

**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**

**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°: 12      INSTALLATION ET BRANCHEMENT  
DES APPAREILS DE CHAUFFAGE  
ELECTRIQUE**

**SECTEUR :      ELECTROTECHNIQUE**

**SPECIALITE :      ELECTRICITE  
DE BÂTIMENT**

**NIVEAU :      SPECIALISATION**

**ANNEE 2006**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's navigation bar with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The main header features the logo 'Maroc Etude.Com' and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique'. Below the header are links for 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is located on the right. The main content area includes a sidebar with 'Announcements Google', 'Emploi Maroc', 'Games Download Free', and 'Games PC Online'. The central banner advertises 'MacKeeper -20%' with a coupon code and a robot character. The right sidebar lists 'Announcements Google', 'Games', 'Games Online', 'Engineering School', and 'Network Troubleshooting'.

**Document élaboré par :**

**Nom et prénom**

**EFP**

**DR**

*DINCA Carmen*

*CDC Génie  
Electrique*

*DRIF*

**Révision linguistique**

-  
-  
-

**Validation**

-  
-  
-

## SOMMAIRE

Présentation du Module.....	7
RESUME THEORIQUE .....	8
I. MODES DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR.....	9
II. LES PROCEDES DE CHAUFFAGE ELECTRIQUE .....	11
II.1. Chauffage indirect par résistance .....	11
II.1.1. Principe.....	11
II.1.2. Caractéristiques.....	12
II.1.3. Applications .....	13
II.2. Chauffage direct par conduction .....	13
II.2.1. Principe.....	13
II.2.2. Caractéristiques.....	13
II.2.3. Applications .....	14
II.3. Le chauffage par induction .....	14
II.3.1. Principe.....	14
II.3.2. Caractéristiques.....	15
II.3.3. Sources d'alimentation électrique .....	15
II.3.4. Applications .....	15
II.4. Chauffage par arc électrique .....	16
II.4.1. Principe.....	16
II.4.2. Caractéristiques de l'arc .....	17
II.4.3. Applications .....	17
II.5. Chauffage par rayonnements infrarouges .....	18
II.5.1. Principe.....	18
II.5.2. Caractéristiques.....	18
II.5.3. Applications .....	19
II.6. Chauffage par hyperfréquences .....	20
II.6.1. Principe.....	20
II.6.2. Caractéristiques.....	20
II.6.3. Équipement .....	21
II.6.4. Applications .....	21
II.7. Chauffage par micro-ondes .....	22
III. APPAREILS DE CHAUFFAGE.....	23
III.1. Convecteurs .....	23
III.2. Panneaux radiants.....	23
Rayonnement .....	24
Circuits d'alimentation.....	24
Dispositif de commande .....	24
III.3. Radiateurs à accumulation .....	25
III.4. Plancher chauffant.....	25
III.5. Films chauffants.....	27
III.6. Chauffage de l'eau.....	28

III.6.1. Constitution.....	28
III.6.2. Caractéristiques.....	28
III.6.3. Capacité des chauffe-eau.....	28
IV. GESTION OPTIMISÉE DU CHAUFFAGE.....	29
IV.1. Régulation .....	29
V. ALIMENTATION D'UN CHAUFFAGE ELECTRIQUE.....	31
VI. NORMALISATION DES ELEMENTS DES SCHEMAS ELECTRIQUES DES ELEMENTS CHAUFFANTS .....	33
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	37
TP 1 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -1 seul élément chauffant -1 allures de chauffe .....	38
TP 2 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -2 allures de chauffe .....	40
TP 3 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -3 allures de chauffe .....	42
TP 4 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -4 allures de chauffe .....	44
TP 5 – Mesures et essais sur un appareil triphasé -3 éléments chauffants -1 allure de chauffe.....	46
TP 6 – Installation et branchement des appareils de chauffage électrique.....	48
EVALUATION DE FIN DE MODULE .....	49
Liste des références bibliographiques .....	53

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**COMPORTEMENT ATTENDU**

*Pour démontrer sa compétence l'apprenti doit être capable d'installer et brancher des appareils de chauffage électrique selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.*

**CONDITIONS D'EVALUATION**

- Individuellement
- A partir de :
  - directives
  - appareils de chauffage à brancher
  - situations simulées.

**CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE**

- Choix et utilisation adéquats des appareils de chauffage
- Respect des limites d'utilisation
- Respect des règles de santé et de sécurité.

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**PRECISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE  
PERFORMANCE**

**A)** *Interpréter le plan et le schéma électrique*

- ✓ *Localisation exacte des composants.*
- ✓ *Utilisation appropriée du plan et du schéma électrique*

**B)** *Planifier les installations.*

- ✓ *Choix juste de l'équipement, de l'outillage et du matériel.*

**C)** *Préparer l'équipement, l'outillage et le matériel.*

- ✓ *Manutention sécuritaire.*
- ✓ *Vérification et préparation adéquates.*

**D)** *Localiser et fixer l'appareillage*

- ✓ *Localisation exacte.*
- ✓ *Respect de la technique de fixation.*
- ✓ *Fixations solides.*

**E)** *Installer les composants du système*

- ✓ *Installation adéquate des commandes.*
- ✓ *Câblage conforme aux normes d'installation.*

**F)** *Effectuer les raccordements électriques.*

- ✓ *Raccordement exact des composants.*

**G)** *Vérifier le fonctionnement.*

- ✓ *Fonctionnement juste du système et conformité au devis.*

**H)** *Ranger et nettoyer.*

- ✓ *Rangement approprié et propreté des lieux.*

**OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

l'apprenti DOIT MAITRISER LES SAVOIRS, SAVOIR FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR-ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

**Avant d'apprendre à Interpréter le plan et le schéma électrique  
l'apprenti doit (A) :**

1. *Reconnaître les différents systèmes de chauffage.*
2. *Expliquer les principes de fonctionnement des différents systèmes de chauffage.*
3. *Repérer les normes en vigueur liées à l'installation de l'appareillage de chauffage électrique.*
4. *Déterminer les principaux symboles et composants d'un plan d'installation d'appareillage de chauffage électrique.*

**Avant d'apprendre à planifier les installations l'apprenti doit (B) :**

5. *Consulter les instructions du fabricant.*
6. *Interpréter des plans électriques.*
7. *Reconnaître les éléments de protection contre la surintensité nécessaires pour l'installation d'appareillage de chauffage électrique.*

**Avant d'apprendre à préparer l'équipement, l'outillage et le matériel  
(C) :**

8. *Distinguer les règles de sécurité applicables à l'installation d'appareillage de chauffage électrique.*

**Avant d'apprendre à localiser et à fixer l'appareillage (D) :**

9. *Décrire les techniques de fixation des divers appareils.*
10. *Utiliser les outils de l'électricien.*

**Avant d'apprendre à installer les composants du système (E) :**

11. *Distinguer le calibre des conducteurs et des câbles utilisés pour l'installation des divers systèmes de chauffage et leurs éléments de protection.*

**Avant d'apprendre à effectuer les raccordements électriques (F) :**

12. *Décrire les techniques de raccordement des appareils de chauffage.*

## ***Présentation du Module***

Ce module permet à l'apprenti d'acquérir les connaissances nécessaires à l'installation et au branchement des appareils de chauffage électrique. Il lui permet donc d'installer les différents appareils de chauffage électrique à partir d'un plan et à l'aide de l'équipement, de l'outillage et du matériel approprié, tout en respectant les règles de santé et de sécurité et les normes en vigueur.

La durée du module est de 30 heures dont 8 h de théorie, 20 h de pratique et 2 h d'évaluation.

***Module 12 : INSTALLATION ET  
BRANCHEMENT DES APPAREILS DE  
CHAUFFAGE ELECTRIQUE***

***RESUME THEORIQUE***

## I. MODES DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR

Le mode de transmission de la chaleur, c'est-à-dire son écoulement du point le plus chaud vers le point le plus froid, dépend :

- de la nature du corps à chauffer : solide, liquide, gazeux ;
- de son environnement :

*Exemples : placé dans un four, immergé dans un bain, mobile dans un volume.*

- des conditions de confort souhaitées par l'utilisateur :

*Exemples : chauffage directionnel, chauffage d'ambiance ;*

- des contraintes économiques d'exploitation :

*Exemples : chauffage direct, chauffage par accumulation, chauffage mixte.*

C'est de la mise en œuvre rationnelle des trois modes de transmission :

- conduction,
- convection,
- rayonnement,

soit isolés, soit associés, que dépend l'obtention du meilleur rendement global de l'installation ou de l'équipement :

$$\text{Rendement calorifique} = \frac{\text{Quantité de chaleur utilisée}}{\text{Quantité de chaleur produite}}$$

**CONDUCTION : Transmission de la chaleur à travers un corps qui présente une bonne conductivité thermique.**

Cette conduction thermique est satisfaite avec des matériaux bons conducteurs de la chaleur tels le cuivre et l'aluminium.

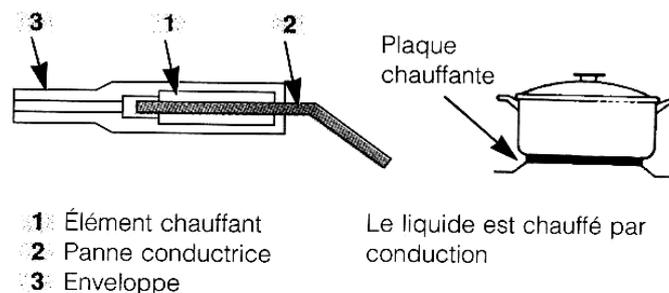
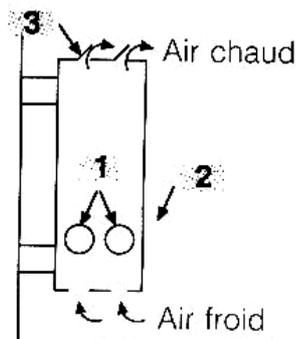


Figure 1.1

**CONVECTION** : Transmission de la chaleur par le déplacement d'un fluide chauffé par la source.

La convection peut être :

- naturelle: la modification de la masse volumique du fluide chauffé crée un courant naturel de convection du bas vers le haut,
- forcée : par l'emploi d'une ventilation mécanique.

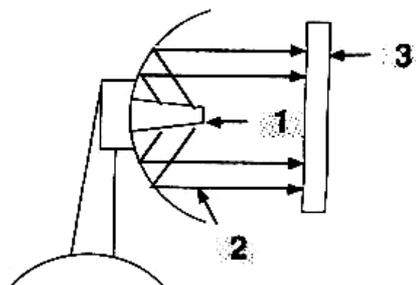


- 1. Élément chauffant
- 2. Carcasse formant cheminée
- 3. Courant de convection

Figure 1.2

**RAYONNEMENT** : L'énergie calorifique est transmise au corps à chauffer par un ensemble de radiations visibles ou invisibles émises par la source de chaleur.

Cette énergie se transmet aussi bien dans l'air que dans le vide.



- 1. Élément chauffant
- 2. Rayonnement calorifique
- 3. Pièce à chauffer

Figure 1.3

## II. LES PROCÉDES DE CHAUFFAGE ELECTRIQUE

Le chauffage électrique présente de nombreux avantages sur les autres procédés tels que le bois, le charbon, le fuel, le gaz : aucune pollution, facilité de réglage de la température, commodité d'installation, montage facile du matériel.

### II.1. Chauffage indirect par résistance

C'est le système le plus employé. Des résistances parcourues par un courant électrique chauffent et transmettent la chaleur au corps à chauffer, par convection, ou par rayonnement (figure 2.1).

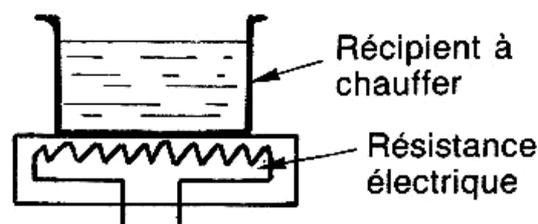


Figure 2.1 - Chauffage indirect

#### II.1.1. Principe

L'énergie électrique dans une résistance est transformée en chaleur selon la loi de Joule (figure 2.2).

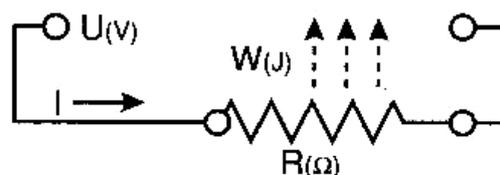


Figure 2.2 – Circuit résistif parcouru par un courant électrique I

$$W = R I^2 t \quad (J = \Omega A s)$$

$W$  = Énergie thermique en joules (ne pas confondre avec  $W$  de watt = puissance )

$R$  = Résistance en ohms

$I$  = Courant dans la résistance en ampères

$t$  = Temps de passage du courant en secondes

La correspondance entre l'énergie en joules et la chaleur est donnée par la relation:

1 calorie = 4,19 joules. On utilise aussi d'autres unités :

- Le wattheure 1 Wh = 3 600 joules
- Le kilowattheure 1 kWh = 1 000 Wh
- La thermie 1 th = 10<sup>6</sup> cal

La calorie est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 g d'eau pour élever sa température de 1°C.

*Nota:* la calorie n'est pas une unité légale. Elle est tolérée.

### Puissance thermique

Pour avoir la puissance dissipée par effet Joule, il suffit de diviser l'énergie par le temps.

$$P_t = \frac{W}{t} = \frac{R I^2 t}{t} = R I^2 \quad P = R I^2 \quad (W = \Omega A^2) \quad \text{Puissance en watt}$$

#### II.1.2. Caractéristiques

a) Facteurs dont dépend la résistance

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (\Omega = \Omega m \frac{m}{m^2})$$

$l$  = longueur en mètre

$s$  = section de la résistance en m<sup>2</sup>

$\rho$  = résistivité en ohms-mètre

*Exemple:* calcul de la résistance obtenue avec un fil de section 1 mm<sup>2</sup>, de résistivité 80 x 10<sup>-8</sup> m, et de longueur 14 m.

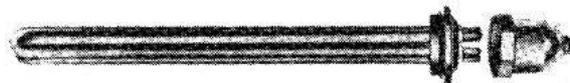


Figure 2.3 – Thermoplongeur à visser

La conversion de la section en m<sup>2</sup> donne 1 mm<sup>2</sup> = 1 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>.

$$R = \rho \frac{l}{s} = 80 \times 10^{-8} \times \frac{14}{1 \times 10^{-6}} = 80 \times 14 \times 10^{-2} = 11,2 \Omega$$

b) Température

Les performances du chauffage par résistance sont limitées par :

- les matériaux réfractaires qui entourent la résistance,
- les matériaux des résistances.

### II.1.3. Applications

Elles sont très nombreuses, aussi bien dans le domaine électroménager que dans le domaine industriel.

*Exemples:* chauffage de l'eau, chauffage des locaux, fusion de produits, traitements thermiques des métaux, séchage, etc.

## II.2. Chauffage direct par conduction

### II.2.1. Principe

La pièce est directement chauffée par le passage du courant électrique. Ce type de chauffage s'applique essentiellement aux matériaux métalliques et d'une façon générale aux matériaux conducteurs.

*Exemples :*

- réchauffage de billettes d'acier (figure 2.4) ;

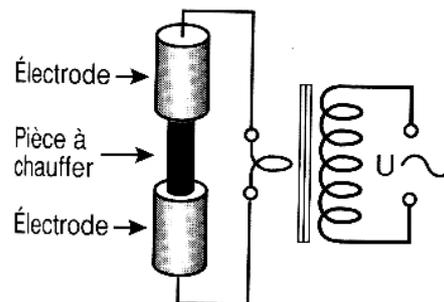


Figure 2.4 – Chauffage direct par conduction

- chauffage de l'eau par conduction (figure 2.5).

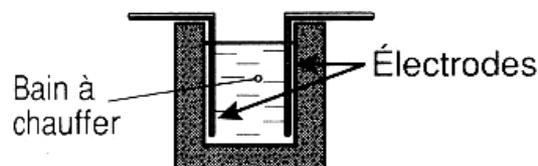


Figure 2.5 – Chauffage d'eau par conduction

### II.2.2. Caractéristiques

- Tension très faible : quelques volts.
- Intensité très élevée : plusieurs milliers d'ampères.
- Le temps de chauffe est très court.

- La régulation du courant s'effectue par un triac qui permet de limiter le courant dans le circuit (figure 2.6).

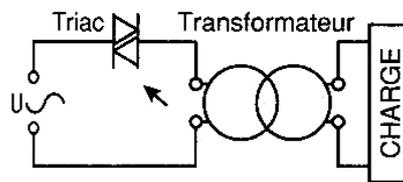


Figure 2.6 – Régulation de courant par triac

### II.2.3. Applications

Le rendement électrothermique est très voisin de 1. On l'utilise pour :

- le soudage (figure 2.7) ; le chauffage des matériaux ferreux avant formage,
- la production de vapeur avec des chaudières à électrodes, etc.

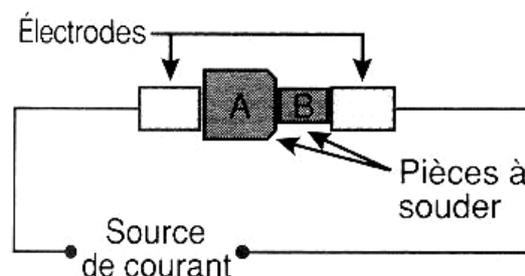


Figure 2.7 – Les pièces A et B s'échauffent lorsqu'elles sont en contact et parcourues par un fort courant

## II.3. Le chauffage par induction

### II.3.1. Principe

Une pièce en matériau conducteur placée dans une bobine inductrice parcourue par des courants variables est le siège de courants induits ou courant de Foucault (figure 2.8).

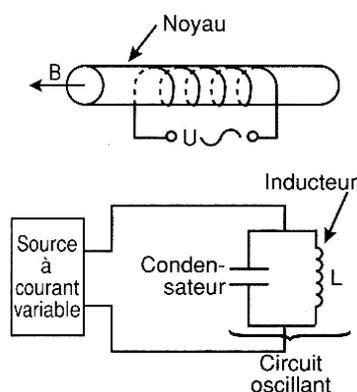


Figure 2.8 – Inducteur d'un chauffage par induction avec générateur à circuit oscillant

Ces courants sont dus à la création d'une force électromotrice provoquée par la variation du flux d'induction. Ils se développent dans le métal.

$$e = n \frac{d\Phi}{dt}$$

$e$  = force électromotrice

$n$  = nombre de spires de la bobine

$d\Phi$  = variation du flux

$dt$  = intervalle de temps pendant lequel s'effectue la variation de flux.

Le dégagement de chaleur est obtenu par effet Joule dû à la circulation des courants de Foucault dans la masse métallique.

### II.3.2. Caractéristiques

- Les courants de Foucault se développent à la périphérie de la pièce.
- Le chauffage dépend de la résistivité et de la perméabilité magnétique.
- La fréquence de la source peut être de 50 Hz à 50 kHz et plus.

### II.3.3. Sources d'alimentation électrique

Leur nature dépend de la fréquence utilisée.

- à 50 Hz : on utilise le réseau électrique. Le générateur est constitué par une source fournissant un courant variable et par une batterie de condensateurs constituant un circuit oscillant avec l'inducteur.
- de 400 Hz à 50 kHz : on utilise des convertisseurs statiques à thyristor qui présentent un très bon rendement (figure 2.9).

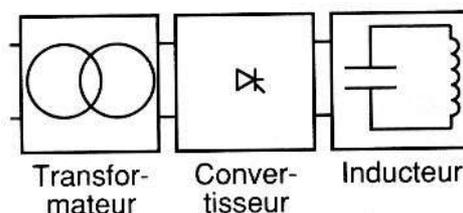


Figure 2.9 – Principe d'un générateur haute fréquence

### II.3.4. Applications

a) Fréquences moyennes ou faibles

Elles sont utilisées pour le chauffage en profondeur et régulier de grosses pièces, la fusion des métaux (figures 2.10 et 2.11).

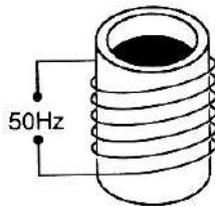


Figure 2.10 – Four à induction à creuset

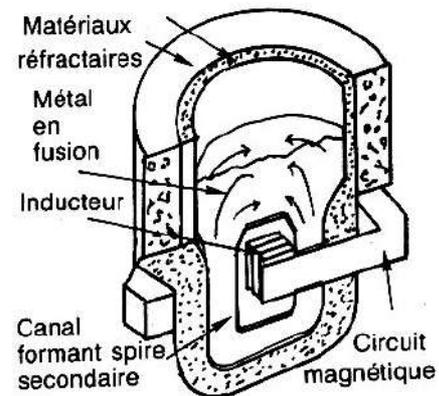


Figure 2.11 – Four Canal

#### b) Fréquences élevées

On les utilise pour le chauffage superficiel, la trempe superficielle, le soudage des tubes en continu, la cuisson des aliments.

### II.4. Chauffage par arc électrique

#### II.4.1. Principe

En séparant deux électrodes reliées aux bornes d'une source, on crée un arc électrique. Il est dû à la création d'un champ électrique intense qui provoque l'ionisation de l'air, normalement isolant, qui devient alors conducteur (figure 2.12).

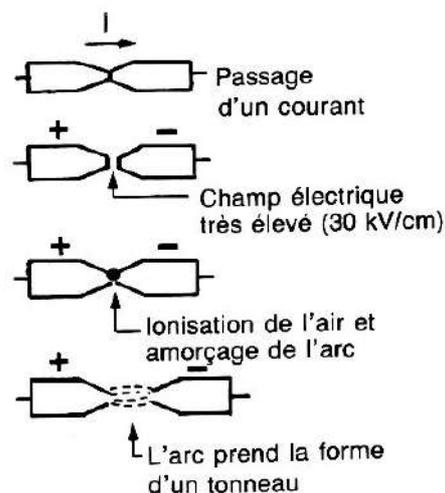


Figure 2.12- Création d'un arc

#### II.4.2. Caractéristiques de l'arc (figure 2.13)

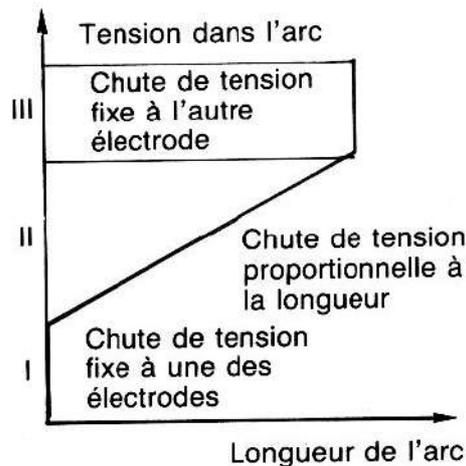


Figure 2.13 – Caractéristiques d'un arc électrique

- Chute de tension : on distingue la chute de tension aux électrodes (zones I et III) de la chute de tension proportionnelle à la longueur de l'arc.
- Longueur de l'arc : elle est liée à la tension aux bornes des électrodes.
- Température de l'arc : elle est de 6 000 °C et peut atteindre 15 000 °C au cœur de l'arc.
- Stabilité de l'arc : un arc présente une instabilité due à sa variation de résistance. Pour le stabiliser en courant continu on monte en série une résistance de stabilisation. En courant alternatif, la stabilisation s'effectue à l'aide d'une inductance.

#### II.4.3. Applications

##### a) Four à arc sur charge

Trois électrodes alimentées en triphasé. L'arc jaillit entre les électrodes et le métal (figure 2.14).

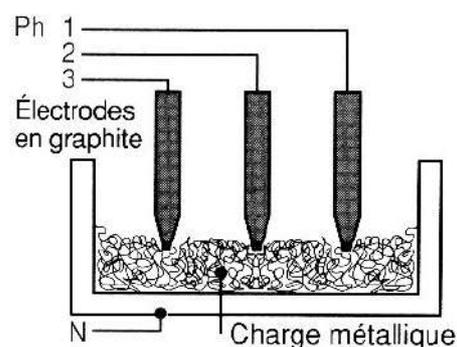


Figure 2.14 – Four à arc triphasé sur une charge métallique

b) Soudage

L'arc jaillit entre une électrode et la pièce à souder. Le soudage peut s'effectuer sous atmosphère protectrice TIG ou MIG (figure 2.15).

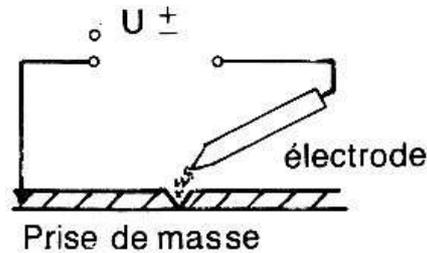


Figure 2.15- Soudure à l'arc

TIG : électrodes en tungstène avec gaz inerte et pas de métal d'apport.

MIG : identique au précédent, avec métal d'apport.

## II.5. Chauffage par rayonnements infrarouges

C'est une utilisation particulière du chauffage par résistance.

### II.5.1. Principe

Une résistance parcourue par un courant électrique produit de la chaleur à une température telle qu'elle émet un fort rayonnement dans des longueurs d'ondes allant de  $0,7 \mu\text{m}$  à  $100 \mu\text{m}$ .

### II.5.2. Caractéristiques

On distingue trois domaines de longueur d'onde pour les infrarouges (IR) (figure 2.16).

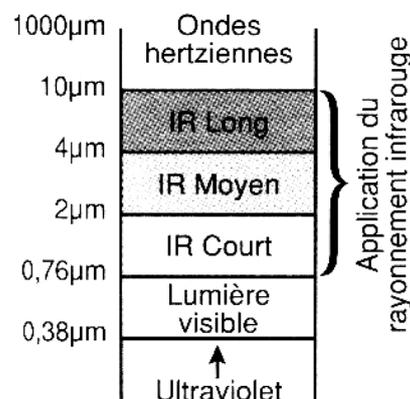


Figure 2.16 – Répartition des rayonnements infrarouges (IR) dans le spectre des fréquences

## a) IR courts

Température d'émission de l'ordre de 2300°C. On l'obtient avec :

- des lampes avec réflecteur. Puissance de 150 à 350 W ;
- des tubes de quartz remplis de gaz et contenant un fil de tungstène porté à 2200°C et avec un réflecteur. Puissance de 1 à 7 kW.

## b) IR moyens

La température d'émission se situe entre 700°C et 1 300°C. Elle est obtenue par une résistance en nickel-chrome ou chrome-aluminium placée dans un tube en quartz ou en silice.

## c) IR longs

La température est comprise entre 300 et 600°C. La résistance est noyée dans une gaine métallique ou dans une plaque céramique. L'émetteur se présente souvent sous forme de panneau radiant (figure 2.17). Puissance d'un panneau jusqu'à 2,5 kW.

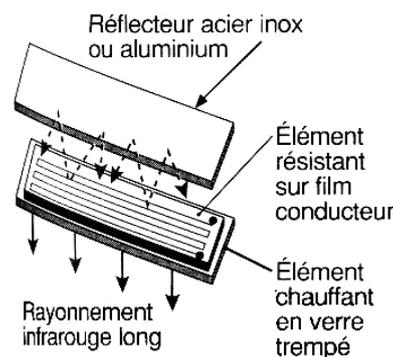


Figure 2.17 – Panneau radiant

### II.5.3. Applications

Elles se situent surtout dans les domaines où les produits se présentent en couche mince et où l'irradiation peut être totale :

- séchage et cuisson de peintures, teintures, encres ;
- déshydratation de papiers, cuirs, tabac en feuilles ;
- stérilisation et pasteurisation du lait ;
- chauffages divers (figure 2.18).

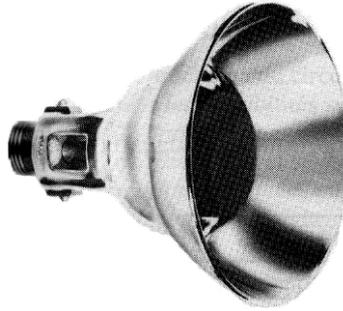


Figure 2.18 – Lampe à infrarouge

## II.6. Chauffage par hyperfréquences

### II.6.1. Principe (figure 2.19)

Un corps non conducteur placé dans un champ électrique à haute fréquence s'échauffe. Cet échauffement est dû à des frottements entre les molécules, ce qui produit un échauffement dans la masse du corps.

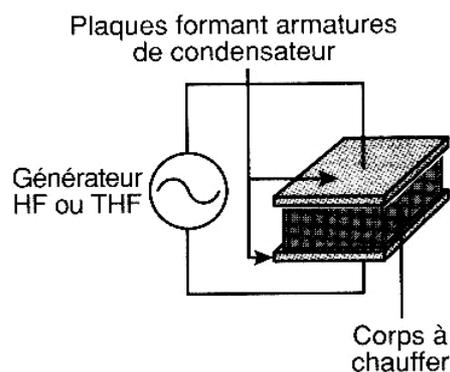


Figure 2.19 – Principe du chauffage par hyperfréquences

### II.6.2. Caractéristiques

Le champ électrique est appliqué entre deux électrodes avec le matériau placé comme diélectrique. L'ensemble constitue un condensateur.

#### a) Fréquence et tension

Les fréquences se situent dans la gamme des ondes radio :

13,56 MHz, 27,12 MHz, 40,68 MHz.

Le champ électrique se situe vers 200 V /mm et la tension dépasse rarement 15 kV.

b) Matériaux

Selon les matériaux, les échauffements sont très variables. L'eau, et en particulier l'eau salée, s'échauffe très rapidement. Par contre, la glace pure absorbe moins la haute fréquence.

**II.6.3. Équipement** (figure 2.20)

Il comporte essentiellement :

- un générateur de courant haute fréquence ;
- un système d'adaptation générateur charge ;
- les électrodes et le support des produits à traiter .

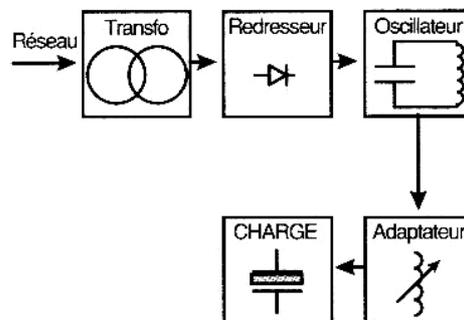


Figure 2.20 – Représentation fonctionnelle d'un équipement à hyperfréquences

**II.6.4. Applications**

Le chauffage HF est souvent utilisé conjointement à un procédé classique. On en trouve des applications dans le domaine médical, alimentaire, industriel (séchage de produits) (figure 2.21).

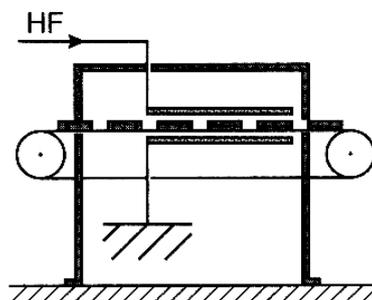


Figure 2.21 – Four de séchage en continu par hyperfréquence

### **II.7. Chauffage par micro-ondes**

Le principe est identique au procédé HF, mais les fréquences sont beaucoup plus élevées: 2450 MHz, longueur d'onde 12 cm.

L'applicateur est constitué non plus par des armatures de condensateur mais par un guide d'ondes.

On rencontre des applications dans :

- l'alimentaire : décongélation, stérilisation, séchage ;
- l'industrie : vulcanisation, polymérisation des résines, cuisson des céramiques.

Le développement est limité à cause du coût élevé des générateurs.

### III. APPAREILS DE CHAUFFAGE

#### III.1. CONVECTEURS

Les convecteurs électriques sont composés de **résistances métalliques** intégrées dans un habillage métallique.

Dans la majorité des cas l'air est chauffé par **convection naturelle** (figure 3.1).

Dans les salles de bains les convecteurs utilisés permettent une **montée plus rapide de la température** par l'action d'une **turbine** qui accélère la circulation de l'air.

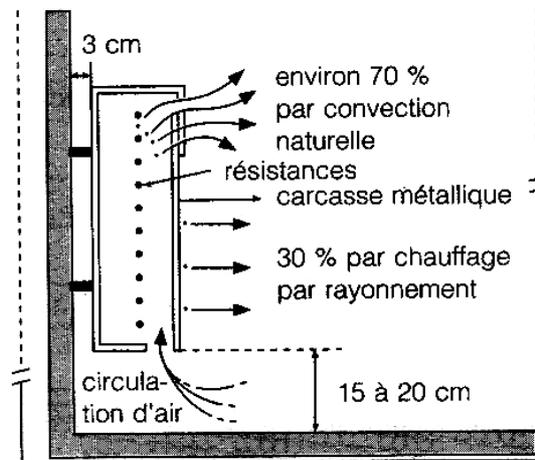


Figure 3.1 – Fonctionnement d'un convecteur

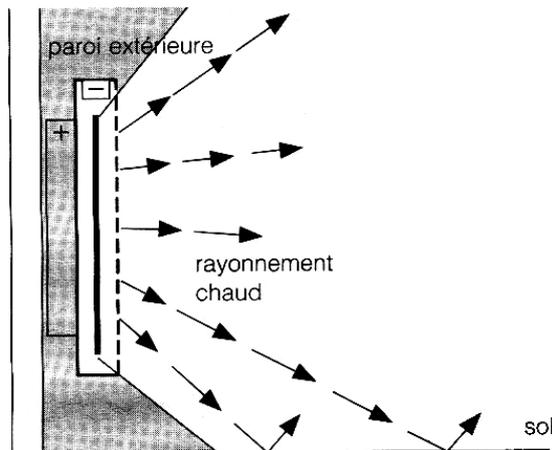
Il existe trois types de résistances en alliage nickel- chrome :

- **les résistances en fil nu** qui présentent une faible inertie mais également une grande fragilité,
- **les résistances blindées bi-métaux** cylindriques, en acier, souvent munies d'un dissipateur thermique en feuillard d'aluminium,
- **les résistances monométal blindées** élaborées à partir d'un profilé épais en alliage d'aluminium.

#### III.2. PANNEAUX RADIANTS

Les panneaux rayonnants ou panneaux radiants, sont constitués d'un **élément chauffant** enfermé dans un cadre métallique.

L'émission de la chaleur est assurée par **rayonnement thermique**.



### Rayonnement

Comme avec le soleil, les objets, les parois absorbent la chaleur émise par le panneau rayonnant.

L'air ambiant se réchauffe alors d'une manière uniforme procurant un confort nouveau.

Figure 3.2 – Panneau radiant ouvert

Ils se classent en deux catégories :

- **les panneaux radiants ouverts** dans lesquels l'émetteur qui peut être :
  - un circuit imprimé,
  - un dépôt métallique sur émail isolant,
  - un ensemble de matériaux composites, est placé dans une enveloppe, avec une grille de protection (figure 3.2),
- **les panneaux radiants fermés** dans lesquels la source émettrice constituée de résistances électriques est totalement enfermée dans l'enveloppe de l'appareil.

### Circuits d'alimentation

- Le nombre d'appareils de chauffage alimenté par un même circuit est limité à 5.
- Puissance admissible par circuit.

Section (mm <sup>2</sup> ) cuivre	1,5	2,5	4	6
Puissance maxi (watt)	2 300	4 600	5 750	7 360

### Dispositif de commande

Cette commande peut être assurée par le disjoncteur divisionnaire placé à l'origine de chacun des circuits correspondants.

Elle peut également être assurée au niveau de chaque appareil de chauffage par l'interrupteur incorporé à l'appareil.

### III.3. RADIATEURS À ACCUMULATION

Ces appareils répondent à un principe de **chauffage indirect**.

L'énergie électrique est consommée durant les **heures creuses**, en général de 22 heures à 6 heures, l'énergie thermique est **stockée** pour être utilisée à d'autres moments de la journée. Ce mode de chauffage **optimise le coût de l'énergie consommée** en bénéficiant des tranches d'un **tarif dégressif** : tarif heures creuses, par exemple.

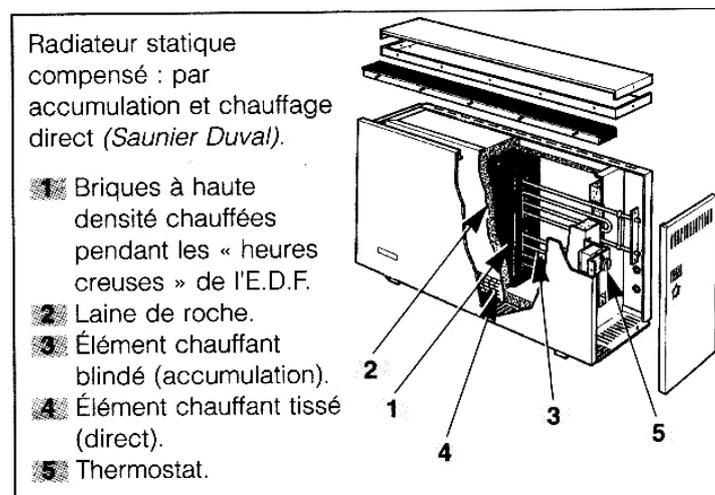


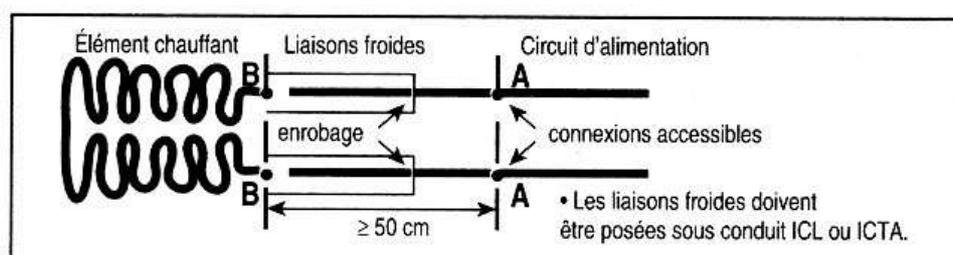
Figure 3.3 – Radiateur à accumulation

### III.4. PLANCHER CHAUFFANT

C'est un procédé de **chauffage direct** le **sol** étant utilisé comme **élément chauffant**.

L'émetteur est un **câble chauffant à ailettes**, désolidarisé du gros œuvre par l'interposition d'une couche d'isolation thermique. La dalle qui couvre le câble doit être de faible épaisseur pour assurer une bonne diffusion de la chaleur par rayonnement à **très basse température** (figures 3.4 et 3.5).

#### Connexion des éléments de chauffage



### Puissance admissible

Sections des conducteurs (mm <sup>2</sup> )	1,5	2,5	4	6	10
Puissance admissible (W) en 230 V	1 700	3 400	4 200	5 400	7 500
Courant assigné (A)... Disjoncteurs divisionnaire obligatoire	15-16	25	32	38-40	47-50

Type d'élément chauffant		Sensibilité du différentiel	Disposition complémentaire
avec revêtement métallique relié à la terre	relié à la liaison équipotentielle locale	500 mA	néante
sans revêtement métallique		30 mA	grillage métallique relié à la liaison équipotentielle locale

### Protection contre les contacts indirects

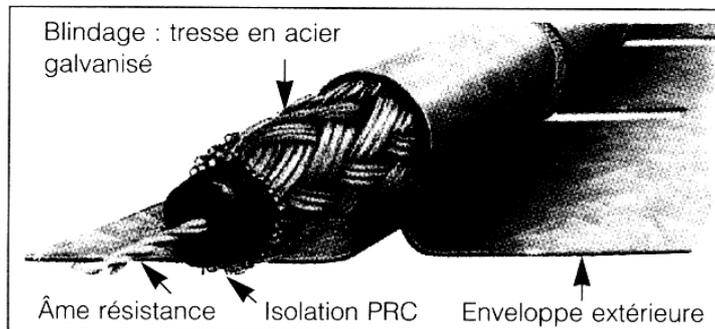


Figure 3.4 – Câble chauffant à ailettes

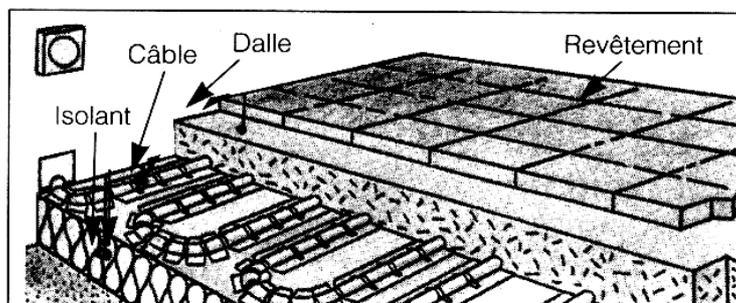


Figure 3.5 – Plancher chauffant

### III.5. FILMS CHAUFFANTS

C'est un procédé de **chauffage électrique direct**. Des **films souples** qui peuvent être **métallisés** ou **graphités** sont agrafés au plafond et produisent de la chaleur par effet Joule (figures 3.6.a 3.6.b et 3.8).

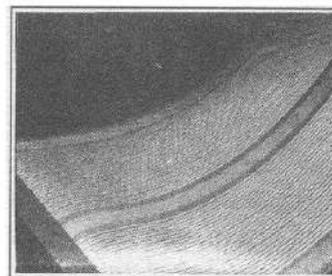


Figure 3.6 a) – Film métallisé

3.6 b) – Film graphité

Ce rayonnement se transforme en **chaleur** que lors- qu'il est **intercepté** par un corps ou un objet (figure 3.7). La surface du plafond est portée à une température supérieure à celle de l'air et des autres parois, ce qui crée :

- un **échange de chaleur par convection avec l'air** (environ 5 % de l'énergie totale),
- mais surtout un **rayonnement thermique** qui se situe dans **l'infrarouge** (70 à 90 % de l'énergie totale).

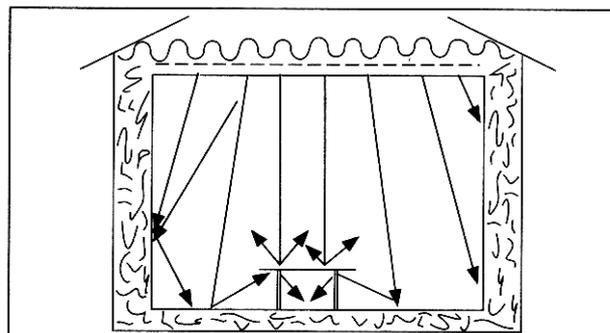


Figure 3.7 – Chauffage rayonnant

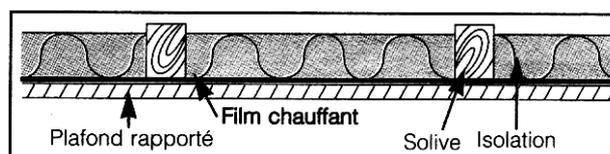


Figure 3.8 – Plafond rayonnant

### III.6. CHAUFFAGE DE L'EAU

#### III.6.1. Constitution (figure 3.9)

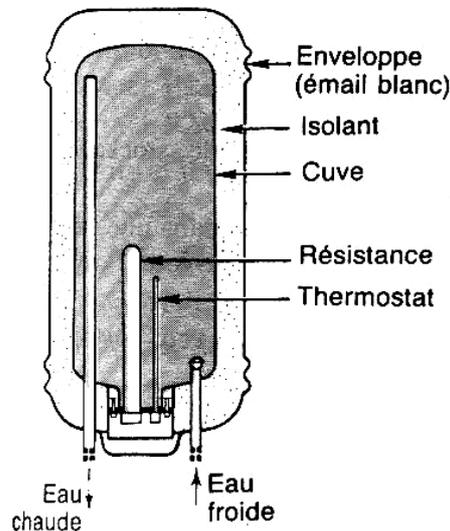


Figure 3.9 – Chauffe-eau électrique à accumulation

Une cuve avec un thermoplongeur, une arrivée d'eau froide et un départ d'eau chaude. Un thermostat régule la température.

#### III.6.2. Caractéristiques

- Pression de l'eau (4 à 7 bars).
- Température de l'eau de 55 à 90°C maxi ; en moyenne 70°C.
- Contenance du chauffe-eau 50, 100, 150, 200, 250, 300 litres.

#### III.6.3. Capacité des chauffe-eau

Elle est fixée réglementairement en fonction du nombre de personnes ou du type de logement, selon le tableau ci-dessous.

Tableau de capacités à stocker par logement

Type de logement	Studio	F2	F3	F4	F5	F6
Capacité mini	100	100	150	150	200	250
Capacité « standing »	150	150	200	200	300	300

#### IV. GESTION OPTIMISÉE DU CHAUFFAGE

La gestion optimisée du chauffage doit permettre :

- un confort physique
- et un confort d'utilisation

avec un **coût d'exploitation le plus faible**.

Cette gestion optimisée met en œuvre les fonctions :

- **de régulation,**
- **de programmation,**
- **de délestage,**

de l'appareillage de commande utilisé.

##### IV.1. RÉGULATION

La **régulation doit maintenir dans un local donné une température fixe prédéterminée, appelée consigne**.

Elle peut se faire "

- **en boucle fermée**, un thermostat mesure la **température à l'intérieur** du local et agit immédiatement sur l'émetteur de chaleur, en tenant compte de toutes les perturbations intérieures: apports internes, déperditions brutales (figure 4.1).

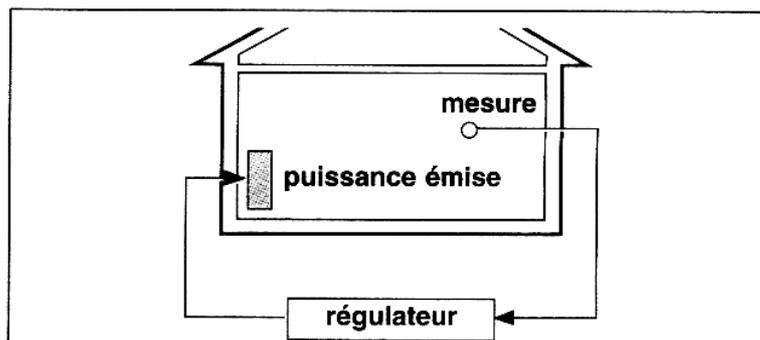


Figure 4.1 – Régulation en boucle fermée ou en fonction de l'intérieur du local

- **en boucle ouverte**, un thermostat mesure la **température extérieure** et permet à un régulateur d'agir sur les émetteurs de chaleur, sans tenir compte des perturbations intérieures, c'est une **régulation globale du bâtiment** (figure 4.2).

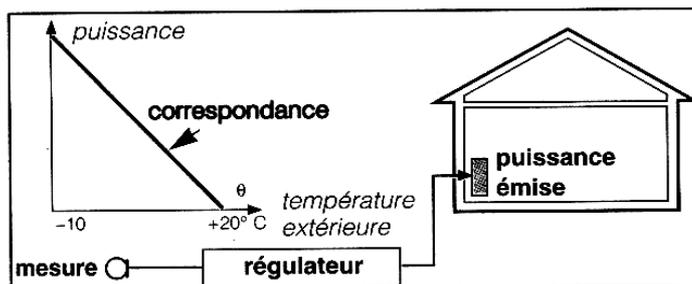


Figure 4.2 – Régulation en boucle ouverte ou en fonction de la température à l'extérieur du local

Différents cas de réglage de température sont envisagés :

**1<sup>er</sup> cas** (figure 4.3)

Chaque convecteur est muni d'un thermostat réglable qui ouvre ou ferme le circuit du radiateur en fonction de la température. Ce système ne présente pas de possibilités de programmation horaire ou hebdomadaire.

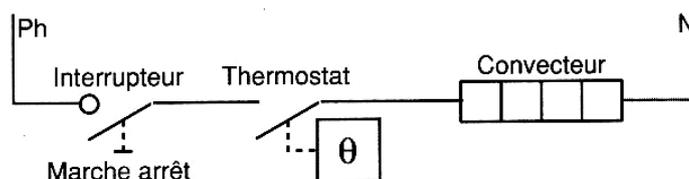


Figure 4.3

**2<sup>e</sup> cas** (figure 4.4)

Tous les convecteurs sont commandés par un seul thermostat qui peut être programmé en fonction des heures de la journée.

Nécessité d'un contacteur intermédiaire KA qui alimente ou non les convecteurs C1,

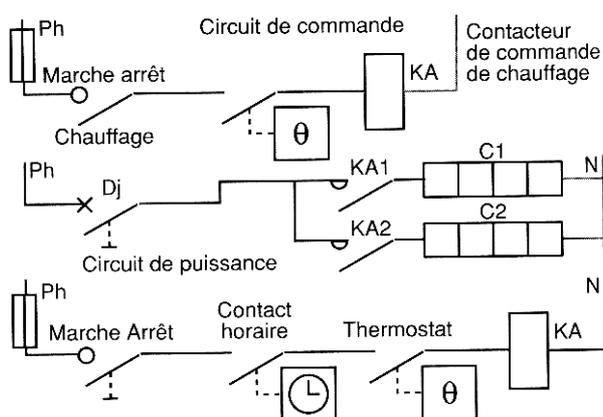


Figure 4.4

**3<sup>e</sup> cas**

On utilise un régulateur programmable à plusieurs voies.

### V. ALIMENTATION D'UN CHAUFFAGE ELECTRIQUE

- Les circuits d'alimentation des appareils de chauffage doivent être distincts des autres circuits.
- Chaque circuit terminal ne doit pas alimenter plus de cinq appareils.
- Les conducteurs des circuits terminaux doivent aboutir directement aux bornes des appareils ou à des boîtes de connexion.
- Nombre minimal de circuits monophasés en fonction du type de logement.

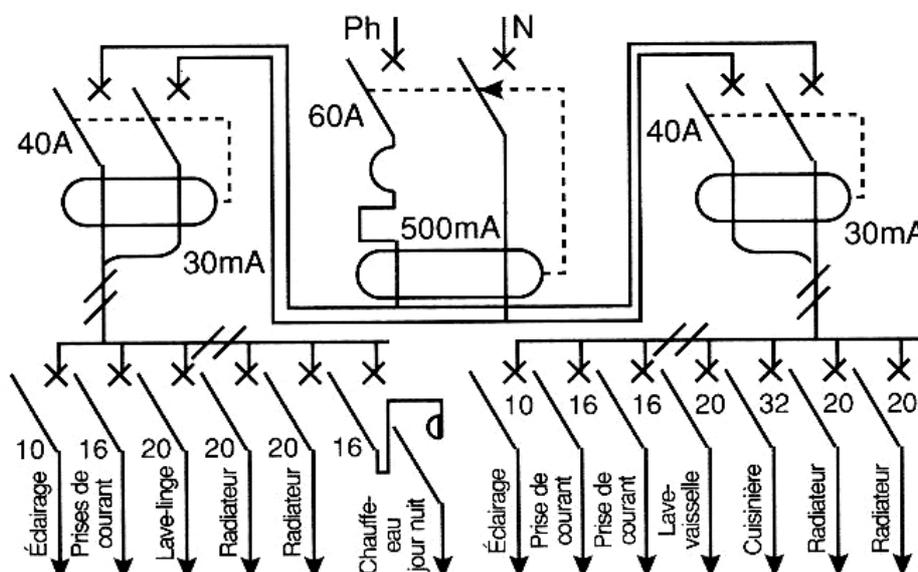
Type de logement	1	2	3	4	5	6
Nombre de circuits monophasés 220 V	1	2	2	3	3	3

- Les conducteurs actifs d'un même circuit (phase et neutre) et le conducteur de protection doivent être de même section.

Puissance maximale admissible en fonction de la section des conducteurs pour un circuit monophasé 220 V et protection correspondante.

Section (mm)	1,5	2,5	4	6
Puissance (W)	2 200	4 400	5 500	7 000
Disjoncteur (A)	15	20	32	38
Fusible	10	20	25	32

Exemple de tableaux de distribution :

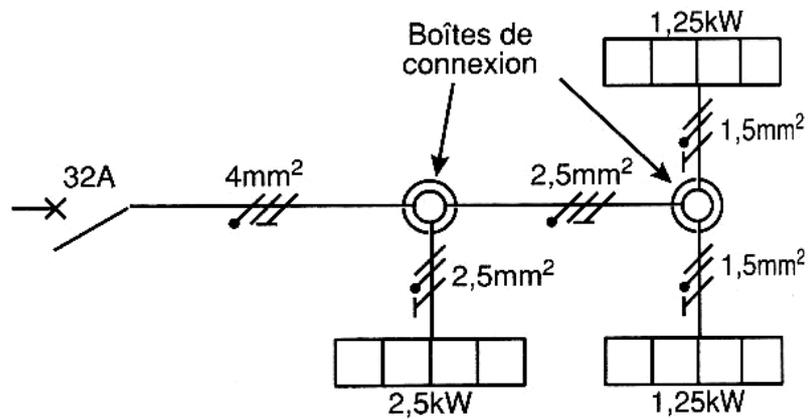


Chaque départ comporte 3 fils : phase + neutre + PE.

Section des conducteurs : Un dispositif de protection peut alimenter plusieurs dérivations à condition de respecter les secteurs suivants.

Section S	Section des dérivations
2,5 mm <sup>2</sup>	1,5 – 2,5 mm <sup>2</sup>
4 mm <sup>2</sup>	1,5 – 2,5 – 4 mm <sup>2</sup>
6 mm <sup>2</sup>	2,5 – 4 – 6 mm <sup>2</sup>

Le sectionnement du neutre est obligatoire.



## VI. Normalisation des éléments des schémas électriques des éléments chauffants

### 1. Alimentation

Lettre repère	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
			déve- loppé	uni- filaire	multi- filaire
L	Conducteur phase		X	X	X
N	Conducteur neutre		X	X	X
PE	Conducteur de protection		X	X	X

### 2. Appareils de protection

Lettre repère	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
			déve- loppé	uni- filaire	multi- filaire
F	Fusible		X	X	X
-	Barrette de neutre		X		X

Remarque :

Tous les fusibles doivent être installés sur les phases.

### 3. Appareils de commande

Lettre repère	N°	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
				déve- loppé	uni- filaire	multi- filaire
Q	1	Interrupteur unipolaire			X	
				X		X
Q	2	Interrupteur bipolaire			X	
				X		X
Q	3	Interrupteur tripolaire			X	
				X		X

Lettre repère	N°	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
				développé	uni-filaire	multi-filaire
Q	4	Commutateur deux directions avec arrêt			X	
				X		X
Q	5	Commutateur deux circuits séparés			X	
				X		X
Q	6	Commutateur deux directions sans arrêt			X	
				X		X
Q	8	Commutateur pour deux circuits séparés et marche en série			X	
				X		X
Q	9	Commutateur pour deux circuits en série, en parallèle, ou un seul circuit			X	
				X		X
Q	10	Commutateur pour deux circuits en série, en parallèle ou deux circuits séparés			X	
				X		X
Q	11	Commutateur triple allumage			X	
				X		X
Q	12	Commutateur à trois directions séparées avec arrêt			X	
				X		X

Lettre repère	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
			déve- loppé	uni- filaire	multi- filaire
Q	Commutateur n positions (ex. : n = 10)		X		X
Q	Commutateur n positions et m galettes ex. : n = 3 m = 4		X		X
B	Thermostat (contact à ouverture). (Indiquer la valeur de la température pour laquelle le contact change d'état)		X	X	X
B	Thermostat (contact à fermeture). (Indiquer la valeur de la température pour laquelle le contact change d'état).		X	X	X

Remarque :

Les appareils de commande doivent :

- couper la phase et non le neutre ;
- avoir leur pôle fixe relié à la phase (dans la mesure du possible)
- travailler de la gauche vers la droite ou du bas vers le haut.

#### 4. Récepteurs

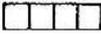
Lettre repère	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
			déve- loppé	uni- filaire	multi- filaire
R	Elément chauffant		X	X	X

Remarque :

En règle générale, chaque récepteur possède :

- une boucle reliée à l'appareil de commande
- une borne reliée directement au neutre.

5. Appareils de connexion

Lettre repère	Désignation	Symbole	Utilisé dans un schéma		
			développé	uni-filaire	multi-filaire
X	Bornes de connexion	○		X	X
X	Barrette de raccordement (ex. : 4 bornes)			X	X

***Module 12 : INSTALLATION ET  
BRANCHEMENT DES APPAREILS DE  
CHAUFFAGE ELECTRIQUE  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES***

**TP 1 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -1 seul élément chauffant  
-1 allure de chauffe**

**1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant monophasé à 1 élément chauffant et 1 allure de chauffe.

**1.2. Durée du TP**

3 heures.

**1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Un coupe circuit bipolaire du circuit chauffage
- Un interrupteur
- Un élément chauffant
- Ampèremètre
- Wattmètre.

**1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant à 1 élément chauffant et 1 allure de chauffe ainsi que des mesures de base.

**1.5. Déroulement du TP**

- A partir du schéma développé du montage et le schéma multifilaire (ci joint) de l'appareil réaliser le montage de l'appareil monophasé.
- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé.

Schéma développé du montage

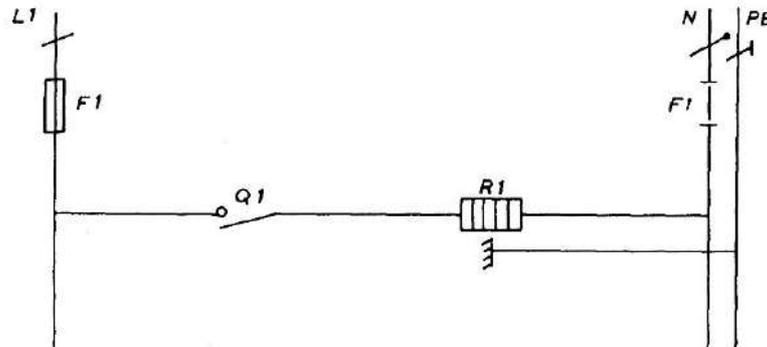
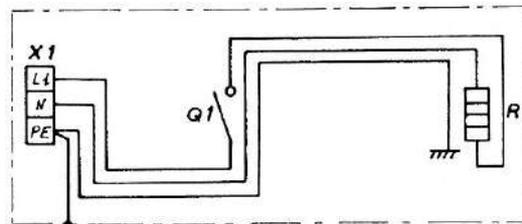


Schéma multifilaire de l'appareil



Remarque :

Si l'élément chauffant possède une masse, celle-ci doit être reliée au conducteur de protection.

## **TP 2 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -2 allures de chauffe**

### **1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant monophasé à 2 éléments chauffants -2 allures de chauffe.

### **1.2. Durée du TP**

3 heures.

### **1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Un coupe circuit bipolaire du circuit chauffage
- Un interrupteur double
- Deux éléments chauffants de même valeur
- Ampèremètre
- Wattmètre.

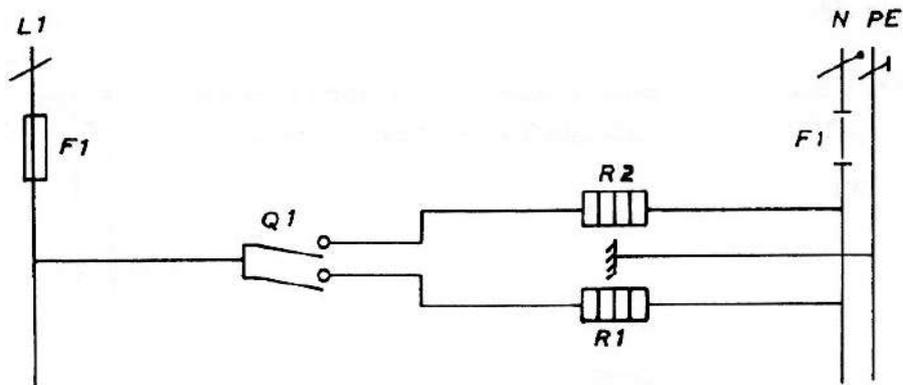
### **1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant à 2 éléments chauffants et 2 allures de chauffe ainsi que des mesures de base.

### **1.5. Déroulement du TP**

- A partir du schéma développé du montage et le schéma multifilaire (ci joint) de l'appareil réaliser le montage de l'appareil monophasé.
- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé pour chaque allure.

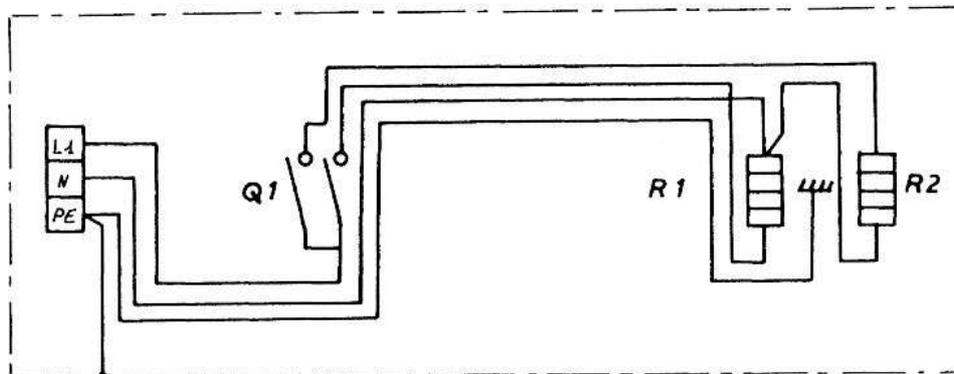
Schéma développé du montage



R1 ou R2 en service = allure moyenne

R1 et R2 en service = allure forte.

Schéma multifilaire de l'appareil



*Remarque :*

Si l'élément chauffant possède une masse, celle-ci doit être reliée au conducteur de protection.

### **TP 3 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -3 allures de chauffe**

#### **1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant monophasé à 2 éléments chauffants -3 allures de chauffe.

#### **1.2. Durée du TP**

3 heures.

#### **1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Un coupe circuit bipolaire du circuit chauffage
- Un commutateur N° 8
- Deux éléments chauffants de valeurs différentes
- Ampèremètre
- Wattmètre.

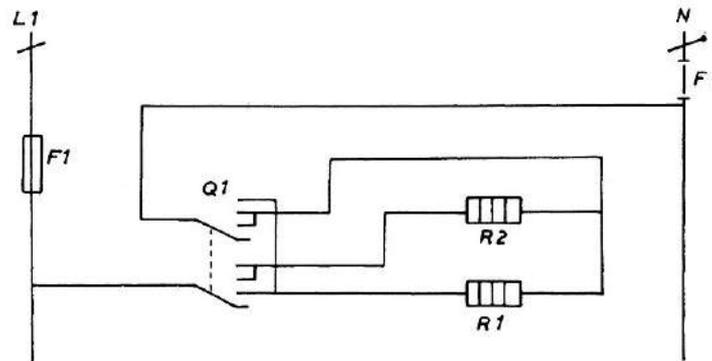
#### **1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant à 2 éléments chauffants et 3 allures de chauffe ainsi que des mesures de base.

#### **1.5. Déroulement du TP**

- A partir du schéma développé du montage et le schéma multifilaire (ci joint) de l'appareil réaliser le montage de l'appareil monophasé.
- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé pour chaque allure.

Schéma développé du montage

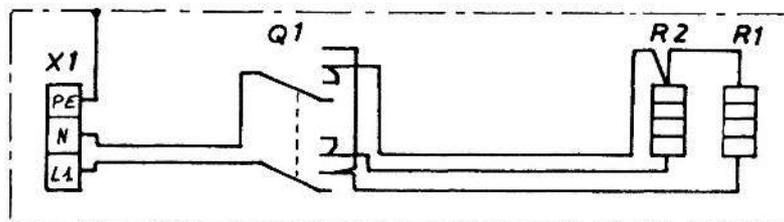


Les éléments chauffants ont des valeurs différentes (R1 inférieure à R2).

Les trois allures de chauffe s'obtiennent en alimentant :

- le premier élément chauffant R 1 (Allure forte)
- le deuxième élément chauffant R 2 (Allure moyenne)
- les deux éléments chauffants branchés en série (Allure faible).

Schéma multifilaire de l'appareil



*Remarque :*

Si l'élément chauffant possède une masse, celle-ci doit être reliée au conducteur de protection.

## **TP 4 – Mesures et essais sur un appareil monophasé -2 éléments chauffants -4 allures de chauffe**

### **1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant monophasé à 2 éléments chauffants -4 allures de chauffe. Contrôle automatique par thermostat.

### **1.2. Durée du TP**

3 heures.

### **1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Un coupe circuit bipolaire du circuit chauffage
- Un commutateur N° 10
- Deux éléments chauffants de valeurs différentes
- Thermostat
- Ampèremètre
- Wattmètre.

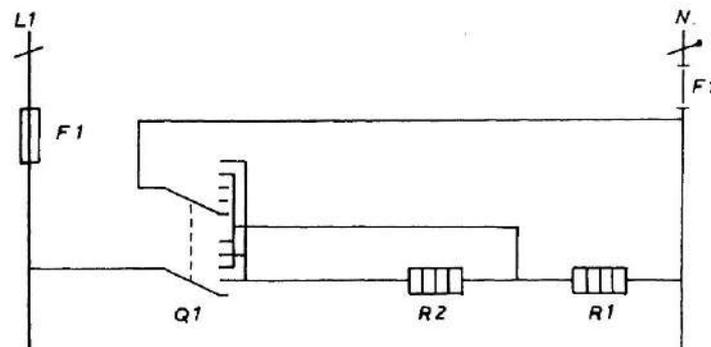
### **1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant à 2 éléments chauffants et 4 allures de chauffe, des mesures de base ainsi que le contrôle automatique de la température par thermostat.

### **1.5. Déroulement du TP**

- A partir du schéma développé du montage et le schéma multifilaire (ci joint) de l'appareil réaliser le montage de l'appareil monophasé.
- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé pour chaque allure.
- Ajouter sur le schéma un thermostat. Brancher le thermostat réglé sur 40°C. et vérifier son fonctionnement.

*Schéma développé du montage*

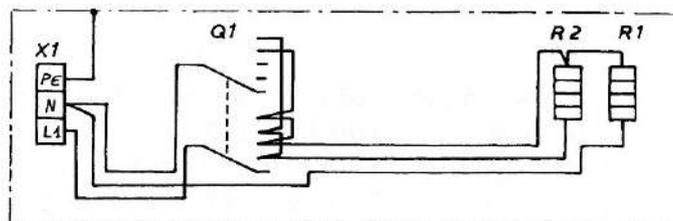


Les éléments chauffants ont des valeurs différentes ( $R2$  inférieure à  $R1$ ).

Les quatre allures de chauffe s'obtiennent en alimentant :

- les deux éléments chauffants branchés en série (Allure très faible)
- un élément chauffant  $R1$  (Allure faible),
- un élément chauffant  $R2$  (Allure moyenne),
- les deux éléments chauffants branchés en parallèle (Allure forte).

*Schéma multifilaire de l'appareil*



*Remarque :*

Si l'élément chauffant possède une masse, celle-ci doit être reliée au conducteur de protection.

## **TP 5 – Mesures et essais sur un appareil triphasé -3 éléments chauffants -1 allure de chauffe**

### **1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant triphasé à 3 éléments chauffants -  
1 allure de chauffe.

### **1.2. Durée du TP**

4 heures.

### **1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Un coupe circuit tétrapolaire du circuit chauffage
- Un interrupteur triphasé
- Trois éléments chauffants de valeurs égales
- Voltmètre
- Deux wattmètres.

### **1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant triphasé à 3 éléments  
chauffants et 1 allure de chauffe ainsi que des mesures de base.

### **1.5. Déroulement du TP**

- A partir du schéma développé du montage, figure 1, sur un réseau triphasé B  
1, chaque résistance est alimentée entre deux phases. L'ensemble forme un  
triangle dont les trois sommets sont raccordés aux trois potentiels triphasés.  
Tracer le schéma multifilaire de l'appareil et réaliser le montage de l'appareil  
triphasé.
- A partir du schéma développé du montage, figure 2, sur un réseau triphasé  
B2, chaque résistance est alimentée entre une phase et le neutre: ces trois  
résistances possèdent un point commun relié au neutre. Tracer le schéma  
multifilaire de l'appareil et réaliser le montage de l'appareil triphasé.

- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé.

*Schéma développé du montage triangle*

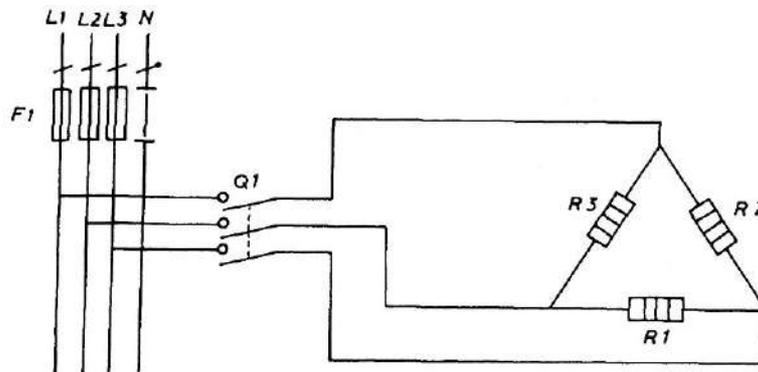


Figure 1

*Schéma développé du montage étoile*

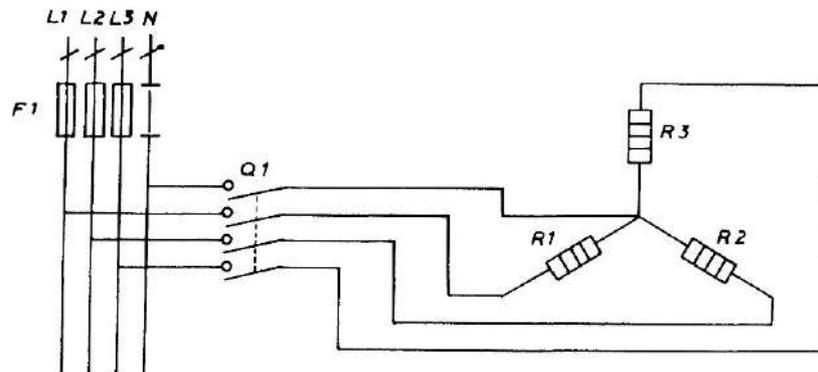


Figure 2

Les éléments chauffants ont des valeurs identiques et sont alimentés sous une tension nominale de 220 V.

## **TP 6 – Installation et branchement des appareils de chauffage électrique**

### **1.1. Objectif visé**

Installer et mettre en service un appareil chauffant en respectant les normes en vigueur.

### **1.2. Durée du TP**

4 heures.

### **1.3. Equipements et matière d'œuvre par équipe**

- Selon les appareils existants dans chaque établissement (exemple : chauffe eau, convecteur, radiateur, etc).

### **1.4. Description du TP**

Installation et mise en service d'un appareil chauffant ainsi que des mesures de base.

### **1.5. Déroulement du TP**

- Tracer le schéma développé du montage et le schéma multifilaire de l'appareil et réaliser le montage de l'appareil.
- Mesurer la puissance consommée et le courant absorbé.

***Module 12 : INSTALLATION ET  
BRANCHEMENT DES APPAREILS DE  
CHAUFFAGE ELECTRIQUE  
EVALUATION DE FIN DE MODULE***

O.F.P.P.T.  
EFP

**MODULE 12 : INSTALLATION ET BRANCHEMENT DES  
APPAREILS DE CHAUFFAGE ELECTRIQUE**

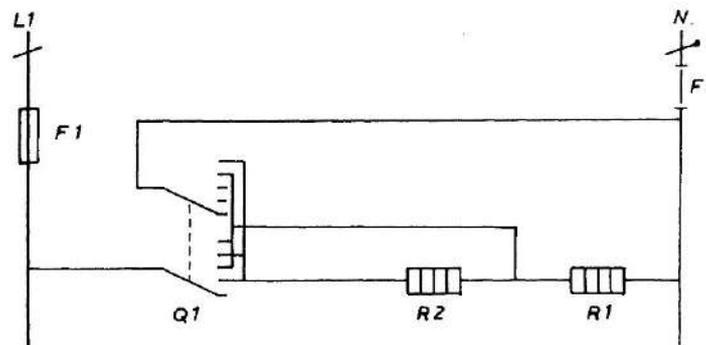
**FICHE DE TRAVAIL**

Apprenti : \_\_\_\_\_ Code : \_\_\_\_\_  
Formateur : \_\_\_\_\_

Durée : 2 heures

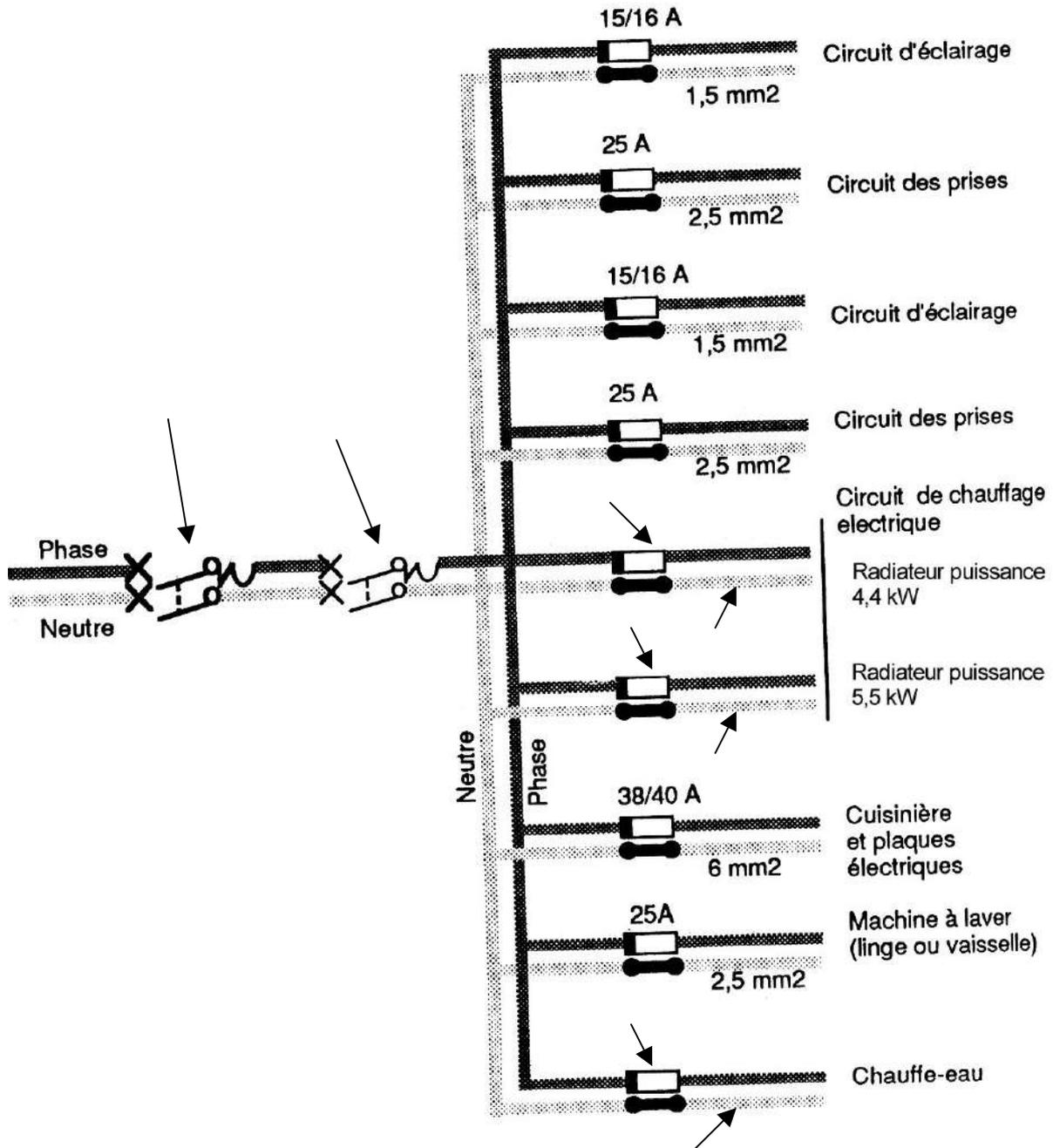
**(Exemple)**

1. Indiquer un appareil de chauffage qui transmet sa chaleur :
  - a) par rayonnement,
  - b) par convection,
  - c) par conduction.
2. Sur le schéma ci-dessous d'un appareil de chauffage insérer un thermostat et expliquer son rôle dans le circuit.



3. Indiquer sur le schéma (en annexe) d'une installation domestique d'un studio (F1) les types et les valeurs des appareils de protection ainsi que les sections des conducteurs selon les normes.

ANNEXE



**Epreuve de fin de module**

---

**FICHE D'EVALUATION**

Apprenti : .....

Code :

N°	Description	Barème	Note
1	Indication des appareils de chauffage	6	
2	Schéma de branchement du thermostat et rôle	12	
3	Justesse des valeurs et types des appareils de protection	12	
4	Sectionnes correctes des conducteurs	10	
	<b>TOTAL</b>	40	

## **Liste des références bibliographiques**

<b>Ouvrage</b>	<b>Auteur</b>	<b>Edition</b>
Mesures et essais d'électricité	Dupart B. Le Gall A. Prêt R. Floc'h J.	Dunod, 1997
Dépannages et rénovations électriques	THIERRY GALLAUZIAUX DAVID FEDULLO	EYROLLES, 2003
L'installation électrique	THIERRY GALLAUZIAUX	EYROLLES, 2004
Technologie d'Electricité	HENRI NEY	NATHAN, 1992