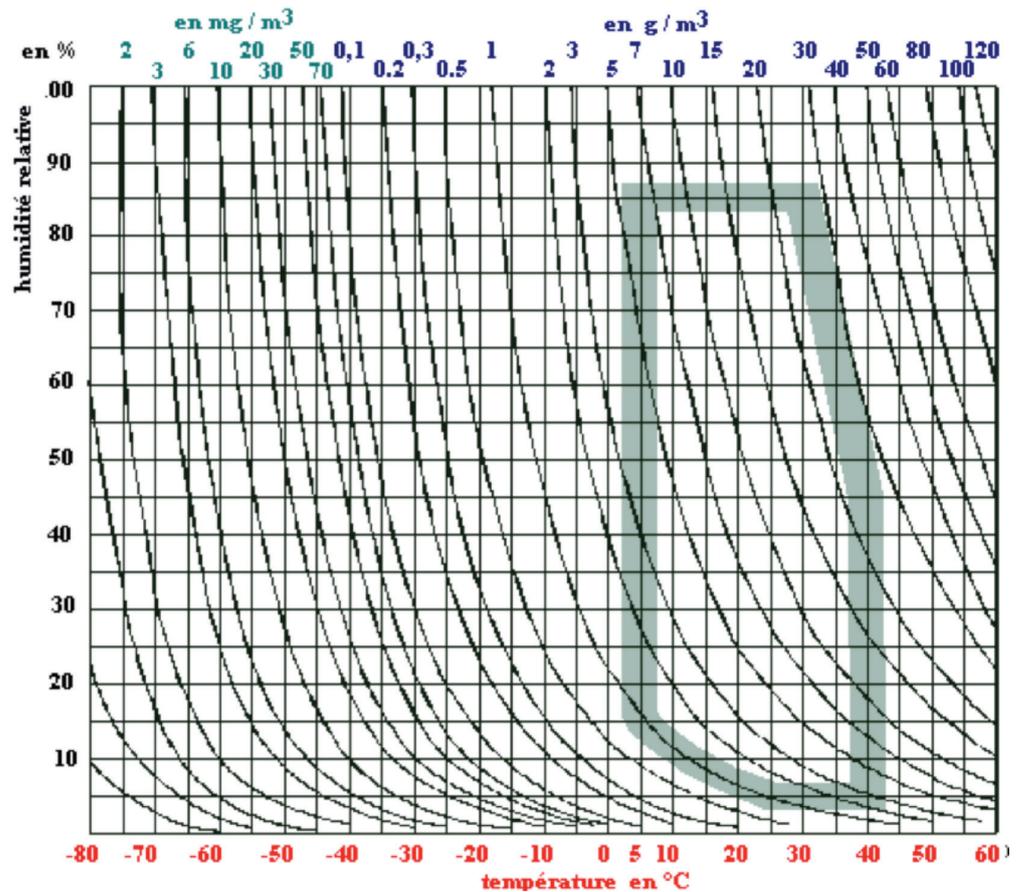
A l'inverse, si on augmente la température de l'air sans apport de vapeur d'eau, son taux d'humidité relative diminue engendrant des problèmes pour les humains. Lors des périodes de chauffe, les muqueuses desséchées des organes respiratoires deviennent un bouillon de culture pour les agents morbifiques ou pathogènes.

Le chauffage artificiel doit être corrigé dans ce cas par une humidification artificielle de l'air afin d'obtenir à nouveau un degré d'humidité relative agréable.

Pour ressentir un bien-être, on a besoin d'une humidité relative d'environ 50%. Si l'air chaud devient beaucoup plus humide, on est en présence d'un climat tropical. L'air trop humide porte alors préjudice à la transpiration normale de notre corps, ce qui provoque des sueurs abondantes. L'humidité de l'air est mesurée à l'aide de l'hygromètre.

L'humidité relative (échelle verticale en noir) de l'air dépend de :

- la quantité d'eau contenue dans l'air (échelle en bleu) ;
- la température de l'air (échelle en rouge).



Exemple : nous avons de l'air à 5°C qui contient 5 g/m³ d'eau. Son humidité relative sera de 65%. Si nous chauffons cet air à une température de 20°C, son humidité relative diminuera jusqu'à 25%. Pour que l'air soit agréable, il faut une humidité relative de 50%, à cette température cela veut dire qu'il faudra ajouter de l'eau dans l'air pour qu'il contienne 5 g/m³.

Si ensuite nous abaissons la température à 10°C sans changer la quantité d'eau contenue dans l'air, l'humidité relative augmentera à 95%.

Pour garder ce même degré d'humidité, mais à notre température initiale soit 5°C il faudra assécher l'air pour qu'il ne contienne plus que 7 gr/m³ d'eau. Pour retrouver également notre humidité relative initiale, il faut encore assécher l'air et n'avoir plus que 5 g/m³ d'eau.

On peut ajouter de l'eau dans de l'air avec un humidificateur.

11.7 Questionnaire

1. Expliquer pour quelle raison l'eau bout à moins de 100°C en altitude :

La pression est plus basse.

2. Pourquoi, lorsqu'on sort d'une piscine, on a souvent une sensation de froid alors que l'air est plus chaud que l'eau ?

L'eau sur la peau pour s'évaporer a besoin de chaleur qu'elle soutire en outre à la peau qui voit sa température de surface diminuer.

3. Un aliment congelé à -21°C est-il encore capable de fournir de l'énergie calorifique ?

Oui l'absence d'énergie thermique est à 0 K (env. - 273°C).

4. D'après quel principe de la physique fonctionne le réfrigérateur ?

Un changement d'état de la matière (liquide -> gaz dans l'évaporateur) est l'objet d'un gros besoin d'énergie thermique.

5. Comment se nomment les divers éléments du cycle de réfrigération ?

Compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur (pour le frigo à compression).

6. A quel autre appareil peut-on comparer le réfrigérateur à compression ?

Une pompe à chaleur.

7. Quel est le fluide frigorigène utilisé dans les réfrigérateurs à absorption ?

Un azéotrope (formule très compliquée).

8. Citer les fonctions du compresseur dans un réfrigérateur :

Mettre en mouvement le fluide, augmenter la pression du fluide.

9. Quels appareils frigorifiques (à compresseur ou à absorption) remplissent les conditions suivantes :

a) prix d'achat le meilleur marché ? compresseur

b) fonctionne sans bruit ? absorption (pas de compresseur, mais un corps de chauffe)

c) meilleur marché à la consommation ? compresseur, Le modèle absorption n'est plus construit

pour des gros volume. Car son efficacité énergétique est nettement inférieur.

10. Expliquer pourquoi il est nécessaire de dégivrer l'évaporateur :

Le givre joue le rôle d'isolant, ce qui nuit au bon rendement du réfrigérateur.

11. Quelle est la signification de * * * sur un réfrigérateur ?

Il s'agit d'un congélateur avec une température jamais inférieure à - 18°C en service normal.

12. Que faut-il impérativement observer lors de la mise en place d'un réfrigérateur pour que ce dernier fonctionne dans les meilleures conditions ?

Garantir une bonne ventilation de l'arrière du réfrigérateur (ouverture en bas et au-dessus).

13. Démontrer que de l'air à 20°C avec un taux d'humidité relative de 50 % formera du givre dans un réfrigérateur :

Cet air contient 7 gr/ m³ d'eau, en abaissant la température de l'air à +5°C il y aura saturation

et l'eau contenue dans l'air se condense sur les parties froides.

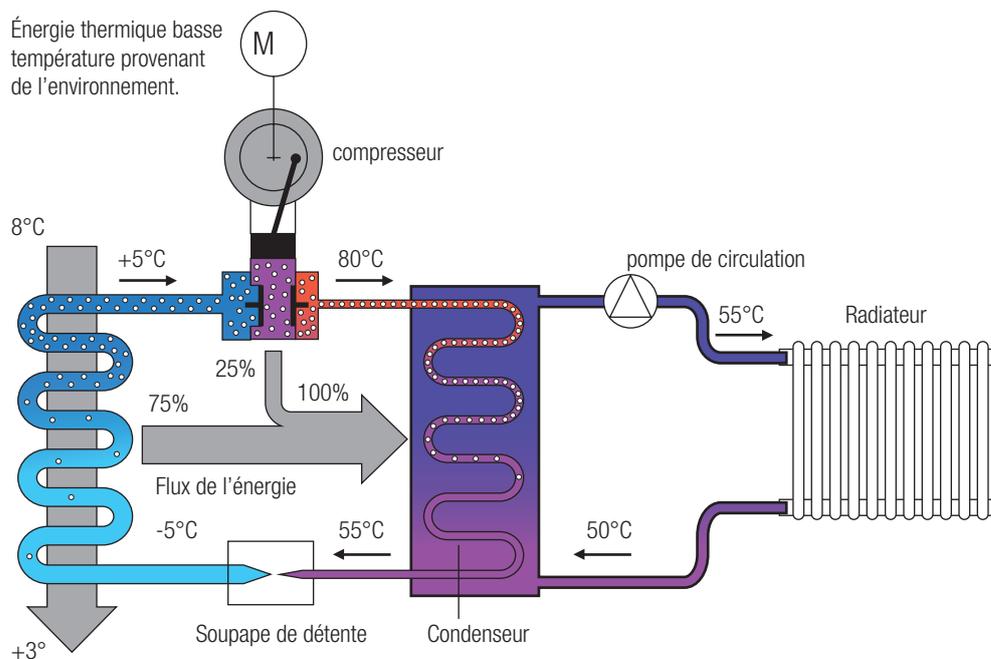
Chapitre 12 POMPES À CHALEUR

Le milieu environnant, l'air, les eaux profondes, superficielles et le sol, constituent un énorme réservoir de chaleur, d'origine essentiellement solaire. Mais son niveau de température est trop bas pour satisfaire, par utilisation directe, aux besoins thermiques pour le chauffage de l'habitat.

La pompe à chaleur permet de prélever cette énergie thermique pour la transférer dans de l'eau ou parfois de l'air de chauffage.

12.1 Principe de fonctionnement

Il s'agit en principe d'une machine frigorifique dont on exploite non pas la capacité de refroidissement, mais la chaleur libérée par le condenseur. Cette machine permet, moyennant une dépense réduite d'énergie, de transférer de la chaleur d'un niveau de température inférieur à un niveau supérieur.



Dans la pompe thermique circule un fluide frigorigène, actuellement du R134 A (sans CFC), ayant la propriété de se vaporiser à basse pression et à des températures même largement inférieures à 0°C .

Ce phénomène se produit dans l'évaporateur. Ce dernier est un échangeur de chaleur dans lequel circule d'un côté le fluide frigorigène provenant du détendeur et, de l'autre côté, le fluide extérieur (eau, air, ...) duquel on prélève la chaleur à basse température. Le fluide frigorigène en provenance du détendeur entre en ébullition dans l'évaporateur en absorbant de l'énergie thermique au fluide extérieur, dont la température va diminuer de quelques degrés.

Le compresseur est actuellement le plus souvent du type rotatif entraîné par un moteur électrique. En premier lieu, il va aspirer le gaz frigorigène à basse pression et à basse température et ensuite le comprimer. Ceci va en augmenter fortement la température.

Le gaz chaud sous pression provenant du compresseur est dirigé vers le condenseur. Ce dernier est un échangeur de chaleur dans lequel circule l'eau de chauffage à réchauffer d'un côté et le fluide frigorigène de l'autre. Ce dernier va se condenser (devenir liquide) et l'énergie utile pour la condensation est transmise sous forme de chaleur à l'eau dont la température augmente.

Le circuit se termine par un détendeur. Grâce à ce dernier, le liquide formé dans le condenseur (haute pression) est ramené à la pression régnant dans l'évaporateur (basse pression). Cette détente provoque une diminution de la température du fluide frigorigène qui retourne à l'évaporateur. Le cycle est ainsi bouclé.

12.2

Types de pompes à chaleur

Les pompes à chaleur se différencient par :

- les sources de chaleur ;
- l'absorption et l'émission de chaleur, qui peut se faire directement ou par l'entremise d'un fluide caloporteur intermédiaire.

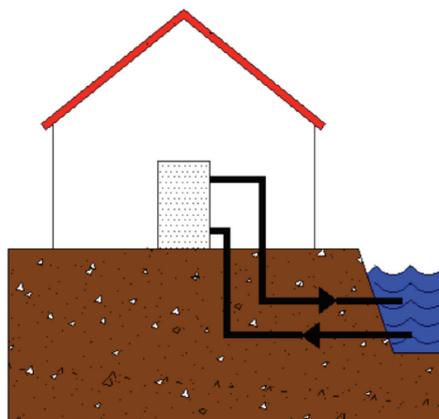
12.2.1

Pompes à chaleur eau/eau

Installation

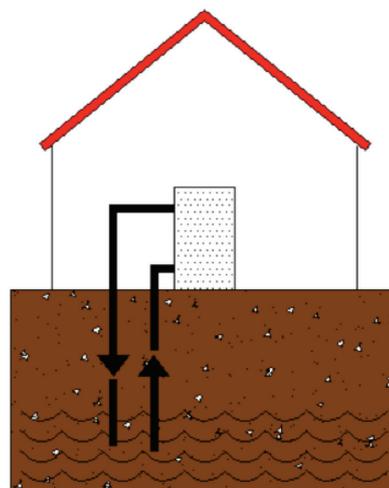
Eau de surface (rivière, lac). Une pompe fait circuler l'eau à travers l'évaporateur. Comme la quantité d'eau à disposition est très abondante, celle-ci n'est que très peu refroidie.

- exploitation soumise à concession ;
- nécessite 310 litres d'eau/h par kW installé,
- filtrage efficace nécessaire ;
- inutilisable en dessous de 2°C (risque de gel).



Nappe phréatique. Même principe de fonctionnement que pour l'eau de surface. La température de l'eau de la nappe phréatique ne varie pas au cours des saisons et reste comprise entre 5 et 10°C. Il n'y a donc pas de risque de gel.

- exploitation soumise à concession ;
- nécessite 150 litres/h par kW installé ;
- creusage de deux puits de captage (aller et retour) ;
- liée souvent à des frais élevés.



Installation

12.2.2 Pompes à chaleur saumure/eau

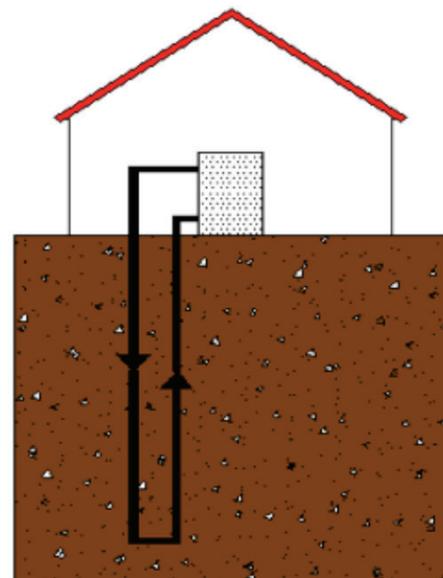
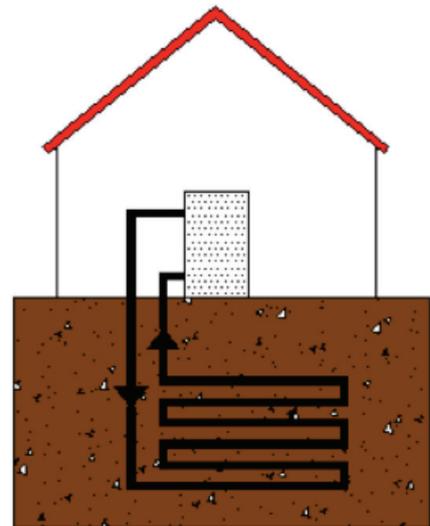
Installation

Serpentins enterrés. Des tuyaux en plastique sont enterrés à environ 1,5 m de la surface (hors de la zone de gel), dans ces derniers circule une saumure généralement constituée d'un mélange glyco-eau qui s'échauffe au contact du sol. La chaleur ainsi recueillie est transmise par l'intermédiaire d'un échangeur à l'évaporateur.

- grande surface de terrain nécessaire ;
- 42 m² d'emprise au sol par kW installé ;
- la végétation située en dessus des serpentins a sa croissance retardée de 2 à 4 semaines ;
- risque de gel du terrain.

Exemple

Une maison familiale qui utilise une puissance de 10 kW en chauffage, a besoin d'un terrain de 420 m² pour les serpentins.



Sondes géothermiques. Des sondes géothermiques sont installées en profondeur dans le sol.

Même principe de fonctionnement que ci-dessus.

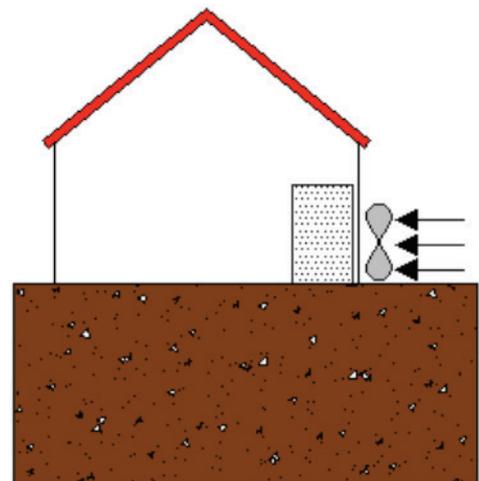
Installation : Il faut installer 15 m de sonde (verticale) par kW installé (par exemple une maison familiale dont la puissance de chauffage se monte à 10 kW, nécessite 2 sondes de 75 m).

12.2.3 Pompes à chaleur air/eau

La source de chaleur est l'air extérieur dont la température dépend des conditions atmosphériques. L'inconvénient découlant du fait que c'est précisément aux jours les plus froids (où le coefficient de performance est le plus faible) que le besoin en chaleur sont les plus élevés, et que cela nécessite souvent un système de chauffage bi-énergie.

Ce système permet d'utiliser la chaleur de l'air extérieur jusqu'à une température moyenne de +3°C et de recourir aux combustibles fossiles que quelques jours par an seulement.

On peut aussi, sous certaines conditions, récupérer la chaleur de l'air vicié (bâtiments administratifs, fonderie, etc.).



12.2.4 Pompes à chaleur air/air

Radiateur pompe à chaleur.

L'énergie thermique basse température provenant de l'air extérieur est chassé au travers de l'évaporateur pour retourner ensuite à l'extérieur. Au passage, on absorbe la chaleur basse température de l'air ce qui met le fluide frigorigène venant du détendeur en ébullition.

Le compresseur aspire et comprime le gaz frigorigène à basse pression et à basse température, ce qui va fortement augmenter sa température.

Le gaz chaud sous pression provenant du compresseur est dirigé vers le condenseur. Ce dernier est un échangeur de chaleur dans lequel circule l'air à réchauffer.

La diffusion de la chaleur par le radiateur se fait par rayonnement et convection. La surface de chauffe du radiateur ne dépasse pas, pour une question de sécurité, la température de 55°C. La diffusion de chaleur est silencieuse (sans ventilateur).

Deux centimètres de béton enrobé dans la tôle du condenseur fournissent une faible accumulation de chaleur, ce qui provoque une temporisation de l'enclenchement du compresseur.

Le radiateur pompe à chaleur a besoin de deux conduits de traversée dans la paroi extérieure d'un diamètre de 162 mm : un pour l'air aspiré et un pour l'air refoulé.

Il y a également lieu de prévoir un tuyau d'écoulement d'un diamètre de 14 mm pour l'eau de condensation.

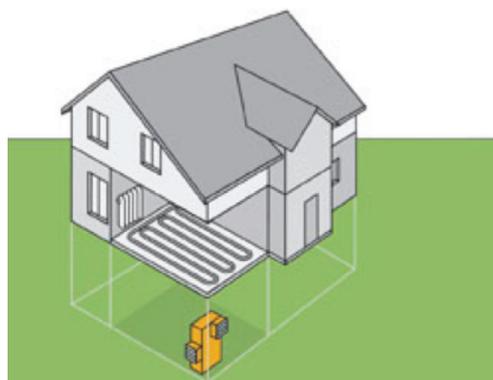
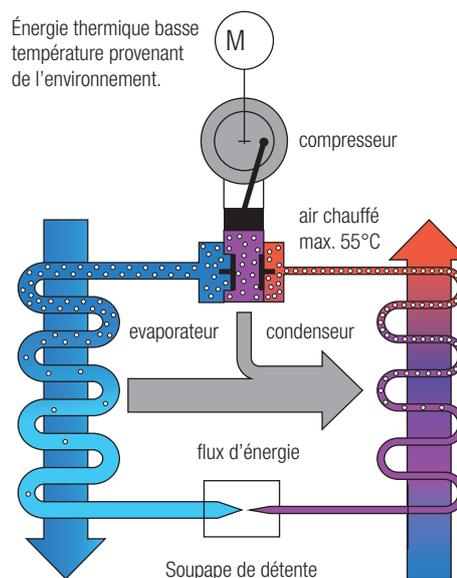
De ce fait, l'installation est limitée à une paroi extérieure.

Ce type de radiateur est intéressant pour :

- locaux indépendants
- aménagement de combles
- locaux de séjour, de bricolage et de bureaux
- salle de jeux
- fermes sans chauffage central

Exemple

- Température aller max. 55°C
- Puissance de chauffage en 7.5 kW
- Coefficient de performance 3.3
- Dimensions en mm LxHxP 750x1900x675



12.3 Modes de fonctionnement

Selon les conditions climatiques de l'endroit et du type de pompe à chaleur utilisé, il est possible que la PAC seule n'arrive pas à couvrir les besoins calorifiques du bâtiment à chauffer.

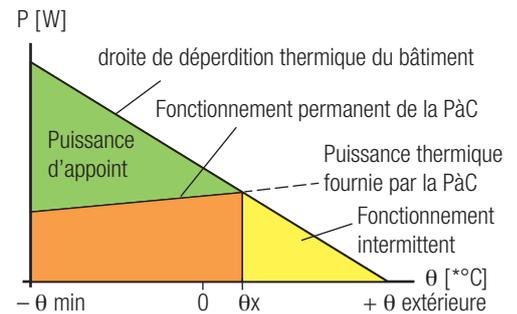
Il faut alors recourir à un appoint ou à une relève d'énergie.

Les diagrammes ci-contre permettent de visualiser ces cas.

Les différents moyens utilisés sont :

- a) système monovalent sans apport extérieur.

La PAC assure seule tout le besoin en énergie. Pour cela, il faut disposer d'une source d'énergie primaire à température constante (nappe phréatique, sonde géothermique), et également que la température extérieure ne descende pas en dessous du point critique θ_x (température à laquelle la puissance de la pompe en fonctionnement permanent couvre exactement les déperditions thermiques).

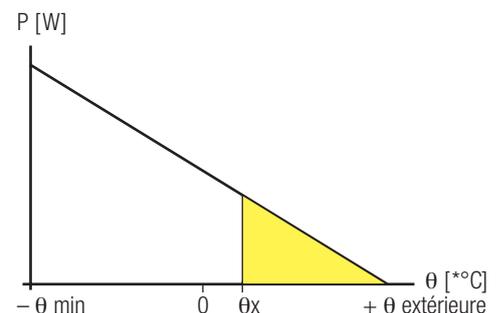


- b) système bivalent avec appoint.

La PAC assure seule le besoin en énergie jusqu'à la température critique θ_x au-dessous de laquelle les deux sources travaillent ensemble.

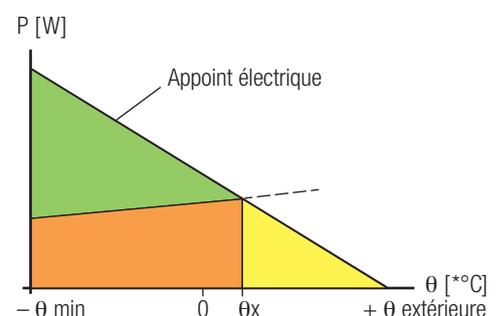
Ce mode de fonctionnement est soumis à l'autorisation du distributeur d'électricité.

Un corps de chauffe est rajouté dans le réservoir.



- c) système bivalent alternatif (sans appoint).

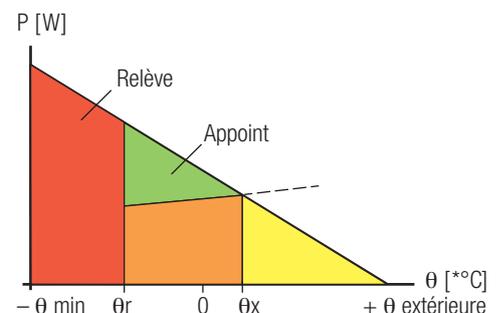
Fonctionnement de la PAC seule et en dessous de θ_r , fonctionnement d'une autre source seule (vert).



- d) système bivalent, avec relève et alternatif.

La PAC assure seule la fourniture d'énergie jusqu'à la température critique θ_x . En dessous de cette température et jusqu'à la température de relève θ_r , les deux sources travaillent ensemble.

En dessous de θ_r , des raisons techniques et économiques obligent à ne faire subsister que la deuxième source d'énergie (électrique, gaz, mazout, bois, ...).



12.4 Coefficient performance

Comme pour d'autres machines, on peut dans le cas d'une pompe à chaleur, définir la relation entre l'énergie consommée ou absorbée et l'énergie utile ou produite.

Coefficient de rendement :

$$\varepsilon_n = W_u / W_a = \text{énergie utile (chauffage)} / \text{énergie totale absorbée}$$

Pour caractériser une pompe à chaleur on calcule le coefficient de performance moyen et instantané.

Coefficient de performance moyen (calcul sur une période donnée) :

$$\varepsilon_m = \text{chaleur fournie par le condenseur} / \text{énergie électrique totale absorbée}$$

Coefficient de performance instantané :

$$\varepsilon_i = P_c / P_e$$

$$\varepsilon_i = \text{puissance calorifique fournie par le condenseur} / \text{puissance totale absorbée}$$

12.5 Economie d'énergie

Enclencher et déclencher le chauffage en fonction des conditions météorologiques.	Pendant les saisons intermédiaires (en automne et au printemps), soyez attentifs aux prévisions météorologiques. Quand il fait doux, réglez le chauffage sur nuit ou sur été. Les installations munies d'une régulation annuelle effectuent automatiquement ces manœuvres
Réduire l'émission de chaleur si on dort la fenêtre ouverte.	La nuit, fermez les volets ou les stores. Vous éviterez ainsi un refroidissement excessif de la maison. Si vous dormez la fenêtre ouverte, veillez à ce que les vannes thermostatiques soient fermées.
Aérer en grand.	Les fenêtres basculantes constamment entrouvertes laissent s'échapper beaucoup d'énergie tout en n'offrant qu'un médiocre renouvellement de l'air. En lieu et place, aérez en grand trois fois par jour pendant 5 à 10 minutes en ouvrant un maximum de fenêtres.
Ne pas régler la température ambiante en ouvrant et fermant les fenêtres.	Ne réglez pas la température ambiante en ouvrant et fermant les fenêtres, mais en vous servant des vannes thermostatiques. Voici les réglages moyens pour les diverses pièces : <ul style="list-style-type: none"> • 23°C dans la salle de bain • 20–23°C dans les chambres à vivre • 17–20°C dans les chambres à coucher • 17–20°C dans les chambres de jeu • 17°C dans le hall d'entrée • 14–17°C dans les pièces peu occupées
Vérifier la fermeture du clapet de la cheminée.	Contrôlez régulièrement la fermeture du clapet et des trappes de la cheminée lorsqu'elle n'est pas utilisée.
Absences du week-end ou de vacances : brancher le chauffage en régime économique.	Le régime nuit ou vacances est rentable même pour une absence d'une journée. Activez donc le régime vacances même si vous ne partez que pour un week-end.

12.6 Questionnaire

1. Quel est le principe de fonctionnement de la pompe à chaleur ?

Prendre l'énergie thermique dans le milieu ambiant (air, eau, ...).

2. Citer cinq sources d'énergie thermique utilisables par une pompe à chaleur :

Eau de surface ; eau des nappes phréatiques, eau de rivière, sol : serpentins enterrés, sol : sonde géothermique, air.

3. Dans le condenseur, la pression est-elle basse ou haute ?

La pression est élevée.

4. Après le passage dans le détendeur, la température du fluide a-t-elle diminué ou augmenté ?

Elle a diminué.

5. Quels sont les éléments de la pompe à chaleur dans lesquels le fluide change d'état ?

Condenseur (gaz → liquide) et évaporateur (liquide → gaz).

6. Expliquer la raison pour laquelle la végétation, située au-dessus d'un captage de sol pour la pompe à chaleur, a plus de risque de geler en hiver :

La température du sous-sol va diminuer.

7. Dans une pompe à chaleur, quelle est la puissance la plus grande, la puissance électrique du compresseur ou la puissance thermique du chauffage ?

Thermique de chauffage.

8. Expliquer les trois modes de fonctionnement des pompes à chaleur :

a) monovalent sans apport extérieur d'énergie

La PAC suffit à couvrir tous les besoins thermiques jusqu'à la température la plus basse raisonnablement atteignable (p.e. sondes géothermiques).

b) bivalent avec appoint d'énergie

A partir d'une certaine température la PAC doit fonctionner avec un complément (souvent électrique) pour couvrir les besoins.

c) bivalent, avec relève et alternatif

Comme B mais si la température diminue encore la PAC est stoppée (coefficient performance < 1).

9. Une personne vous dit que le rendement d'une pompe à chaleur est de 300%. Corriger cette valeur :

Le rendement ne peut qu'être <1, ici il s'agit du coefficient performance.

10. Pourquoi le coefficient performance d'une PAC air/air est-il plus élevé en été qu'en hiver?

La température de l'aire est plus élevée, on peut plus facilement lui soutirer de son énergie thermique.

11. Quel est le système de chauffage électrique le plus avantageux pour une maison d'habitation (Inclus les frais d'investissements, d'entretien et d'énergie électrique)?

Le chauffage direct coûte moins cher à l'achat mais consomme beaucoup, le chauffage de sol coûte un peu plus cher à l'achat et sa consommation est plus faible car la température de réglage est plus basse, les accu sont chers à l'achat mais consomment en bas tarif.

12. Indiquer quatre façons d'économiser de l'énergie de chauffage :

a) Abaisser la température de réglage (en cas absence par exemple)

b) Ouvrir les fenêtres 1 à 2 / jours au lieu d'entrouvrir en permanence

c) Abaisser la température nocturne

d) Ventiler avec un échangeur de chaleur

Fermer les clapets de cheminée

13. Quel est le coût à 25 ct/kWh pour chauffer 3000 litres d'eau d'un spa (de 15 à 27 °C)

a) avec un chauffage électrique d'un rendement de 0,9 ?

$W = 3000 * 4187 * 12 / 0.9 = 167,5 \text{ MJ} = 46,5 \text{ kWh} \Rightarrow 11.63 \text{ CHF}$

b) avec une PAC avec un coefficient énergétique de 3 ?

$W = 3000 * 4187 * 12 / 0.9 = 167,5 \text{ MJ} = 46,5 \text{ kWh} \Rightarrow 11.63 \text{ CHF}$

Chapitre 13 MESURE PAR TRANSFORMATEUR D'INTENSITÉ TI

Le transformateur d'intensité dont le fonctionnement est expliqué dans le manuel «Electrotechnique Fascicule 3» au chapitre 14.3.3 est généralement utilisé pour :

- alimenter des compteurs lorsque que le courant de ligne dépasse 100 A ;
- faire une mesure du courant dans la cadre d'un asservissement par automate programmable.

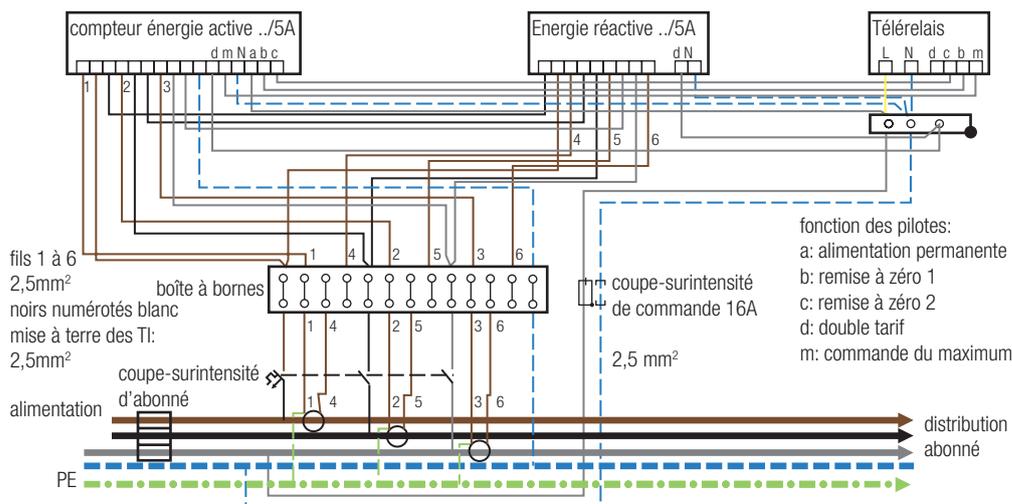


Exemples de TI

Note

- *Le transformateur toroïdal que l'on trouve dans les DDR est assimilable à un TI.*

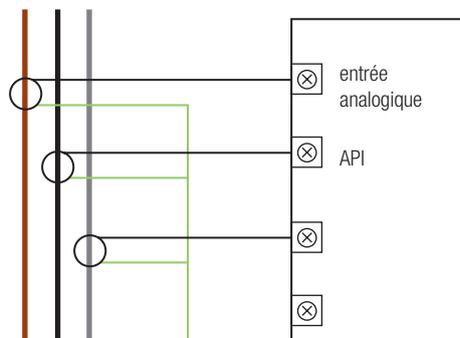
Dans le cas d'une utilisation avec un compteur, il faut installer une boîte à pont (ou boîte à bornes) qui permet la mise en court-circuit des TI lors d'une intervention sur le compteur (PDIE 53.51). Les TI de mesure sont calibrés pour avoir un courant maximum de 5 A au secondaire.



Dans le cas de l'emploi avec un API, on peut utiliser soit des entrées numériques, soit analogiques. L'avantage du système analogique est que l'on peut avoir une image très précise du courant dans les conducteurs.

Exemples d'application :

- délestage de charges ;
- détection de déséquilibre de charges ;
- régulation de vitesse d'un moteur en fonction de sa vitesse.



13.1 Questionnaire

1. Qu'est-ce qu'un TI?

Un transformateur d'intensité (donne au secondaire une image de la quantité de courant au primaire).

2. A partir de quelle intensité de courant électrique les distributeurs demandent-ils la pose de TI?
80 ou 100 A selon les distributeurs.

3. Un TI est noté 100/ 5 A. Quelle sera la valeur du courant au secondaire du TI s'il n'y a que 80 ampères dans la barre du primaire?
 $5 * 80 / 100 = 4 \text{ A}$

4. Pourquoi ne faut-il jamais interrompre le circuit secondaire d'un TI?
Risque de destruction si le primaire est parcouru par un courant.

5. En quoi un DDR est-il assimilable à un TI?
Le secondaire est parcouru par un courant qui est la somme de ce qui se passe dans un tore magnétique (les fils passent dans le tore).

6. Pourquoi faut-il installer une boîte à pont lors de l'emploi de TI pour un comptage?
Pour pouvoir mettre en court-circuit le secondaire en cas d'intervention par exemple sur les appareils de tarification.

7. Comment sont désignées les bornes du primaire d'un TI?
K et L majuscule au primaire.

8. Comment sont désignées les bornes du secondaire d'un TI?
k et l minuscule au secondaire

9. Quelle différence fondamentale y a-t-il entre un TI et les autres transformateurs?
Les transformateurs habituels ont un courant primaire qui dépend du courant secondaire, alors que dans la TI c'est le secondaire qui dépend du primaire.

10. Dans quels cas utilise-t-on l'un ou l'autre des TI représentés sur la page précédente?
Selon si le conducteur primaire est une barre ou un fil.

11. Quelle différence y a-t-il entre une entrée numérique et une entrée analogique sur un API?
Le numérique n'a que deux états (0 – 1) l'analogique une infinité de valeur.

12. Dessiner un montage à portes logiques qui permet de couper un appareil (commandé par la sortie Q1) s'il manque une phase d'alimentation (entrées des TI sur I1, I2 et I3)
Par exemple I1 à I3 sur une porte ET dont la sortie active un relais avec 3 contacts de travail.

13. Dessiner une installation de comptage d'énergie active (sans télérelais et sans compteur réactif) pour une alimentation triphasée 250 A.
Même schéma que la page précédente mais sans le réactif ni la TC.

Chapitre 14 LABEL ÉNERGIE ET STANDARD MINERGIE

L'étiquette énergie est obligatoire depuis 1995 pour l'électroménager et pour les ampoules électriques. Depuis elle se trouve aussi sur d'autres articles comme la voiture (en rapport au CO₂).

Voici la signification des différentes zones de cette étiquette :

Dans la première partie de l'étiquette, on trouve les références précises de l'appareil du modèle et du fabricant.

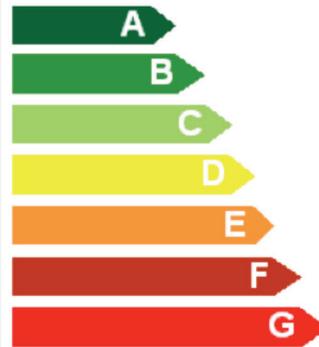
De A (l'appareil est très économe) à G (l'appareil consomme beaucoup d'électricité), ce code couleur donne une idée de la consommation d'énergie d'un appareil électroménager. Cette classification concerne notamment fours, lave-vaisselle, sèche-linge, réfrigérateurs, congélateurs. Dans la colonne de droite de l'étiquette sur fond noir, figure la catégorie de l'appareil. C'est ainsi que l'on se rend compte si un appareil se révèle coûteux à l'usage.

Le Label énergie définit une efficacité énergétique.

Dans cet exemple (un réfrigérateur), cette partie indique la consommation électrique et la contenance. Sur d'autres appareils on trouve d'autres renseignements complémentaires comme par exemple pour un lave-vaisselle : la consommation en eau, la capacité de l'appareil en nombre de couverts ainsi que 2 critères de qualité : l'efficacité du lavage et celle du séchage.

Facteur non négligeable de confort, le bruit émis par l'appareil est inscrit en décibels. En soit, cela n'est pas forcément facile à décrypter mais cela permet des comparaisons avec les autres produits.

Parfois on trouve des désignations simplifiées (en plus de l'étiquette standard) par exemple lors de la vente sur Internet.

Energie	
Fabricant Modèle	MARQUE
Économe 	B
Peu économe Consommation d'énergie kWh/an <i>Sur la base du résultat obtenu pour 24h dans des conditions d'essais normalisées</i> La consommation réelle dépend des conditions d'utilisation et de la localisation de l'appareil	350
Capacité de denrées fraîches Capacité de denrées congelées	200 100 
Bruit (dB(A) par picowatt) Une fiche d'information détaillée figure dans la brochure <small>Norme EN 153, mai 1990, directive n° 90/269/EE relative à l'étiquetage des réfrigérateurs</small>	



Note

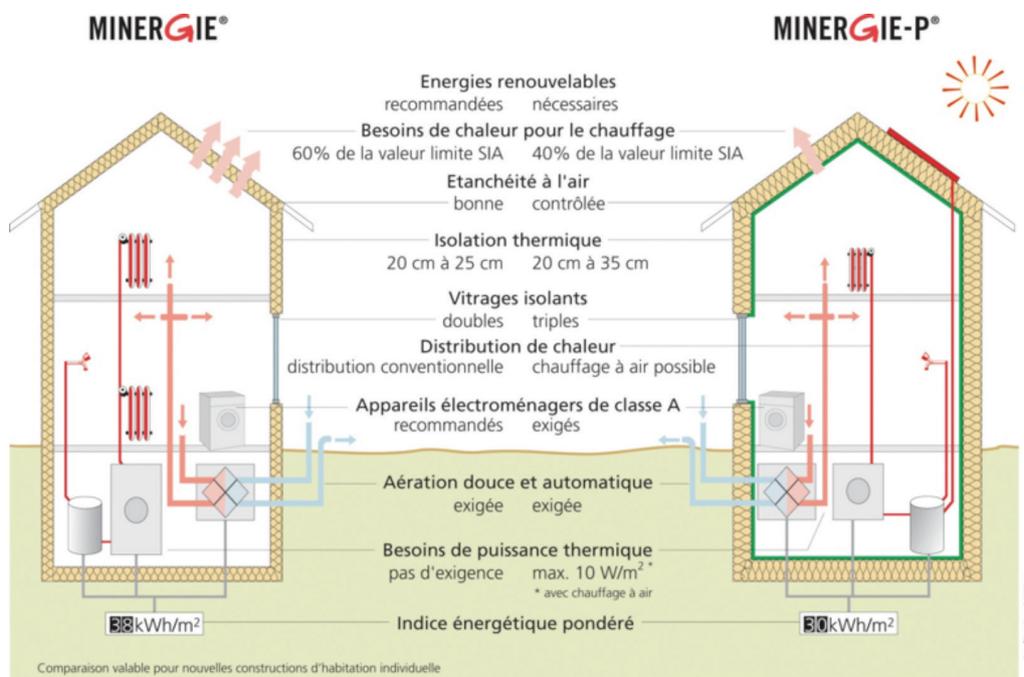
- De plus en plus ces étiquettes distinguent aussi les classes A, A+, A++ et même A+++.
- Pour les sources lampes, l'étiquette ne va pas au-delà de la classe E car les lampes moins efficaces ne peuvent plus être commercialisées depuis fin 2012.

14.1 Standard Minergie

Le standard MINERGIE® est un standard de construction qui se propose d'utiliser l'énergie de manière rationnelle et d'avoir recours aux énergies renouvelables tout en améliorant la qualité de vie, en demeurant compétitif et en diminuant l'impact sur l'environnement.

Chez MINERGIE®, c'est l'objectif – les valeurs limites de la consommation d'énergie – qui est défini. Les chemins pour y parvenir sont nombreux. Il est important que tout le bâtiment soit considéré comme un système intégral : l'enveloppe du bâtiment avec les installations techniques. En ce qui concerne les installations techniques du bâtiment – chauffage, aération et préparation de l'eau chaude sanitaire – ce sont plus des combinaisons judicieuses que des additions qui sont demandées. Dans les bâtiments MINERGIE®, à consommation d'énergie de chauffage minimale, le vecteur énergétique pour le chauffage ne joue qu'un rôle secondaire. En revanche, la consommation d'eau chaude sanitaire gagne en importance dans le bilan énergétique. Les solutions considérant les énergies renouvelables (par ex. capteurs solaires) s'appliquent en premier lieu ici.

MINERGIE-P® Le standard MINERGIE-P® décrit et qualifie des objets à consommation d'énergie encore plus réduite que MINERGIE®. De même que pour MINERGIE®, MINERGIE-P® fixe des exigences élevées en matière de confort et de rentabilité. Une maison supposée satisfaire les très sévères exigences de MINERGIE-P® doit être planifiée, construite et exploitée dans ce but comme un système global et optimisée dans toutes ses composantes. Une simple couche d'isolation supplémentaire ne suffit donc pas. Une bonne et facile utilisation du bâtiment, respectivement des installations techniques, font aussi partie des éléments destinés à assurer le confort souhaité.

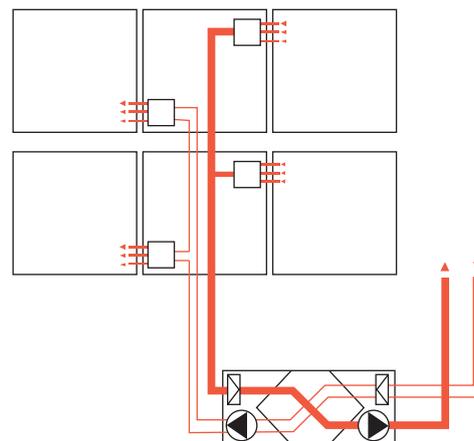


14.1.1

Ventilation

Description

- Système d'aération le plus souvent utilisé dans les maisons MINERGIE.
- Indiqué pour les anciennes et nouvelles constructions.
- Récupération de chaleur (RC) pour réduire les pertes de chaleur dues à l'aération et pour préchauffer l'air pulsé.
- Dans les immeubles collectifs : installations centrales ou par appartement.
- Fonctionnement à une ou plusieurs allures.



Exigences

- Toutes les pièces chauffées d'un logement ou d'un bâtiment doivent être aérées mécaniquement.

14.1.2

Eclairage

L'exigence concernant l'éclairage MINERGIE® est remplie quand le besoin d'électricité ne dépasse pas le standard MINERGIE.

La méthodologie de la SIA 380/4 permet également de planifier un éclairage selon le standard MINERGIE.

MINERGIE® restreint quelque peu la possibilité d'aménager un éclairage. Le standard ne permet pas de réaliser des solutions d'éclairage indirect. Les lampes à incandescence ou à halogène ne suffisent généralement pas pour remplir les exigences.

- Aménagement intérieur lumineux
- Luminaires de classe d'efficacité A.
- Lampes avec ballasts électroniques.
- Réflecteurs de lampes optimaux avec part élevée en lumière directe.
- Commande à lumière du jour (dans les locaux avec lumière du jour).
- Détecteurs de présence (dans les locaux sans lumière du jour).

Les lampes modernes combinées à des détecteurs de mouvements permettent d'avoir une consommation totale correspondant à un cinquième de celle de l'ancien standard. Si la charge thermique intérieure actuelle d'environ 200 Wh/m² due à l'éclairage peut être réduite, il en résultera comme avantage accessoire une réduction sensible de la température ambiante en été. Dans un bâtiment de bureaux traditionnel, ceci peut tout à fait se traduire par une température plus basse de 2°C en moyenne.

14.1.3

Appareils

MINERGIE® recommande d'équiper tous les bâtiments MINERGIE® avec des appareils électroménagers de la classe A/A+. La qualité des appareils ne fait toutefois pas partie de la valeur limite MINERGIE®.

** Pour autant que l'eau chaude ne provienne pas d'un chauffe-eau électrique direct, ce système est généralement rentable pour les lave-linge et les lave-vaisselle. À cet effet, les lave-linge doivent être munis de deux raccordements, pour l'eau chaude et l'eau froide.*

- Réfrigérateurs, A+ et A++
- Congélateurs, A+ et A++
- Lave-linge, A/A/A raccordement à l'eau chaude *
- Fours, A
- Lave-vaisselle, A/A/A raccordement à l'eau chaude*
- Sèche-linge, A
- Sèche-linge à air soufflé et Armoires de séchage, A1

14.2 Questionnaire

1. à quoi sert le Label énergie ?

Comparer entre des appareils de même utilité leur coefficient énergétique et souvent d'autres critères.

2. A votre avis quelle est la lettre désignant une ampoule à incandescence ?

(Voir 2 pages plus loin : incandescence traditionnelle E F et G, halogène B, C et D).

3. A votre avis quelle est la lettre désignant une ampoule « économique » ?

Lampe FLC : A et B, note : les LED sont encore meilleures.

4. A 22 centimes le kilowattheure, quel est le coût de l'électricité durant 10 ans pour un réfrigérateur de classe A++ qui consomme 150 kWh / an ?

$0,22 * 150 * 10 = 330.-$ – CHF

5. A 22 centimes le kilowattheure, quel est le coût de l'électricité durant 10 ans pour un réfrigérateur de classe B qui consomme 400 kWh / an ?

$0,22 * 400 * 10 = 880.-$ – CHF

6. Indiquer tous les renseignements que l'on peut tirer de cette étiquette :

Énergie		Lave-linge
Fabricant		
Modèle		
Économe		A
Consommation d'énergie kWh/cycle		0.95
<small>(Sur la base des critères obtenus pour le cycle blanc 60°C dans des conditions d'essai normales) La consommation réelle dépend des conditions d'utilisation de l'appareil</small>		
Efficacité de lavage		A B C D E F G
Efficacité d'essorage		A B C D E F G
Vitesse d'essorage (tr./mn)		1200
Capacité (blanc kg)		5,0
Consommation d'eau L		48
Bruit [dB(A) re 1 pW]	Lavage	51
	Essorage	65
<small>Norme EN 60456 Directive 95/12/CE relative à l'étiquetage des lave-linge</small>		

Type d'appareil

Classe énergétique A

0,95 kWh par cycle (pour un cycle de référence)

Très bonne efficacité A de lavage

Bonne efficacité d'essorage B

Contenance 5 kg de linge

48 l. d'eau (selon le cycle de référence)

51 dB lors du lavage

65 dB lors de l'essorage

Correspond à la norme européenne EN 60456

Chapitre 15 SOURCES LUMINEUSES

15.1 Classification

Les sources lumineuses peuvent se classer, dans l'état actuel de la technique, en plusieurs catégories :

- La première comprend les lampes dont le fonctionnement est basé sur le principe de l'incandescence d'un filament.

Ce type de lampe a une efficacité lumineuse très mauvaise (95 % de chaleur – 5 % de lumière). Ce genre d'ampoule est en phase de disparition des surfaces de ventes.

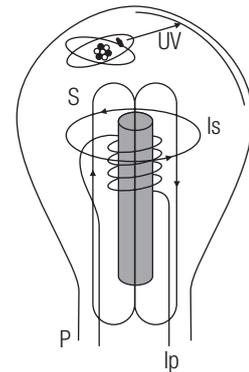
- La deuxième catégorie comporte les sources de lumière qui utilisent le phénomène de la décharge électrique dans les gaz, c'est le cas des lampes à fluorescence, à vapeur de mercure et des lampes à vapeur de sodium.

- La troisième catégorie comporte des sources de lumière qui relèvent d'une technique différente : l'induction d'un courant à haute fréquence dans des gaz. C'est la combinaison de l'induction d'un courant HF dans un gaz avec une matière fluorescente qui se trouve sur les parois intérieures de la lampe et qui génère la lumière.

- La quatrième comporte les lampes à LED.

- La dernière catégorie découle de la transformation directe de l'énergie du courant alternatif en lumière par le phénomène d'électroluminescence.

- L'éclairage par fibre optique n'est pas traité dans ce manuel car c'est juste une manière particulière d'éclairer en utilisant une source citée ci-dessus ou une source naturelle.



15.1.1 Label énergie

Comme pour tous les autres appareils électroménagers, les lampes ont leur étiquette énergétique. Leur classe énergétique dépend directement du type de source.

Classification des sources en fonction de leur efficacité énergétique :

Energie		<i>Efficacité</i> énergétique	<i>Efficacité [lm/W]</i> (approximation)	<i>Type de lampe</i> (exemples)
		$EEI < 0,10$	entre 180 et 200	Sodium
		$0,10 < EEI < 0,16$	entre 115 et 130	LED
		$0,16 < EEI < 0,23$	entre 50 et 115	Tube fluorescent
		$0,23 < EEI < 0,30$	entre 21 et 51	LFC et halogène
		$0,30 < EEI < 0,42$	entre 16 et 20	Halogène
		$0,42 < EEI < 0,60$	entre 13 et 15	Halogène peu performant
		$0,60 < EEI < 0,80$	entre 11 et 13	Incandescence
		$0,80 < EEI < 0,90$	entre 9 et 11	retirées du marché

Notes

- En éclairagisme seules les lampes claires de classe C ou mieux sont admises depuis le 1^{er} septembre 2012.
- L'efficacité lumineuse exprime le nombre de lumen (quantité de lumière) émis par watt électrique absorbé. Exemple une ampoule 5 W avec une efficacité de 110 lumen par watt produit 550 lumen.

15.1.2 Utilisation rationnelle de l'énergie électrique

Comme on le voit avec le tableau des classes énergétiques des sources lumineuses (ci-dessus), pour une même quantité de lumière produite, la consommation électrique peut varier d'un facteur de plus 5 ! Afin d'éviter un trop grand gaspillage de l'énergie électrique, les distributeurs et les fournisseurs européens d'ampoules électriques ont décidé de diminuer la part du marché des ampoules à incandescence au profit de sources de meilleure efficacité lumineuse.

En 2009, la consommation électrique pour l'éclairage avoisinait les 14 % de la consommation totale. Afin de diminuer cette consommation, les fabricants ont progressivement stoppé la production d'ampoule à incandescence dont l'efficacité était inférieure à D en procédant par étapes.

La dernière étape fut le 1^{er} septembre 2012 avec l'interdiction de commercialiser les ampoules claires de classe E, F ou G. Il existe toutefois quelques dérogations transitoires pour certaines lampes décoratives comme par exemple pour les lampes soffites.

En parallèle à la mise sur le marché des lampes économiques (LFC) également appelées « économiques » et des lampes LED, les constructeurs ont créé de nouvelles lampes à incandescence à halogènes de style « ampoule traditionnelle » qui remplacent avantageusement et plus efficacement les modèles proscrits.

En même temps, un accent est mis pour améliorer la collecte et le recyclage des ampoules fluorescentes compactes (LFC) et des tubes fluorescents.

15.2

Les lampes à incandescences

15.2.1

Généralités

Développement des lampes à incandescence

- 1879 première lampe à filament de fibre de bambou carbonisé (1,4 lm/W) ;
- 1892 lampe à filament de carbone (3 lm/W) ;
- 1910 lampe à filament de tungstène étiré (8 lm/W) ;
- 1913 lampe à filament de tungstène spirale simple, et ampoule remplie de gaz (10 lm/W) ;
- 1936 lampe à filament doublement spirale (12 lm/W) ;
- 1959 lampe à halogénure (25 lm/W) ;
- 2009 début du retrait de la vente des lampes à incandescence de faible efficacité lumineuse (moins de 15 lm/W) ;
- 2011 remplacement des lampes à incandescence de faible efficacité lumineuse par des modèles à halogène dans les formes et les dimensions des anciennes ampoules ;
- 2012 fin du retrait de la vente des lampes à incandescence d'une puissance supérieure ou égale à 25 W.

15.2.2

Construction et principe de fonctionnement

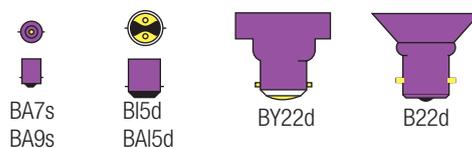
Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.4.1

15.2.3

Les culots



culots à vis



culots à baïonnette

Le rôle du culot de la lampe est d'assurer une liaison tant mécanique qu'électrique avec son support (douille de la lampe).

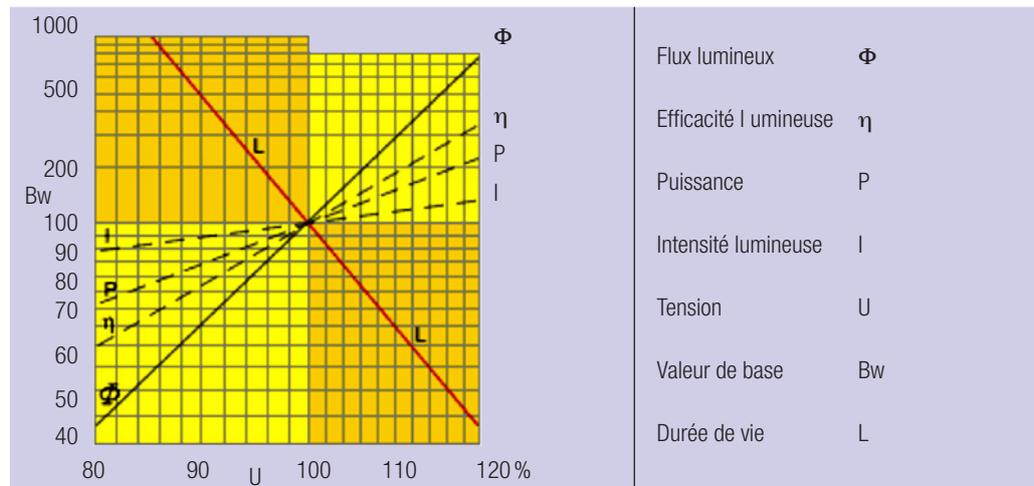
Les culots ont été normalisés en fonction de la puissance des lampes et des usages auxquels elles sont destinées.

Actuellement, les deux types de culots les plus utilisés pour les lampes standards sont :

- les culots à vis ou Edison (E27)
- les culots à baïonnette ou Swan (B22)

Les lampes à culot à baïonnette sont utilisées aux endroits soumis à des trépidations (trains, véhicules, etc.). On les utilise également pour l'éclairage provisoire des chantiers (vol).

15.2.4 Influence de la tension



Le flux lumineux et la durée de vie d'une lampe dépendent tous les deux, de la température de fonctionnement du filament. Plus cette dernière est élevée, plus l'efficacité lumineuse est grande, mais aussi plus courte est la durée de vie.

Donc la durée de vie, la puissance et l'efficacité lumineuse dépendent directement de la tension du réseau.

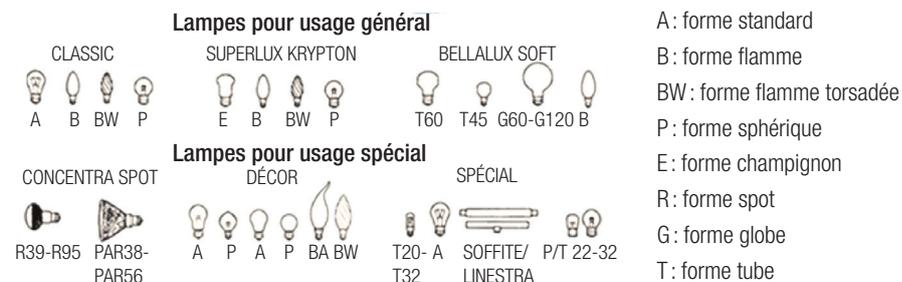
15.2.5 Caractéristiques des ampoules

10.2.5.1 Formes

Actuellement les ampoules à incandescence sont en phase de disparition des étals. D'ici quelques années, il ne restera plus que certaines ampoules peu puissantes.



lampe 15 W E14 (p.e. four)



On trouve déjà des ampoules halogènes ou d'autres technologies de formes identiques.

15.2.5.2 Puissance

Seulement jusqu'à 15 W.

15.2.5.3 Efficacité lumineuse

Ce type de source lumineuse avait une efficacité variant entre 9 et 15 lm/W. Les modèles les plus puissants ayant la meilleure efficacité.

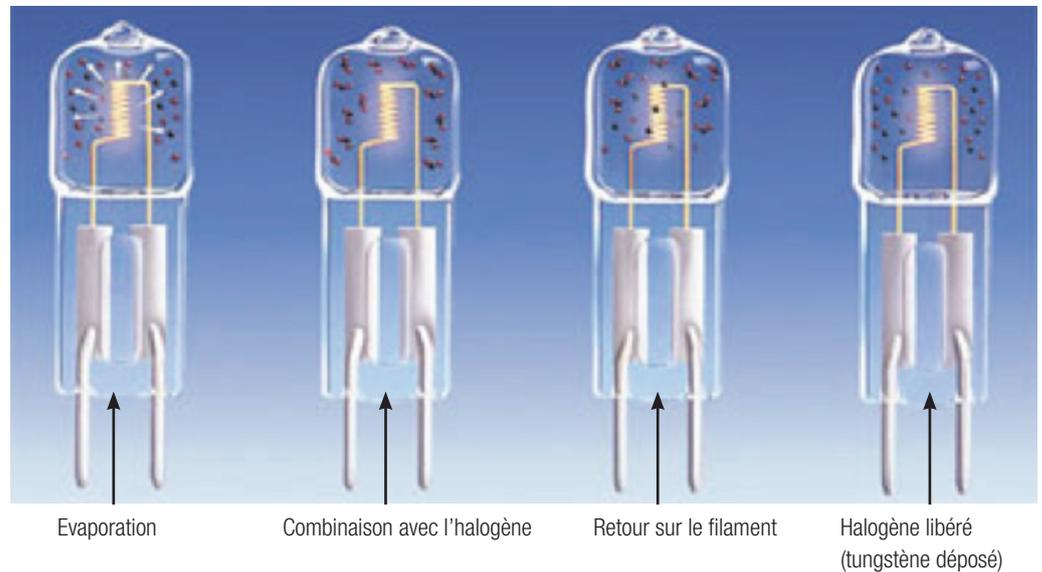
15.2.5.4 Durée de vie

La durée de vie de ce type d'ampoule est estimée à 1000 heures (un peu plus pour des ampoules de faible puissance).

15.3 Les lampes Halogènes

15.3.1 Principe de fonctionnement *Caractéristiques*

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.4.2.



Au cours du fonctionnement d'une lampe à incandescence, le tungstène s'évapore du filament sous la forme d'atomes qui se dirigent par convection vers les parois moins chaudes de l'ampoule et noircissent le verre.

Dans la lampe halogène, ceux-ci se combinent alors avec les atomes d'halogène présents dans l'atmosphère pour former une molécule. Cette dernière, est entraînée par convection vers le filament. Sous la chaleur du filament, la molécule se dissocie et les atomes de tungstène se déposent de nouveau sur le filament.

Le cycle halogène garantit un flux lumineux constant pendant toute la durée de vie de la lampe. Au contraire des lampes à incandescence ordinaires, il n'y a plus de noircissement du verre par des dépôts d'atomes de tungstène puisque ceux-ci sont ramenés sur le filament.

15.3.2 Avantages des lampes halogènes

Lumière **d'une clarté constante** pendant toute la durée de vie de la lampe.

Les lampes à incandescence usuelles perdent de leur luminosité au cours du temps. Ceci provient du fait que le tungstène (du filament) évaporé se dépose sur la face interne de l'ampoule en verre. Dans les lampes halogènes, cet inconvénient est empêché.

15.3.2.1 *Lumière plus « blanche »*

Avec les lampes halogènes, les couleurs paraissent plus fraîches et plus vives (lampes à incandescence = 2800 K, lampes halogènes 3100 à 3400 K).

Note

- *l'énergie se répartit dans toutes les longueurs d'onde et est maximale pour une longueur d'onde précise. La loi de Wien indique que le produit de la température par la longueur d'onde qui définit ce pic d'émission est constant et vaut : $\Theta \cdot \lambda = 2896 \mu\text{m k}$ (micromètre kelvins).*

15.3.2.2 Davantage de lumière

Pour une même puissance, les lampes halogènes à bas voltage par exemple, fournissent jusqu'à 80 % de flux lumineux supplémentaires par rapport aux lampes à incandescence usuelles (classe énergétique D à B) soit jusqu'à 40 lm/W.

15.3.2.3 Rentabilité augmentée

Une grande efficacité lumineuse permet une économie d'énergie. Une lampe à réflecteur basse tension (Halospot) de 50 W par exemple, est aussi lumineuse qu'un projecteur conventionnel de 120 W.

Longévité



15.3.2.4 Longévité prolongée

La plupart des lampes halogènes BT ont une durée de vie d'environ 2000 heures contre 1000 heures pour les lampes à incandescence usuelles.

Les lampes à TBT ont une durée de vie qui peut approcher 4000 heures, voire 5000 heures selon les modèles.

Lampe BT



Lampe TBT

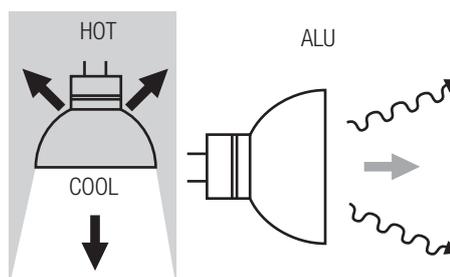
15.3.2.5 Dimensions réduites

La technique halogène permet de construire des lampes beaucoup plus compactes. Cela permet la réalisation de petits luminaires très efficaces.

15.3.2.6 Gestion de la température

Les lampes halogènes produisent beaucoup de chaleur (rayonnement infrarouge) ce qui a pour effet une augmentation de la température.

Selon les usages, il sera important de choisir une ampoule qui diffuse sa chaleur par l'arrière de la lampe ou alors au contraire par l'avant.



15.3.2.7 Gestion des UV

Selon CEI 60 598, la plupart des luminaires pour lampes halogènes doivent être munis d'un verre protecteur.

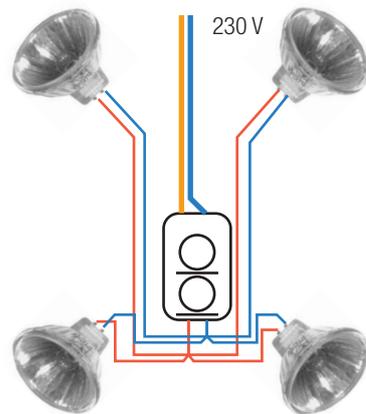
Les lampes à basse pression avec protection UV remplissent ces conditions grâce à l'emploi de verre en quartz absorbant les UV permet d'éviter l'émission d'UV.



15.3.3 Installation des lampes halogènes basse tension

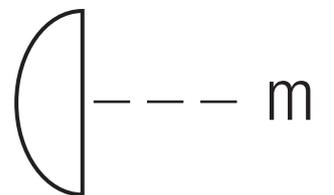
A puissance équivalente installée, le système TBT (12 V) voit le courant dans les fils augmenter d'un facteur de près 20 par rapport à une alimentation 230 volts. La conséquence de cette augmentation du courant est que le seul respect de la norme en ce qui concerne le dimensionnement des canalisations n'est pas suffisant. En effet, si on admet un courant de 15 A dans une canalisation en fil T 1,5 mm² d'une longueur de 20 m, la chute de tension sera d'environ 7 V. Cette chute de tension est pratiquement négligeable en 230 V car elle ne représente que 3%. Par contre dans une installation 12 V, cela représente 58% avec une tension de 5 V au lieu de 12 aux bornes de la lampe qui bien sûr n'émettra aucune lumière.

Afin de pallier cet inconvénient, il y a lieu de porter une attention particulière à la distribution électrique :

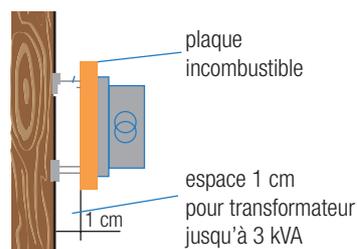


- distribution en étoile ;
- exécuter le câblage entre le transformateur et le luminaire le plus court possible, afin d'éviter des chutes de tension (ne pas dépasser 3 m) ;
- assurer une bonne connexion du câblage, serrer soigneusement les vis.

D'autres précautions sont à prendre en considération :



- prévoir un dégagement de chaleur suffisant dans le volume de montage du luminaire. Pour les lampes à faisceau froid, environ les 2/3 de la chaleur sont dirigés vers l'arrière ;
- prévoir une distance suffisante entre le luminaire et des matériaux inflammables éclairés (min. 0,5 m) ;
- assurer l'accessibilité au transformateur en tout temps, afin de permettre, si nécessaire, le remplacement sans problème du fusible défectueux ;
- installer le transformateur de telle manière qu'aucune vibration ne se propage afin d'éviter les bourdonnements ;
- intercaler une plaque en matériel incombustible lors du montage des transformateurs sur une matière combustible, et distancer le transformateur d'au moins 1 cm de la partie combustible (ventilation).



15.3.4 Les transformateurs

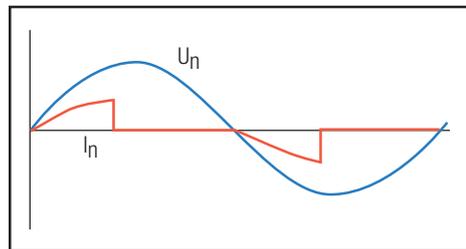
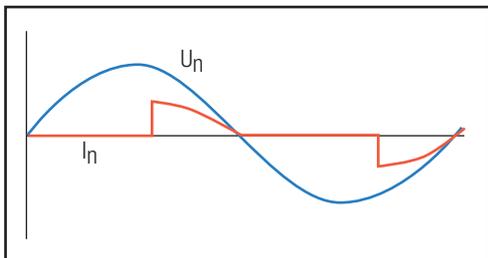
On utilise en principe deux types de transformateurs. Le transformateur traditionnel avec noyau en tôles de fer feuilleté ou le transformateur électronique.

Le transformateur traditionnel, souvent meilleur marché, a le désavantage de souvent faire un bourdonnement. Le modèle électronique a comme désavantage de créer des harmoniques et d'émettre des ondes électromagnétiques perturbatrices.

Puissances courantes des transformateurs : 20 – 40 – 60 – 80 – 105 – 200 et 300 VA.

15.3.5
La régulation
des lampes halogènes

Pour régler l'intensité lumineuse d'une lampe halogène on utilise des variateurs. On distingue deux types de variateurs :



Variateur de lumière à coupure de phase ascendante.

Variateur de lumière à coupure de phase descendante.

Avantage(s)

Ce variateur est adapté à la commande primaire des lampes halogènes à basse tension avec transformateur intégré. Les transformateurs toroïdaux ou blocs ainsi que les transformateurs électroniques adaptés à la régulation des variateurs à coupure de phase ascendante peuvent également être utilisés.

Ce variateur est adapté à la commande primaire de :

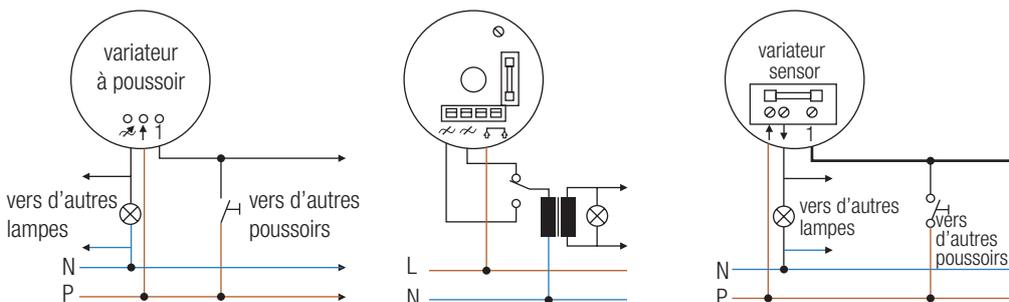
- lampes à incandescence 230 V
- lampes halogènes 230 V
- lampes halogènes basse tension avec transformateur électronique.

Désavantages

Ne convient pas pour les transformateurs électroniques uniquement prévus pour les coupures de phase descendante !

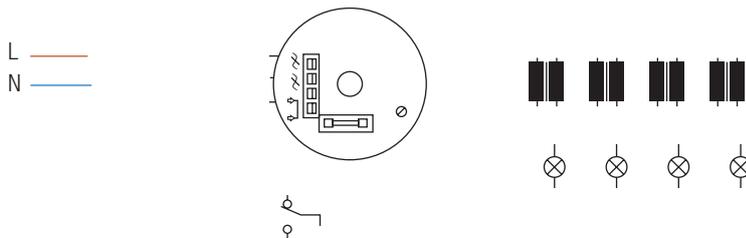
Ce variateur n'est pas adapté pour un raccordement à un transformateur conventionnel à noyau de fer ou torique.

Exemples
de raccordement
de variateur
de faible puissance



Exercice

Compléter cette installation avec une commande en Sch.3.



15.3.6 Principales lampes halogènes

	Lampe halogène III.12 V 20 W 10° Ø 35 mm		lampe à halogénure métallique haute pression (MHN-TD/MHW-TD) rendement de couleur Ra í 75... 85 (MHN-TD) forme soffite, température de couleur 4200 K
	Lampe halogène 1000 W 240 V R7 s Haloline UV-Stop lampe projecteur à halogène position horizontale, température de couleur 3'000 K		Lampe halogène BTT 100 W E27 230 V Halolux mat, position au choix, température de couleur 2900 K
	lampe à réflecteur à halogène (Halopar) 230 V / E27, température de couleur 3000 K, durée de vie 2000 h réflecteur en aluminium		lampe à réflecteur à halogène (De Luxe Hi Spot 120) 245 V, en verre pressé, réflecteur à facettes en aluminium avec verre de protection, clair, réglable, position au choix, température de couleur 2900 K
	Osram Halogen ES Classic 42 W 230 V, E27 Une lumière brillante, Jusqu'à 30 % d'économie d'énergie. Jusqu'à 65 % de réduction de coûts, Une durée de vie de 2000 h, Pas de noircissement de l'ampoule, Une couleur de lumière naturelle, Variation possible, Pas de taxe de recyclage, pas de plomb		Lampe halogène, bas voltage, HLX64655 250 W 24 V G6,35 clair, réglable, position au choix (Xenophot) culot GY 6,35
	Lampe halogène 12 V 20 W GY 6,35 Halostar-Starlite UV-Stop stop UV, réglable, position au choix, température de couleur 3000 K culot GY6,35 filament axial, basse pression, clair		Lampe halogène Decostar 12 V 50 W Lampes BV à réflecteur à lumière froide avec revêtement réfléchissant les infrarouges Lampe avec verre anti-reflets. Durée de vie moyenne de 4000 heures. Ø 51 mm, longueur 45 mm, culot GU 5,3, 12 V

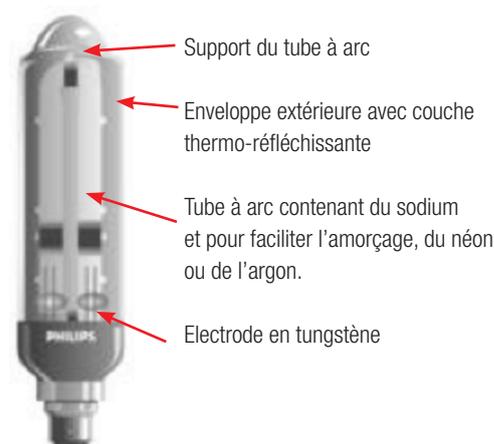
15.4 Les lampes à décharge

15.4.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.

10.4.2 Lampes à vapeur de sodium

15.4.2.1 Lampes à vapeur de sodium basse pression.



C'est la source lumineuse la plus efficace disponible sur le marché. Sa couleur jaune-orange coïncide avec la sensibilité spectrale maximale de l'œil. Elle procure une bonne perception visuelle et fait apparaître les contrastes.

Les lampes à vapeur de sodium basse pression sont des lampes qui engendrent une lumière monochrome jaune (598 nm).

La tension d'amorçage de 650 V, est obtenue par un autotransformateur à fuite. Il faut environ 8 minutes pour que le sodium soit complètement vaporisé.

L'efficacité lumineuse est très élevée et peut atteindre jusqu'à 197 lm/W, suivant le type de lampe.

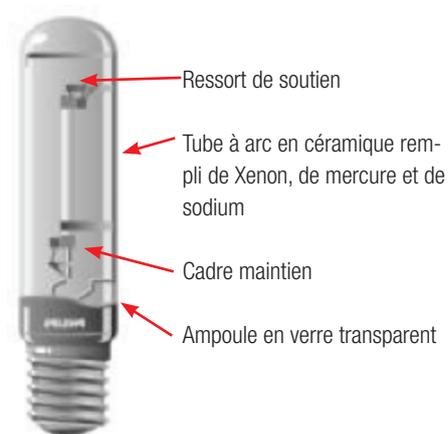
Un condensateur peut être raccordé en parallèle avec le primaire de l'autotransformateur pour améliorer le facteur de puissance. Si des impulsions de télécommande basse fréquence sont transmises dans le réseau, il faut prévoir un filtre de blocage en série.

Puissances disponibles 18 – 35 – 55 – 90 – 135 – 180[W]. Culot : BY 22 d

Applications

éclairage des routes, passage de sécurité pour piétons, tunnels, chantiers.

15.4.2.2 Lampes à vapeur de sodium haute pression



Les lampes à vapeur de sodium haute pression disposent d'un tube à arc en céramique et oxyde d'aluminium.

La lumière est produite par l'excitation d'atomes de sodium, allié à des processus complexes d'absorptions et de rayonnements secondaires sous différentes longueurs d'ondes. Il en résulte une lumière blanc-or agréable et chaude.

Lorsqu'on allume la lampe, le starter électronique envoie des impulsions de 2300 à 4000 V, ce qui crée un courant de décharge dans le xénon.

Le mercure et le sodium commencent alors à se vaporiser et à s'ioniser.

Après deux minutes, le niveau de lumière est acceptable, mais c'est seulement après 8 minutes que le flux lumineux parvient à sa valeur nominale.

Le réallumage à chaud n'est possible qu'après une minute.

Efficacité lumineuse jusqu'à 150 [lm/W].
jusqu'à 50 [lm/W] pour les lampes miniatures.

Température de couleur 2000 – 3000 Kelvin

Rendu des couleurs Ra 14 pour celles à basse pression.
Ra pouvant être entre 65 et 80 pour celles à haute pression (SHP blanches).

Puissances disponibles 35 à 1000 [W] Culots : E27 – E40

Applications éclairage des routes à grande circulation, zones piétonnes, gares de triage, halls d'usine.

15.4.3 Les lampes à leur cathodique

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.2.

15.4.4 Les lampes à cathodes froides

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.4 (lampe haute tension).

15.4.5 Les lampes à vapeur de mercure

15.4.5.1 Lampe à vapeur de mercure haute pression

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.5 partie 2.

15.4.5.2 Lampe à vapeur de mercure à induction

Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.6.

15.4.5.3 Lampe à vapeur de mercure basse pression (lampe fluorescente ou lumineuse)

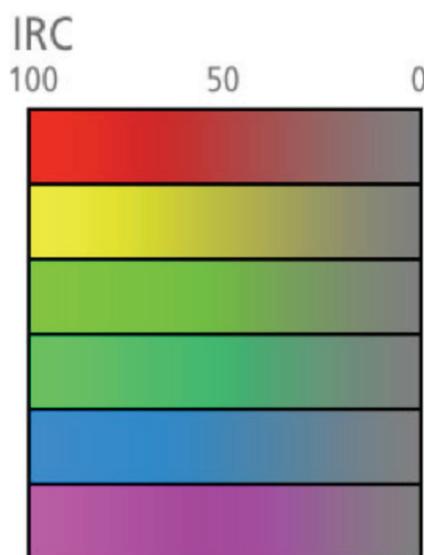
Le principe de fonctionnement est décrit dans le cours d' «électrotechnique fascicule 3» au chapitre 15.5.3.

15.4.6

Température
et rendu des couleurs

La température de couleur d'une source lumineuse indique, approximativement, à quelle température un corps absolument noir chauffé produirait la même température de couleur de la lumière.

Longueur d'onde λ [nm]	700	589	520	440	400
					
Température de couleur T [K]	4140	4920	5570	6580	7240



L'indication de la température de couleur de la lumière ne permet pas de définir clairement les caractéristiques du rendu des couleurs car elle ne donne aucune précision sur la composition spectrale de la lumière. Ce spectre n'est pas continu, mais est composé d'une succession de raies de couleur de différentes longueurs d'ondes.

L'indice de rendu des couleurs (IRC) permet de quantifier la « qualité » de la lumière blanche. C'est-à-dire, la capacité d'une source lumineuse à restituer 8 couleurs normalisées sans en altérer les teintes. L'indice de rendu des couleurs, ou IRC, s'exprime en Ra et peut prendre les valeurs de 0 à 100. Une lumière possédant la même répartition spectrale que la lumière du soleil possède un RA de 100.

Sur les TL et les lampes fluocompacts, on trouve de plus en plus un code à 3 chiffres :

Code	IRC	Température de couleur	Teinte de la lumière	
827	82 à 85	2'700 K	Blanc très chaud	 code : 840
830		3'000 K	Blanc chaud	
840		4'000 K	Lumière du jour	
930	92 à 98	3'000 K	Blanc chaud	
940		4'000 K	Lumière du jours	

Classe de rendu des couleurs	Très bon		Bon		Moins bon	Mauvais	Non défini
	1A	1B	2A	2B	3	4	-
IRC	90-100	80-89	70-79	60-69	40-59	20-39	<20
Lampes à incandescence et lampe halogène à incandescence	x						
Tubes fluo	x	x	x	x	x		
Lampes fluo compactes	x	x					
Lampes à vapeur de mercure haute pression				x	x		
Lampes aux halogénures métalliques	x	x	x	x			
Lampes à vapeur de sodium haute pression		x		x	x	x	
Lampes à vapeur de sodium basse pression							x

A chaque application sa couleur...

On ne peut pas généraliser et affirmer que telle couleur est toujours mieux qu'une autre. Par exemple :

- pour des aquariums et des plantes, il est préférable d'avoir une « lumière du jour » ;
- pour une discothèque une lampe « lumière noire » a un effet de faire « ressortir le blanc » ;
- en médecine on stérilise parfois les instruments en les soumettant à des rayons UV ;
- dans un miroir on choisit une teinte chaude (température de couleur plus froide) ;
- dans une boucherie on choisira préférentiellement une lumière un peu « rouge » afin que la viande paraisse plus rouge, éclairée en blanc, elle paraîtrait blafarde et donc moins attirante. Cela est valable pour d'autres produits.

Exemple



A gauche des mandarines sans filet. Puis des mandarines dans un emballage rouge et tout à droite des mandarines dans un filet vert.

Quelles sont les mandarines qui paraissent les plus appétissantes ?

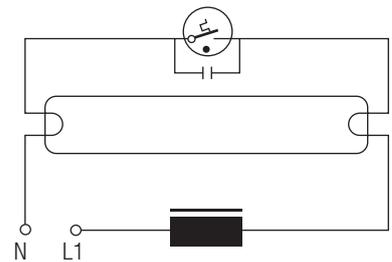
15.4.6.1

Couplage des lampes fluorescentes

Couplage inductif

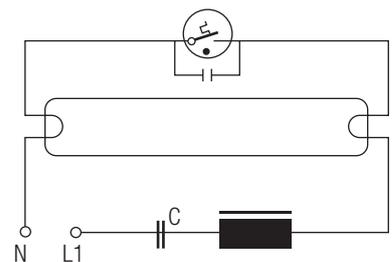
Ballast + starter est le couplage le plus communément utilisé et le moins onéreux. Préchauffage en série des électrodes. Tension d'amorçage (600 – 1000 V) fournie par le ballast à l'ouverture des contacts du starter. Amorçage sûr entre -5°C et $+50^{\circ}\text{C}$. Facteur de puissance : $\cos \Phi = 0,45$.

Avec une self électronique, il n'y a plus de starter. Un autre avantage de la self électronique est que l'on peut varier l'intensité lumineuse de la lampe (avec un variateur spécial).



Couplage capacitif

Ce couplage est réalisé en associant un condensateur en série avec le ballast de la lampe. Il est obligatoire selon les PDIE toutes les 2 ou 3 armatures si elles sont équipées d'une self avec noyau ferromagnétique pour diminuer l'angle de déphasage.



Le couplage tandem

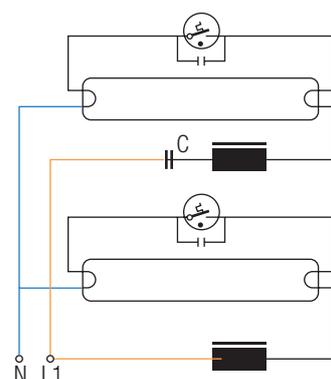
Les deux lampes fonctionnent en série, mais avec starters spécifiques. Préchauffage des électrodes en série.

Couplage Duo (ci-contre)

C'est l'association d'un couplage inductif et capacitif en parallèle.

Le courant et le flux lumineux du couplage capacitif est décalé par rapport au couplage inductif, ce qui élimine l'effet stroboscopique.

Ce couplage est utilisé dans des luminaires à deux lampes fluorescentes.



15.4.7

Lampes fluocompactes
(LFC)

Les lampes fluocompactes ou lampes « économiques » font partie de la famille des lampes fluorescentes à vapeur de mercure. La principale différence est l'emploi d'un tube en verre courbé qui en réduit les dimensions et en permet l'emploi dans des luminaires « traditionnels ».

Actuellement, ces lampes sont vendues avec un ballast électronique incorporé.



Avantages

- l'efficacité lumineuse est d'environ 5 fois plus grande qu'avec une lampe à incandescence et atteint des valeurs comprises entre 50 et 70 lm/W ;
- la durée de vie de ce type de lampe peut atteindre 10 000 heures.

Désavantages

- le prix d'achat est nettement plus élevé que pour l'ampoule à incandescence ;
- le courant est de type impulsionnel ;
- la lampe génère des parasites ;
- la quantité de lumière émise diminue en cas de baisse de la température ambiante ;
- il faut attendre de quelques secondes à quelques minutes pour que la lampe fournisse 100 % de sa lumière ;
- on ne peut pas varier facilement la quantité de lumière émise (pas de variateur « domestique ») ;
- son élimination doit être contrôlée.

Tableau comparatif
du coût de lampes
à incandescence
et fluocompactes

Pour éclairer un local on avait besoin de 5 lampes spots à incandescence 25 W que l'on remplace par un système avec 5 lampes spots fluocompactes de 5 W (même quantité de lumière émise)

Voici un tableau comparatif du coût pour 10 000 heures d'utilisation à 20 centimes le kWh :

Incandescence	fluocompact
Prix d'achat (1000 h) : $5 \cdot 2.20 = 11.00$ CHF 10 remplacement pour 10 000h : $10 \cdot 11.00 = 110.00$ CHF prix de l'énergie pour 10000h : $0,2 \cdot 10\ 000 \cdot 5 \cdot 0,025 = 250.00$ CHF prix total $250.00 + 110.00 = 360.00$ CHF	Prix d'achat (10000h) : $5 \cdot 11.90 = 59.50$ CHF Aucun remplacement : prix de l'énergie pour 10000h : $0,2 \cdot 10\ 000 \cdot 5 \cdot 0,005 = 50.00$ CHF prix total $50.00 + 59.50 = 109.50$ CHF
Avant	Après

15.4.8 Exemples d'exécution des lampes fluocompactes

<p>Lampes fluorescentes compactes économiques-EC pour appareils auxiliaires ferromagnétique, starter intégré, Ø 34 mm</p> <p>culot-2-broches G23</p>		<p>lampe CFL Square 28 W/827 Pour exploitation sur ballasts électroniques (4 broches) et sur ballasts conventionnels (2 broches)</p> <p>Culot GR8</p>	
<p>PL Electronic Pro Refl</p> <p>Intensité lumineuse élevée. 80 % du flux nominal est atteint après 2 minutes. Plus de 80 % du flux sur une large plage de température ambiante (-20 à + 55°C) Compatible avec les lampes réflecteur R80 incandescence</p>		<p>lampe Dulux-L 36 W/880</p> <p>lampes fluocompactes / lampe fluorescente mono-culot à broches, avec 4 broches / un confort lumineux supérieur / longueur 411 mm / Ø 17,5 mm / culot 2 G11</p>	
<p>Genie 8Y 5 W E14 230 V</p> <p>lampe fluorescente compacte, 240 V, opalin, durée de vie 10'000 h, appareil auxiliaire électronique, intégré, non réglable, culot E14</p>		<p>Lampe fluorescente compacte, Transformateur électronique, Allumage instantané, Excellent rendu des couleurs (Classe 1B), Couleur chaude (2'700°K), Allumage instantané, Durée de vie 8 000 heures.</p>	
<p>Lampes fluorescentes compactes opalin, appareil auxiliaire électronique intégré, non réglable, durée de vie <= 12 ans/3 h par jour</p>		<p>DULUXSTAR Twist 7 W/827 E14 220-240 V Blanc chaud. Rayonnement lumineux dirigé avec angle de 60°. Durée de vie moyenne de 6 000 heures. Dimensions : Longueur env. 91 mm, Ø 50 mm</p>	
<p>Lampe fluocompacte 6335</p> <p>lampe économique E27 de 11 W. 230 V / 50-60 Hz, 11 W, douille E27, 2'700 K (blanc chaud)</p>		<p>spot R50 PowerLight</p> <p>7 W E27 230 V lumière du jour 4'100 K, (=40 W de manière conventionnelle)</p>	
<p>spot R80 PowerLight</p> <p>15 W E27 230 V vert (=100 W de manière conventionnelle)</p>		<p>Lotus Powerlight</p> <p>10 W E27 230 V de lumière du jour 4100 K (=50 W de manière conventionnelle)</p>	

15.5 Les LED (DEL)

15.5.1 Généralités

Les lampes LED sont constituées par des diodes électroluminescentes, donc des composants électroniques qui émettent de la lumière lorsqu'ils sont parcourus par un courant électrique.

Si au début de leur commercialisation leur efficacité lumineuse était très faible (2-3 lm/W à la fin des années 70), elles ont atteint au début du troisième millénaire des valeurs respectables (jusqu'à dépasser 120 lm/W), dépassant ainsi les lampes à incandescence « normales », halogènes et FLC.

La lumière émise par les LED est généralement le rouge, le bleu, le vert, le jaune et les UV.

La couleur blanche étant un ensemble des autres couleurs (le mélange de toutes les longueurs d'onde du domaine visible), les LED blanches ne sont apparues que très tard. On peut varier la quantité lumière rouges, bleues ou vertes pour changer la température de couleur d'une source.

Une diode « blanche » est souvent constituée de 3 diodes (rouge, bleu, vert ou 2 bleu et une jaune) ou alors d'une diode ultraviolette (UV avec une couche fluorescente sur le verre).

On trouve également des luminaires équipés LED qui ont comme particularité de changer de couleur. On peut ainsi choisir la couleur émise par la lampe en fonction de l'heure par exemple.



Avantages

- durée de vie : 50 000 heures (l'indication L70 35'000 veut dire qu'au bout de 35'000 heures l'éclairage n'est plus que de 70 % de la valeur affichée),
- moins de pertes dans les lignes d'alimentation,
- moins d'intervention pour l'échange des ampoules,
- possibilité de régler la température de couleur émise,
- large gamme de produits permettant de penser l'éclairage différemment,
- produit 100 % de sa lumière tout de suite et indépendamment de la température ambiante.
- peu de dégagement de chaleur,
- moins de puissance installée,
- ne contient pas de mercure,

Désavantage

- Prix d'achat élevé.

Note

- *On admet que le passage de l'incandescence sans ou avec halogène au système LED est bénéfique déjà au bout de 3 à 4 ans (y compris l'investissement en matériel) même sans prendre en considération l'augmentation probable du prix de l'énergie électrique.*

Application

Ces lampes ont déjà beaucoup d'applications d'éclairage. Par exemple, elles équipent déjà des feux de voiture (inutile de placer un filtre rouge qui retient 80 % de la lumière émise car la diode émet une lumière rouge) ou de circulation.

Elles ont aussi des applications particulières telles que l'éclairage sous-marin pour filmer des animaux sans les faire fuir (diode proche de l'infrarouge) ou l'utilisation en médecine chirurgicale. Actuellement, elles ont conquis également l'éclairage de l'habitat.

Les lampes LED sont également utilisées dans la décoration, simulation de bougie, éclairage de couleur, lampe de poche, lampe de table avec choix de la couleur émise.

Dans certain cas – veilleuse, éclairage de cadran, etc. – on utilise des lampes électroluminescentes qui fonctionnent selon le même principe mais sont constituées d'autres matériaux et qui ont l'avantage de se brancher directement sur le réseau.

15.5.2 Commande des lampes LED



L'alimentation des lampes LED doit se faire en utilisant des transformateurs.

Si l'on veut pouvoir changer la couleur émise par la lampe, il faudra un transformateur avec organe de commande incorporé commandé à distance ou télécommandé.

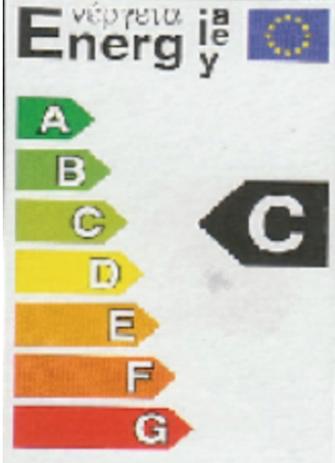


Il existe également des luminaires LED avec détecteur de présence incorporé (alimentation par pile dans cet exemple).

10.5.3 Exemples de lampes LED

Decospot LED PAR WS16R white E14 230 V BLI		DecoLED E14 B40 bleu	
Parathom® R50 lampe à LED professionnelle pour tension réseau Très petite consommation d'énergie, résistante aux chocs et vibrations Ni UVs ni IRs dans le rayonnement lumineux /15° / 50-60 Hz		DecoLED Outdoor E27 G 50 blanc froid	
Parathom Classic 0,5 W color changing E27 Ø=55 mm, pour tension réseau, Résistante aux chocs et vibrations, faible émission de chaleur. Forme de lampe à incandescence Pour l'intérieur ou l'extérieur.		Parathom Globe 1,4 W E27 Ø=95 mm rouge pour tension réseau. Résistante aux chocs et vibrations, faible émission de chaleur. Forme de lampe à incandescence classique. Pour l'intérieur ou l'extérieur. 50-60 Hz.	
Decospot LED PAR CC16R Color changing GU10 230 V BLI		LINEARlight Flex Module DEL (variable) sur circuit imprimé flexible. Les modules peuvent être employés pour des longues lignes lumineuses,	

15.6 Symboles utilisés pour les ampoules

	<p>Correspondance entre l'actuelle puissance (53 W) et celle d'une ancienne ampoule à incandescence qui produirait la même quantité de lumière soit 850 lm</p>		<p>Nombre d'enclenchements assurés sans modification de la durée de vie</p>
	<p>2 000 heures d'utilisation ce qui correspond environ à 2 ans d'utilisation dans l'habitat soit 2h45 par jour</p>		<p>Produit 100 % de la lumière sans délais</p>
	<p>Température de couleur : 2'800 K (blanc chaud)</p>		<p>Ne pas toucher avec les doigts</p>
	<p>Energy C class</p> <p>classe énergétique C (entre 16 et 20 lm/W)</p>		<p>Ne doit pas être mis dans une poubelle avec les ordures ménagères</p>
	<p>dimmable</p> <p>Possibilité de régler le flux lumineux avec un variateur pour incandescence</p>		<p>Recyclable</p>
	<p>N'est pas compatible avec le fonctionnement d'un variateur standard.</p>		<p>Avec Filtre UV</p>
	<p>Débrancher le luminaire avant chaque intervention</p>		

15.7 Questionnaire

1. Selon quels principes les lampes à incandescence produisent-elles de la lumière?

En chauffant un métal (tungstène) à une température proche de la fusion, le métal émet de la lumière.

2. Quelle est la matière utilisée pour la fabrication d'un filament d'une lampe à incandescence?

Tungstène.

3. Pourquoi utilise-t-on cette matière?

Son point de fusion est très élevé permettant l'émission de température de couleur élevée.

4. Quels sont les gaz utilisés pour le remplissage des ampoules à incandescence?

Argon ou krypton ou xénon

5. Citer 3 culots à visser utilisés pour les lampes à incandescence :

E10, E14, E27, E40 (petite vis, Edison, Goliath).

6. A quoi reconnaît-on une ampoule utilisable dans un four?

La température d'utilisation est indiquée dessus (300°C).

7. Quelle est la lampe qui a la plus grande efficacité : une lampe à incandescence de 230 V/40 W ou une de 24 V/40 W?

La lampe 24 V, à puissance égale le courant sera plus grand et la température du filament aussi.

8. Citer la puissance absorbée des diverses lampes ancestrales à incandescence :

15 W, 25 W, 40 W 60 W, 75 W et 100 W

9. Dans quelle proportion varie, de l'état froid à l'état chaud, la résistance d'un filament en tungstène d'une lampe à incandescence?

Environ un facteur de 10.

10. Quelle est la résistance à 20°C d'une ampoule 230 V 60 W à incandescence?

$R_{2800^{\circ}\text{C}} = 230^2/60 = 880 \text{ ohms}$, $R_{20^{\circ}\text{C}} = 880 / (1 + 0,004 * 2780) = 73 \text{ ohms}$

11. Citer 4 avantages des lampes halogènes par rapport aux lampes à incandescence ancestrales.

Meilleure efficacité lumineuse (ou/et énergétique), forte puissance en 230 V,
faible encombrement en BT, durée de vie allongée.

12. Pour quelle raison la reproduction des couleurs est-elle meilleure avec une lampe halogène qu'avec une lampe à incandescence ?

La température du filament est plus haute, la température de couleur aussi, la plage
des fréquences lumineuses émises plus large.

13. Sur quoi faut-il particulièrement porter son attention lors de la mise en place d'une lampe halogène ?

Ne pas toucher le verre avec les doigts, faire attention à la distance aux objets inflammables.

14. On installe 6 lampes halogènes de 50 [W] 12 [V]. Calculer le courant, la section de la ligne et la puissance dissipée par la ligne qui a une longueur de 12 [m].

P_{tot} : 300 W

a) si le transformateur est installé à côté des luminaires 12[V].

$I = 300/230 = 1,3 \text{ A} \rightarrow A = 1,5 \text{ mm}^2$; $R = 0,28 \text{ ohm}$, $P_{\text{perdue}} = 0,47 \text{ W}$

b) si le transformateur est installé au tableau.

$I = 300/12 = 25 \text{ A} \rightarrow A = 4 \text{ mm}^2$; $R = 0,11 \text{ ohm}$, $P_{\text{perdue}} = 69 \text{ W}$

mais $U_c > 5\%$ (22%) donc $U_{c \text{ max}} = 0,6 \text{ V}$, $R_{\text{max}} = 0,024 \text{ ohm}$, $A = 25 \text{ mm}^2$; $R = 0,017 \text{ ohm}$, $P_{\text{perdue}} = 10,5 \text{ W}$

15. Quelle est la fonction de la couche fluorescente se trouvant sur les parois intérieures du tube ?

Modifier la longueur d'onde émit lors de la luminescence (passage des UV à la lumière visible).

16. Pour quel usage utilise-t-on les tubes fluorescents sans couche fluorescente ?

Médical (stérilisation) chambre UV, disco.

17. Citer deux types de ballast utilisés pour les tubes fluorescents.

Ferromagnétique ou électronique.

18. Pour quelle raison peut-on, une fois que le tube fluorescent est amorcé, débrancher le starter sans que la lampe ne s'éteigne ?

Le courant ne passe pratiquement plus par le starter une fois l'amorçage fait.

19. Quel est le facteur de puissance d'un luminaire fluorescent inductif ?

0,45

20. Quel est le principal avantage du montage DUO ?

Supprime l'effet stroboscopique.

21. Où le montage DUO est-il utilisé ?

Dans les menuiseries ou ateliers à machine tournante sans protection des organes en mouvements.

22. Qu'est-ce qui influence négativement la durée de vie d'un tube fluorescent ?

Le nombre d'allumages.

23. Qu'est-ce qu'un montage tandem ?

Un montage de tube en série.

24. Citer 4 avantages des lampes fluocompactes par rapport à l'halogène

Bonne efficacité lumineuse, => moins cher à l'utilisation que l'halogène, moins de chaleur émise, longue durée de vie.

25. Quelle est l'efficacité de ces lampes ?

Entre 50 et 70 lm/W.

26. Quel type de ballast est utilisé pour les lampes FLC à alimentation intégrée ?

Electronique

27. Citer les applications d'une lampe à induction :

A chaque fois que le prix du remplacement est très élevé (stade de foot, tunnels routiers, etc, ...)

28. Peut-on commander par un gradateur une lampe LFC ?

Seulement si elle est munie du signe distinctif

OSRAM DULUXSTAR® Mini Twist	
W	11 W
lm	660 lm
T[Kelvin]	2500 K = warm comfort light
R _a	≥ 80
	< 40 s = 60 % light
	—
t[h]*	8000 h = 8 years (≈ 2.7 h/day)
	5000
Hg	1.6 mg
V · Hz	220-240 V · 50-60 Hz
	E14
www.osram.com/energysavers	

29. Quelle est l'efficacité lumineuse de cette ampoule et quelle est sa technologie ?

$k = 660 / 11 = 55 \text{ lm/W} \Rightarrow$ fluocompact (vapeur de mercure)

30. A quelle puissance de lampe à incandescence cette ampoule équivaut-elle ?

$5 * 11 = 55 \text{ W}$

31. Quel est le flux lumineux émis 40 s après son enclenchement ?

$660 * 0,6 \Rightarrow 400 \text{ lm}$

32. Combien de temps durera-t-elle si elle est utilisée 8h/jours tous les jours ?

$8000 / 8 = 1000 \text{ jours} \Rightarrow$ env. 2 ans et 9 mois

33. Quelle est sa température de couleur ?

2500 Kelvin (couleur chaude).

34. Quel serait le numéro de son code à 3 chiffres ?

825

35. Calculer l'économie réalisée avec cette lampe au bout de sa période de vie (par rapport à l'incandescence) :

$(55-11) * 8'000 = 352 \text{ kWh}$, à 0,22 CHF/kWh $\Rightarrow 77,45 \text{ CHF}$

36. Pour quel type de culot cette lampe est-elle construite et combien d'allumages supporte-t-elle ?

E14 et 5000 allumages

37. Quelle est l'efficacité lumineuse atteinte ainsi que la durée de vie des lampes LED ?

En 2017 env. 120 lm/W (2 fois mieux que les LFC et 10 fois mieux que l'incandescence)

de 25000 à 50 000 heures.

Chapitre 16 TECHNIQUE D'ÉCLAIRAGE

16.1 Définitions et calculs

La lecture du chapitre 15.1 du fascicule 3 de l' «électrotechnique» vous apprendra la nature de la lumière, et ses principales caractéristiques telles que la longueur d'onde et la température de couleur.

Son chapitre 15.2 vous définit les grandeurs et explique les calculs relatifs à l'éclairagisme (intensité lumineuse, flux lumineux, efficacité lumineuse, rendement et éclairement).

16.2 Conditions d'un bon éclairage

Pour procurer un sentiment de confort visuel, un éclairage devra répondre aux conditions suivantes :

1. procurer un niveau d'éclairage suffisant pour que l'on obtienne les luminances nécessaires,
2. ne pas provoquer d'éblouissement, de papillotement ;
3. ne pas provoquer d'ombres gênantes, soit par la direction de la lumière, soit par trop de contraste ;
4. donner un modelé suffisant des objets. Il ne faut pas que l'éclairage soit trop directionnel (ombres très contrastées) ni trop diffus (perte de l'effet de modelé) ;
5. avoir une teinte de lumière appropriée ;
6. procurer un rendu des couleurs conforme aux besoins ;
7. ambiance lumineuse adéquate. Les dernières recherches montrent l'importance physiologique d'un bon éclairage. Le bien-être, l'humeur, la productivité sont nettement améliorés ;
8. consommation d'énergie réduite.

16.2.1 Valeurs recommandées

	E, [lx]		E, [lx]
Bureaux		Hôtels, cafés, restaurants	
Réception, guichet de téléphoniste, travaux simples	300 500	Réception, entrée	300
Travaux généraux, salles de conférences	1000	Cuisine, buanderie, lingerie	500
Dessiner, traitement des cartes perforées	1000	Restaurant, salle à manger	200
Bureaux paysagers		Self service, buffet, office	500
		Lecture, salles de correspondance, travail à l'aiguille	500
		Salle de bains	300
Locaux de vente		Théâtres, salles de concert, cinémas	
Locaux de vente	300 – 500	Entrée, foyer, vestiaire	200
Grand magasin	500 – 750	Caisse	300
Self service	750-1000	Salles d'exercices, loges d'artistes	200
Vitrines	>1000	Salle du public pendant les entractes	200
		Pupitres de l'orchestre	500
Expositions, musées, bibliothèques		Hôpitaux, cabinets de médecin	
Locaux généraux d'exposition, collections, salle des livres, salle de lecture	300	Salles d'attente, de séjour	300
Table de lecture	500	Salles du personnel	500
		Salles d'examen, laboratoire	1000
Habitations		Préparation, salle d'opération	1000
Locaux auxiliaires	100	Chambres des malades, éclairage général	100
Buanderie	200		
Cuisine	300		
Salle de bain	300		

Ecoles		Produits électrotechniques	
Salles de classe	300	Travaux généraux	300
Amphithéâtres, salles de cours, salles pour la chimie et la physique	500	moyens	500
Salles des maîtres, des professeurs, bureaux	500	fins	750
Zone de circulation, couloirs, cages d'escaliers	100	très fins	1000
Vestiaires, lavabos, toilettes douches	100	Ajustage, contrôle, étalonnage	1000
Halles de gymnastique, piscines couvertes	300		
Instruments, montres		Construction métallique, machines, appareils	
Travaux aux machines et de montage : fins	1000	Travaux aux machines et de montage : grossiers	300
très fins	1500 +	moyens	500
Ajustage, contrôle, étalonnage	1500 +	fins	750
		très fins	1000
		Ajustage, contrôle, étalonnage	1000

16.3 Mesure de l'éclairement

Pour mesurer l'éclairement, on utilise un appareil de mesure appelé **luxmètre**.

Les luxmètres sont des appareils très simples d'emploi. Ils possèdent une cellule photo-réceptrice qu'il suffit de placer perpendiculairement à la source lumineuse, On choisit la gamme de mesure et le nombre de lux à cet endroit s'affiche sur l'écran de l'appareil.

Actuellement numériques, ce ne sont pas des appareils d'une grande précision qui ont souvent entre 3 et ½ et 4 digits et une erreur variant entre 1 – 10 % d'erreur et jusqu'à 10 digits d'erreur constante.



Exemple

L'appareil ci-dessus est un luxmètre à 3 digits et demi et une erreur de **5 % + 5 digits**

- Il a donc une sensibilité de 2'000 points (palier de mesure). Ce qui représente 1 lux sur une échelle de 200 – 1'999 lux.
- Son erreur proportionnelle de **5 %** vaut lors de l'affichage de 724 lux : $724 \cdot 0,05 = 36,2 \text{ lux}$.
- Son erreur constante de **5 digits** vaut lors de l'affichage de 724 lux : **5 lux**.
- L'erreur absolue maximum est donc dans ce cas de 41,2 lux, soit 5,7 % de la lecture.

Note

- *Ce n'est pas parce que le fabricant n'assure pas une plus grande précision que l'appareil indiquera une valeur avec l'erreur maximale. Il peut aussi afficher la bonne valeur ou n'importe quelle valeur comprise entre la valeur réelle \pm la somme des erreurs.*

16.4 Questionnaire

1. Un local mesure 12 m x 16 m et a un rendement de 42 %. On veut un éclairage de 320 lux. Calculer le nombre d'armatures TL 36 W / 230 V / 50 Hz / $\cos \Phi$ 0,48 / 3250 lumen.

$$N = E * A / (h * \Phi_{TL}) = 320 * 12 * 16 / (0,42 * 3250) = 45 \text{ armatures}$$

2. Un atelier mesure 160 dm par 115 dm. Il est équipé de 30 armatures TL 36 W / 3250 lumen. On mesure sur les plans de travail 235 lux. Calculer le rendement de l'atelier :

$$N = E * A / (n * \Phi_{TL}) = 235 * 16 * 11,5 / (30 * 3250) = 0,444 [-]$$

3. Un local d'exposition en forme d'hexagone a un rendement de 42,5 %. La longueur d'un pan de l'hexagone mesure 4 m. On veut un éclairage de 386 lux. Combien faut-il de lampes halogènes de 50 W / 12 V / 910 lm. ?

$$A = 6 * b * h / 2 = 6 * 4 * 4 * 0,866 / 2 = 41,6 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$N = E * A / (h * \Phi_L) = 386 * 41,6 / (0,425 * 910) = 42 \text{ lampes}$$

4. Cet appareil porte les indications suivantes :

- affichage LCD 2000 points
- précision : $\pm 4\% \pm 10$ digits

Quel est son nombre de digits? _____

Selon p.166 3 digit et demi

Calculer son erreur proportionnelle. _____

$$1493 * 0,04 = 59,8 \text{ lx}$$

Calculer son erreur constante. 10 lx



Calculer la valeur maximale affichable si la sensibilité affichée est de 1 lux.

$$1493 + 60 + 10 = 1563 \text{ lx}$$

Calculer la valeur minimale possible d'éclairage si la sensibilité affichée est de 1 lux.

$$1493 - 60 - 10 = 1423 \text{ lx}$$

5. Selon le graphique ci-contre, que vaut l'intensité lumineuse dans l'axe de la source ?

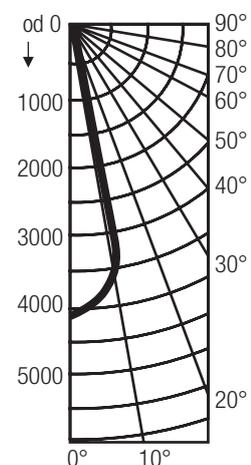
$$4150 \text{ [cd]}$$

6. Que vaut l'éclairage à 1 mètre de la source (dans l'axe de la source) ?

$$4150 \text{ [lx]}$$

7. Que vaut l'éclairage à 2,5 m de la source (dans l'axe de la source) ?

$$E = I / r^2 = 4150 / 6,25 = 664 \text{ [lx]}$$



8. A quel type de luminaire avons-nous affaire ?

Spot

9. Quel est le flux lumineux de cette lampe ?

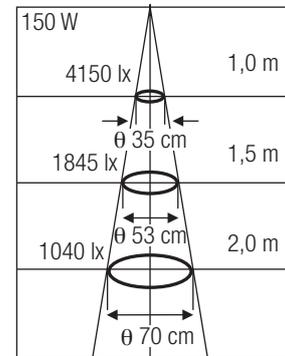
$$\Phi = E * A = 4150 * (0,175^2 * \pi) = 400 \text{ [lm]}$$

10. Quelle est la surface éclairée à 2 m de la source ?

$$A = \pi * D^2 / 4 = 3,14 * 0,7^2 / 4 = 0,385 \text{ [m}^2\text{]}$$

11. Quel est l'éclairement à 4 m de la source ?

$$E_{4m} = E_{1m} / 4^2 = 4150 / 16 = 260 \text{ [lx]}$$



12. Quel est le flux lumineux émis par la source si $\eta = 0,4$?

$$\Phi_s = \Phi_u / \eta = 400 / 0,4 = 1000 \text{ [lm]}$$

13. Quel est l'angle au sommet du cône d'émission de lumière ?

20 °

14. Des deux derniers graphiques, lequel à la plus grande intensité ?

Ce sont les mêmes.

15 Représenter à l'échelle 1 :1 la trace de lumière si la source est à 25 cm au-dessus de la feuille.

Un rond de 8,8 cm de diamètre.

Chapitre 17 REDRESSEURS

Un redresseur est un dispositif électronique qui permet de transformer un signal alternatif en un signal continu pulsé ou lissé.

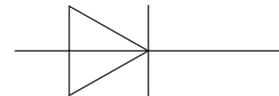
Il existe plusieurs types de redresseurs :

- mono-alternance ;
- bi-alternance ;
- triphasé.

Quel que soit le type choisi, il sera construit avec une ou plusieurs diodes.

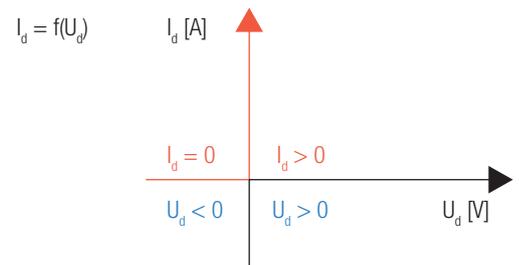
17.1 Les diodes

Une diode est un composant principalement constitué de silicium ou de germanium.



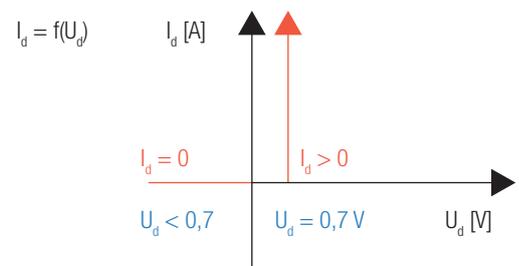
On peut résumer son comportement de manière très simple à : « **la diode laisse passer le courant dans un sens, mais pas dans l'autre** ».

Cette manière de simplifier son fonctionnement est facilement utilisable en basse tension.



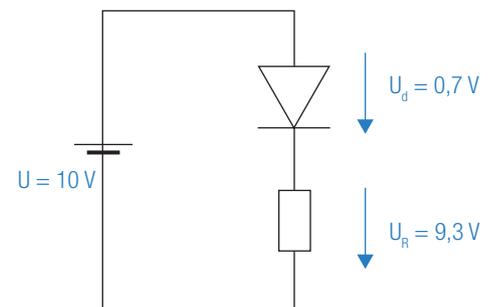
Dans un modèle à coude : « **la diode laisse passer le courant seulement à partir d'une tension de 0,7 V** ».

Si la tension d'alimentation est en TBT, alors il est impératif d'utiliser ce modèle pour tenir compte de la chute de tension de la diode (0,7 V) lorsqu'elle est en mode « conduction ».



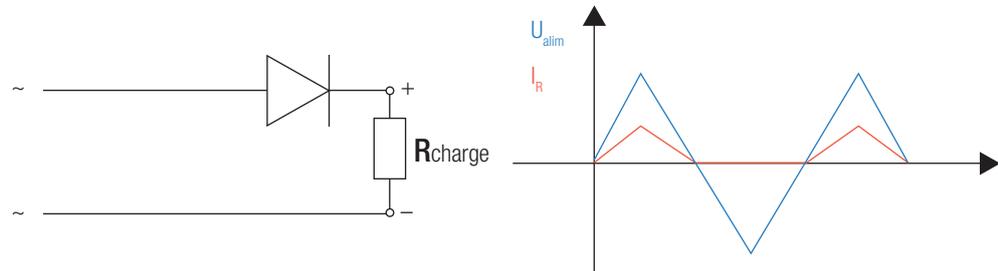
exemple d'un circuit

Par exemple, si pour alimenter une gâche électrique, on redresse une tension alternative de 12 V en continu avec un redresseur bi-alternance, le courant passe à travers 2 diodes en série, la chute de tension sera de 1,4 V. Il faudra donc installer une gâche 10 V (il y a aussi des chutes de tension dans la ligne) et non pas une de 12 V.



17.2 Les redresseurs mono-alternances

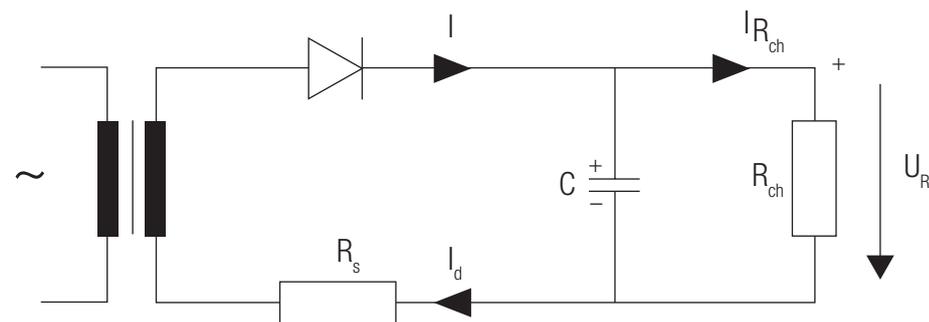
Le redresseur transforme la tension alternative en une tension continue pulsée. Un courant ne peut traverser la résistance de charge que pour une alternance positive.



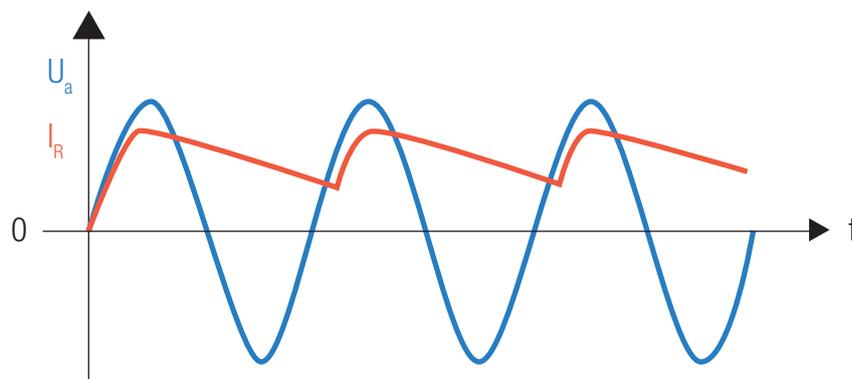
La tension maximale de la tension de sortie U_R est égale à $\hat{U} - 0,7 \text{ V}$. La valeur efficace de ce montage est relativement basse puisque le montage ne conduit que la moitié du temps.

17.2.1 Redresseur mono-alternance avec lissage

On peut améliorer ce montage en « lissant » le courant grâce à un condensateur en parallèle. Il est également possible de faire un lissage avec une self en série ou encore mieux, deux condensateurs entre + et - et une self sur le fil positif entre les deux condensateurs.



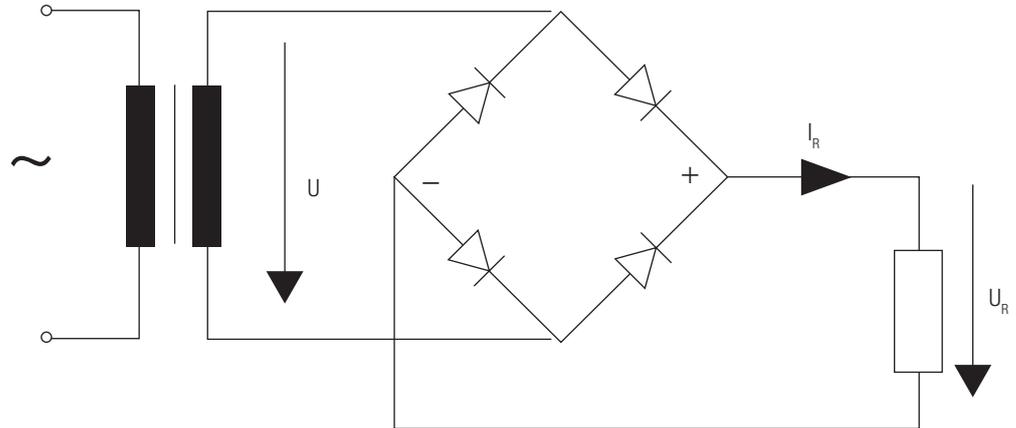
Dans ce montage, l'entrée est une tension sinusoïdale. La sortie du transformateur est donc aussi une tension sinusoïdale représentée sur le graphique ci-dessous en bleu. Lorsque la diode conduit – durant l'alternance positive – le courant traverse la résistance (courbe rouge) et alimente également le condensateur qui se charge. Quand la tension diminue, le condensateur se décharge à travers la résistance conservant ainsi un courant à travers elle.



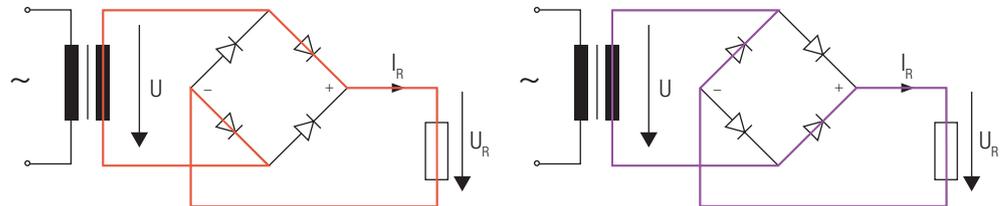
17.3 Les redresseurs bi-alternances

Le redresseur bi-alternance a comme principale caractéristique de laisser passer l'alternance positive et de redresser l'alternance négative. Le couplage de diodes nécessaire à cette fonction s'appelle un pont Graëtz.

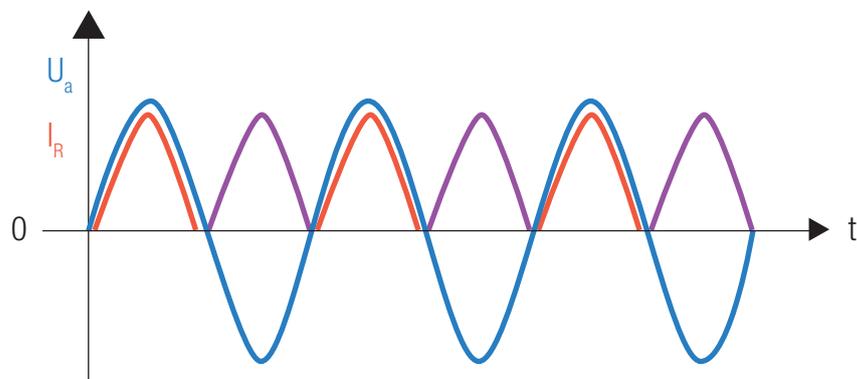
Pour positionner correctement les 4 diodes, il faut les placer de façon à ce que depuis la borne $-$, elles soient toutes orientées dans le sens passant vers la borne $+$.



Ci-dessous, on voit le passage du courant en rouge lorsque la tension d'alimentation est positive (le $+$ en haut et le $-$ en bas), et à droite et en violet le parcours du courant lorsque c'est l'alternance négative qui alimente le montage. On constate que quelle que soit l'alternance, la résistance de charge est parcourue par un courant qui est toujours de même sens (courant continu). Dans chacune des alternances le courant traverse deux diodes ce qui engendre une chute de tension de $1,4\text{ V}$.



Avec une alimentation sinusoïdale, la forme du courant devient celle représentée ci-dessous avec une tension maximale inférieure de $1,4\text{ V}$ à $U_{\text{alimentation}}$ et des moments de non conduction quand cette tension n'atteint pas encore les $1,4\text{ V}$ positif ou négatif.



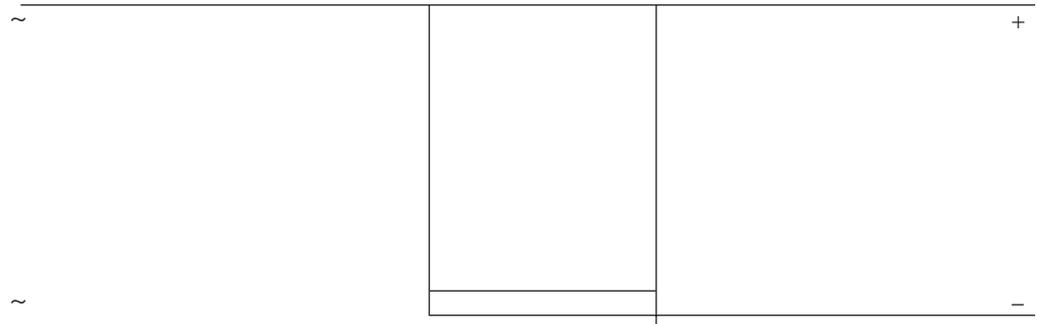
en bleu : U alimentation, en rouge I_R : alternance positive, en violet I_r : alternance négative

17.4 Questionnaire

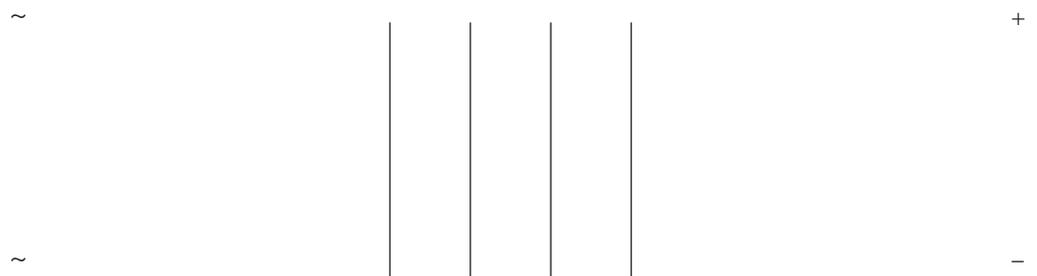
1. Dessiner le symbole d'une diode conventionnelle :

2. A partir de quelle tension une diode au silicium conduit-elle ?

3. Placer les diodes pour faire un pont Graëtz :

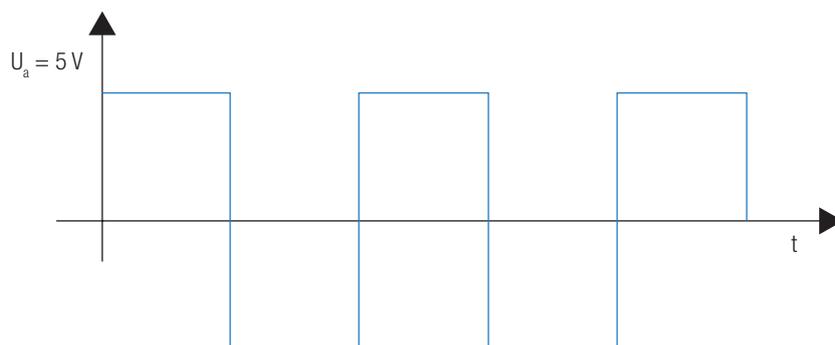


4. Placer les diodes pour faire un pont Graëtz :



5. A quoi sert un pont de Graëtz ?

6. Représenter le courant de sortie d'un montage redresseur mono-alternance dont la résistance de charge vaut 10 ohms :





CATARO 086081

ISBN 978-2-88500-831-9