

Autres résultats d'après une enquête faite à l'étranger :

Temp. °C	Durée de l'opération (cuisson et refroidissement) h	Utilisation de l'espace utile kg : m ³	Cons. d'én. él. kWh : kg	
			four à double tunnel	four à simple tunnel
700-900	4-10	100-200	0,25-0,8	0,5-1

Voir également volume I, pages 57 et 58.

b) Décors sur verre.

Températures de cuisson des émaux : en principe inférieures à la précédente.

Fours utilisés : fours fixes du genre de ceux que l'on emploie pour la cuisson des décors sur céramique avec résistances en Ni-Cr (voir page 41). Mêmes avantages.

c) Décors sur autres substances.

Cuisson des décors sur lave, sur carton, etc. Fours fixes ou étuves de temp. appropriée.

Cuisson des décors sur métaux (voir émaillage céramique, ci-après).

C⁶. EMAILLAGE CERAMIQUE

Cuisson des émaux sur métal dans un but de protection ou de décoration.

Températures de cuisson les plus courantes.

Emaillage au poudré : 700°C.

Emaillage au liquide { couche de fond : 900-950°C.
autres couches : 750-850°C.

Durée de la cuisson : variable ; généralement quelques minutes pour les tôles minces.

Fours utilisés (à résistances) :

Fours à charge fixe à sole fixe ou à sole mobile ; fours à charge mobile (à chaîne) ; fours continus.

Principaux avantages :

Atmosphère oxydante et sans impuretés ni poussières ; facilité de commande, de conduite, de réglage, de surveillance et de contrôle ; faible valeur des frais d'entretien ; augmentation sensible de la qualité et réduction importante des rebuts.



Caractéristiques de quelques fours fixes :

Dimens. utiles (larg. x long.) m	Surface utile m ²	Puissance kW	Nombre moyen de m ² de tôles de 1 mm trai- tés à l'heure à 840 °C
1 x 1,5	1,50	60	12,5
1,1 x 1,8	2,00	80	16,5
1,1 x 2,5	2,75	110	23,0
1,2 x 3	3,60	150	30,0
1,5 x 3	4,50	180	38,0

Compter en général sur :

35-60 kW par m² de surface de sole (traitement d'objets divers dans un four fixe) ;

200-250 kW pour traitement de 3 à 4 baignoires par heure. Puissance des fours continus : de 150 à 600 kW.

Cons. d'én. él. :

La cons. d'én. él. dépend notamment du métal (nature et épaisseur), de l'émail, du four, des conditions de travail.

Ci-après quelques résultats pour des fours de 100-120 kW, à marche continue ou discontinue, pour des émaux européens (émaux américains plus fusibles en général), chargement et ouvertures de portes automatiques, grilles mobiles :

Objet traité	Nombre de couches, donc de cuissons	Cons. moyenne d'én. él. en kWh par tonne de métal brut chauffé et par couche
Tôles..	3	0,32
Tôles..	3	0,57
Tôles..	3	0,35
Tôles.	3	0,27
Tôles...	3	0,31
Tôles....	1	0,26
Terrines très légères.	1	0,25
Seaux.	1	0,45
Seaux..	3	0,34
Balances en fonte.	1	0,40
Tôles et pièces en fonte.. . . .	1	0,27-0,48
Baignoires..	1	45-100 (1)

(1) kWh par baignoire.

On peut admettre approximativement :

— 0,35-0,40 kWh par kg de tôle et par couche d'émail, pour 2 ou 3 couches, soit en moyenne une consommation surfacique de 3 kWh par m² et par couche, pour des tôles de 1 mm d'épaisseur ; soit encore, en moyenne, 1 000 kWh par tonne d'acier trois fois cuit ;

— 1,5 à 2,5 kWh max. par kg trois fois cuit pour des objets variés (appareils de ménage et d'hygiène).

Remarque. A titre indicatif, emploi de petits fours genre « fours de cuisson de décors sur métaux et verre » pour les plaques de petites dimensions et de petits fours rotatifs pour l'émaillage des cadrans de montre. Ex. : fours de 600 mm de diamètre, vitesse de 1 tour par minute, puissance de 3 kW, préchauffage à 400°C, chauffage à 800°C.

Voir également volume I, page 57.

C7. CUISSON DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Boulangerie et biscotterie, pâtisserie, biscuiterie, confiserie, confiterie, charcuterie, cuisine.

Températures habituelles :

Nature du traitement (1)	Temp. en °C		
Cuisson du pain	200-260		
Grillage de la biscotte.	270-320		
Cuisson de la pâtisserie.	80-280		
Cuisson des biscuits	} pâte moulée on tendre 180 } pâte découpée demi-dure. 230 } pâte découpée dure. 240-250 } pain d'épice. 180-200		
		Cuisson de la charcuterie	60-90
		Cuisine	max. 250
		(1) Valeurs approximatives.	

Se reporter aux applications domestiques, commerciales et rurales (volume I, pages 40 à 49).



Appareils adoptés dans l'industrie :

En principe du type à résistances.

Boulangerie : fours fixes directs ou à accumulation artisanaux ; fours industriels continus (quelques essais). Fours actuellement peu répandus en France, mais non dans certains pays étrangers.

Biscotterie : fours fixes artisanaux pour cuisson et grillage ; fours à tablier continus industriels pour cuisson et grillage ou pour grillage seulement. Application déjà assez importante dans l'industrie.

Pâtisserie : fours fixes artisanaux. Application importante et en plein développement.

Biscuiterie : fours fixes artisanaux ; fours continus industriels. Application en développement (appareils à résistance ou à rayons infra-rouges).

Charcuterie : fours fixes artisanaux et appareils de cuisson divers. Encore peu répandus dans l'industrie.

Cuisine : appareils commerciaux divers dans les cantines d'usines et les cantines inter-entreprises ; chauffe-gamelles déjà très répandus.

Principaux avantages : commodité d'emploi, propreté, facilité et précision du réglage (biscuiterie et biscotterie).

Nous donnons ci-après des indications sur des appareils plus spécifiquement industriels.

Cons. d'én. él. :

Traitement et appareil	Cons. d'én. él. kWh : 100 kg	
Boulangerie {	four chauff. direct	35-55
	four à pain courant	35-40
	accumulation { pains blanc et de luxe	45-55
Biscotterie (grillage seulement)	40	
Pâtisserie ..	40-60	
Biscuiterie {	petit-beurre.. .. .	45-50
	biscuits à la cuiller	60-65

Quelques résultats obtenus avec un four de cuisson de biscuits divers (four à chaîne ; $L = 7\ 500\ \text{mm}$, $l = 1\ 800\ \text{mm}$; $P = 30\ \text{kW}$) :

Désignation	Temp. °C	Temps de passage mn	Production horaire kg	Cons. d'én. él.	
				kWh : h	Wh : kg
Cakes.....	200	24	90	24	267
Madeleines...	250	14	57	23	404
Plumcakes.....	-	-	56	24	429
Biscuits à la cuiller...	180	15	35	22	630
Madeleinettes.	-	-	60	28	467
Marquissettes.	-	-	52	24	451

Quelques résultats obtenus avec différents fours-tunnels :

Cuisson de biscuits divers :

Fours à résistance : $L = 12\ 000\text{-}15\ 000\ \text{mm}$, 2 voies ; 160-200 kW ; 200-300 Wh : kg.

Fours à IR : $L = 12\ 000\ \text{mm}$, 1 voie ; 80 kg : h ; 375 Wh : kg.

$L = 6\ 000\ \text{mm}$, 1 voie ; 40 kg : h ; 570 Wh : kg.

Grillage de biscottes :

Fours à résistance : $L = 4\ 000\ \text{mm}$, $l = 700\ \text{mm}$; 40 kg : h ; 20 kW ; 390 Wh : kg.

$L = 14\ 000\ \text{mm}$, $l = 2\ 100\ \text{mm}$; 360-400 kg : h ; 220 kW ; 348 Wh : kg en marche continue ; 382 Wh : kg en marche discontinue (2 postes de 8 h).

Chauffe-gamelles.

Appareils type étuve ou type à bain-marie (eau ou sable).

Temp. : 150-200°C.

1) Caractéristiques de chauffe-gamelles type armoire :

Nombre de portes	Capacité en gamelles	Nombre de tablettes	Dim. intérieures en mm			Puissance en W
			Larg.	prof.	haut.	
1	25 : 30	1	600	410	660	800
1	40 : 50	2	600	410	850	1 000
1	75 : 80	5	600	500	1 170	1 800
2	100 : 110	8	1 320	410	855	2 500
2	150 : 160	10	1 100	500	1 170	3 500



Mise en température (200°C) en 3 h pour les armoires de 40-50 et 75-80 gamelles.

2) Caractéristiques de chauffe-gamelles à bain d'eau :

Capacité en gamelles	Puissance en W
23/30	6 000

Mise en température en 1 h. 1/2.

Cons. d'énergie : 145 kWh pour 14 espèces, soit 333 Wh : gamelle : repas.

3) Caractéristiques de chauffe-gamelles à bain de sable (tables chauffantes à sable chaud) :

Capacité en gamelles	Dimensions en mm			Puissance en W
	longueur	largeur	hauteur	
25/30	80°	357	900	1 000
40/50	1 007	507	900	2 000
78/80	1 457	657	900	3 000

Mise en température (150°C) en 3 h.

C⁸. INCINERATION ET CREMATION

a) Fours d'incinération pour hôpitaux et abattoirs.

Température : 700°C-900°C.

Fours spéciaux :

Dimensions d'encombrement du four mm			Contenance d'une poubelle kg	Puissance kW
profondeur	largeur	hauteur		
1 000	800	1 400	30- 40	15
1 700	1 300	1 600	80-100	40
1 900	1 500	2 300	120-150	60

Ex. : Four de 40 kW ; dimensions utiles du moule : 1 000 × 500 × 470 mm ; dimensions utiles de la caisse : 850 × 400 × 400 mm ; capacité : 100 kg ; chambre de chauffe : 30 kW, 900°C ; canaux de surchauffe (évacuation des gaz dégagés) : 10 kW, 1150°C ; mise en temp. : 2 h 30 (100 kWh) ; combustion : 30 mn à 20 kW (10 kWh). L'opération elle-même est exothermique.

Avantages : suppression des fours puants, des transports de viandes avariées, des vidanges de fosses, des risques de contamination et d'infection.

b) Fours crémateurs.

Temp. maximum de l'ordre de 1 100°C.

Ex. : 1) Four de 80 kW ; cons. moyenne d'én. él. : 450 kWh pour le préchauffage, 30 kWh pour l'incinération ; deux groupes de résistances (préchauffage de la chambre de combustion, surchauffe de l'air insufflé pendant l'incinération) ; deux ventilateurs dont un pour l'évacuation des gaz brûlés.

2) Four de 90 kW : préchauffage à 650-700°C.

Fréquence des crématons	Cons. moyenne d'én. él. en kWh
1 tous les 2 jours	280
1 par jour	140
2 par jour	70

Cons. moyenne d'én. él. pour une année (136 crématons) : 187 kWh par opération.

3) Autre type de four ; cons. moyenne d'én. él. de 65 kWh par opération (résultats d'une année comportant 654 crématons).

C⁹. GRILLAGE ET CALCINATION

Le tableau de la page 52 donne quelques températures.

Principaux avantages : commodité, précision de la température (torréfactions), rapidité du chauffage, propreté, atmosphère inodore.

Emploi de fours, d'étuves ou d'appareils spéciaux ; résistances en Ni-Cr ou en carbure de silicium, suivant la température.

Nature de l'opération		Temp. en °C	
Torréfaction du café (1)		180	
Torréfaction du cacao		160	
Torréfaction du thé (2)		50-100	
Séchage (tabac blond) (3)		75-80	
Grillage (tabac noir)		150-190	
Calcination de la farine (teneur en sels minéraux)		920	
(4) Charbon	teneur en eau (p. 100 d'humidité)	45 et 105	
	teneur en cendres	lignite	700
		houille de coke	750
	teneur en matières volatiles	950	
Traitements d'autres produits		pour mémoire	

(1) Chauffage direct ou par air chaud à 250° C; courte durée: 15-20 mn.

(2) Chauffage par réchauffeur d'air, 100° C à l'entrée de l'air, 40-50° C à la sortie. Cons. d'én. él. dans le cas le plus défavorable : 1,52 kWh par kg de thé séché. La torréfaction est précédée d'une fermentation (emploi d'un humidificateur à air chaud à 22-30° C).

(3) Le séchage des tabacs se fait à l'étuve à air ventilé à 80° C environ. Cons. d'én. él. variable suivant les saisons et la maturité des feuilles (durée de séchage de 18 à 72 h. par ex.) : de 7,5 à 12,3 kWh par kg. de feuilles, susceptible d'être réduite à 4,7-6,6 kWh/kg par calorifugeage convenable.

(4) Etuves pour les basses températures; petits fours spéciaux pour les temp. élevées.

C¹⁰. TRAITEMENTS DIVERS

Traitements très divers au moyen des appareils les plus variés. Toutes températures. Généralement, faibles puissances. Chauffage par résistance, induction ou rayons infrarouges.

Quelques exemples à seul titre indicatif et pour montrer la variété des applications :

Dégazage des métaux.

1) Métaux à point de fusion élevé (mo, tu) : fours à induction H. F

2) Métaux à point de fusion inférieur à 2 000°C (ferro-nickels, Cu et alljages) : fours à résistance de graphite pour dégazage par fusion (1 400-1 800°C) ; fours à vide à résistances non métalliques (1 350°C) ou métalliques (1 050°C) pour dégazage superficiel de pièces préparées (lampes, ampoules de T. S. F. ou radiologiques ; traitement en général entre 800 et 1 200°C).

Chauffage du béton pour éviter la gelée.

En vue de prolonger la période pendant laquelle on peut faire les travaux (immeubles, barrage). On fait passer le courant dans la masse du béton, au moyen de deux électrodes en acier. Tension de 10-40 V ou de 110-220 V ; cons. de 0,66 à 1,4 kWh par m³ et degré centésimal ; compter en première approximation sur 1 kWh : m³ : °C.

Graphitisation du carbone.

Chauffage par résistance (notamment pour les grosses pièces ; courant traversant directement les pièces) ou par induction H. F. (pour les petites pièces ; pour un chauffage à 2 000 pps ; possibilité d'arrêter la graphitisation au point désiré, donc de fixer la valeur de la résistivité électrique).

Distillation de la houille.

But : fabrication du gaz d'éclairage.

Indications données à seul titre documentaire, parce que se rapportant à des essais de laboratoire ou à des essais semi-industriels et non encore sanctionnées industriellement, à notre connaissance : temp. de la distillation (cas de la distillation à haute temp.) : 1 300°C.

Cornues verticales, le courant traversant la charge utilisée elle-même comme résistance de chauffage.

Cons. d'én. él. : compter sur 400 kWh par tonne de houille traitée, pour un fonctionnement continu. Cette valeur semble toutefois susceptible d'être sensiblement réduite par l'adoption de procédés appropriés de récupération thermique et éventuellement d'un mode de chauffage différent.

A titre indicatif, un four semi-industriel de 27,5 t de capacité a donné, en marche continue, une cons. d'én. él. de 40 kWh par 100 kg de houille traitée, soit 1,25 kWh par m³ de « gaz de ville » obtenu.

Recherches diverses.

Pour certaines recherches (fusions, traitements thermiques), on a recours à des fours spéciaux, généralement de petite ou de très petite capacité.



ULTIMHEAT Fours à résistance.
VIRTUAL MUSEUM

— Four à creuset conducteur en carbone (formant résistance électrique) jusqu'à 2 000°C ; traitement dans le vide ou sous pression ; alimentation par transformateur abaisseur à faible tension secondaire.

— Four à kryptol (charbon en grains formant résistance électrique) ; 1 800°C ; tension de 40-60 V

Four à tube de graphite (sculpté ou non) formant résistance ; 2 300°C ; tension de 2 à 62 V ; travail sous vide ou en atm. non oxydante (avec pression ordinaire ou sous pression).

Diamètre du tube mm	Longueur totale du tube mm	Longueur utile du tube mm	Puissance maximum kW
52 ou 58	260	80	15
52 ou 58	360	180	20
80	360	160	25
120	360	130	30

Avec un four bien étudié, on pourra par ex. obtenir dans un four de $d = 52$ mm et $L = 260$ mm, la temp. de 2 000°C avec 6 kW et 2 300°C avec 10 kW.

— Fours à barres de graphite ; vide de 0,001 mm de mercure ; 2 200°C.

Dimensions utiles en mm			Puissance en kW	Durée de la montée à 2 000 °C
longueur	largeur	hauteur		
600	150	115	75	1 h. 40 mm 2 h
120	150	150	120	

— Fours à résistance métallique (nickel, platine, tungstène, molybdène) pour laboratoires.

— Fours à résistances de nickel-chrome ou de carbure de silicium.

Type	Nature de la résistance	Dimensions utiles en mm			Puissance en kW			Durée de mise en temp. (temp. maxi.)
		larg. ou diam.	haut.	prof. ou long.	750° C	1000° C	1400° C	
Moufle.	ni-cr	130	85	205	0,8	1,4	-	1 h.
Moufle.	-	130	85	330	1,1	2,0	-	1 h.
Moufle.	-	200	300	400	1,8	3,4	-	2 h.
Tube.	-	30	-	300	0,4	0,6	-	40 mn
Tube.	-	40	-	300	0,45	0,7	-	45 mn
Tube.	-	60	-	600	0,8	1,5	-	80 mn
Creuset.	-	57	72	-	0,3	0,4	-	35 mn
Creuset.	-	105	130	-	0,7	1,5	-	1 h.
Moufle.	car. de si	120	90	180	-	-	2,5-6	2 h.
Moufle.	-	165	100	250	-	-	4-9	4 h.
Tube.	-	35	-	200	-	-	1-2	1 h. 30mn
Tube.	-	50	-	270	-	-	1,8	2 h.
							2,7	
Creuset.	car. gran.	80	250	-	-	-	7-8	50 mn
	-	140	250	-	-	-	10-14	1 h.

Bien entendu, dans ces différents types de fours, la cons. d'én. él. est relativement élevée ; mais cette considération est secondaire, eu égard au résultat à obtenir.

Fours à induction H. F.

En principe, petits fours à éclateur fixe ou tournant.

D) SIMPLE TRANSPORT DE CALORIES

Pour mémoire : chauffage d'appareils ou de parties d'appareils ou de machines en vue d'assurer un transport de calories : plaques, plateaux, tables, tubes, manchons, cylindres et calandres, etc., et bains de sable.

Chauffage par résistance et quelquefois par induction. Toutes températures. Généralement, faibles puissances. Se reporter à ce qui précède.



IV_{b2}. Chauffage des liquides

On peut se proposer :

- de volatiliser le corps,
- de l'empêcher de se solidifier,
- d'en augmenter la fluidité,
- de le porter à une température déterminée et de le maintenir à cette temp.,
- d'en modifier les propriétés,
- de s'en servir comme simple agent de transmission de la chaleur.

A. VOLATILISATION

C'est l'application la plus importante du chauffage des liquides, parce qu'elle comporte notamment le séchage.

Pour mémoire : le four électrique de laboratoire a permis de déterminer la temp. d'ébullition ou de volatilisation d'un grand nombre de corps simples ou de substances réfractaires, jusqu'à des valeurs de l'ordre de 2 850°C (fours spéciaux à atmosphère normale ou particulière, à vide ou avec pression).

A¹. VAPORISATION DE L'EAU

Quatre buts : production de vapeur d'eau, production d'eau distillée, stérilisation, séchage

a) Production de vapeur d'eau.

Chaudières : chauffage par résistance, exceptionnellement par induction.

1° Chaudières par résistance.

Deux types au point de vue de la construction :

Chaudière à électrodes, l'eau de la chaudière étant parcourue par le courant amené par des électrodes métalliques plongeantes ;

Chaudière à résistance proprement dite, le chauffage étant assuré au moyen d'éléments chauffants immergés en carbone ou plus souvent en nickel-chrome (éléments protégés).

α) Chaudières à résistance à électrodes :

Surtout employées pour les hautes tensions et les grandes puissances, mais seulement avec du courant alternatif (avec du courant continu, risque de formation d'un mélange tonnant par électrolyse).

Avantages : faibles prix d'achat et d'installation ; faible encombrement ; grande sécurité de fonctionnement ; grande souplesse, mises en marche et arrêts rapides ; réglage facile et sûr (par variation du niveau d'eau ou par déplacement relatif des électrodes) ; grande propreté, ni fumées, ni escarbilles, aucune manutention ; entretien négligeable (pratiquement peu ou pas d'entartrage ; nettoyage par simple lavage) ; surveillance presque nulle. Une difficulté, facile toutefois à surmonter par un réglage automatique convenable : variation importante de la résistivité de l'eau en fonction de sa nature (origine, pureté) et de la température.

Ex. : eau distillée : $\rho = 20\ 000$ ohms : cm : cm²,
 eau de glacier : $\rho = 4\ 000$ -800 ohms : cm : cm²,
 eau de rivière : $\rho = 6\ 000$ -4 000 ohms : cm : cm²,
 voire moins (résistivité à 15°C).

La valeur de ρ à 100°C est sensiblement égale à la moitié de ρ à 15°C.

Deux types au point de vue de la sécurité électrique :

1° Chaudières dans lesquelles le point neutre (contre-électrode) est relié métalliquement à l'enveloppe de la chaudière ou est constitué par cette enveloppe.

2° Chaudières dans lesquelles le point neutre est isolé de l'enveloppe par une résistance liquide.

Tension : haute tension (jusqu'à 16 000 V), par souci d'économie (pas de transformateur), surtout pour les grandes puissances (max. à notre connaissance : 25 000 kW) ; basse tension, en général, pour les faibles puissances, par ex. de 15 à 100 kW

Pression : jusqu'à 40 atm.

Caractéristiques : pour les pressions courantes, on peut admettre les données du tableau suivant :

Pression effective atm.	Temp. de la vapeur °C	Nombre de kg de vapeur obtenus par kWh, avec de l'eau à :		Nombre de kWh nécessaires pour produire 1 kg de vapeur d'eau avec de l'eau à :	
		15 °C	90 °C	15 °C	90 °C
0	400	1,32	1,50	0,76	0,67
5	158	1,28	1,45	0,78	0,69
15	200	1,25	1,42	0,80	0,71

Approximativement, 1 kWh fournit :

1,3	kg de vapeur par heure avec de l'eau d'alimentation à 15°C
1,4	— — — 60°C
1,5	— — — 100°C

Réciproquement, la cons. d'én. él. ressort en moyenne à 660-770 kWh : t de vapeur.

Quelques caractéristiques de chaudières triphasées installées,

Tension en V	220 à 250	500	1 000	2 000 à 6 000	16 000
Puissance en kW	15 à 520	80 à 1 000	450	450-2 000	5 000

complétées par les quelques nombres des deux tableaux suivants :

Chaudières à basse tension (200 V, pression de 3-4 kg : cm²).

Puissance kW	Eau de vaporisation l	Production de vapeur kg : h
25	20	30
50	40	60
75	50	90
100-150	60-70	120-180
200	80	260
600	120	780

Chaudières à haute tension.

Puissance kW	Tension V	Pression kg : cm ²	Production de vapeur kg : h
250	500	8	300
650	3 000	18	2 500
1 500	5 000	12	1 900
2 000	5 000	10	2 500
3 000	5 000	12	3 750
5 000	5 000	12	6 250
6 000	5 000	15	7 500
12 500	3 000	15	15 000
15 000	5 000	15	22 000

Les chaudières peuvent fonctionner d'une façon continue ou intermittente et être accouplées avec un accumulateur de vapeur (intérêt pour la marche à tarif préférentiel de nuit pour l'énergie électrique).

β) Chaudières à résistance proprement dite :

Courant continu ou alternatif, pratiquement jusqu'à 500-600 V, en principe à la tension normale du réseau d'alimentation du Secteur. Ex. :

Puissance kW	Diamètre mm	Timbre de service atm.	Timbre d'essai atm.	Production de vapeur à pleine charge kg : h
17	400	5	9,5	20
30	450	5	9,5	36

2° Chaudières par induction.

Analogie avec un transformateur, le secondaire étant un tube de cuivre parcouru par le fluide à chauffer. Prix élevé, faible facteur de puissance (cos. φ de 0,50 à 0,70).

Ex. : (étranger) = 180 kW, 40 atm., 400°C.

b) Production d'eau distillée.

Appareils : chaudières ; alambics ou distillateurs ; ballons, tubes à essais (laboratoires). Chauffage par résistances extérieures ou immergées.

Avantages : simplicité, commodité, sécurité, propreté.

Caractéristiques d'alambics usuels :

Débit l : h	Production l : j	Puissance kW
1	24	1
2	48	2
4	96	4
5	120	5
6	144	6
10	240	10

La cons. d'énergie él. dépend du type des résistances, de la construction, des conditions d'utilisation, de la temp. initiale de l'eau. Compter en première approximation sur 1 kWh par litre d'eau distillée.

Ballons et tubes à essais : Voir page 81.

c) Stérilisation dans la vapeur d'eau.

Stérilisateurs à 100 °C dans la vapeur ou **autoclaves** à 120 °C (1 atm.), 134 °C (2 atm) 144 °C (3 atm)

Chauffage par résistances extérieures ou immergées.

Caractéristiques d'une série d'autoclaves verticaux courants (types hôpitaux et cliniques) :

Dimensions utiles en mm		Volume utile l	Puissance kW
Diamètre	Profondeur		
250	450	20	2
340	500	45	3
400	600	75	4
450	600	95	4,5
500	600	120	5
600	700	200	6
700	1 000	400	7

Les autoclaves industriels sont de toutes dimensions et de toutes puissances.

A² VOLATILISATION D'AUTRES LIQUIDES

Emploi d'appareils divers tels que alambics, ballons, etc.,..

A³. SECHAGE

Vaporisation d'eau, évaporation de solvants (verniss) ou d'autre liquides.

Chauffage par résistance ou par rayons infra-rouges, exceptionnellement par induction (ex. : *pistolets HF* pour le collage par points du bois ; 200 Mcs ; 120 W).

Étuves à convection naturelle ou forcée, à pression atmosphérique ou à vide, ordinaires ou à tunnel, de toutes formes, de toutes dimensions, de toutes puissances.

Plaques, tables, cylindres et autres appareils chauffants.

Temp. variable suivant la substance à traiter et la nature du liquide à vaporiser.

Avantages : régularité et constance de la température ; propreté ; commodité d'emploi, sécurité, souplesse.

a) Chauffage par résistance.

Séchage dans des étuves, vernissage dans des étuves, repassage, séchages divers.

1. Etuves de chauffage.

Le tableau suivant donne les caractéristiques de quelques étuves usuelles :

Dimensions utiles en mm			Puissance en kW	Températ. en °C
largeur	hauteur	profondeur		
900	800	1 000	24	120
1 500	180	930	2,5	150
330	300	430	4	150
1 000	1 000	2 000	8	150
600	600	600	3	200
600	540	630	4	200
1 000	1 000	5 200	18	200
1 150	2 000	1 450	18	200
1 800	2 000	1 200	30	200
1 200	1 250	8 500	34	200
500	300	760	2	250
1 200	1 500	3 000	24	250
1 400	1 900	2 500	30	250
200	150	300	1,2	300
650	350	650	4,5	350
800	600	600	5	350
1 200	1 400	1 750	22	350
300	350	350	2	400
1 000	1 800	1 000	18	450
500	500	1 300	12	500
950	1 600	700	15	500
840	600	1 800	28	500

Voir également page 85.

2. Appareils pour le repassage du linge.

Fers ordinaires avec fils, fers sans fils ou machines spéciales (chauffage par résistance).

Fers à repasser.

Voir volume I, page 28.



Blocs de repassage.

Deux cas :

1° Support relié à la prise de courant et sur lequel on place le ou les fers électriques comportant individuellement leurs résistances de chauffage (blocs de repassage).

2° Plaque chauffante pour chauffage de fers ordinaires non électriques (plaque-tunnel).

En principe, régulation automatique de la temp. avec faculté de donner à celle-ci plusieurs valeurs.

Avantages : pas de fils encombrants, régularité de la temp., amélioration de la production (de 25 à 50 p. 100) et réduction de la cons. d'én. él., conditions de travail plus favorables.

Temp. réglage entre 100 et 300°C.

Puissancé : compter en principe de 1 à 1,2 kW par place.

Deux types (appareil récent) pour les blocs : bloc à 1 place pour emploi avec 2 fers ; bloc à 2 places pour emploi avec 4 fers.

Résultats d'exploitation pour des blocs de 1 kW (1) par place :

Durée de mise en temp. {	de 20 à 120° C	de 1 mn 20 s. à 1 mn 40 s.
	de 120 à 210° C	de 2 mn 31 s. à 2 mn 37 s.
	de 210 à 370° C	de 3 mn 40 s. à 4 mn 30 s.
Cons. d'én. él. pour la mise en temp. à 300° C (2) ...		125 à 145 Wh par fer
Cons. d'én. él. pour l'entretien à 300° C (marche à vide) (2)		environ 410 Wh par heure
(1) Puissance nominale.		
(2) Moyennes d'exploitation.		

Le tableau de la page suivante donne des résultats d'exploitation obtenus avec différents blocs dans des blanchisseries industrielles.

Résultats d'exploitation obtenus avec différents blocs :

Nature du linge	Temp. °C	Type d'appareils			Nombre d'ouvrières	Cons. d'én. él. en Wh	
		nombre de places	nombre de fers	puissance W		par appareil	par ouvrière
Tout-venant sec ...	300	1	2	910-950	1	650-700	650-700
Tout-venant sec ...	210	1	2	910-930	1	500-550	500-550
Tout-venant humide .	300	1	2	910-930	1	750	750
Chemises légèrement hu- mides ...	210	1	2	910-930	1	320-400	320-400
Chemises légèrement hu- mides ...	160	1	2	910-930	1	375-380	375-380
Tout-venant légèrement humide ..	350	1	2	1 000	1	650	650
Tout-venant légèrement humide ..	350	2	4	2 000	2	1 100	550

Machines à repasser.

Caractéristiques de quelques machines :

Modèle	Cylindre		Puissance en kW (1)	
	diamètre mm	longueur mm	corps de chauffe	moteur
Petit (2)...	—	—	1	0,25
Grand....	295	1 750	12	0,8
Grand.....	295	2 000	14	0,8

(1) Puissance nominale. En régime normal, la puissance utilisée sera par ex. de 50 p. 100 de la puissance nominale.
(2) La machine à repasser petit modèle remplace 8 à 10 fers à repasser.

Caractéristiques d'autres machines :

Cylindre		Puissance en kW		Cons. d'én. él. en kW : h	
longueur mm	diamètre mm	corps de chauffage	moteur	chauffage (1)	force motrice
800	270	3,6	0,37	2 à 2,5	0,15
1 000	270	4,8	0,37	2,5 à 3	0,18
1 300	270	6	0,37	3 à 3,5	0,20
1 750	270	8,5	0,37	4 à 5	0,25
2 000	270	9,6	0,37	5 à 6	0,28

(1) Pour du linge légèrement humide. Cons. à majorer de 50 à 60 p. 100 pour du linge très humide.

Résultats d'exploitation obtenus avec une machine :

Repassage du linge tout-venant humide.

P de chauffage du cylindre : 2,2 kW

Cons. horaire moyenne d'én. él. : 2,25 kWh dont 1,9 kWh pour le chauffage et 0,35 kWh pour la force motrice.

Presses à repasser.

Caractéristiques de quelques machines :

Longueur mm	Largeur mm	Puissance kW
I 250	440-230 ⁽¹⁾	4
I 250	540-330 ⁽¹⁾	5
I 250	500 ⁽²⁾	5,5
I 040	350 ⁽²⁾	4
I 000	500 ⁽²⁾	4

(1) forme d'un trapèze allongé.
(2) forme d'un rectangle.

Machines à glacer.

Résultats obtenus avec une machine à glacer les cols et manchettes :

Dimensions de la table	}	longueur = 525 mm
		largeur = 500 mm
Dimensions du cylindre	}	longueur = 500 mm
		diamètre = 112 mm

Puissance max. = 3 060 W

Température = 310°C.

Durée de la mise en temp. = 12 mn.

Cons. horaire moyenne d'én. él. = 0,520 kWh.

Production horaire = 250 pièces.

Perte en poids (eau)	}	cols = 36,5 p. 100
		manchettes = 25,7 p. 100

3° Applications diverses.

Nous donnons ci-après, à titre indicatif, un certain nombre de cas particuliers qui se rapportent au séchage ou à des opérations thermiques qui s'y rattachent :

Séchage et conditionnement de la soie par terrasses chauffantes : chauffage par radiation à temp. élevée; tissu à 300°C; P des terrasses : de 3 à 5 kW

Conditionnement de la soie par circulation d'air chaud : 105°C pour la soie avec coton, 140°C pour la soie pure.

Séchage de la soie : 45-60°C pour les écheveaux dans les châssis d'étirage après lavage, 40-50°C après encollage et essorage.

Séchage de la soie artificielle en écheveaux : 60-70°C dans

une étuve de 100 kW pour un traitement de 1 500 kg de rayonne en 24 h.

Séchage du tissu (soie naturelle ou artificielle) à la sortie des métiers par petits éléments chauffants.

Repassage du tissu à la sortie des métiers à tricoter au moyen de cylindres chauffants garnis de feutre.

Repassage des faux-cols : ébauchage (séchage) à 195-200° C, glaçage à 170-180° C, voire beaucoup plus (se reporter à la page 65).

Séchage des feutres (électroplastie) : 40-60° C.

Fabrication des bandes adhésives (matière adhésive à base de caoutchouc et de résine) : 37° C.

Séchage des agglomérés de déchets de cuir (obtenus par des émulsions aqueuses de résines polyvinyliques) dans des séchoirs à air chaud; produit fini contenant 10 p. 100 d'eau résiduelle; 80-85° C pour les déchets chromés, 40-45° C pour les déchets tannés aux extraits végétaux.

Séchage à 40° C après enduisage (enduit pigmenté) des succédanés du cuir.

Séchage des films cinématographiques : 50-80° C, et des papiers photographiques (par cylindres chromés à 90-100° C).

Séchage des décors de cinéma en studio : 40-50° C.

Séchage de bobinages électriques : 100-140° C.

Séchage du tabac en feuilles : enceinte à 25-27° C.

Humidification des feuilles de tabac pressées en balles, en vue de la fabrication des cigares. But : obtenir 180 gr. d'eau par kg de tabac. Traitement en salle fermée avec sol constitué par du sable mouillé et chauffé par un réseau de câbles chauffants; Cons. d'énergie él. de 1 kWh : kg.

Séchage des produits de beauté (poudres) : 60-140° C.

Séchage des produits pharmaceutiques : 40-60° C.

Séchage et cuisson des noyaux de fonderie : 240-300° C.

Quelques exemples d'étuves avec ventilation :

$p = 1\ 320\ \text{mm}$; $i = 1\ 200\ \text{mm}$; $h = 1\ 900\ \text{mm}$; $3\ \text{m}^3$; 25 kW
 $p = 2\ 000\ \text{mm}$; $i = 1\ 450\ \text{mm}$; $h = 1\ 450\ \text{mm}$; $4,5\ \text{m}^3$; 65 kW
 $p = 6\ 500\ \text{mm}$; $i = 1\ 700\ \text{mm}$; $h = 1\ 350\ \text{mm}$; $15\ \text{m}^3$; 350 kW;
 charge : 1 600 kg; production : 20 t en 24 h; 280° C; séchage en 1 h 30 mn; étuve à chariots.

Exemples d'étuves verticales à balancelles à récupération :

$P = 90\ \text{kW}$; $h = 7\ 000\ \text{mm}$; 60 à 100 kWh : t

$P = 250\ \text{kW}$; $h = 13\ 500\ \text{mm}$; prod. : 1 600 kg : h; 110 kWh : t.

Séchage du bois : 50-250° C.

Séchage de l'émeri en poudre (meules en électroplastie) :

20° C.
Séchage des produits explosifs : Ex. : mélinite = 60 + 2° C (précision et sécurité);

autres matières : 150° C (danger d'explosion à 175° C).

Séchage des encres : 40-50° C.

Conditionnement du blé : traitement du blé à 40-45° C pendant quelques heures pour amollir le grain et permettre à l'eau d'y pénétrer plus facilement, en vue de faciliter la mouture.

Détermination de la teneur en eau du blé : séchage à 135° C ($\pm 1^\circ$ C) dans un récipient chauffé par un courant d'air chaud fourni par un réchauffeur.

Séchage du blé dans les silos. But : éviter l'élévation de temp. dans les couches inférieures des silos, en ramenant à moins de 15 p. 100 le degré d'humidité du blé (réduction de 17-20 p. 100 par ex. à 15 p. 100, soit une diminution de 2-5 p. 100). Emploi d'un appareil vertical (ex. : 18 kW pour traitement de 12 quintaux à l'heure) ou d'appareils horizontaux. Cons. d'énergie él. de l'ordre de 1 à 1,5 kWh par quintal de blé.

Séchage des marcs de fruits : Chauffage par courant d'air à 650° C. Ex. : tambour de 9 m de longueur et 1,20 m de diamètre; capacité de 2 000 kg de marc humide à l'heure; aérotherme de 1 500 kW; débit de 6 800 m³ : h; cons. de 800 kWh : t de marc humide ou 1 800 kWh : t de marc séché (2,5 p. 100 d'humidité) susceptible d'être réduite en adoptant le p. 100 d'humidité habituel (10 p. 100).

Déshydratation de l'air :

Par adsorption : carbone activé, gels de silice ou d'alumine. Régénération à 200-250° C.

Par absorption chimique : chlorure de calcium (dans du charbon de bois divisé en grains, carbagel), alcool, acide sulfurique. Régénération du carbagel par de l'air à 90-120° C, voire 200° C.

Fours verticaux cylindriques de préchauffage (à air) et de séchage avant chauffage pour cémentation liquide.

Dimensions en mm		Puissance en kW (1)	Pertes à vide (2) à 550° C, en kW	Durée de mise en temp. à 550° C, en h
diamètre	profondeur			
400	600	15/5	3,5	1 1/2
600	700	24/8	5	1 1/2
700	1 050	42/14	10	1 1/2

(1) La première valeur se rapporte au montage triangle et la seconde au montage étoile.
(2) Couvre-cle fermé.

b) Chauffage par rayons infra-rouges.

Principal *avantage* : accélération importante du séchage;

Ex. : le séchage des pellicules de peinture demande une demi h au lieu de 34 h à l'air libre pour les peintures siccativées sur fonte massive.

Temps de séchage pour certains vernis :

Nature du vernis	Nature des pièces	Nombre de lampes par m ²	Puissance en W par m ²	Durée de séchage	
				I R	air libre
Vernis glycérophtaliques :					
Apprêt... ..	fonte	25	6 250	1/2 h	22 h
Apprêt... ..	tôle	25	6 250	7 mn (1)	12 h
Laques		25	6 250	10-15 mn (1)	8-10 h
Laque modifiée à l'huile de lin	tôle	32	8 000	3 mn (1)	4 h
Peintures cellulosiques...				< 5 mn 2-3 mn (1)	

(1) En étuve.

Températures développées dans les peintures et vernis : elles dépendent du pouvoir d'absorption des vernis (suivant leur nature et leur couleur) pour les I R et du support.

Temp. en °C	Nature du support	Conditions du séchage
60-80	tôle	air libre.
110-130	tôle	enceinte ordinaire (lampes à 20 cm des tôles et à 20 cm les unes des autres).
180-200	tôle	enceinte calorifugée (lampes à 15 cm).

Quelques résultats industriels :

Nature du produit à sécher	Type d'appareil	Dimensions mm	Durée ou débit (1)	Nombre de lampes	Puissance utile kW	Cons. d'én. él. Wh : pièce
Vernis glycérophtaliques sur capots en tôle	étuve-tunnel à bande porteuse	$L = 7\ 000$ $l = 500$	7 mn ; 2040 p : h	80	20	10 (2)
Vernis cellulose sur carrosseries automobiles	étuve à cloche mobile, ventilation artificielle	$L = l = h = 2\ 500$		120	30	
Vernis à l'alcool sur lampes à souder	étuve-tunnel à câble porteur, ventilation artificielle	$L = 8\ 200$ $l = 1\ 000$ $h = 1\ 000$	5 mn ; 200 p : h	200	30	150 (3)
Pellicules photographiques (4)	avec ventilation		3-6 mn	9	2,25	250-225
	sans ventilation		10-20 mn	4	1	167-334
Enveloppes gommées	étuve à bande porteuse	$L = 3\ 000$ $l = 250$ $h = 200$	30000 p : h	12 à 18	3 à 4,5	0,125 (5)
Semelles de chaussures en cours de fabrication	étuve à double paroi	$l = p = 1\ 500$ $h = 2\ 000$	20 mn ; 150 p : h	36	9	60 (6)

(1) Débit: nombres de pièces traitées à l'heure (capots, lampes à souder, enveloppes, etc...)
(2) A remplacé une étuve-tunnel à convection forcée ; $L = h = 5\ 000$ mm, $l = 2\ 000$ mm ; P utile : 40 kW ; temp. : 120° C ; mise en temp. en 30 mn ; séchage en 30 mn ; débit : 2 800 p : h ; cons. d'én. él. = 16 Wh : p, compte non tenu de la force motrice.
(3) A remplacé un séchage à l'air libre, durée de 36 h.
(4) Indications se rapportant au m².
(5) Variable suivant la qualité du papier ; cons. moyenne seule indiquée.
(6) Cons. par paire de chaussures ; moyenne de l'ambiance dans l'étuve : 55° C.

Quelques autres exemples de séchage par rayons infrarouges :

Séchage de vernis synthétiques sur lampes à souder : 2 étuves de 50 kW (200 lampes) ; $L = 8\ 200$ mm, $l = 500$ mm, $h = 700$ mm ; cons. d'én. él. de 75 Wh par lampe à souder.

Séchage de peinture grasse sur petites résistances en carbone : 4 étuves de 1 kW (4 lampes) ; $500 \times 500 \times 500$ mm ; cons. d'én. él. de 0,15 kWh par résistance.



Séchage de vernis synthétique sur roues de voitures automobiles : 1 étuve-tunnel de 18 kW (72 lampes); L = 2 000 mm, d = 1 000 mm; cons. d'énergie de 750 Wh par roue.

Séchage de gommage d'enveloppes : 1 étuve-tunnel de 10 kW (40 lampes); L = 3 000 mm, l = 600 mm; cons. d'énergie de 1 Wh par enveloppe.

B. MAINTIEN A L'ETAT LIQUIDE OU PATEUX

a) Après fusion.

Bains de métaux (voir volume II, page 54), bains de sels (voir volume II, pages 83 à 86), substances diverses : colle, résines, etc. (voir volume II, page 87 et 88), huiles végétales et animales (tableaux ci-après).

Point de fusion des corps gras végétaux :

Nature des huiles	Point de fusion (°C)
Siccatives (huiles de lin, noix, œillette, etc.)	de - 15 à - 30
Demi-siccatives (huiles de coton, colza, faines, maïs, sésame, soja)	de - 4 à + 20, sauf pour l'huile de coton (+ 4)
Non siccatives	huile d'amande... de - 10 à - 20
	huile de ricin..... de - 10 à - 18
	huile d'arachide.... - 2
	huile de coco..... de + 14 à + 25
	beurre de cacao..... de + 20 à + 27
	huile de palme..... de + 27 à + 39
huile d'olive ...	fige à + 12

Point de congélation de quelques huiles végétales et animales :

Corps gras	Temp. de congélation (°C)
Cire d'insecte..	80-82
Cire du Japon.....	48-53
Suif de mouton.....	32-41
Suif de bœuf..	27-37
Huile de palme..	20-40
Huile de palmiste.....	22-27
Beurre de cacao..	21-23
Graisse de porc.....	27-30
Graisse d'oie..	18-20
Beurre ordinaire..	19-20
Huile d'arachide.....	0-3

Caractéristiques de défroisseurs usuels, fixation par la bande du tonneau ou du fût, longueur totale de 650 à 850 mm :

Soutirage d'huile	Puissance du défroiseur (W)
Faible.....	50-100
Moyen.....	200-300
Rapide.	500

Cas particulier, à titre d'exemple :

Maintien en temp. et travail du cacao : Conservation dans une étuve à 70° C (étuve de 7 m³, 560 kg de cacao, 9 kW, cons. d'énergie de 50 kWh par 24 h); travail à 25° C; mélangeur, moulin, boudineuse à 35-40° C.

b) Pour empêcher la cristallisation

Bains d'électrolyse, voir page 76.

c) Pour empêcher la congélation :

— contre l'obstruction par la glace : grilles chauffantes à raison de 140 à 425 W pour un débit de 28 litres d'eau par seconde.

— contre la gelée des conduites d'eau : courant passant dans la conduite et fourni par un transformateur abaisseur dont la puissance est donnée par le tableau suivant :

Puissance nécessaire pour maintenir une conduite d'eau libre de gelée :

Diamètre de la conduite (1) en mm	19	25,4	38,1	50,8	76,2
Puissance en VA à adopter par m. de conduite :					
Canalisation dans un local fermé..	25	30	35	45	55
Canalisation à l'air libre..	40	45	50	60	75
Intensité du courant en A :					
Conduite dans un local fermé. . . .	50	80	125	175	250
Conduite à l'air libre..	75	100	150	200	300

(1) D'après des documents d'origine étrangère.



C. FLUIDIFICATION

Essentiellement, *chauffage des huiles* :

Huiles de combustion : gas-oil, fuel-oil, mazout, huiles de goudron ou de schiste;

Huiles alimentaires;

Epuraton et régénération d'huile;

Avantages : frais d'installation et d'entretien réduits, temp précise (précautions à prendre dans le traitement des huiles à cause du point-éclair et du point de combustion), contrôle facile, commodité d'emploi.

Températures habituelles de **traitement des huiles** :

Opération	Temp. en °C
Pompage.....	50 minimum
Alimentation { fuel-oil et mazout.....	50-90 minimum
des brûleurs { huile de goudron.....	100-110 minimum
Défigeage.....	
Régénération... ..	120-250
Fabrication de peintures.. ..	300 (huile de lin)

Quelques valeurs du point éclair (vase ouvert) :

Nature de l'huile		Point éclair (°C)
Non raffinée	huile à gaz.....	70-140
	huile à vaseline et à broches..	160-180
	huile à machines.....	175-220
Raffinée	huile à vaseline et à broches..	135-180
	huile à machines.....	175-220
	huile pour autos (été)... ..	220-230
Spéciale	huile pour compresseurs.....	130-140
	huile de transformateurs.....	155-165
	huile pour autos (hiver).....	190-200
	huile pour avions.....	200-210
	huile à cylindres.....	220-250
	huile à roues de wagon (hiver)..	150-160
Alimentation et pharmacie	huile d'olive.....	250
	huile de ricin.....	275

Chauffage par éléments directs (en métal, alimentés à basse tension) ou par éléments extérieurs ou protégés (généralement, gaines de protection en acier).

Caractéristiques de **réchauffeurs** usuels (éléments protégés) :

Longueur mm	Diamètre mm	Puissance kW	Poids d'huile traitée pour une augmentation de temp. de 25°C kg : h
300	30	1	6,5
400	30	1,5	10
500	30	2	13
600	30	2,5	16
750	30	3	18

Caractéristiques d'autres **réchauffeurs** usuels :

Longueur mm	Diamètre mm	Puissance kW
325	80	0,5-1
1 030	140	5
1 030	140	10
1 030	140	15
1 030	140	20

Certains réchauffeurs ont une puissance supérieure, jusqu'à 75 kW par ex.

Défigeurs usuels : voir volume 1, page 60.

Cas spéciaux : ex. : réchauffage de l'huile des paliers des métiers à tisser (chauffage par plaques électriques de petite puissance).

La puissance de chauffage pour les appareils de régénération peut varier de quelques centaines de W à quelques dizaines de kW suivant la production.

D. CHAUFFAGE ET MAINTIEN A UNE TEMPERATURE DONNEE

Chauffage d'eau, d'huile, de bains acides ou basiques, de liquides divers.

a) Chauffage de l'eau.

Pour augmenter de 10° C la temp. de l'eau entre 0° et 100° C, il faut en moyenne 11,58 Wh.

La puissance nécessaire pour augmenter de 50° C ou de 100° C en 1 h la temp. d'une certaine quantité d'eau, en supposant que le rendement thermique soit égal à 1, est donnée par le tableau suivant :

Capacité (l ou kg)	1	5	10	25	50	100	500	1 000
Puissance en kW								
Aug. temp. de 50° C	0,058	0,290	0,579	1,448	2,897	5,794	28,968	57,935
Aug. temp. de 100° C	0,116	0,579	1,158	2,897	5,794	11,587	57,935	115,870

Chauffage par résistance en général.

Deux cas : chauffage par accumulation; chauffage sans accumulation par éléments extérieurs ou immergés.

Chauffe-eau à accumulation.

Voir volume I, pages 19 à 21.

Les chauffe-eau à accumulation industriels ont parfois une capacité plus grande que les appareils domestiques. La temp. de l'eau est généralement inférieure à 90-95° C.

Dans certains accumulateurs, l'eau chaude est maintenue à une temp. supérieure, par ex. 120° C. Ex. : Accumulateur de 23 m³, 255 kW, avec chauffage exclusif de nuit.

Chaudières à eau chaude (sans accumulation).

Quelques caractéristiques d'appareils normaux :

Puissance kW	Capacité l	Hauteur mm	Diamètre mm	Quantité d'eau chauffée de 20° à 80° C 1 : h
15	15	840	344	200
30	27	1 200	344	400
50	42	1 205	429	670
80	72	1 705	429	1 080
100	78	1 335	534	1 350
150	124	1 485	534	2 000
200	185	1 550	754	2 700
250	260	1 850	754	3 300
300	290	2 050	754	4 000
400	400	2 050	866	5 400
500	500	2 360	866	6 700

Cuves et appareils divers.

Cuves, bouilloires (voir volume I, pages 21 et 22), bains-marie, chauffe-ballons, chauffe-tubes à essai, etc., pour l'industrie et les laboratoires. Toutes puissances. Chauffage par résistances extérieures ou émergées (voir pages 77 à 79).

Cas particulier : chauffage des piscines.

Quelques exemples :

Cas	A	B	C	D	E	
Nomb. des piscines.	1	4	1	1	1	
Nature des piscines.	couverte	1 couv. 3 en plein air	couverte	couverte	plein air	
Bassin	long. en m.	18	33,30	30,50	60	60
	larg. en m.	5	22	12,50	25	21
	prof. max. en m. ...	2	5	2,45	4,30	3
	vol. d'eau en m ³ ...	130	5 400	760	2 200	3 000
Puissance des chau- dières en kW ...	90	2 000	495	1 750	750	

N. B. — A) La chaudière chauffe l'eau du bassin pendant les heures creuses (tarif réduit) et le local pendant la journée; température de l'eau: 23 C. Un chauffe-eau à accumulation de 800 l. fournit l'eau chaude (90° C) pour les douches.
B) Les dimensions se rapportent au seul bassin couvert, d'un volume d'eau de 2 000 m³. Les autres données se rapportent à l'ensemble des 4 piscines du stade et des 3 chaudières qui fournissent de la vapeur à 6 kg/cm². L'installation comporte également un accumulateur de vapeur capable de fournir 6 000 kg à 1,5 kg/cm². Enfin une grande salle est chauffée par 2 aérothermes à vapeur d'une puissance totale de 25 ch.

b) Chauffage de l'huile.

Bains d'huile et bains-marie.

Avantages particuliers: précision de la temp.; sécurité.
Voir page 80 et volume I page 60.

Caractéristique de fours de revenu à bain d'huile (jusqu'à 300° C):

Dimensions intérieures en mm			Puissance en kW
longueur	largeur	profondeur	
500	300	300	4,5
600	550	370	14
700	500	800	22
1 000	500	500	16,2
1 000	800	800	28,8

Chauffage par éléments chauffants extérieurs ou immergés.



c) Chauffage de bains et de liquides divers.

Liquides usuels :

Bains chimiques, électrolytiques, etc. (dégraissage, décapage, lavage, rinçage, électrolyse, etc. ; bains-marie ; bains métalliques (voir volume II, pages 54 et 55) ; bains de sels (voir volume II, pages 83 à 86).

Températures habituelles des bains les plus courants :

Opération		Température en °C	
Décapage	acide.....	ambiante ou 40-56, 60-80	
	alcalin	60-80	
	électrolytique	ambiante ou 60-100 (3)	
Dégraissage	solvants alcalins .. .	70-85, 100	
	trichloréthylène (1) .	87	
	électrolytique... ..	ambiante ou jusqu'à 100 (3)	
Lavage, rinçage à l'eau		40-60, 80-100	
Electrolyse	cuivrage et laitonnage	ambiante ou 40 (3)	
	nickelage	ordinaire	ambiante ou 38-40, 60
		épais.	45-50
	chromage	ordinaire	ambiante ou 30-40
		épais, dur	40-50
	cadmiage.	15-20	
	zingage..	ambiante	
étamage... ..	ambiante ou 60		
Oxydation anodique de l'aluminium	électrolyse (2) ..	ambiante ou 25-30, 40	
	teinture	65	
	fixage	à l'eau bouil- lante.	100
sealing...		85-95	
Etamage par voie chimique		70-80, 100	
Phosphatation et procédés chimiques dérivés..		80-100	
Oxydation chimique.....		100-400	
Photographie (révélateurs).		18	

(1) Liquide ou vapeur.
 (2) Généralement : 25-30.
 (3) Généralement : ambiante.

Modes de chauffage.

Chauffage au moyen d'éléments extérieurs aux cuves et récipients ou d'éléments immergés soit dans le liquide lui-même, soit dans un autre liquide (cas de bain-marie).

1° Eléments d'immersion.

Ces éléments protégés sont constitués généralement par du fil, ou parfois du ruban de nickel-chrome, monté sur porcelaine ou isolé par du mica ou de la magnésie.

Les caractéristiques courantes des éléments chauffants protégés d'immersion (tensions habituelles: 110 à 230 ou 380 V) sont données ci-après :

Eléments tubulaires avec fils Ni-Cr montés sur pièces réfractaires empilées.:

Chauffage de l'eau		Chauffage de l'huile	
longueur utile mm	puissance kW	longueur utile mm	puissance kW
210	0,2-0,3-0,6	250	0,2-0,4-0,6
290	0,8-1	290	0,8
330	1,2	330	1
410	1,5	410	1,2
495	1,8	495	1,5
370	2	575	1,8
420	2,5	370	2
460	3	540	2,5
640	4	650	3
780	5	770	4
920	6	900	5
1 250	8	1 100	6
1 500	10	1 400	8
		1 720	10

Éléments tubulaires avec fils Ni-Cr dans la magnésie
(tubes repliés en épingles à cheveux) :

Nombre de circuits	Chauffage de l'eau		Chauffage de l'huile	
	longueur mm	puissance kW	longueur mm	puissance kW
1	375	0,4	375	0,4
1	265	0,6	305	0,6
1	265	0,8	375	0,8
1	305	1	470	1
2	375	0,8	375	0,8
2	320	1	340	1
2	265	1,2	305	1,2
2	265	1,5	360	1,5
2	305	2	470	2
2	330	2,4	560	2,4
2	390	3	505	3
2	420	4	550	4
2	450	5	580	5
3	275	3	365	3
3	365	4	475	4
3	390	5	505	5
3	420	6	550	6
3	560	8	730	8
3	580	10	755	10

Certains tubes peuvent, si nécessaire, épouser des formes très diverses.

Éléments plats en forme de lames (mica ou magnésie) :

Forme de la résistance	Dimensions habituelles (1)			Puissance usuelle kW
	longueur mm	largeur mm	épaisseur mm	
Fil rond boudiné	203 à 1083	25 à 75	7 à 9	0,01 à 2,30
Ruban découpé.	150 à 2040	22	6	0,10 à 4,00

(1) Pour la magnésie.

Les lames peuvent affecter différentes formes : plate, en U, en J, en N, en M, etc.

Éléments plats en forme d'anneaux blindés ou semi-protégés (magnésie) :

Diamètre habituel		Puissance usuelle kW
intérieur mm	extérieur mm	
minimum 22 maximum 157	minimum 64 maximum 219	0,025 à 1,4

Éléments blindés d'immersion pour bains d'électrolyse :

Généralement éléments tubulaires de 1-2 ou 3 kW; 220 V max; forme rectiligne ou en équerre.

Nature habituelle de l'enveloppe des éléments protégés d'immersion :

Métal	Liquides
Cuivre (ordinaire, nickelé ou étamé), laiton	eau en particulier.
Acier	huile en particulier.
Fer, acier, cuivre, avec enveloppe de plomb ; plomb ; métal inoxydable.	liquides corrosifs.

2° Appareils divers.

Appareils courants de dégraissage au trichloréthylène :

Le tableau de la page suivante donne les caractéristiques d'appareils courants.

La régénération du tri se fait soit dans l'appareil lui-même, soit dans un distillateur séparé dont le débit horaire est le plus souvent de 30, 60 ou 100 l.

Il exige des appareils plus importants à marche discontinue ou continue, à fonctionnement automatique ou non, capables de traiter plusieurs milliers de pièces ou plusieurs tonnes de métal par heure.

Type	Dimensions utiles en mm		Contenance l	Puissance kW
	diamètre ou côtés	hauteur		
Rond	150	100	8	0,5
	300	200	78	4
	400	300	135	6,9
	500	350	203	9,8
	600	200	185	7,6
	650	200	230	9,5
	700	200	240	10,4
	800	200	320	13,2
Carré	300	200	98	4,9
	400	300	172	9
	500	350	200	12,4
	600	200	220	9
	650	200	270	11,3
	700	200	285	12,2
	800	200	380	17,3
Rectangulaire	300 × 400	300	220	11,2
	400 × 500	400	375	18,4
	500 × 600	400	550	27,8

Petits chauffe-liquide :

Chauffage d'eau, vin, bains chimiques, huile, vernis, etc. :

Longueur mm	Diamètre mm	Puissance W
290	40	350
350	50	600
820	40	600
740	45	600

La cons. d'én. él. est approximativement la suivante :

Liquide	Wh : 1 °C
Eau.....	1,2
Huile.....	0,8
Liquides peu consistants.....	1,4

Bain-marie pour laboratoire (100 °C max.) :

Type	Diamètre mm	Hauteur mm	Puissance W
Cylindrique.. .. .	150	240	600
Cylindrique.... ..	200	250	800
Conique.	200	350	330
Conique.	300	380	530

Autres appareils pour laboratoires :

Type	Diamètre mm	Hauteur mm	Puissance W
Chauffe-bécher.	75	—	300
Chauffe-tube à essai.	20	85	100
Chauffe-ballon....	250 cc	150	200
	500 cc	170	300
	1 000 cc	250	400
Chauffe-entonnoir	100 mm	140	130
	150 mm	220	350
	200 mm	250	450

E. MODIFICATION DES PROPRIETES

Stérilisation de l'eau et du lait, émaillage à basse température, laquage et vernissage (cuisson des émaux et des vernis), fabrication des peintures et vernis, etc., etc.

Stérilisation de l'eau :

Voir pages 60 et 86.

Stérilisation du jus de fruits :

Chauffage au moyen de courant traversant le jus utilisé comme résistance ; amenée du courant par électrodes ; capacité de 50 à 800 l : h ; compter sur 7 à 9 kWh pour porter 100 l de jus de 15 à 80° C.

Stérilisation du lait :

Pasteurisateurs de lait :

Température °C	Long. mm	Larg. mm	Haut. mm	Contenance		Puis. kW
				pa- niers	bibe- rons	
Haute temp. { 100-105	850	600	220	9	108	3
	850	600	450	18	216	5
	850	600	675	27	324	7
	1 400	800	450	40	480	10
	1 400	800	675	60	720	15
Basse temp. { 95-100	550	380	300	4	48	1,2
	550	750	300	8	96	2
	800	750	300	12	144	3,5
	1 100	750	300	16	192	4,5

Etuves de préparation du yogourt, du képhir, des laits cultivés :

Capacité pots	Hauteur mm	Largeur mm	Profondeur mm	Puissance W
50	820	380	300	300
100	950	450	340	500
300	1 550	700	500	1 200

Traitement des huiles :

Le tableau de la page suivante donne quelques indications sur les temp. usuelles.

Vernissage.

Etuves à résistance (avec tendance à recourir de plus en plus à la convection forcée) ou à rayons infra-rouges; quelquefois, chauffage par induction du métal recouvert du vernis à traiter.

Le vernissage comporte l'évaporation du solvant (séchage) suivie éventuellement d'une action chimique (polymérisation ou oxydation) :

Traitement des huiles :

Nature du traitement	Nature de quelques huiles traitées	Temp. °C	Nature de l'huile après traitement
Oxydation à l'air	h. de lin	120-250	huiles cuites (fabrication des h. siccatives)
Traitement par chlorure de soufre (1) ou par soufre (2)	h. de lin, de colza, de ricin, de soja, de coton	80-100 (1) 160-200 (2)	huiles vulcanisées (succédanés du caoutchouc)
Barbotage d'air dans l'huile	h. de colza, de coton, de maïs	70-115	huiles soufflées (fabrication des lubrifiants)
Traitement par l'acide sulfurique	h. d'olive, d'arachide, de sésame, de ricin	35 max.	huiles sulfonées (pour l'ensimage : filature)
Polymérisation par simple chauffage, sans oxydation, à l'abri de l'air (pour mémoire)	h. de lin h. de bois Chine h. de ricin	250-320 180-250 200-350	huiles épaissies (fabrication des vernis)

Vernissage :

Nature du vernis	Température usuelle en °C
Vernis à base d'essence et de cellulose.....	60-80
Résines synthétiques (type bakélite).....	95
Vernis à base d'huiles végétales,.....	120-250

Principaux avantages : précision de la température dans l'espace et dans le temps, rapidité du traitement (infra-rouges en particulier), qualité du vernis obtenu, propreté, sécurité, commodité d'emploi, automaticité.

Voir page 61.

F. TRANSPORT DE CALORIES

Par l'intermédiaire d'un liquide immobile (bains de trempe et de revenu, bains-marie) ou en mouvement (tuyauteries, en général).

Chauffage et climatisation des locaux,

notamment chauffage des bureaux et chauffage et climatisation de certains locaux (imprimeries, produits pharmaceutiques ou chimiques, etc.) Voir volume I, pages 25 à 27 et 49-50.

Chauffage des chambres-étuves (notamment cultures microbiennes) et des étuves.

Pour les étuves, se reporter à la page 61.

Nous donnons ci-après, à simple titre d'exemples, les caractéristiques de quelques étuves et appareils spéciaux.

Etuves bactériologiques.

Cultures microbiennes à 37° C et germination :

Nature de l'étuve	Dimensions utiles			Puissance kW
	hauteur mm	largeur mm	profondeur mm	
Etuves ordinaires à air	I 300	750	500	1,2
	900	550	400	0,8
	600	350	280	0,5
	500	280	200	0,3
Etuves à enveloppe d'eau	200	200	200	I
	300	300	300	1,5
	400	500	600	3
	500	600	800	4

La cons. d'én. él. est très faible, car elle correspond seulement à la neutralisation des pertes thermiques. Par ex. une étuve de 22 cm³, 150 W, consommera en moyenne 20 Wh : h et une étuve de 500 W consommera 100 Wh : h.

Etuves à double paroi pour laboratoires :

Dimensions intérieures mm	Temp. maximum °C	Puissance W
400 × 300 × 300	200	I 000
300 × 250 × 250	200	500
200 × 150 × 170	200	400
300 × 200 × 250	200	800
440 × 250 × 300	200	I 500
200 × 200 × 200	300	I 600
300 × 300 × 300	300	2 500
400 × 400 × 400	300	3 500
600 × 400 × 300	170	2 800
400 × 300 × 300	200	700
550 × 400 × 400	200	I 200



Stérilisateurs à air sec
pour instruments chirurgicaux et médicaux (165 °C) :

Dimensions intérieures mm	Puissance W
450 × 150 × 120	300
300 × 200 × 200	500
400 × 300 × 300	800
500 × 400 × 350	1 100

Chauffage de vapeur d'eau.

Voir pages 56 à 59. Signalons également les applications à la surchauffe dans les chaudières à vapeur.

Stérilisateurs à tétines (vapeur à 101 °C) :

Nombre de Tétines	Puissance en W
100	200
200	300
300	400
400	500
500	600

Fabrication de l'ammoniac synthétique.

Notons par exemple l'emploi de tubes catalyseurs à 600° C dans lesquels sont introduits Az et H sous une pression de 1 000 kg (ex. : 12 kW par tube).

Cracking de gaz d'ammoniac.

A titre indicatif, le tableau suivant donne les caractéristiques d'appareils utilisés pour l'obtention d'une atmosphère d'ammoniac craqué dans les fours électriques.

Craqueurs d'ammoniaque.

(1) Capacité m ³ : h	Cotes d'encombrement en mm		Puiss. kW	Cons. d'én. él.	
	diamètre	hauteur		kWh : h	kWh : m ³
1	500	850	2,5	1,5	1,50
5	560	1 300	4,5	3	0,60
7,5	560	1 300	6	4	0,53

(1) Production horaire d'un mélange contenant 75 p. 100 d'hydrogène et 25 p. 100 d'azote.

Applications particulières.

Signalons par exemple le *vieillessement de la farine*, en vue d'en faciliter la cuisson : un courant d'air traversant un arc électrique donne des composés oxygénés de l'azote qui sont envoyés à travers la farine; le *bleuissement des faulx* par oxydation par l'air à 270° C.

Remarques.

Dans le chauffage des fours à atmosphère, on réalise toujours le chauffage de ladite atmosphère, donc le chauffage d'un gaz. Mais, en général, ce n'est pas là le but à atteindre.

Chauffage par induction.

Comme exemple de chauffage par induction, signalons les suivants :

Fabrications chimiques : chauffage au moyen d'un faisceau de tuyaux dans lesquels on développe des courants secondaires par induction.

Surchauffe de vapeur à 360° C.

N B. — Voir note additive page suivante.

FIN

Note.

Par suite des circonstances, la publication du présent memento a été retardée jusqu'en juin 1945, date à laquelle il a été mis à jour. On a pu tenir compte notamment de l'évolution de certaines industries et signaler quelques progrès accomplis récemment, en particulier dans l'emploi des appareils à induction à très haute fréquence et des rayons infrarouges, en France et dans une certaine mesure à l'étranger.

Le lecteur pourra indiquer sommairement ci-après tous renseignements complémentaires qui pourraient lui parvenir.

Pages	Renseignements complémentaires



ULTIMHEAT®
VIRTUAL MUSEUM



XXXIV.1945

La Société pour le Développement des Applications de l'Électricité APEL, créée avec le patronage du Groupement des Secteurs Français, a pour objet l'amélioration et la vulgarisation des appareils électriques d'applications diverses.

Pour toute étude et renseignements techniques,
s'adresser : 33, rue de Naples — PARIS (8^e)