

TENDANCES ACTUELLES
DES
TECHNIQUES
DE LA
CHALEUR

PAR

M. VÉRON

Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers
et à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

D'APRÈS LA 46^e CONFÉRENCE DE " LA TECHNIQUE MODERNE "

PARIS

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI)

1938



SOCIÉTÉ LOUIS PRAT

144, avenue des Champs-Élysées, PARIS

Téléphone : Élysées 21-95

TIRAGE MÉCANIQUE



VENTILATEURS DE SOUFFLAGE



DÉPOUSSIÉREURS DE FUMÉES



ÉLECTROFILTRES

SOCIÉTÉ AIRECO

146, avenue des Champs-Élysées, PARIS

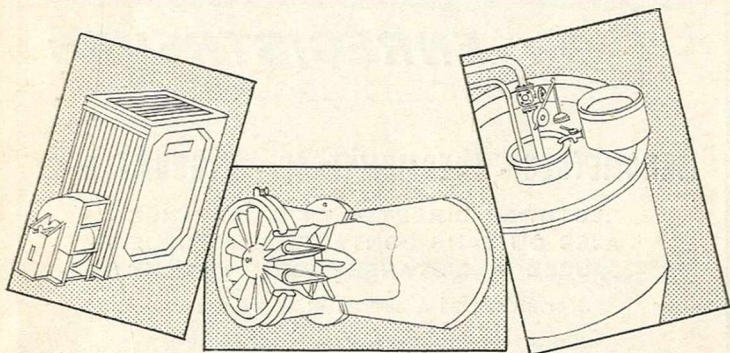
Téléphone : Élysées 21-94

RÉCHAUFFEURS D'AIR
POUR TOUTES APPLICATIONS



les fabrications **PRAT-DANIEL**

**CHEMINÉES A TIRAGE MECANIQUE
RECHAUFFAIR "THERMIX"
FOYER AUTOMATIQUE "PRAMIX"
EPURATEUR D'EAU "PRADA"
DEGAZEUR
DÉPOUSSIEREURS : TURBO-CAPTEUR
MULTICYCLONE
SOUFFLERIES "HELICO"
APPAREILS DE CONTRÔLE**



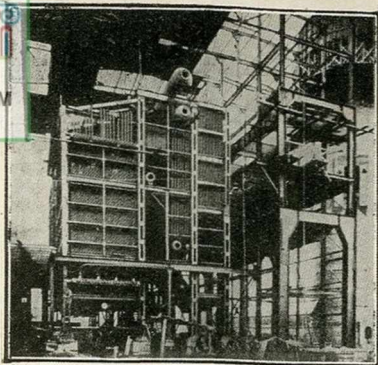
ETABLISSEMENTS
EMILE PRAT-DANIEL

TELEPHONE :
LABORDE 05-45 (2 lig group)

64, RUE DE MIROMESNIL
PARIS

TELEGRAPHE
PRATEMIL - 8 - PARIS

I



Houillères de Sarre et Moselle. — Centrale Paul Weiss
3 chaudières Cail-Steinmüller de 900 m²-40 Hpz
Vaporisation unitaire maximum : 90 t.-heure.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES
Société anonyme au capital de 50 millions.

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

CAIL

à DENAIN (Nord)

Chaudières Cail Steinmüller

GRANDE SÉCURITÉ DE SERVICE
HAUT RENDEMENT
TOUTES PUISSANCES

Chaudronnerie spéciale
pour
usines de produits chimiques

TURBINES A VAPEUR CAIL-ERSTE-BRUNNER

A CONDENSATION A SOUTIRAGE - A CONTRE-PRESSION TURBINES MIXTES

INDICATEURS ET ENREGISTREURS

MANOMÈTRES - THERMOMÈTRES - HYGROMÈTRES

LECTURES DIRECTES ET A DISTANCE
AVEC OU SANS CONTACT ÉLECTRIQUE
JAUGES A DISTANCE POUR MAZOUT

Déprimomètres à cadran et enregistreurs.

L. MAXANT

38, rue Belgrand, PARIS (XX^e) - Tél. : ROQ. 23-79



DOUZE ANNÉES

de stricte spécialisation

en

Voûtes Suspendues

pour TOUS FOYERS & FOURS

A VOTRE SERVICE

SAFI, 2, rue Blanche, PARIS

en RÉDUISANT les imbrûlés

en AMÉLIORANT la combustion

L'Autel Auto-combusteur

ÉCONOMISE le combustible

c'est une dépense qui **“ Paie ”**



**Le meilleur rendement thermique (98 %),
Maximum de résistance,**

Voici les deux caractéristiques essentielles de

L'ISOLATION " RÉFORME "

à base de laine minérale, avec armature spéciale brevetée
et chape en ciment.

Isolation démontable des brides, vannes, rivures
d'appareils, etc..... -:- Pose à froid ou à chaud.

Devis et visites d'ingénieurs, sans frais

ISOLFEU

9, rue Lentonnet, PARIS (9^e) - Tél. Trudaine 20-02, 20-03

Agents dans toute la France - Succursales à l'Étranger

USINES DU NORD	CIÉ DE FIVES - LILLE	USINE DU CENTRE
FIVES-LILLE	POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES & ENTREPRISES	GIVORS
LILLE	Société anonyme au Capital de 75.000.000 Francs	— (RHÔNE) —
FRESNES-sur-ESCAUT	SIEGE SOCIAL ET ADMINISTRATION 7, Rue Montalivet, PARIS (8 ^{ème})	
	TELEGRAMMES FIVILLE 05-PARIS	R.C. SEINE 79.707
		TELEPHONE ANJOU 22-01 A 22-05

**CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES
" STIRLING "**

CHAUDIÈRES " SIEMENS-BENSON "

CONSTRUCTION " FIVES-LILLE "
POUR HAUTES PRESSIONS

TUYAUTERIES

TURBINES A VAPEUR

CHAUDIÈRES et MACHINES à VAPEUR " WEYHER & RICHEMOND "

CHAUDIÈRE A HAUTE PRESSION SYSTÈME LOEFFLER-VITKOVICE

pour
CENTRALES
THERMIQUES

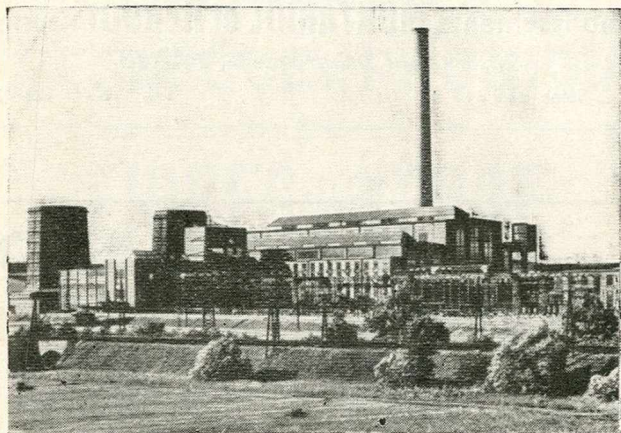
FABRIQUES
CHIMIQUES



pour
CHAUFFAGES
URBAINS

INSTALLATIONS
MARINES

A CONDENSATION ET A CONTRE-PRESSION



Centrale électrique à Trébovice, Tchécoslovaquie.
3 chaudières Löffler, chacune de 65/75 t/h en service.
2 chaudières Löffler, chacune de 65/80 t/h en construction.

DÉBIT TOTAL DES CHAUDIÈRES LOEFFLER
EN CONSTRUCTION : 600 t/h — EN SERVICE : 1.500 t/h
130 kg — 500° C

C^{ie} DES MINES, FORGES ET ACIÉRIES DE VITKOVICE
TCHÉCOSLOVAQUIE

Agence générale pour la France et Belgique :
L. REMY, ing. A. I. Lg., 4, rue Christophe-Colomb, PARIS (8^e)



SUPPRESSION

des Suies et des Poussières des Foyers
Domestiques, Industriels et Commerciaux

(Loi Morizet)

CAPTE-SUIE " L'AVARE "

Rendement 85 %

Lauréat Exposition Chauffage industriel, Paris 1933.

Diplôme d'Honneur, Bruxelles 1935.

Membre du Jury, Paris 1937.

Etablissements **MONTARIOL et HÉRODY** réunis
10, rue du Débarcadère, PARIS

R. C. Seine 255 319 B

Tél. : **ETO 38-07**

Établissements **V^{ve} L. HIARD**

56, avenue de Choisy, PARIS (XIII^e)

GOB. 37.51

OUTIHIARD-PARIS

GROUPE COMPLET A MANDRINER

A LIMITEUR D'EFFORT ET COMMANDE A DISTANCE

COUPE-TUBES à MAIN et au MOTEUR

DUDGEONS SPÉCIAUX pour TUBES ÉPAIS

DUDGEONS A MAIN

APPAREIL A BORDER LES TUBES

TARAUDS - ALÉSOIRS - FRAISES

Tous Outils et Appareils spéciaux suivant plans



ISOVER

**ISOLANT
THERMIQUE et PHONIQUE**

EN

FIBRES ^D_E VERRE

INCOMBUSTIBLE

LÉGER

IMPUTRESCIBLE

INATTAQUABLE AUX ACIDES

ISOVER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.075.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL :

13, rue des Saussaies — PARIS (VIII^e)

MARQUE DÉPOSÉE

Téléphone : ANJOU 21-62

USINE A SOISSONS (Aisne)

FOURNISSEUR AGRÉÉ DE LA MARINE NATIONALE



Souvenez-vous que

ROSER (S. A.)

CONSTRUCTEUR

Société anonyme, capital de 2.500.000 francs

38, rue de la Briche, à SAINT-DENIS (Seine)

“ SPÉCIALISTE des CHAUDIÈRES ”

*vous présentera la chaudière
la mieux appropriée à vos besoins*

HAUTE PRESSION

Multitubulaire

Semi-tubulaire

BASSE PRESSION

Eau chaude

à Foyer intérieur

Étudiée spécialement pour vous

Consultez-le



SIEMENS

**APPAREILS
de MESURE
et de RÉGULATION**

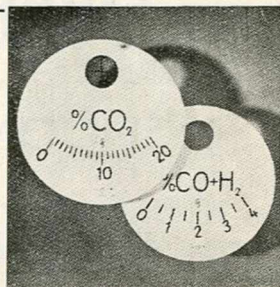
Pour tous contrôles thermiques et hydrauliques

SIEMENS-FRANCE S. A.

17, rue de Surène, PARIS (VIII^e)

Téléphone : ANJOU 18-40

LYON - STRASBOURG - CASABLANCA





La Méthode de Vaporisation

“ Le William’s ”

est la réalisation industrielle, adaptée aux chaufferies modernes, de phénomènes physiques qui facilitent la formation et le dégagement de la vapeur, améliorent l'utilisation et augmentent la production.

Elle permet de stabiliser la surchauffe au maximum à toutes les allures de marche, de créer un pH non agressif et d'arrêter les corrosions par oxydations, surchauffes, sels de soude ou chlorures.

Les vannes spéciales “ **Le Williams** ”, garanties aux points de vue sécurité, durée et facilité de fonctionnement, permettent d'évacuer chaque jour une quantité de résidus équivalente aux apports de l'alimentation.

Demander documentation et références

Casimir BEZ et ses Fils

19, avenue Parmentier, PARIS (XI^e)

Roquette 85-85 (lignes groupées)

Bureaux techniques avec Ingénieurs spécialisés, dans tous les principaux centres industriels et les ports.

Sur rendez-vous : expériences ; démonstrations sur appareils en ordre de marche industrielle ; communication des rapports d'essais dans l'Industrie, la Marine, les Chemins de fer.



LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MECANIQUES

*Revue mensuelle illustrée,
rédigée par des praticiens pour des praticiens.*

Rédacteur en chef :

Georges LÉVY

Ingénieur des Arts et Manufactures

ABONNEMENT ANNUEL

France et Colonies 74 fr.

Etranger 104 fr.

Prix spécial pour les pays ayant ac-
cepté l'échange du tarif postal réduit. 96 fr.

Prix du Numéro de l'année en cours : 7 fr.

Spécimen gratuit sur demande adressée à

92, rue Bonaparte,
Paris-VI^e



Tél. : Danton 99-15
(3 lignes)

CHAUDIÈRES

BENSON à circulation forcée
pour hautes pressions

WALTHER types à tubes verticaux
à 2, 3 ou 4 collecteurs,

PENHOËT types à sections

CHAUFFE AU MAZOUT **PENHOËT**
GRILLES MÉCANIQUES **WALTHER**

**Société des CHANTIER
et ATELIERS de
S^t-NAZAIRE - PENHOËT
7, rue Auber, PARIS**

Tél. : Opéra 47-40 — Opéra 30-70

Voir p. XIII l'annonce de la **Sté d'Exploitation d'Usines Métallurgiques**



PHYSIQUE DE L'INGÉNIEUR

PAR

L. BARBILLION

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble

Tome I. — VIII-162 pages 16×25, avec 142 figures. 1937.
(Relié, **55 fr.**). Broché **35 fr.**

Tome II. — VIII-259 pages 16×25, avec 259 figures. 1937.
(Relié, **68 fr.**). Broché **48 fr.**

92, RUE BONAPARTE



ÉDITEUR, PARIS (VI^e)

“ ÉTUDES CORPORATIVES ”

Chaque volume sur beau papier bouffant..... 18 fr.

LIBERTÉS CORPORATIVES
ET UNITÉ NATIONALE
par G. COQUELLE-VIANCE

UN RÉGIME CORPORATIF
POUR L'AGRICULTURE
par L. SALLERON

L'ARTISANAT, ENTITÉ CORPORATIVE
par H. LEY

GUIDE PRATIQUE
DE L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE
par G. de BEAUMONT

VERS LA CORPORATION DU CUIR
par G. TAINTURIER

L'ÉVOLUTION CORPORATIVE
DE LA BOUCHERIE
par G. CHAUDIEU

Sous presse

L'ORGANISATION DE L'INDUSTRIE
BETTERAVIÈRE ET SUCRIÈRE
par J. ACHARD

92, rue Bonaparte

DUNOD

Éditeur - Paris (6^e)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS BABCOCK & WILCOX

Société anonyme au capital de 32.400.000 francs

Siège social :
48, rue La Boétie
PARIS (VIII^e)



Ateliers :
LA COURNEUVE
(Seine)

CHAUDIÈRES BABCOCK & WILCOX

pour toutes pressions et toutes températures de surchauffe

CHAUDIÈRES A AILETTES, TYPE R. L.

Chaudières et Chaudronneries des Étab^l Delaunay-Belleville

Grilles mécaniques soufflées pour tous combustibles - Charbon pulvérisé
Surchauffeurs - Économiseurs - Réchauffeurs d'air tubulaires et Ljungström
Ramonage Diamond Manutention mécanique Tuyauteries

Ouvrages de Chaudronnerie générale rivés et soudés

*Construction de tout matériel pour la chaufferie
et l'industrie pétrolière*

S. E. U. M.

Sté d'Exploitation d'Usines Métallurgiques

(Anciens Établ. FOURCY)

Société au capital de 4.000.000 de francs

CORBEHEM (Pas-de-Calais)

CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

“ PENHOËT ”

Hauts Rendements — Grande Souplesse

CHAUDIÈRES SEMI-TUBULAIRES
TUYAUTERIE, CHAUDRONNERIE

Nombreuses Références d'importantes Centrales dans l'Industrie,
les Poudreries nationales, les Hôpitaux, etc.

Voir p. XI l'annonce des Chantier & Ateliers de St-Nazaire-Penhoët



LA Technique Moderne

REVUE UNIVERSELLE ILLUSTRÉE
DES SCIENCES APPLIQUÉES A L'INDUSTRIE

Paraissant le 1^{er} et le 15 de chaque mois

RÉDACTEUR EN CHEF :

GEORGES LÉVY

Ingénieur des Arts et Manufactures

ABONNEMENT ANNUEL :

France et Colonies, 180 francs. Étranger, 246 francs.

Pays ayant accepté le tarif postal réduit, 231 francs.

Le numéro, 9 francs.

Spécimen gratuit sur demande adressée à :

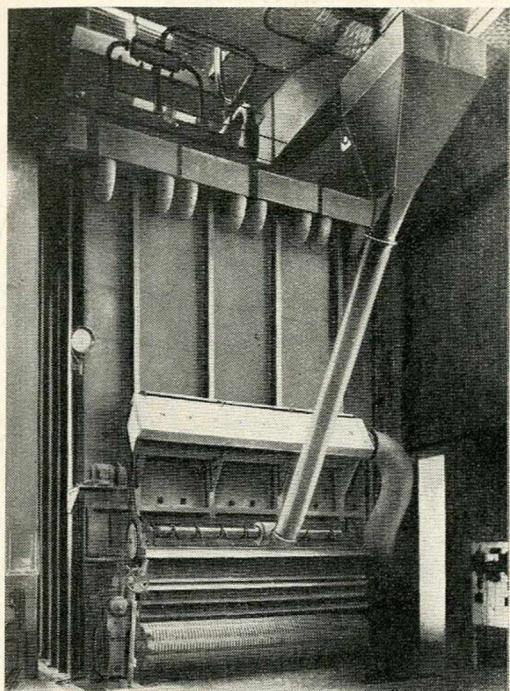
92, rue Bonaparte,
Paris-VI^e



Tél. : Danton, 99-15
(3 lignes)

SOCIÉTÉ A RESPONSABILITÉ LIMITÉE AU CAPITAL DE 1.200.000 FRANCS

CHAUDIÈRES DUQUENNE



**CHAUDIÈRES POUR TOUS DÉBITS,
TOUTES PRESSIONS, TOUTES SURCHAUFFES
TYPES SPÉCIAUX POUR PRESSION JUSQU'À 150 kgs
FOYERS ET CHAMBRES DE COMBUSTION
POUR TOUS COMBUSTIBLES**

ÉTAB^{TS} DELATTRE & FROUARD RÉUNIS

Société anonyme au capital de 30.000.000 de francs.

39, rue de la Bienfaisance, PARIS

FAMA

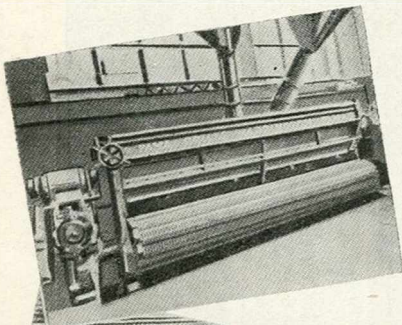
SOCIÉTÉ ANONYME
8, Rue Blanche, PARIS

GRILLE HARRINGTON

A compartiments étanches,
barreaux auto-décrasseurs à
recouvrement. Toutes surfa-
ces de grilles jusqu'à 60 m².

~~~~~  
Combustibles normaux,  
poussier de coke,  
anthracite... même pul-  
vérulents.

~~~~~  
Nombreuses grilles en
fonctionnement sous
chaudières, fours,
séchoirs.

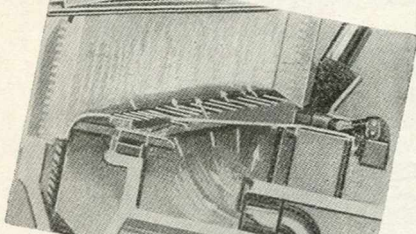


FOYER RILEY

A éléments multiples,
à cuves inclinées.
Évacuation automatique
des mâchefers.

~~~~~  
Tous combustibles ½ gras  
ou gras.

~~~~~  
Chaudières de grande puis-
sance ou exigeant de fortes et
rapides variations d'allures.



FOYER FAMA

Introduceur à piston-pous-
soir à commande mécanique,
hydraulique ou à vapeur.

~~~~~  
Tous combustibles ½ gras  
ou gras.

~~~~~  
Pour petites et moyennes
installations de chaudières et
fours.



FOYERS SPÉCIAUX POUR CHAUFFAGE CENTRAL

TÉL. : TRINITÉ 76-17 et 76-18

R. C. SEINE 107.068



TENDANCES ACTUELLES
DES
TECHNIQUES
DE LA
CHALEUR

Mec.

Class. déc. { 536
662.9



THE HISTORY OF THE
TECHNOLOGY
OF THE

1000
1000
1000



TENDANCES ACTUELLES

DES

TECHNIQUES

DE LA

CHALEUR

PAR

M. VÉRON

Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers
et à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

D'APRÈS LA 46^e CONFÉRENCE DE " LA TECHNIQUE MODERNE "

PARIS



92, RUE BONAPARTE (VI)

1938



Tous droits réservés
Copyright 1938 by Dunod.

Partie relative à l'histoire du chauffage uniquement



TENDANCES ACTUELLES

DES

TECHNIQUES DE LA CHALEUR

[D'après une conférence faite sous les auspices
de la « Technique Moderne », le 12 février 1936.]

« Les physiciens savent quelle est l'importance des travaux de M. Véron, et quelle part prépondérante il a prise, depuis une dizaine d'années, à l'évolution, dans toutes ses branches, de la technique de la chaleur ».

G. BRUHAT.

IMPORTANCE ACTUELLE DES TECHNIQUES DU CHAUFFAGE

Quelques chiffres en fixeront l'ordre de grandeur.

1^o La consommation mondiale de combustibles atteint par an 1 milliard 200 millions de tonnes de houille et 20 millions de tonnes d'huile de pétrole environ, dont la chaleur de combustion totalisée est de l'ordre de 10^{16} grandes calories.

En France seulement, on a consommé en 1931 (1) quelque 85 millions de tonnes de houille brute; et on a élaboré 7,1 millions de tonnes de combustibles agglomérés, 10,3 millions de tonnes de coke et 3,2 milliards de mètres cubes de gaz.

Le tableau I donne la répartition des consommations et des productions entre les principales industries intéressées.

2^o Les foyers industriels exploités se comptent par millions.

En France seulement, on a utilisé, en 1931, 116 600 chaudières à vapeur, 1 700 chambres à gaz, 4 300 fours à coke, 500 fours de grosse sidérurgie, des dizaines de milliers de fours divers, des centaines de milliers de générateurs d'immeubles, sans

(1) Année relativement normale parmi les dernières écoulées.

compter les chaudières marines, les séchoirs, les foyers domestiques, etc...

Le tableau II donne la répartition du gros matériel entre les principales industries intéressées.

TABLEAU I. QUANTITÉS DE COMBUSTIBLES DÉBITÉES (ACHETÉES OU VENDUES) EN FRANCE PAR LES PRINCIPALES INDUSTRIES INTÉRESSÉES, EN 1931.

INDUSTRIES	COMBUSTIBLE brut en millions de tonnes	COMBUSTIBLES ÉLABORÉS		
		Agglomérés en millions de tonnes	Cokes en million de tonnes	Gaz en milliards de mètres cubes
Chauffage domestique.	(15)	(6)	(2)	(1,5)
Chemins de fer	10,1	1,8	0,1	
Sidérurgie	2,2		9	
Cokeries	10,6		8,1	1,5
Fabriques d'agglomérés.	6,6	7,1 (1)		
Électricité.	6 (2)			
Gaz de ville	4,6		2,2	1 7
Marine marchande ..	(2)			
Industries diverses (Agricultures et alimentaires. Chaufferies autres que centrales. Papeteries. Marine de guerre. Sili- licates) ..	(28)			

(1) Avec 582 000 T de brai.
(2) Chiffre calculé d'après la production de 8 milliards de kilowatts-heure :

$$8.10^9 \times \frac{6 \text{ kg de vapeur}}{8 \text{ kg de charbon par kg de vapeur} \times 1 000} = 6.10^6 \text{ tonnes.}$$

N. B. Les chiffres sans parenthèses sont ceux donnés par le service des Mines.

3° La dépense de combustible entre pour une grosse part dans les « mises au mille » et dans les prix de revient de la plupart des produits fabriqués.

Le tableau III indique les proportions de charbon approximativement nécessaires pour quelques fabrications-types.

TABLEAU II. NOMBRE DE CHAUDIÈRES ET DE GROS FOURS FONCTIONNANT EN FRANCE EN 1931

Chaudières soumises au contrôle des Mines ⁽¹⁾	{ Chaudières terrestres . . . Chaudières de locomotives Chaudières de dépôts Chaudières de batellerie }	91 329 ⁽²⁾				
		22 086				
		2 030				
		1 216				
	Total	116 661				
Fours à coke	{ Fours d'usines à gaz Fours de cokeries en activité }	1 715 chambres				
		21 183 cornues				
		4 327 ⁽³⁾				
Fours sidérurgiques ⁽⁴⁾	{ Fours à solé. Convertisseurs Fours à creusets Fours électriques Hauts fourneaux Fours à fonte électriques }	EN ACTIVITÉ		ARRÊTÉS EN 1931		
		basiques	acidés	basiques	acidés	
		112	7	55	2	
		94	67	3	11	
			22		22	
			44		5	
	75		62			
	72		23			

(1) Ne le sont pas les chaudières marines, ni les chaudières de chauffage central.

(2) 93 486 en 1930 (crise, concentration).

(3) 4 574 en 1930.

(4) Cette statistique ne concerne pas les fours autres que les gros fours de sidérurgie.



Le tableau IV indique le pourcentage des frais de combustible dans les prix de revient à l'usine de quelques produits industriels.

TABLEAU III. QUANTITÉS DE CHARBON NÉCESSAIRES POUR QUELQUES FABRICATIONS-TYPES

Pour obtenir :	Il faut approximativement :
1 T de fonte,	1 T de charbon
1 T d'acier,	1 T
1 T de verre,	$2/3$ à 1 T
1 T de briques alumi- neuses ou siliceuses,	$1/4$ à $1/2$ T
1 T de briques ordinaires,	$1/12$ à $1/6$ T
1 T de vapeur,	$1/6$ à $1/10$ T
1 000 kwh,	$1/3$ à $2/3$ T

TABLEAU IV POURCENTAGE DES FRAIS DE COMBUSTIBLE DANS LE PRIX DE REVIENT A L'USINE DE QUELQUES PRODUITS INDUSTRIELS.

Degré-jour pour chauffage domestique, pour cent..	70 à 90
Tonne de vapeur, pour cent	65 à 75
Kilowatt-heure dans une centrale, pour cent	50 environ
Tonne de ciment, pour cent	35 à 40 ⁽¹⁾
Tonne de verre, pour cent	18 ⁽²⁾
Tonne d'acier Martin, pour cent..	10
Tonne d'acier au convertisseur, pour cent.	7 à 9
Tonne de fonte de deuxième fusion, pour cent	7 à 9

(1) 40 à 65 % avec la force motrice.
 (2) 22 % avec la force motrice.

Le tableau V donne le prix de revient actuel de la tonne de

TABEAU V. — PRIX DE REVIENT DE LA TONNE DE VAPEUR EN 1935

PRIX DE REVIENT de la tonne de vapeur (P) et pourcentage de la dépense de combustible dans ce prix de revient (r)	AMORTISSEMENT EN 15 ANS (taux d'intérêt: 5 %)			AMORTISSEMENT EN 10 ANS (taux d'intérêt: 7 %)		
	Nombre d'heures de marche annuelle (tont 1/4 en allure poussée)			Nombre d'heures de marche annuelle (tont 1/4 en allure poussée)		
	2 400 (300 × 8)	4 800 (300 × 16)	7 200 (300 × 24)	2 400 (300 × 8)	4 800 (300 × 16)	7 200 (300 × 24)
Première variante { P fr.. r %.	80,9 64,3	72,45 72,4	69,25 75,4	88,4 59,4	75 75 69	71,65 72,8
Deuxième variante { P fr.. r %.	76,40 68	68,55 75,3	66,05 78,5	82 7 62,5	71,85 72	68,23 76

Bases du calcul.

Prix de la tonne de charbon rendue en usine de la région parisienne
(fines lavées demi-grasses, $P_{et} = 6\ 500$ gr. cal./kg) . . . 415 fr.

Première variante :
Chaudière comprenant :
4 chaudières terrestres de 150 m², 15 hpz, 350° C.
3 en marche, 1 en réserve.
Vaporisation horaire unitaire : 3 000-3 750 kg.

Deuxième variante :
Chaudière comprenant :
4 chaudières terrestres de 300 m², 45 hpz, 350° C.
3 en marche, 1 en réserve.
Vaporisation horaire unitaire : 6 000-7 500 kg.

vapeur, et le pourcentage de la dépense de combustible dans ce prix de revient.

ANCIENNETÉ ET RIGIDITÉ DES TECHNIQUES DU CHAUFFAGE

Le chauffage est un *art très ancien* dont les progrès furent lents, et longtemps imperceptibles aux profanes.

Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer les figures 1 à 8 (extraites de l'*Encyclopédie* de Diderot), qui représentent un four de céramique à chambre, trois fours à réverbère, trois fours à cuve et un four de verrerie à pots, tels qu'ils furent introduits en France au temps de Colbert, tels sans doute, à peu près, qu'ils existaient déjà en Italie (glaces de Venise) depuis la civilisation latine, tels peut-être qu'ils furent conçus, bien avant les conquêtes romaines, par les verriers égyptiens, par les céramistes assyriens, et par les métallurgistes phéni-

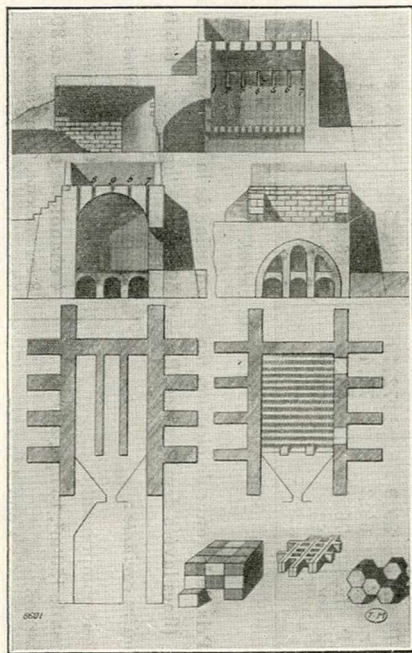


FIG. 1. — Four de céramique à chambre chauffé au bois, pour la cuisson des briques, tuiles, carreaux.

ciens. Leurs formes intérieures sont déjà très voisines des formes actuellement en usage.

On remarquera, en particulier, que l'un des fours à recuire les glaces (fig. 2) offre une impeccable voûte surbaissée; que

les hauts fourneaux (fig. 6 et 7), soufflés par des soufflets qu'actionnent des roues hydrauliques ⁽¹⁾, offrent déjà le profil optimum; que le four à pots (fig. 8) est semblable au four Boëtius, sans la descente des gaz ni le préchauffage de l'air, mais avec une récupération sur les matières traitées.

Seule, la construction massive, avec ses murs très épais, diffère considérablement de la technique actuelle, avec ses parois très allégées.

Et le bois, combustible alors presque universel, est pratiquement disparu au profit de la houille et de ses dérivés.

Extrêmement lents jusqu'au XIX^e siècle, les progrès des fours s'accéléraient cependant vers 1800, avec l'apparition du gaz

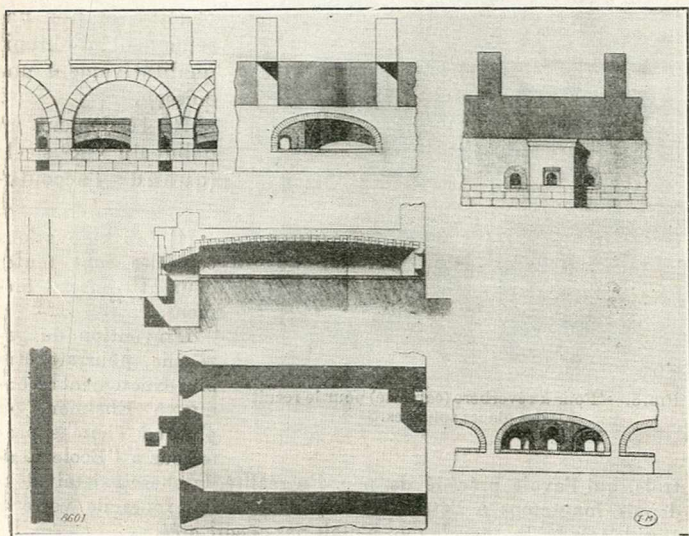


FIG. 2. — Four à réverbère (carcasse) pour le recuit des glaces.

riche ⁽²⁾, et surtout vers 1860, grâce à l'apparition du gaz pauvre combiné avec les préchauffages de l'air et du gaz par

(1) D'autres l'étaient par des éjecto-compresseurs hydrauliques.

(2) Dû à Lebon.

récupération sur les fumées ⁽¹⁾, grâce aussi au brûleur à éjection ⁽²⁾.

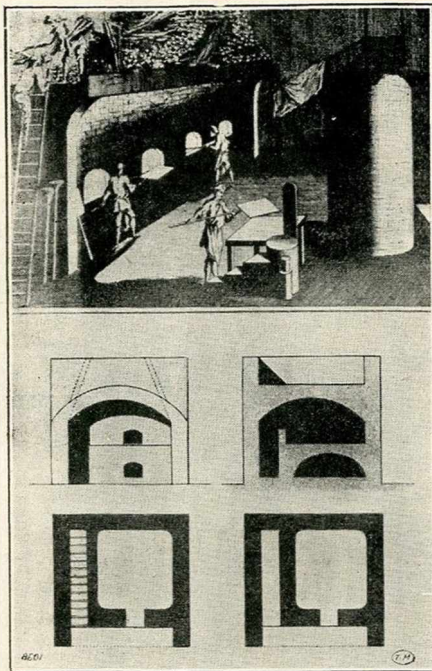


FIG. 3. — Four à réverbère (carcasse) pour le recuit des glaces soufflées.

Venues seulement au milieu du XVIII^e siècle, les chaudières firent des progrès infiniment plus rapides, sans doute en raison de la nécessité qui s'imposa bientôt de réaliser quantitativement un rendement prévisible et élevé, et non pas seulement d'obtenir qualitativement une cuisson.

Né réellement au début du XIX^e siècle (quand l'accoutu-

(1) Ces innovations capitales sont toutes deux attribuées à Siemens.

L'invention du gazogène pourrait être plus exactement reconnue à Ebelmen, ou plutôt à Thomas, professeur à l'École Centrale,

qui l'avait précédé de peu. En réalité, la chose existait déjà depuis longtemps à l'état d'embryon dans les fours de verrerie à grille très basse, mais le mot n'était pas encore créé.

Plus originale, l'invention de la récupération sur les fluides (air et gaz) est l'apport fondamental des temps modernes. Elle a permis d'améliorer les rendements (chaudières, cornues et chambres à gaz, machine de Claude) et elle a parfois rendues possibles certaines opérations qui étaient antérieurement inaccessibles (fusion de l'acier sur sole au four Martin-Siemens, fusion du verre sur sole au four à bassin, refroidissement de l'air par détente sans travail dans la machine de Linde).

(2) Dû à Bunsen.

DES TECHNIQUES DE LA CHALEUR

mance acquise dans les installations de force motrice eut dissipé les anciennes craintes visant le transport de la vapeur), favorisé par un souci croissant de « confort » dans les classes aisées, le chauffage domestique fit des progrès encore plus marqués.

C'est d'ailleurs une loi générale et facile à concevoir, que les techniques dernières-nées se développent et évoluent plus

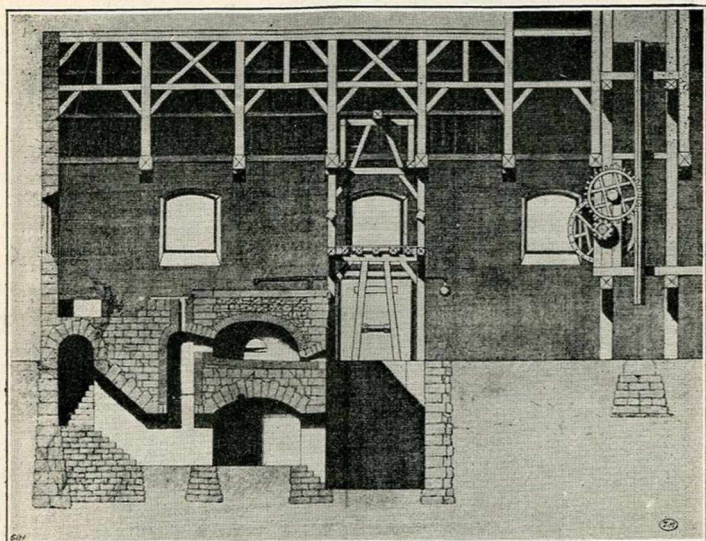


FIG. 4. — Four à réverbère rond pour la fonte des canons (deuxième fusion).

rapidement, car elles bénéficient de l'acquis des autres, sans être freinées par le poids mort des habitudes ancestrales.

On ne peut nier que, si elles sont très respectables et souvent justifiées pour les anciens corps de métier (verrerie, céramique), les vieilles notions empiriques ont le grave défaut d'orienter les esprits dans un sens défavorable au progrès.

En ce qui concerne les arts antiques du chauffage, cet effet retardateur s'est exercé au maximum. Il fait encore que beaucoup de spécialistes se fient trop souvent en tout à leur connaissance du métier, connaissance restreinte qui par essence n'est pas extrapolable aux problèmes nouveaux.

D'autre part, la simplicité apparente des phénomènes fait que trop de techniciens non spécialisés, se fiant abusivement à ce qu'ils appellent le bon sens, ne prennent pas la peine d'étu-

dier sérieusement les sérieux problèmes que pose le chauffage.

Ils perpétuent ainsi l'abrupte attitude de l'auteur encyclopédique qui, vers 1760, écrivait : « C'est perdre son temps et faire preuve de légèreté que vouloir appliquer le raisonnement mathématique à des choses qui s'en sont passées depuis si longtemps. »

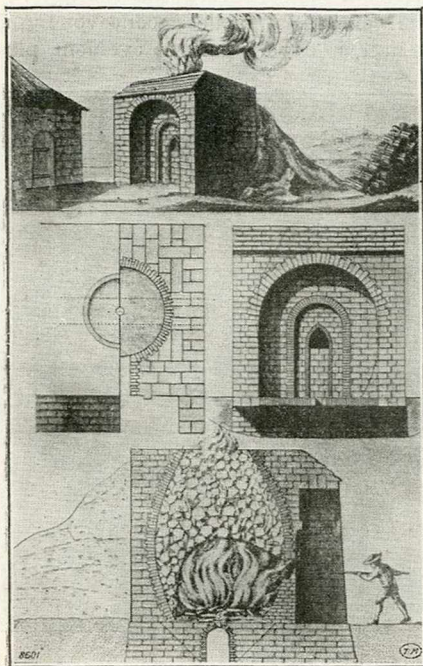


Fig. 5. — Four à cuve pour la fabrication de la chaux.

CAUSES DES PROGRÈS RÉ- CENTS DES TECHNIQUES DU CHAUFFAGE

Le principal moteur des progrès récents fut la guerre.

En provoquant une pénurie sans précédent de combustible

et de main-d'œuvre qualifiée, au moment même où la production atteignait son paroxysme et prenait un âpre caractère de nécessité vitale, elle contraignit à la recherche intensive des améliorations de rendement, et bien souvent au remplacement de l'homme par la machine.

Sous cette poussée, beaucoup d'anciens errements furent bousculés.

L'œuvre de rénovation ainsi amorcée se développa par la suite.

D'où de profondes modifications dans les trois ordres de faits suivants :

La conception du matériel, tant en ce qui concerne les cycles thermiques (souci de la réversibilité, prélèvements de vapeur en cours de détente, récupérations diverses, hautes pressions, fortes surchauffes) qu'en ce qui concerne la combustion (concentration des foyers, nouveaux types de grilles et de brû-

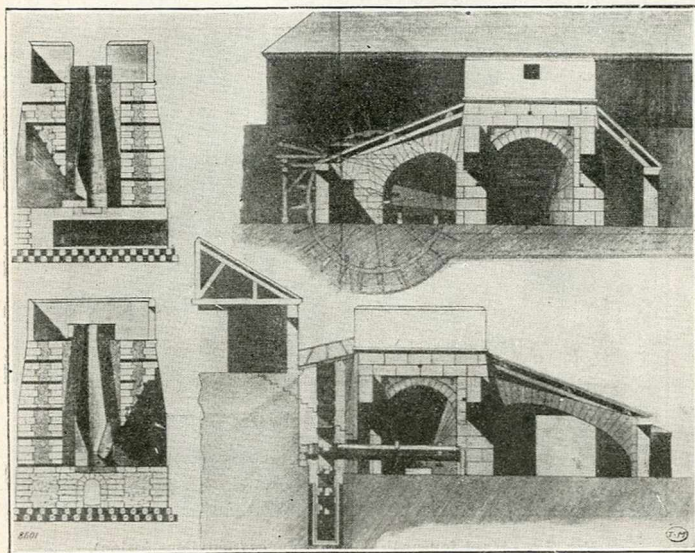


Fig. 6. — Haut fourneau à gueuses (première fusion).

leurs, généralisation du tirage soufflé, préchauffage de l'air, assouplissement du débit des fours par le tirage induit, etc.) et la transmission de la chaleur (convection accélérée, circulation forcée, rayonnement mieux compris, écrans d'eau, stabilisation de la surchauffe, etc.). Les progrès réalisés dans cette dernière direction, peut-être plus subtils, sont beaucoup moins connus que les autres. C'est donc surtout d'eux qu'il sera question plus loin.

La construction du matériel (métaux et matériaux réfractaires

susceptibles de résister aux hautes températures, voûtes et murs suspendus, généralisation des assemblages soudés, etc...).

L'exploitation du matériel (interconnexion, accumulation, automatisme, réglage et contrôle, soufflage des suies, traitement des eaux de chaudières, etc.).

Il faut souligner ici les progrès qu'ont faits la pyrométrie et l'analyse des gaz aux dépens des anciens « tours de main » professionnels, qui se ramenaient presque toujours implicitement

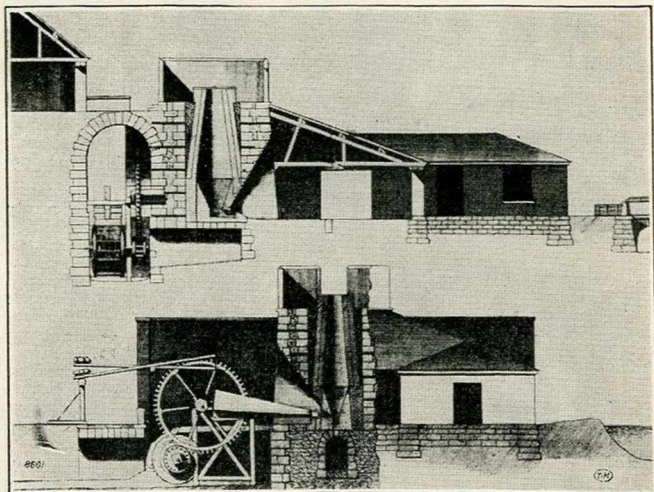


FIG. 7. — Haut fourneau pour moulages (deuxième fusion).

à la réalisation d'une courbe de température ou d'atmosphère en fonction du temps. On en aura une idée quand on saura qu'un seul type d'analyseur de gaz automatique est répandu à plus de 35 000 exemplaires.

Au cours des dernières années, les progrès ont été fouettés par l'apparition d'autres besoins, tels que la régénération de l'air des locaux, nécessitée par la création du cinéma permanent; l'implantation du raffinage des pétroles en France et la fabrication des carburants à partir de la houille, toutes deux nécessitées par notre sécurité nationale, etc.... Ces besoins contraignent les intéressés à abandonner les anciens usages pour

créer résolument du nouveau : par exemple, il est certain qu'on n'aurait pas assisté à toute la floraison de recherches récentes provoquée par la nécessité de calculer les réchauffeurs de mazout, d'hydrogène, etc..., si l'eau et sa vapeur étaient restées les seuls fluides qu'on eût industriellement à chauffer.

Ces progrès récents du chauffage ont d'ailleurs été favorisés

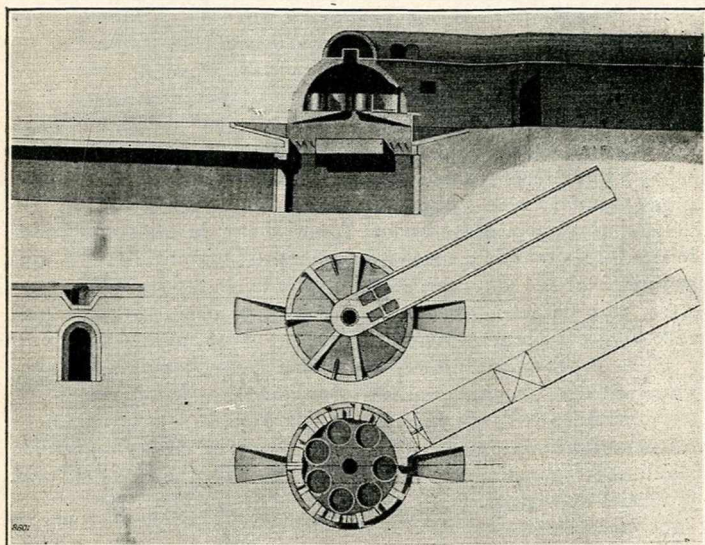


FIG. 8. — Four à pots de petite verrerie (gobeletterie) chauffé au bois, avec « arche à recuire » utilisant les chaleurs perdues.

par l'avancement des autres techniques : par exemple, la transposition des résultats obtenus en aérodynamique fut un facteur décisif pour l'étude de la convection calorifique. Les possibilités nouvelles des industries de l'air humide et du froid rendirent possible le conditionnement de l'air. Celles de la métallurgie ont déjà profondément relevé les températures réalisables dans les échangeurs, les surchauffeurs, les récupérateurs continus, les turbines à gaz.

Actuellement, la technique du chauffage bénéficie d'un renouveau d'intérêt très vif.

Ce mouvement est attesté par les succès du Ve Congrès du Chauffage et de la Ventilation et du III^e Congrès du Chauffage industriel, tenus tous deux à Paris en 1933, congrès que prolongent les réunions périodiques organisées d'une part dans les milieux du chauffage et de la ventilation (Conférences de l'A. I. C. V. F.), et d'autre part dans les milieux du chauffage industriel (Séances d'études thermiques).

Il a été aidé par l'action des revues, revues de découverte et de discussion comme *Chaleur et Industrie*, revues d'information générale comme *La Technique Moderne*.

Il a été alimenté par l'application des techniques nouvelles : chauffe au charbon pulvérisé, foyers à écrans d'eau, raffinage des pétroles, conditionnement de l'air, etc., qui, assez « spectaculaires » pour la plupart, ont piqué la curiosité du monde technique et même celle du grand public.

Ce mouvement a été encore favorisé par la crise et par les loisirs forcés qu'elle a créés à beaucoup d'hommes d'action, qui ont ainsi trouvé le temps, soit d'élargir le champ de leurs curiosités, soit de faire profiter la collectivité des fruits de leurs réflexions et de leurs travaux. (À quelque chose, malheur est bon.)

Mais, précisément pour cette même cause, les derniers progrès sont d'ordre plus qualitatif que quantitatif. La raréfaction des demandes de l'Industrie privée, l'arrêt presque complet de ses commandes, ne permettent pas de réaliser sur une vaste échelle les derniers progrès possibles, qui restent ainsi à l'état surtout potentiel et virtuel.

NOTIONS ESSENTIELLES DANS LA CONCEPTION DES APPAREILS DE CHAUFFAGE

DES TECHNIQUES DE LA CHALEUR





ULTIMHEAT®

VIRTUAL MUSEUM

TABLE DES MATIÈRES

Importance actuelle des techniques du chauffage.	1
Ancienneté et rigidité des techniques du chauffage.	6
Causes des progrès récents des techniques du chauffage.	10
Notions essentielles dans la conception des appareils de chauffage.	14
1° Additivité et inégalité très marquée des diverses résistances opposées en série au passage de la chaleur.	15
Conséquences	16
<i>a)</i> Réchauffeurs d'air en fibrociment.	16
<i>b)</i> Tubes de locomotives en cuivre.	16
<i>c)</i> Foyers de locomotives en cuivre.	16
<i>d)</i> Chaudières à circulation accélérée	17
2° Maximum de déperdition d'un cylindre d'épaisseur croissante. Notion de rayon critique.	17
Conséquences	18
<i>a)</i> Correction de colonne émergente des thermomètres.	18
<i>b)</i> Efficacité des résistances chauffantes isolées..	19
<i>c)</i> Fonctionnement du régulateur de niveau Copes .	19
<i>d)</i> Refroidissement des tubes métalliques épais.	19
3° Effet d'amortissement des échanges calorifiques.	19
Conséquences	20
<i>a)</i> Intérêt de la chauffe méthodique.	20
<i>b)</i> Liaison entre le rendement calorifique et le taux moyen d'échange par unité de surface.	21
<i>c)</i> Existence d'une surface d'échange et d'un rendement optimums	23
<i>d)</i> Intérêt d'une conception différenciée des diverses régions de la surface de chauffe. ..	24
<i>e)</i> Atténuation d'ensemble des améliorations locales des échanges calorifiques.	25
<i>f)</i> Redressement automatique des erreurs de calcul.	25
<i>g)</i> Souplesse des chaudières à vaporisation directe, comparée aux chaudières à vaporisation indirecte.	26
4° Effet de limitation des échanges calorifiques.	27
Conséquences..... ..	28
<i>a)</i> Échangeur des machines à air liquide	28
<i>b)</i> Haut fourneau.... ..	28



TABLE DES MATIÈRES

c) Fours continus ...	29
d) Récupérateurs de fours à gaz.	29
e) Calorimètre de Junker ..	30
5° Caractères comparés des échangeurs à régime permanent, à régime cyclique lent et à régime cyclique rapide.	30
Applications..	33
a) Réchauffeur d'air Ljungström ..	33
b) Refroidisseur de gaz Frankel. ..	33
c) Culasses de moteurs	34
d) Armes à tir rapide.	34
6° Indépendance des températures de combustion vis-à-vis des pouvoirs calorifiques.. ..	34
7° Facteurs du pouvoir chauffant des flammes. ..	37
Conséquences ..	38
8° Incidences multiples du rayonnement des parois froides....	38
Applications pratiques des lois de la convection calorifique.. ..	39
Principales voies de recherche.. ..	39
Conclusions communes des travaux sur la convection. ..	40
Directives visant la convection accélérée.	42
Principales réalisations industrielles utilisant la convection accélérée	42
A. — Appareils à section rétrécie.	42
a) Chaudières multitubulaires... ..	42
b) Chaudières semi tubulaires	47
c) Chaudières à combustion sous pression.	51
d) Chaudières à circulation d'eau accélérée	54
e) Surchauffeurs à circulation accélérée.. ..	55
f) Économiseurs-réchauffeurs d'eau à circulation accélérée.	55
g) Réchauffeurs d'air à convection accélérée.	56
h) Récupérateurs à régime cyclique.. ..	56
i) Fours divers... ..	56
j) Échangeurs divers.	57
Retour sur les anciennes conceptions visant les échangeurs.	61
Limite de l'accélération. Vitesse économique.	61
B. — Appareils à section progressivement rétrécie et à échanges homogénéisés ...	63
Applications.. ..	63
a) Chaudière Rauber et Luquet	63
b) Chaudière Babcock et Wilcox.	63
c) Chaudières de chauffage central en fonte.	63
d) Cowpers à zones	63
e) Récupérateurs de chaudières. .	64
C. — Appareils à recirculation partielle du débit.. ..	64
Applications.. ..	65
a) Séchoirs à roulement d'air, transversal ou longitudinal	65
b) Fours de cracking et de catalyse, surchauffeurs indépendants à recirculation longitudinale des fumées.	66
c) Générateurs de vapeur à recirculation longitudinale des fumées. ..	66

TABLE DES MATIÈRES

d) Écrans d'eau, surchauffeurs, réchauffeurs d'air, chaudières de récupération à roulement transversal des fumées.	67
e) Générateurs de vapeur à recirculation d'eau.	67
f) Chaudières de cracking à recyclage d'huile.	68
D. — Appareils à surfaces mobiles.	68
E. — Appareils à surfaces courtes ou fréquemment interrompues	68
Applications.	69
a) Faisceaux de tubes alignés, et souvent quinconçés, frappés normalement	69
b) Faisceaux de tubes coupés par des chicanes ou par des boîtes collectrices	69
c) Réchauffeurs à aiguilles	70
d) Échangeurs à fils, à persiennes ou à peignes.	70
e) Récupérateurs à régime discontinu rapide.	70
F. — Appareils à turbulence artificielle.	70
G. — Appareils ailetés du côté du fluide mauvais convecteur. .	70
Applications.	71
Conséquences pratiques des travaux sur le rayonnement.	71
1. Rayonnement des solides.	72
A. — Lois physiques	72
B. — Lois géométriques.	73
2. Rayonnement des gaz.	74
A. — Pouvoir absorbant et pouvoir émissif d'un gaz.	74
B. — Échanges réciproques entre un gaz et une paroi.	80
a) La surface est assimilable à un corps noir.	81
b) La surface n'est pas assimilable à un corps noir.	83
Possibilités pratiques du rayonnement entre un gaz et une paroi	86
C. — Échanges réciproques entre un gaz et deux parois.	89
a) Les surfaces en présence sont assimilables à des corps noirs	90
1 ^o Flux calorifique gaz-sole.	90
2 ^o Flux calorifique gaz-voûte.	90
3 ^o Flux calorifique voûte-sole.	92
4 ^o Flux calorifique total reçu par la sole.	95
b) Les surfaces en présence ne sont pas assimilables à des corps noirs.	97
Flux de chaleur rayonnée reçu par la sole.	97
Flux de chaleur total reçu par la sole.	100
Effet global d'un accroissement donné du pouvoir émissif relatif du gaz.	100
Divers cas où un renforcement du pouvoir émissif du gaz peut être contre-indiqué.	103
1 ^o Rétrécissement abusif de l'écart moyen de température entre la flamme et la sole	104
2 ^o Rétrécissement abusif de l'écart de température au contact immédiat de la flamme et de la sole.	105



TABLE DES MATIÈRES

3° Échauffement abusif de la voûte.	106
4° Diminution abusive de la chaleur transmise par convection	106
5° Mauvaise répartition de la chaleur captée par la sole.	107
Conclusions ..	107
3. Instabilité, stabilisation et réglage de la surchauffe dans les chaudières	108
Instabilité de la surchauffe	108
Stabilisation de la surchauffe ..	111
a) Artifice agissant sur l'effet.	111
b) Artifices agissant sur la convection dans le surchauffeur.	111
c) Artifices rationnels agissant sur la cause, et stabilisant automatiquement la surchauffe.	111
d) Artifices combinés	115
Réglage de la surchauffe par la quantité d'air de combustion.	115
Tendances actuelles de la technique des chaudières à vapeur.	115
Rappel de l'évolution immédiatement antérieure	115
Qualités dominantes actuellement demandées aux chaudières.	121
Nouveaux types de chaudières à petit volume d'eau et à circulation forcée	122
Chaudière La Mont.	125
Chaudière Velox.	127
Chaudière Sulzer.	129
Chaudière Siemens-Benson ...	130
Chaudières La Mont-Vorkauf et Hüttner.	131
Éléments d'insécurité des nouveaux types de chaudières à petit volume d'eau et à circulation forcée ..	132
1° Risques inhérents à l'absence totale ou partielle de volant d'eau auto-vaporisateur. Leurs remèdes partiels.	132
2° Risques inhérents à l'entartrement des tubes de petit diamètre Leurs remèdes partiels.	134
3° Risques inhérents à la vaporisation totale dans un tube ouvert. Leurs remèdes partiels ..	136
A. — Instabilité de la surchauffe avec les déplacements du point de transition..	136
B. — Double régime de la perte de pression en fonction des déplacements du point de transition. Conséquences visant la régulation.... ..	136
Cas où le débit d'eau varie, à allure de combustion constante.	139
Cas où l'allure de combustion varie, à débit d'eau constant. .	149
Cas mixte, où l'allure de combustion varie en même temps que le débit d'eau	153
C. — Dégagement spasmodique de la vapeur.	153
D. — Inertie du débit des calories transmises par rapport aux calories emportées, qu'il faut cependant remplacer presque instantanément. Conséquences visant la régulation automatique	155

TABLE DES MATIÈRES

E. — Dépôt, sur les surfaces vaporisatrices, de la plus grande partie des sels dissous dans l'eau d'alimentation.	157
F. — Départ, avec la vapeur, du complément des sels dissous contenus dans l'eau d'alimentation.	162
G. — Consommation d'énergie par la pompe alimentaire.	162
4° Risques supplémentaires inhérents à la vaporisation totale ou très poussée dans des tubes ouverts accouplés en parallèle. Leurs remèdes partiels.	162
A. — Inégalité de la répartition de l'eau entre les divers tubes.	162
B. — Instabilité de la répartition de l'eau entre les divers tubes.	163
C. — Inégalité de la distribution des températures entre les divers tubes ...	165
Remèdes....	165
a) Remèdes visant le circuit de l'eau.	165
b) Remèdes visant le circuit des fumées.	168
5° Risques inhérents à la recirculation forcée par pompe. Leurs remèdes partiels.	168
A. — Instabilité du débit de la pompe de recirculation et de la fraction vaporisée aux différentes allures.	168
B. — Consommation d'énergie par les pompes de recirculation et d'alimentation.	169
C. — Panne ou désamorçage de la pompe de recirculation.	170
D. — Entraînement de sels au surchauffeur et à la turbine.	170
6° Sujétions diverses ...	170
Avenir probable des nouveaux types de chaudières.	172
Évolution actuelle des anciens types de chaudières.	173
Compromis possibles.	174
L'unité de pression.	176
Tendances actuelles de la technique des fours.	177
Tendances actuelles de la technique des foyers et des combustibles.	179
Tendances actuelles de la technique du chauffage des locaux habités.	182
Progrès des techniques auxiliaires d'amélioration du rendement.	182