

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

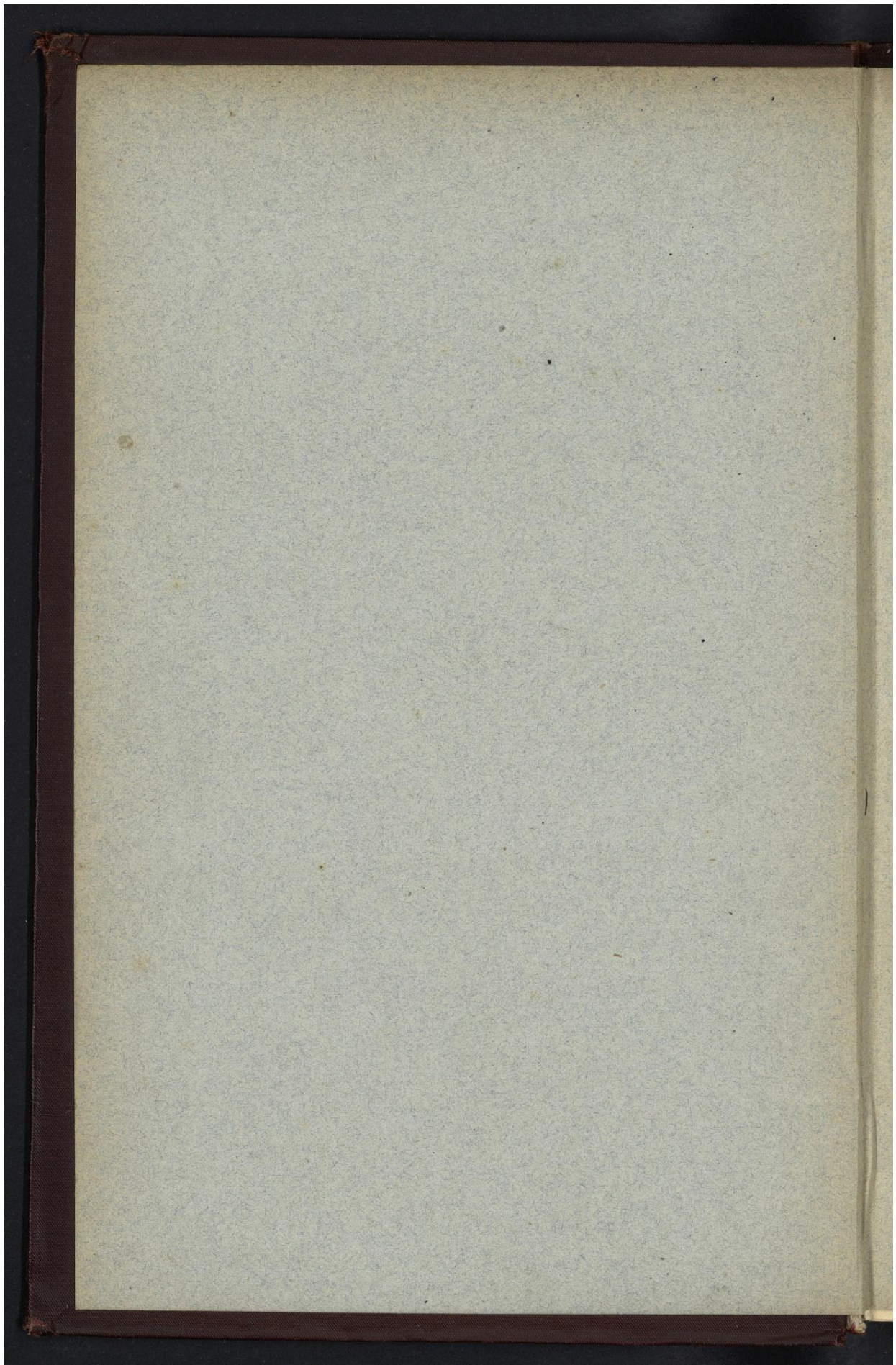
4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

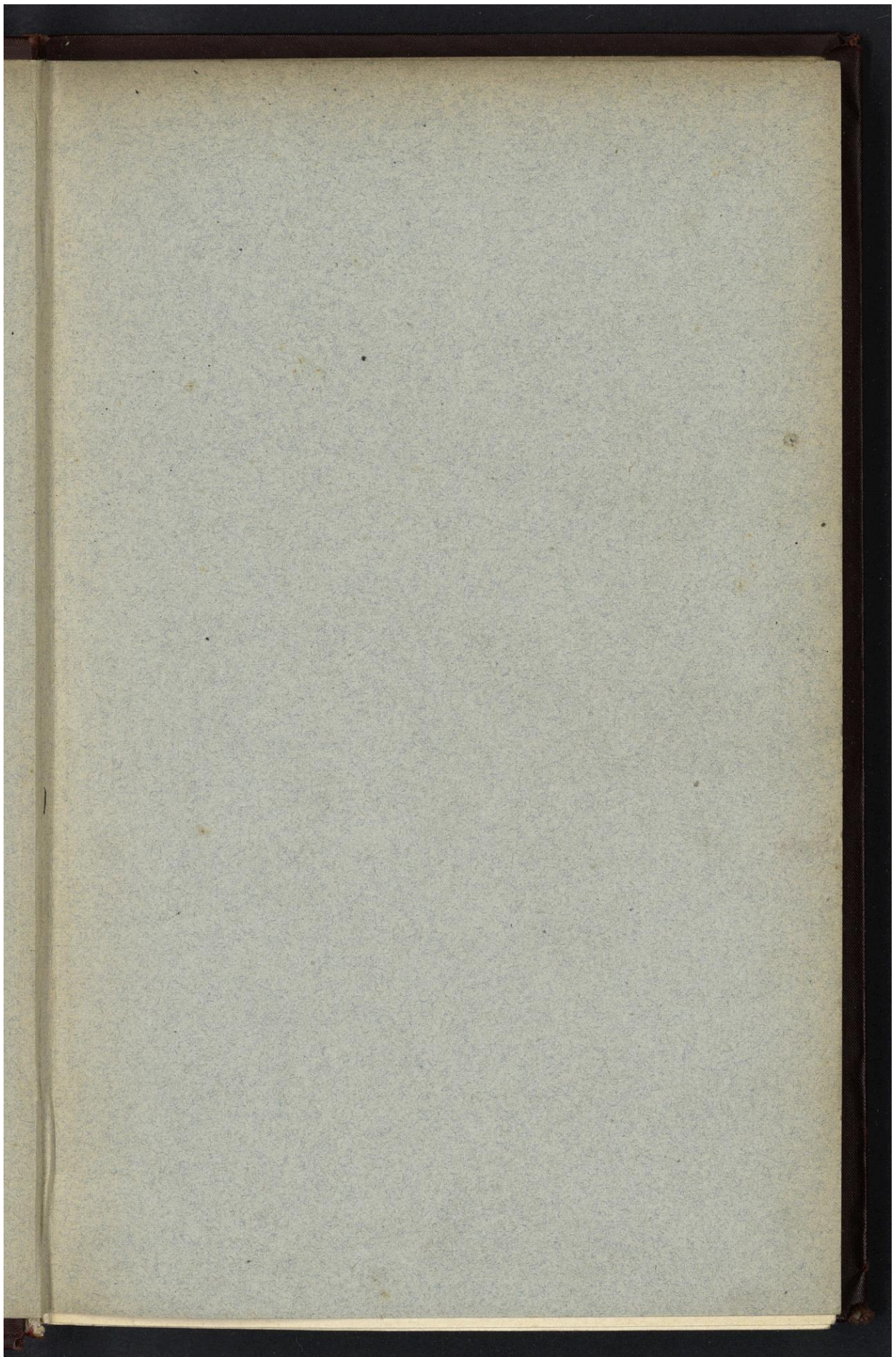
6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

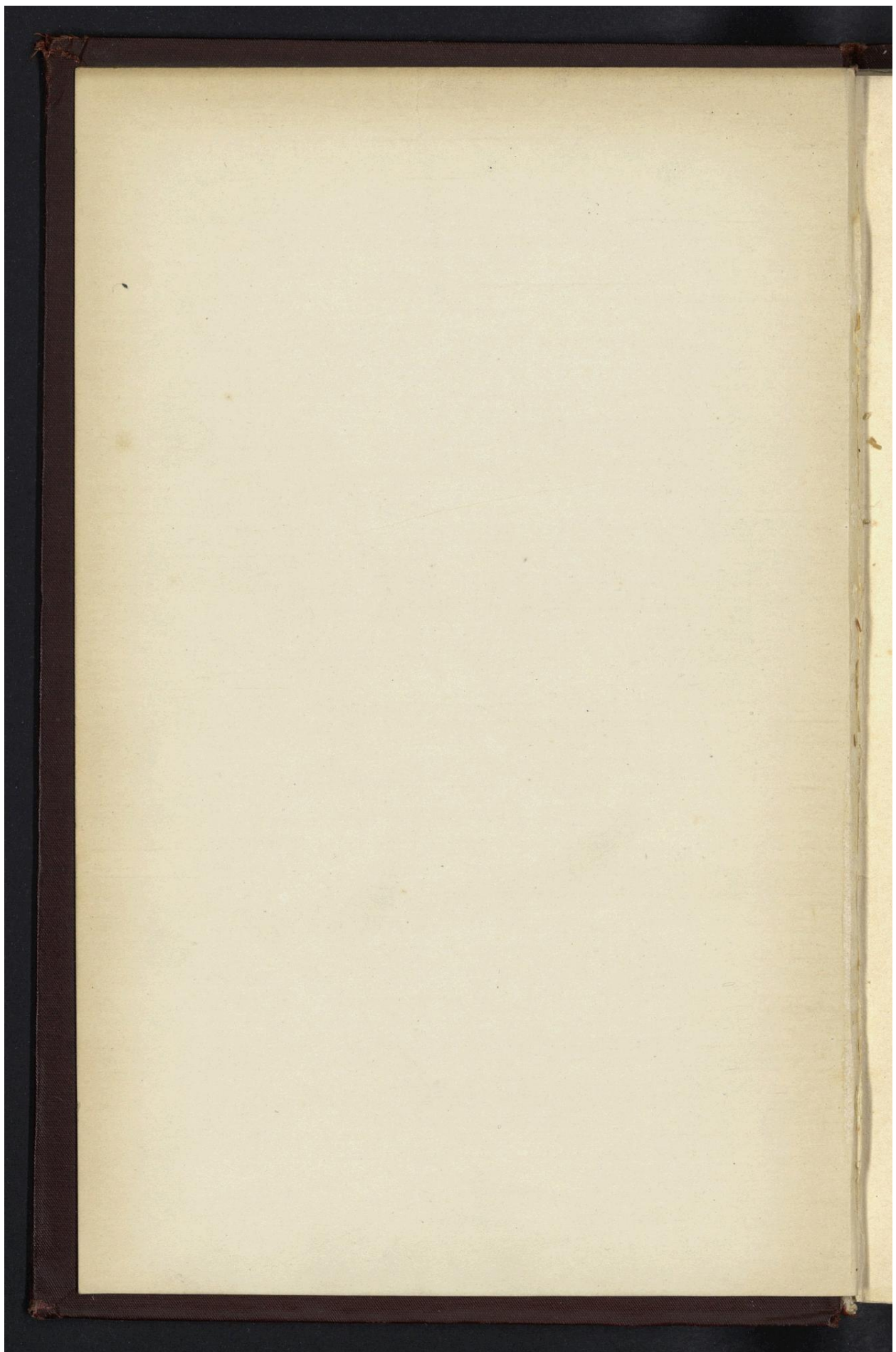
NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Neu, Henri (18..-19..)
Titre	La chaleur et l'humidification dans le travail des textiles
Adresse	Lille : Librairie générale Tallandier, éditeur, 1913
Collation	1 vol. (248 p.) : tabl., graph. ; 25 cm
Nombre de vues	253
Cote	CNAM-BIB 8 K 203
Sujet(s)	Chaleur de vaporisation Industries textiles
Thématique(s)	Matériaux
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	05/02/2026
Date de génération du PDF	05/02/2026
Notice complète	http://www.sudoc.fr/046036911
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8K203

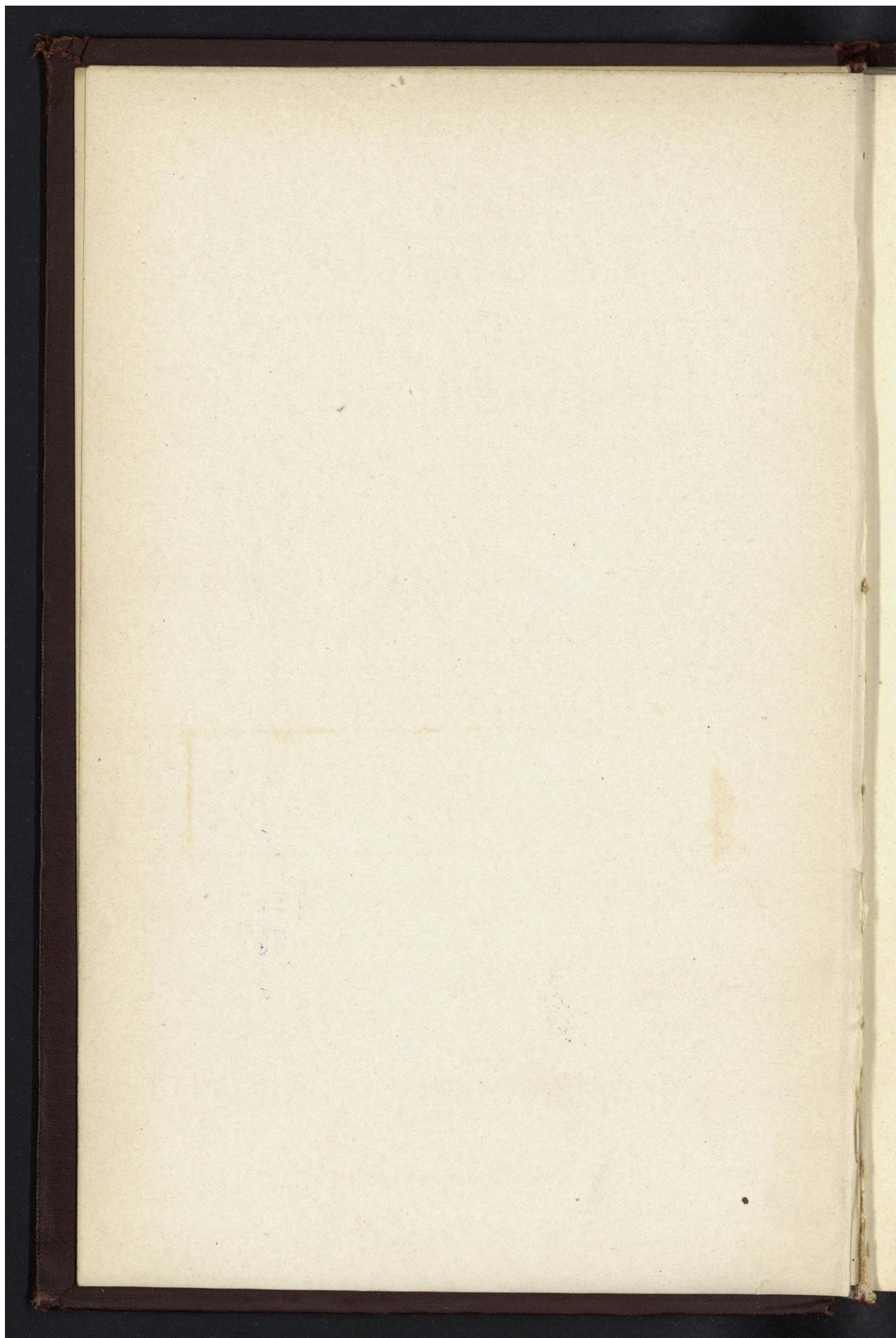


Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires





LA CHALEUR
ET
L'HUMIDIFICATION



8° K. 203

La Chaleur et l'Humidification

dans le Travail des Textiles

par

HENRI NEU

Ingénieur Civil

Membre de la Société Industrielle du Nord de la France

Membre de l'Association des Ingénieurs de Chauffage et de Ventilation de France

Membre de la Société des Ingénieurs civils de France

Ouvrage couronné par la Société Industrielle du Nord de la France

(Médaille d'Or, fondation Edmond Faucheur)

Avec 26 figures dans le texte et 32 tableaux



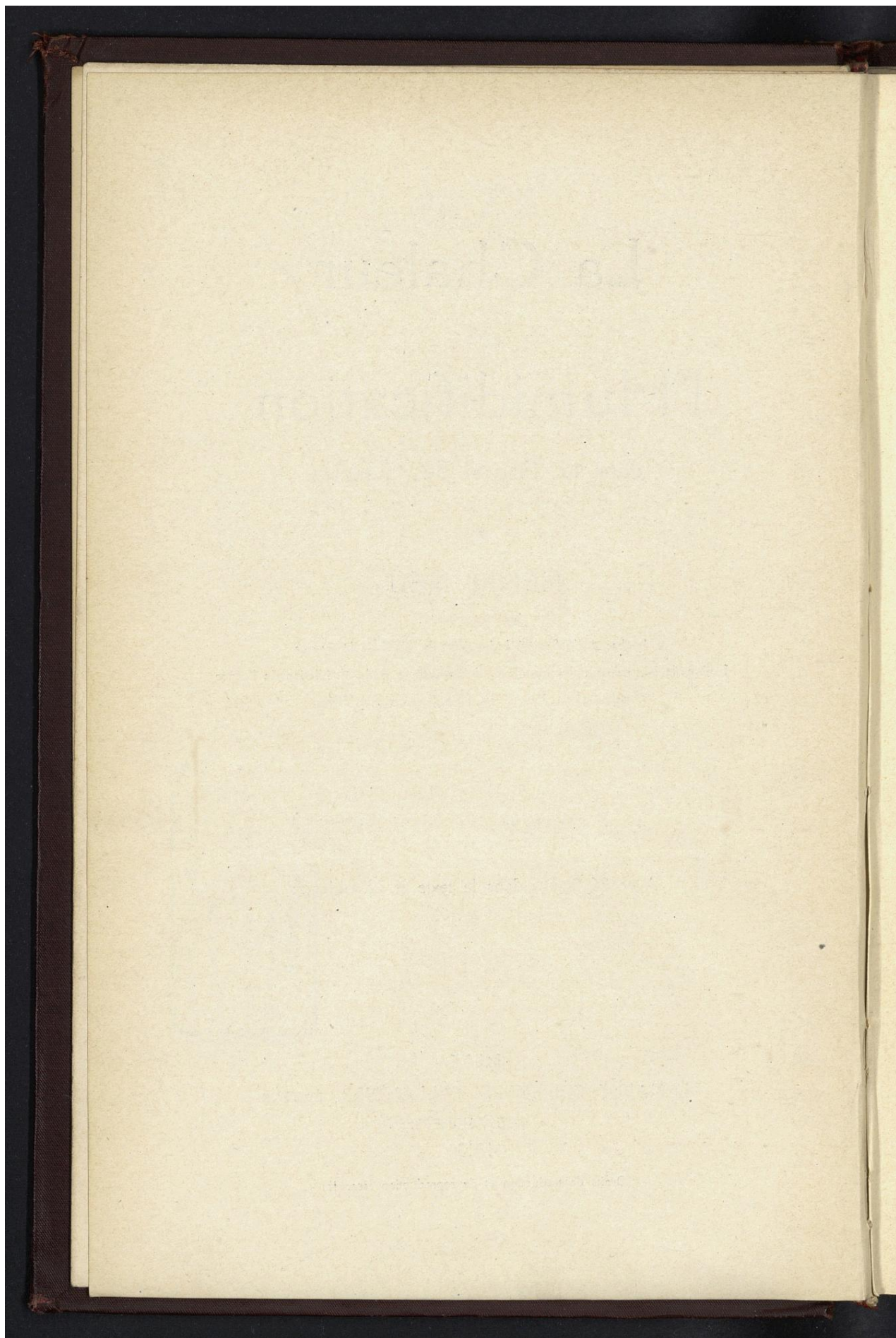
LILLE

LIBRAIRIE GÉNÉRALE TALLANDIER, ÉDITEUR

5, RUE FAIDHERBE

1913

(Droits de traduction et de reproduction réservés)



AVANT-PROPOS

Il n'existe pas à notre connaissance une étude d'ensemble sur la question de l'humidification et du chauffage pour l'industrie textile. Nous avons donc cru faire œuvre utile en l'entreprenant.

On sait que le travail des textiles exige des conditions spéciales de température et d'état hygrométrique et que, placées dans un milieu qui leur est favorable, les fibres deviennent plus souples et plus lisses, leur laminage est facilité par les glissements de ces fibres les unes sur les autres et leur cohésion étant plus grande, la force et l'élasticité des fils augmentent dans une grande proportion.

Ces conditions doivent en outre être uniformes et constantes quels que soient les saisons et les climats, c'est-à-dire les températures et états hygrométriques de l'air extérieur.

Cette atmosphère spéciale favorable qui varie pour chacun des textiles ne peut exister à l'état naturel dans aucun pays, de sorte que l'on est obligé de la créer artificiellement.

A ses premières exigences qui ne touchent que la facilité et la qualité du travail vient s'ajouter celui de l'hygiène et du bien-être des ouvriers.

Il est donc nécessaire de tenir compte dans les installations modernes de ces besoins divers, et tout en régularisant la température et l'état hygrométrique, ces installations doivent solutionner en même temps le problème de l'hygiène.

Depuis quelques années, un grand nombre d'inventeurs et de spécialistes se sont occupés de ces questions. Par de patients essais quelques-uns sont arrivés à trouver le moyen de les solutionner de façon vraiment intéressante. Toute une technique spéciale a été créée et tout un mouvement en est sorti, si bien qu'à l'heure actuelle chaque filateur, chaque tisseur accorde à l'humidification et au chauffage une importance équivalente à celle qu'il attache à toutes les autres questions qui touchent son industrie.

Cependant pour se former une opinion et choisir en connaissance de cause le matériel dont il a besoin, l'industriel a à sa disposition les études qu'il a faites de chacune des branches spéciales qu'il devra attaquer ; électricité, machine à vapeur, etc., mais quand il doit étudier la question de l'humidification, il est moins armé.

C'est pour combler dans une certaine mesure cette lacune que nous avons entrepris ce travail.

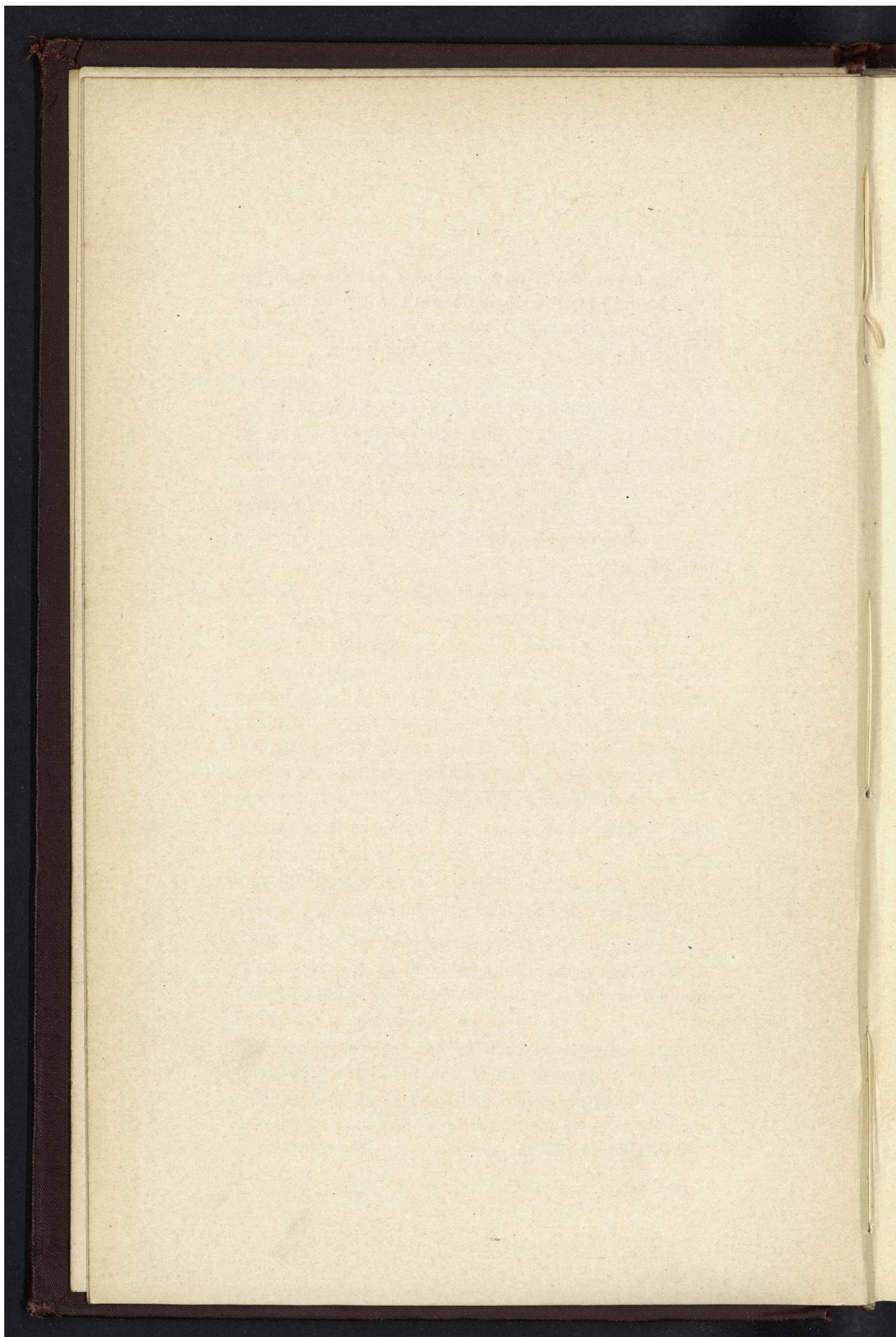
Nous l'avons divisé en trois parties et chacune de ces parties est elle-même divisée en plusieurs chapitres.

Les deux premières parties traitent de la chaleur et de l'humidification au point de vue théorique, la troisième partie traite ces mêmes questions au point de vue pratique.

Nous nous sommes efforcé d'être clair et concis. Pour cela, nous avons cru nécessaire de rappeler succinctement les lois de la physique qui se rapportent à ces questions et qui servent de base aux calculs théoriques des installations de chauffage et d'humidification.

Nous avons été amené à énoncer ensuite quelques formules qui permettront de déterminer la puissance des appareils ou installations nécessaires pour résoudre la plupart des problèmes qui peuvent se poser.

Pour pouvoir mener à bien ce travail, nous avons du nous entourer d'avis autorisés dans chacune des branches de l'industrie textile, et nous nous faisons un devoir de remercier ici les personnes qui ont bien voulu nous aider soit en nous apportant le concours de leur expérience, soit en nous permettant l'accès de leurs usines pour pouvoir compléter sur place la documentation qui nous était nécessaire.



PREMIÈRE PARTIE

LA CHALEUR

CHAPITRE PREMIER

THERMOMÉTRIE

Thermomètres et Pyromètres

Pour étudier exactement tous les phénomènes dont la chaleur est la cause, il faut suppléer à l'imperfection de nos sens par des instruments de mesure.

Lorsqu'on doit étudier l'action d'un appareil ou déterminer les coefficients numériques d'une formule théorique ou pratique ou en contrôler l'exactitude, lorsqu'on se trouve dans un des nombreux cas qui exigent le concours d'expériences où les températures en sont les principaux facteurs, on a recours au thermomètre qui permet d'obtenir la plus grande précision possible.

Quand les températures à observer dépassent le point d'ébullition du mercure, on a recours au pyromètre.

Ces appareils reposent sur l'observation de la dilatation que les corps éprouvent quand on les chauffe.

Thermomètre à mercure

Le thermomètre le plus simple et le plus facile à employer est le thermomètre à mercure: il présente de grands avantages sur les thermomètres à alcools, entre autres celui de pouvoir servir pour mesurer des températures beaucoup plus élevées.

Il faut choisir de préférence les thermomètres dont la graduation est faite sur le verre et non pas sur la plaque de métal ou sur le bois qui servent de supports.

Vérification des Thermomètres

Avant d'enregistrer les résultats d'une expérience il est nécessaire de vérifier les instruments dont on se sert. La méthode la plus facile pour vérifier un thermomètre est de se servir d'un étalon.

On plonge les deux thermomètres à côté l'un de l'autre dans un vase rempli d'eau dont on fait lentement varier la température au moyen d'un bain-marie ou de toute autre manière (en ayant soin de maintenir en mouvement le liquide du bain par un agitateur, afin de lui donner en tous points une température égale). On établit une table de correction en comparant les deux thermomètres aux différentes températures obtenues.

Sensibilité des Thermomètres

On entend par sensibilité la propriété qui permet aux thermomètres de fournir des mesures de petites fractions de degré. Quant à la rapidité plus ou moins grande avec laquelle le thermomètre se met en équilibre thermique avec le corps dont on veut mesurer la température, elle dépend du rapport qu'il y a entre la surface du réservoir et la quantité du mercure : plus la première est grande et la dernière petite, plus l'instrument est sensible.

Pyromètre à air

L'instrument le plus exact pour mesurer les hautes températures et qui, suivant les cas, peut servir à régler les autres, est le pyromètre à air.

C'est qu'en effet les lois qui s'appliquent aux corps gazeux (voir chapitre III, étude des gaz), se vérifient d'autant plus que le gaz est plus éloigné de l'état liquide, que par conséquent sa température est plus élevée (Lois de Mariotte et de Gay-Lussac).

Désignons successivement par v , p , t , le volume, la pression et la température centésimale de la masse ga-

zeuse, par α le coefficient de dilatation des gaz, que l'on sait être égal à $1/273$ ou $0,00367$, et par C , une constante, qui dépend de la nature du gaz considéré, on aura : $p v = C (1 + \alpha t)$.

ou plus simplement : $p v = C' (a + t)$,

en posant : $a = \frac{1}{\alpha}$ et $C' = \alpha C$.

A l'aide de cette formule on peut, pour mesurer une température, employer un gaz de deux façons différentes : ou on l'échauffe sous une pression constante, puis on mesure l'accroissement de volume qu'il a subi, ou bien on le chauffe à volume constant pour chercher l'augmentation de sa pression. Le pyromètre à air de Pouillet est construit d'après le premier principe, celui de Régnault d'après le second.

Échelles thermométriques

En France on emploie la graduation centigrade, c'est celle qui est la plus employée et son usage se répand peu à peu dans le monde entier.

On se sert encore en Russie d'un autre mode de division dû à Réaumur et dans lequel on marque 0° dans la glace fondante et 80° dans la vapeur d'eau bouillante.

Un degré centigrade vaut ainsi $\frac{80}{100} = \frac{4}{5}$ de degré Réaumur.

Pour convertir une température Réaumur en degrés centigrades, il suffit de la multiplier par $5/4$. Inversement on transforme les degrés centigrades en Réaumur en les multipliant par $4/5$, sans se préoccuper du signe.

Ainsi 36° Réaumur représentent $36 \times 5/4 = 45^\circ\text{C}$; de même, -20°C valent $-20 \times 4/5 = -16^\circ\text{R}$.

En Angleterre et aux États-Unis d'Amérique on emploie un mode de graduation dû à Fahrenheit.

Un tel thermomètre marque 32° dans la glace fondante et 212° dans la vapeur d'eau bouillante.

L'intervalle étant de $212 - 32 = 180^\circ$, un degré Fahrenheit représente $100/180 = 5/9$ de degré centigrade; inversement un degré centigrade vaut $9/5$ de degré Fahrenheit.

Pour transformer une température centigrade en Fahrenheit on la multipliera donc par $9/5$, puis on ajoutera au produit 32, chiffre que marque le thermomètre Fahrenheit, dans la glace. — Inversement en retranchant 32° à une température Fahrenheit, puis multipliant le reste par $5/9$ on aura la température centigrade correspondante. Nous remettons ci-après un tableau comparatif des degrés thermométriques.

CALORIMÉTRIE

Unité de chaleur

Pour évaluer la dépense de chaleur correspondant à une différence de température on se sert de l'unité de chaleur.

L'unité de chaleur est la calorie.

La calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer de 1°C un kilogramme d'eau.

Chaleur spécifique

La chaleur spécifique ou capacité calorifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer de 1°C un kilogramme de ce corps.

Il y a lieu de distinguer pour les gaz deux espèces de chaleur spécifique qui sont :

1° La chaleur spécifique à pression constante qui est représentée par le nombre de calories nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 kilogramme de gaz, celui-

TABLEAU I

ÉCHELLES THERMOMÉTRIQUES

C degrés centigrades = $(\frac{5}{9} F - 32)$ degrés Fahrenheit = $\frac{5}{4} R$ degrés Réaumur
 R degrés Réaumur = $(\frac{4}{9} F - 32)$ degrés Fahrenheit = $\frac{4}{5} C$ degrés centigrades.
 F degrés Fahrenheit = $(32 + \frac{9}{5} C)$ centigrades = $(32 + \frac{9}{4} R)$ degrés Réaumur.

TABLEAU COMPARATIF DES DEGRÉS THERMOMÉTRIQUES.

Centigrade	Réaumur	Fahrenheit	Centigrade	Réaumur	Fahrenheit	Centigrade	Réaumur	Fahrenheit	Centigrade	Réaumur	Fahrenheit
-20	-16.0	-4.0	23	18.4	73.4	66	52.8	150.8	109	87.2	228.2
-19	-15.2	2.2	24	19.2	75.2	67	53.6	152.6	110	88.0	230.0
-18	-14.4	0.4	25	20.0	77.0	68	54.4	154.4	111	88.8	231.8
-17	-13.6	1.4	26	20.8	78.8	69	55.2	156.2	112	89.6	233.6
-16	-12.8	3.2	27	21.6	80.6	70	56.0	158.0	113	90.4	235.4
-15	-12.0	5.0	28	22.4	82.4	71	56.8	159.8	114	91.2	237.2
-14	-11.2	6.8	29	23.2	84.2	72	57.6	161.6	115	92.0	239.0
-13	-10.4	8.6	30	24.0	86.0	73	58.4	163.4	116	92.8	240.8
-12	-9.6	10.4	31	24.8	87.8	74	59.2	165.2	117	93.6	242.6
-11	-8.8	12.2	32	25.6	89.6	75	60.0	167.0	118	94.4	244.4
-10	-8.0	14.0	33	26.4	91.4	76	60.8	168.8	119	95.2	246.2
-9	-7.2	15.8	34	27.2	93.2	77	61.6	170.6	120	96.0	248.0
-8	-6.4	17.6	35	28.0	95.0	78	62.4	172.4	121	96.8	249.8
-7	-5.6	19.4	36	28.8	96.8	79	63.2	174.2	122	97.6	251.6
-6	-4.8	21.2	37	29.6	98.6	80	64.0	176.0	123	98.4	253.4
-5	-4.0	23.0	38	30.4	100.4	81	64.8	177.8	124	99.2	255.2
-4	-3.2	24.8	39	31.2	102.2	82	65.6	179.6	125	100.0	257.0
-3	-2.4	26.6	40	32.0	104.0	83	66.4	181.4	126	100.8	258.8
-2	-1.6	28.4	41	32.8	105.8	84	67.2	183.2	127	101.6	260.6
-1	-0.8	30.2	42	33.6	107.6	85	68.0	185.0	128	102.4	262.4
0	0	32.0	43	34.4	109.4	86	68.8	186.8	129	103.2	264.2
+1	+0.8	33.8	44	35.2	111.2	87	69.6	188.6	130	104.0	266.0
2	1.6	35.6	45	36.0	113.0	88	70.4	190.4	131	104.8	267.8
3	2.4	37.4	46	36.8	114.8	89	71.2	192.2	132	105.6	269.6
4	3.2	39.2	47	37.6	116.6	90	72.0	194.0	133	106.4	271.4
5	4.0	41.0	48	38.4	118.4	91	72.8	195.8	134	107.2	273.2
6	4.8	42.8	49	39.2	120.2	92	73.6	197.6	135	108.0	275.0
7	5.6	44.6	50	40.0	122.0	93	74.4	199.4	136	108.8	276.8
8	6.4	46.4	51	40.8	123.8	94	75.2	201.2	137	109.6	278.6
9	7.2	48.2	52	41.6	125.6	95	76.0	203.0	138	110.4	280.4
10	8.0	50.0	53	42.4	127.4	96	76.8	204.8	139	111.2	282.2
11	8.8	51.8	54	43.2	129.2	97	77.6	206.6	140	112.0	284.0
12	9.6	53.6	55	44.0	131.0	98	78.4	208.4	141	112.8	285.8
13	10.4	55.4	56	44.8	132.8	99	79.2	210.2	142	113.6	287.6
14	11.2	57.2	57	45.6	134.6	100	80.0	212.0	143	114.4	289.4
15	12.0	59.0	58	46.4	136.4	101	80.8	213.8	144	115.2	291.2
16	12.8	60.8	59	47.2	138.2	102	81.6	215.6	145	116.0	293.0
17	13.6	62.6	60	48.0	140.0	103	82.4	217.4	146	116.8	294.8
18	14.4	64.4	61	48.8	141.8	104	83.2	219.2	147	117.6	296.6
19	15.2	66.2	62	49.6	143.6	105	84.0	221.0	148	118.4	298.4
20	16.0	68.0	63	50.4	145.4	106	84.8	222.8	149	119.2	300.2
21	16.8	69.8	64	51.2	147.2	107	85.6	224.6	150	120.0	302.0
22	17.6	71.6	65	52.0	149.0	108	86.4	226.4	151	120.8	303.8

ci pouvant se dilater de manière que sa tension soit constamment en équilibre avec la pression extérieure.

2° La chaleur spécifique à volume constant, ou le nombre de calories qu'exige la même élévation de température de cette masse gazeuse, mais lorsqu'elle ne peut pas se dilater.

La première de ces deux chaleurs spécifiques est plus grande que l'autre, parce qu'elle comprend un travail intérieur et un travail extérieur tandis que la dernière ne correspond qu'au seul travail intérieur du premier cas.

La chaleur spécifique de l'eau étant 1, celle de l'air à pression constante est de 0,2374.

Pour élever 1 mètre cube d'air de 1° C, il faut 0,306 calorie.

A la température initiale de 1° C, il faut :

$$\frac{0,306}{1 + \alpha t} \text{ calories par mètre cube.}$$

La valeur moyenne généralement adoptée en pratique est 0,31 calorie par mètre cube et par 1° C de différence de température.

La chaleur spécifique de l'air, à volume constant est 0,1682 calorie par kg. et par 1° C.

La chaleur spécifique de la vapeur d'eau à pression constante est de 0,4805.

Chaleur de vaporisation

On appelle chaleur de vaporisation le nombre de calories nécessaires pour transformer un kilogramme de liquide en vapeur sans changement de température.

Regnault a déterminé la chaleur de vaporisation de l'eau. Il a trouvé qu'il faut dépenser 537 calories pour transformer un kilogramme d'eau à 100° en vapeur à la même température.

Chaleur totale de vaporisation de l'eau

La chaleur totale de vaporisation de l'eau est la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un kilogramme d'eau de 0° à T° et pour le transformer ensuite en vapeur à la même température.

Cette chaleur totale peut être représentée d'après Regnault par la formule :

$$C = 606,5 + 0,305 \, t.$$

THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

Énergie physique

Lorsqu'on exerce un mouvement pour vaincre une résistance, il se produit un travail mécanique.

L'unité de mesure employée pour le travail mécanique est le *kilogrammètre*, c'est-à-dire le travail engendré lorsque 1 kilogramme est élevé à 1 mètre de hauteur, de manière à vaincre la résistance de la pesanteur.

On entend par *énergie* la faculté de développer un travail mécanique.

L'énergie peut être *actuelle* ou *potentielle* suivant que le travail se produit réellement ou qu'il n'existe seulement que la possibilité de le produire.

Dans le premier cas, on donne fréquemment aussi le nom de *force vive* à l'énergie.

Ainsi de la vapeur à une certaine tension, produite dans une chaudière, renferme, avant d'actionner une machine, une somme d'énergie potentielle qui se mesure par le nombre de calories que cette vapeur contient; dès qu'on met la machine en marche, l'énergie potentielle

se change en énergie actuelle et se dépense peu à peu pendant que la machine exécute son travail.

Équivalent mécanique de la chaleur

On appelle l'équivalent mécanique de la chaleur ou plus exactement *l'équivalent mécanique de la calorie* le nombre de kilogrammètres qui représente le travail correspondant à la disparition d'une calorie. — Ce nombre est égal à 425.

L'équivalent calorifique du travail est donc égal à $\frac{1}{425}$; il indique la quantité de chaleur que l'on peut réaliser par la dépense de 1 kilogrammètre de travail mécanique.

Effets de la chaleur sur les corps

Quand on chauffe un corps, la chaleur produit quatre effets bien distincts :

Élévation de température, travail extérieur, travail intérieur, et changement d'état.

L'élévation de température entraîne une augmentation de volume. Le travail extérieur produit un travail mécanique, car le corps pour se dilater doit vaincre la pression extérieure.

Le travail intérieur correspond au travail nécessaire pour surmonter les attractions moléculaires ou de cohésion.

Le changement d'état est un second travail intérieur différent du précédent qui consiste en un nouvel arrangement des particules qui composent le corps.

On peut mesurer ce travail (voir le paragraphe traitant la chaleur de vaporisation).

Inversement, quand on laisse un corps se refroidir, il y a dépense de travail extérieur et intérieur et, par conséquent, production de chaleur.

Effets de la chaleur sur les gaz

Pour les gaz parfaits, le problème se simplifie, il n'entre plus en ligne de compte que la dépense de chaleur correspondant à l'échauffement et celle qui équivaut au travail extérieur.

Il ne se produit plus de changement d'état ni de travail intérieur.

Les gaz sont facilement compressibles; on peut donc chauffer un gaz et le comprimer en même temps. — Le travail extérieur disparaissant également, la chaleur dépensée sert tout entière à produire une élévation de température.

C'est pour cela que le thermomètre normal est celui que l'on obtient en chauffant un gaz parfait, l'air par exemple, et en maintenant son volume constant.

CHAPITRE II

CHAUFFAGE DES USINES

Température des salles

On peut porter et maintenir à un degré déterminé la température d'une enceinte fermée au moyen d'appareils radiants disposés dans cette enceinte, ou d'appareils à contact dans lesquels l'air est chauffé au préalable, puis distribué dans les locaux à chauffer.

Nous donnons plus loin un tableau des températures généralement considérées comme les meilleures pour les divers établissements de l'industrie textile.

Ces températures varient entre 18 et 32° C.

Pour les températures généralement adoptées pour les autres enceintes, nous renvoyons aux ouvrages qui traitent spécialement ce sujet.

Transmission de la chaleur

La transmission de la chaleur au travers des parois d'un appareil de chauffage, s'opère par radiation et par convection.

La radiation est le phénomène qui se produit quand un corps chaud émet, à travers l'espace, une partie de sa température. La vitesse de propagation dépend de la nature des corps et de la différence de température entre les parois et l'enceinte à chauffer.

La chaleur provenant de la convection est celle que l'air ambiant véhicule pendant ses divers mouvements.

Les corps sont bons ou mauvais conducteurs suivant qu'ils se laissent plus ou moins pénétrer par la chaleur.

L'air qui est le véhicule de la chaleur entre les appareils de chauffe et les locaux à chauffer est mauvais con-

ducteur; il ne s'échauffe que par contact et par transmission de proche en proche.

Transmission de la chaleur de la vapeur à l'air

On emploie le plus souvent pour chauffer les usines de la vapeur à basse ou à haute pression en raison de la grande quantité de calories qu'elle peut abandonner à l'air en se condensant et de la facilité avec laquelle on peut la transporter et la distribuer à distance.

La quantité de chaleur fournie par un poids de vapeur déterminé est celui de la chaleur *totale* de cette vapeur, déduction faite de celle de l'eau de condensation évacuée.

Cette quantité, passant au travers des parois de tuyaux pour chauffer une enceinte est, dans la pratique, sensiblement indépendante de l'épaisseur et de la nature du métal de ces parois.

Si la transmission de la chaleur à l'air a lieu par l'intermédiaire de tuyaux de vapeur à température sensiblement constante, cette transmission est la somme des chaleurs transmises par radiation et par contact : $R + A$.

La chaleur émise par rayonnement dépend de la nature du radiateur et de la différence entre la température du corps rayonnant et celle de l'atmosphère ambiante.

D'après Péclet, $R = 124,72 K a^t (a^T - t - 1)$, a est un coefficient constant dont la valeur est 1,0077;

Et K est un coefficient variable, dont la valeur est, pour les enveloppes usuelles :

Fonte neuve	3,17
Fonte oxydée	3,36
Tôle ordinaire	2,76
Laiton poli	0,258

On peut prendre $K = 3,36$ pour les tuyaux de chauffage noircis, ordinairement employés.

La chaleur transmise par contact est donnée par :

$$A = 0,552K' (T - t)^{1,233}$$

Pour les cylindres verticaux, K' est donné par le tableau suivant :

TABLEAU II

DIAMÈTRE		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Hauteur des Tuyaux	0,50 m.	cal. 3,55	cal. 3,22	cal. 3,15	cal. 3,05	cal. 3,01
	1,00	3,20	2,90	2,85	2,75	2,72
	2,00	2,95	2,68	2,60	2,54	2,50
	3,00	2,84	2,57	2,50	2,44	2,41

Pour les cylindres horizontaux :

$$K' = 2.058 + \frac{0,0764}{D}$$

Pour les diamètres :

$$D = 0,05 - 0,08 - 0,10 - 0,12 - 0,15 - 0,18 - 0,20 - 0,25$$

$$K' = 3,59 - 3,02 - 2,82 - 2,70 - 2,57 - 2,50 - 2,44 - 2,36$$

$$D = 0,30$$

$$K' = 2,30$$

$$\text{Si } T = 100^\circ \text{ et } t = 16^\circ$$

$$T - t = 84^\circ$$

Des formules précédentes on tire :

$$R = 430 \text{ calories}$$

$$A = 131,05 \times K$$

D'où l'on peut déduire les quantités de chaleur émises par mètre carré de radiateur horizontal et par heure ;

TABLEAU III

Diamètres en m/m...	50	80	100	120	150	180	200	250	300
Nombre de Calories...	890	818	803	788	768	760	753	743	735

Pour une différence $T - t$, dépassant 84° , la quantité de chaleur transmise est augmentée proportionnellement à cette différence.

Ces quantités ne sont exactes que pour les milieux calmes ; dès que l'air est en mouvement, elles ne sont plus applicables.

D'après les expériences de M. Ser (Physique industrielle), l'augmentation du coefficient de transmission pour un tuyau de vapeur contre lequel l'air est lancé, est proportionnelle à la racine carrée de la vitesse de cet air.

Pour les grandes vitesses d'air cette augmentation paraît un peu forte; pratiquement, dans celles qui ne dépassent pas 5 à 6 m. par seconde, nous ne comptons que sur une augmentation moyenne de 25 % de la chaleur de contact par mètre de vitesse.

Cette transmission devient :

$$R + A + (A \times 0,25 V)$$

Il en résulte que, dans un chauffage déterminé, l'on obtient une transmission plus considérable avec la ventilation mécanique.

On emploie alors généralement des surfaces radiantés ou Radiateurs.

Calculs des pertes de chaleur

Quand on veut élever la température d'une enceinte, on la chauffe progressivement; les corps qu'elle contient ainsi que ses parois, absorbent de la chaleur; ces dernières en perdent une partie en la transmettant à l'extérieur. Cette perte s'élève à mesure que s'élève la température du milieu et, si la source de chaleur est constante, il arrive un moment où il y a équilibre entre la chaleur absorbée et la chaleur perdue; le régime de chauffe est établi.

Pour connaître la quantité de chaleur à fournir dans un local, il est nécessaire de déterminer d'une part les causes qui tendent à abaisser la température de ce local et, d'autre part, celles qui tendent à l'échauffer.

On admet généralement dans les calculs des pertes de chaleur par transmission une température extérieure de — 10° C.

On tient compte aussi de la température des pièces voisines en plus ou en moins.

Il faut introduire dans le calcul toutes les surfaces de refroidissement et les augmenter pour les expositions au Nord, Nord-Est, Nord-Ouest, de 25 %.

Causes d'élévation de température

Dans les salles d'usines en fonctionnement, plusieurs causes tendent à en élever la température :

- a) La chaleur dégagée par le personnel;
- b) La chaleur restituée par le travail des machines en service;
- c) La chaleur dégagée par les appareils d'éclairage.

Chaleur dégagée par le personnel

La chaleur dégagée par l'ouvrier est variable et dépend de l'intensité de son travail.

On compte qu'un ouvrier au repos fournit à l'atmosphère de l'atelier environ 79 calories par heure se répartissant comme suit :

Perte moyenne de chaleur, au repos, rapportée à un adulte de 66 kilos, vivant dans un air à 15° (d'après M. A. Gauthier) : environ 2.792 calories par 24 heures, soit $\frac{2.792}{24} = 116$ calories par heure.

Il y a à déduire la quantité de calories nécessaires à la vaporisation de la vapeur d'eau que cet ouvrier produit par les poumons et la respiration cutanée qui est en moyenne de 61 grammes.

Cela représente à raison de 0,600 calorie par gramme d'eau : $0,600 \times 61 = 36,6$ calories par personne.

Un ouvrier au repos fournit donc par heure en moyenne à l'atmosphère de la salle :

$$116 - 37 = 79 \text{ calories.}$$

On compte pratiquement 130 calories pour les adultes et 65 calories pour les enfants, en moyenne par heure, *travail compris*.

Chaleur restituée par les machines en marche

Le travail dégagé par les machines en marche est pour la plus grande partie de l'industrie textile presque entièrement transformé en chaleur. On peut l'évaluer à 635 calories environ par H P heure, soit $\frac{75 \times 3.600}{425}$.

Suivant qu'une plus ou moins grande partie des marchandises ouvrées est emportée des ateliers, comme elles emportent avec elles une grande partie de cette chaleur; il faut compter 50 à 75 % du dégagement total comme gain pouvant influencer l'élévation de température.

Chaleur fournie par les appareils d'éclairage

La chaleur fournie par les appareils d'éclairage dépend de la nature de ces appareils.

Pour l'éclairage par le gaz il faut compter environ 5.000 calories par m³ de gaz brûlé.

Les calories fournies par l'éclairage électrique peuvent être estimées comme suit.

Pour 100 bougies heure =

Lampe à arc 57 calories.

Lampe à incandescence 290 calories.

Calcul approximatif

Pour une grossière approximation des pertes de chaleur d'une usine et pour une température intérieure de + 20° C par — 10° C extérieur, on peut estimer 15 à 20 calories par m³ pour des salles de plus de 4.000 m³ et 20 à 50 calories par m³ pour des salles de moins de 4.000 m³.

Il est toujours nécessaire d'évaluer à part la chaleur nécessaire pour la ventilation et l'humidification de l'air.

TABLEAU IV

Coefficients de transmission de chaleur employés en pratique. Transmission de chaleur par m², par degré C de différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur, par heure (d'après Deny).

MAÇONNERIE EN BRIQUES								
ÉPAISSEUR DES MURS EN MÈTRE	0 m,12	0 m,23	0 m,38	0 m,51	0 m,64	0 m,77	0 m,90	1 m,03
Murs extérieursk	2,4	1,7	1,3	1,03	0,87	0,75	0,65	0,57
Murs avec couche d'air intérieure de 3 à 6 c/m (1)k	»	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55
Murs avec revêtement en pierre de taille de 12 c/m (2)k		1,9	1,5	1,2	1	0,83	0,74	0,65
Murs intérieursk	2,2	1,6	1,25	1	0,85	0,7	0,6	0,5

MURS INTÉRIEURS					
Parois en treillis de fil de fer et plâtrek	Epaiss. en cm. k en calories..	4 3,1	6 2,8	8 2,5	10 2,3
Paroi en planchesk	Epaiss. en cm. k en calories..	1 2,7	1,5 2,4	2 2,1	2,5 1,9
Paroi de 2 planches en épaisseur revêtues de plâtre à l'intérieur et à l'extérieur (3)k	Epaiss. en cm. k en calories..	» »	» »	» »	7 1,2
Paroi de 2 planches en épaisseur revêtues de plâtre à l'intérieur et à l'extérieur (4), les plan- ches écartées de 10 c/mk	Epaiss. en cm. k en calories..	» »	» »	» »	7 0,92
Paroi en planches, plâtre et ro- seauxk	Épaiss. en cm. k en calories .	3 3,2	5 2,9	7 2,64	10 2,33

MURS EXTÉRIEURS EN MOELLONS										
Épaisseur en mètre,...	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,1	1,2
En grès ($x=1,35$) $k =$	2,2	1,92	1,7	1,53	1,39	1,27	1,18	1,09	1,02	0,95
En calcaire ($x=2$) $k =$	2,6	2,3	2,06	1,87	1,7	1,58	1,45	1,36	1,28	1,19

(1) Couche d'air non comprise dans l'épaisseur du mur.

(2) Pierre de taille comprise dans l'épaisseur du mur.

(3) Epaisseurs de plâtre comprises dans l'épaisseur : 2 couches de 1 cm.

(4) Id. l'écartement des planches non comprises dans l'épaisseur.

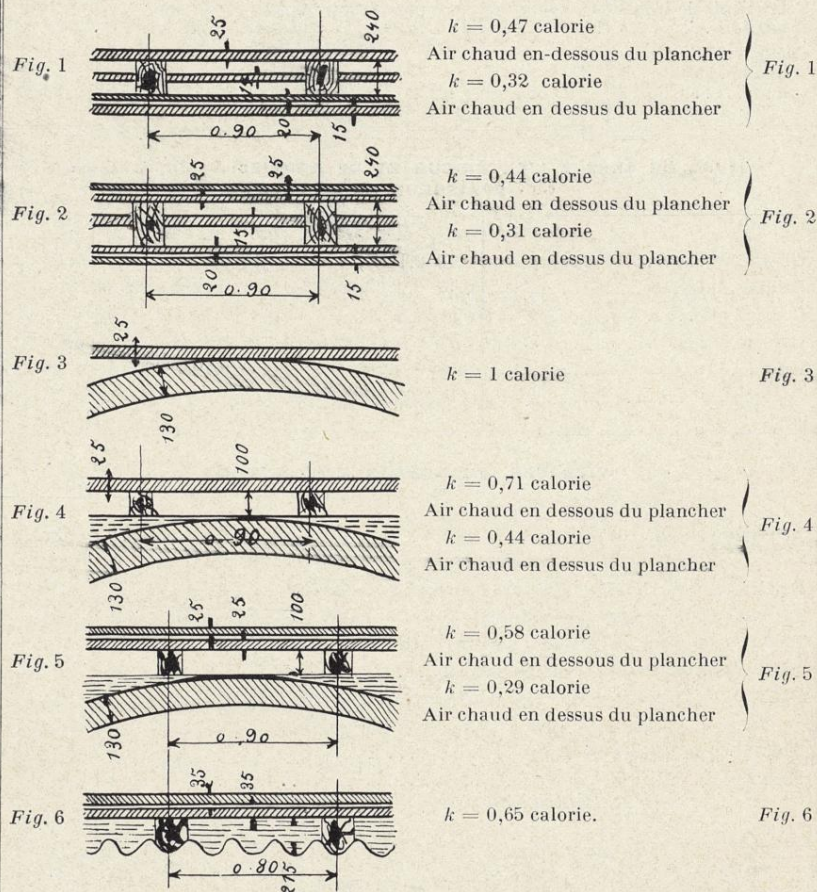
MURS EXTÉRIEURS EN BRIQUES RECOUVERTS DE PLÂTRE DES 2 COTÉS EN TENANT COMPTE DU PLUS GRAND RAYONNEMENT						
Epaisseur en mètre .	0 m,30	0 m,45	0 m,60	0 m,75	0 m,90	1 m,05
Coefficients de transmission <i>k</i>	1 ^e 50 à 1 ^e 60	1,10 à 1,20	0,83 à 0,95	0,78 à 0,80	0,64 à 0,70	0,54 à 0,64
Coefficients de transmission en moyenne <i>k</i>	1 ^e 55	1,15	0,90	0,80	0,65	0,59

MURS DE GRÈS A L'EXTÉRIEUR ET DE BRIQUES A L'INTÉRIEUR <i>e, e', ÉPAISSEUR EN MÈTRES</i>										
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Grès, extérieur <i>e</i> =	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25	0,25
Briques, intérieur <i>e'</i> =	0,12	0,25	0,38	0,51	0,64	0,77	0,90	1,03	0,12	0,25
Coefficients <i>k</i> =	2 cal.	1,5	1,2	1 »	0,8	0,7	0,6	0,55	1,7	1,3
Grès, extérieur <i>e</i> =	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Briques, intérieur <i>e'</i> =	0,38	0,51	0,64	0,77	0,90	0,12	0,25	0,51	0,38	0,64
Coefficients <i>k</i> =	1 cal.	0,9	0,75	0,65	0,60	1,3	1 »	0,9	0,75	0,65

VITRAGES, PLANCHERS ET PLAFONDS		
Fenêtres à simple vitrage	Les épaisseurs de	... <i>k</i>
» double »	verre, dans les limites	... <i>k</i>
Plafonds vitrés, simple couverture de verre	ordinaires, n'ont au-	... <i>k</i>
Plafonds vitrés, double couverture de verre	cune influence sensible	... <i>k</i>
Plafonds en planches jointives, poutrage apparent		... <i>k</i>
Plafonds ordinaires sous solives cachées		... <i>k</i>
Plafonds en planches de 25 mm sous couverture en carton bitumé		... <i>k</i>
» » » en ardoises		... <i>k</i>
Plafonds sous toiture en tôle ondulée		... <i>k</i>
Plancher en dalles, sur cave		... <i>k</i>
» » sur terre-plein		... <i>k</i>

PORTES EN BOIS					
Epaisseur du bois en millimèt.	20	30	40	50	60
En sapin, à l'intérieur <i>k</i>	2 ^e 12	1 ^e 73	1 ^e 46	1 ^e 26	1 ^e 11
» à l'extérieur <i>k</i>	2,25	1,80	1,52	1,31	1,15
En chêne, à l'intérieur <i>k</i>	2,84	2,51	2,25	2,03	1,90
» à l'extérieur <i>k</i>	3,10	2,70	2,40	2,15	1,94

Pour planchers et plafonds, le plus souvent deux cas sont à considérer, suivant que l'air chaud se trouve en dessus ou au-dessous, la valeur de k est moindre lorsque l'air chaud se trouve au-dessus et l'air froid en dessous.



Les valeurs de k données précédemment ne sont pas des nombres toujours absolument exacts, mais ce sont les coefficients de transmission, en calories, par heure, par mètre carré de parties de construction et par degré C. de différence de température, qui correspondent le mieux à la pratique courante adoptée par les constructeurs.

Différents modes de chauffages pour usines

On peut employer pour l'industrie qui nous intéresse et suivant les cas l'un ou l'autre des modes de chauffage suivants :

- Chauffage par l'eau chaude ;
- Chauffage par la vapeur à basse pression ;
- Chauffage par la vapeur d'échappement ;
- Chauffage par la vapeur à haute pression ;
- Chauffage par l'air chaud.

Chauffage par l'eau chaude

Quand on chauffe l'eau, son volume augmente, par suite sa densité diminue.

C'est sur la différence de densité de l'eau aux diverses températures produisant une circulation mécanique que repose le principe du chauffage par l'eau chaude.

Nous pouvons facilement nous représenter que si un poids d'eau donné existe dans un circuit simple, lequel circuit est composé d'une chaudière, d'une conduite ascendante, d'une surface radiante et d'une conduite descendante revenant à la chaudière, et que si l'on chauffe l'eau au moyen de la chaudière, sa densité diminuera. Cette eau tendra à monter jusqu'à la surface radiante dans laquelle elle se refroidira, sa densité augmentera alors et elle reviendra par son propre poids à la chaudière.

La circulation sera d'autant plus rapide que la différence de température entre l'eau du tuyau ascendant et celle du tuyau descendant sera plus grande.

Il existe trois modes de chauffage par l'eau chaude :

Le chauffage à *basse pression* qui exclut toute élévation de pression autre qu'une pression hydrostatique, la température maximum de l'eau est d'environ 100° C. Le système est ouvert et communique avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un réservoir d'expansion.

Le chauffage à *moyenne pression*. — Dans ce mode, le chauffage de l'eau se fait en vase clos, c'est-à-dire sous pression.

L'eau ne peut plus se vaporiser et sa température augmente en même temps que sa pression.

Nous donnons un tableau qui indique les températures approximatives que prend l'eau chauffée en vase clos, avec les pressions correspondantes de 1/2 à 5 atmosphères.

TABLEAU V

Pression au-dessus de l'atmosphère	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Température correspondante de l'eau	111 °	120 °	127 °	133 °	138 °	143 °	147 °	151 °	155 °	158 °

Dans ce genre de chauffage la température de l'eau est d'environ 120° C., ce qui correspond à une pression de 1 atmosphère environ au-dessus de la pression atmosphérique dans le réservoir d'expansion.

Le chauffage à *haute pression* (Système Perkins). — La température maximum de l'eau est de 150° C. environ, ce qui correspond à une pression de 4 atmosphères au-dessus de la pression atmosphérique.

Le système est fermé, le tuyau est sans fin et ne dépasse généralement pas 200 mètres de longueur.

Les tuyaux sont éprouvés à 150 atmosphères.

Chauffage par la vapeur à basse pression

On peut classer en trois groupes principaux les chauffages par la vapeur à haute pression ;

1^{er} système. — Chauffage en cycle fermé à un seul tuyau ;

2^e système. — Chauffage en cycle fermé à deux tuyaux ;

3^e système. — Chauffage en cycle ouvert à deux tuyaux.

Le troisième type est le plus intéressant et le plus employé.

La pression normale de ce type de chauffage ne dépasse pas 0,5 d'atmosphère, souvent 0,05 à 0,15 atmosphère au-dessus de la pression atmosphérique.

Le système est à marche continue, l'alimentation se fait automatiquement par le retour de l'eau de condensation à la chaudière. — Celle-ci est également à feu continu par réservoir de combustible.

Chauffage par la vapeur d'échappement

Ce mode de chauffage permet d'utiliser toute la chaleur latente de vaporisation de la vapeur.

Nous avons vu au chapitre I que la chaleur totale de vaporisation de l'eau pouvait être représentée par la formule.

$$C = 606,5 + 0,305 t$$

Si l'eau était à l'origine à la température de t' , la quantité totale Q de chaleur nécessaire pour la transformer en vapeur sera donc en calories de :

$$Q = (606,5 + 0,305 t) - t'$$

Inversement, lorsque la vapeur se condense, elle abandonne aux corps environnants exactement la quantité de chaleur latente qu'elle avait absorbée pour se transformer en vapeur et cette chaleur abandonnée redevient de la chaleur *sensible*.

Supposons que nous envoyons un kilogr. de vapeur dans une tuyauterie ou une surface de chauffe quelconque, à la pression P qui correspond à une température T . Cette vapeur contient :

$$(606,5 + 0,305 T) \text{ calories.}$$

Si nous condensons cette vapeur tout en restant sous la même pression P , elle se transformera en eau à la température d'ébullition T et elle abandonnera à la surface de chauffe, pour transmettre au local chauffé, toutes les calories qu'elle contenait à l'état de chaleur latente.

La quantité de calories contenue dans 1 kg. d'eau à T° est égale à T ; la quantité de calories abandonnée au chauffage est donc :

$$(606,5 + 0,305 T) - T.$$

L'eau de condensation à la pression atmosphérique au sortir des surfaces de chauffe, a une température de 100° . Un kg. de vapeur, envoyé dans les surfaces de chauffe sous la pression P et dont l'eau de condensation a 100° , met donc en liberté, pour être utilisées au chauffage :

$$(606,5 + 0,305 T) - 100 = n \text{ calories.}$$

Admettons une machine à échappement libre travaillant avec une légère contrepression au cylindre (500 grammes par exemple). A cette pression, la vapeur a une température de 111° et la quantité de calories disponibles est égale à

$$(606,5 + 0,305 \times 111) - 100 = 540,35 \text{ calories.}$$

On voit que la quantité de chaleur disponible dans la vapeur d'échappement est très importante et que l'on peut réaliser une sérieuse économie en l'utilisant.

Le chauffage par vapeur d'échappement peut avoir des applications diverses.

On peut envoyer la vapeur d'échappement d'un moteur dans un réseau de canalisation en produisant une légère contrepression au cylindre, 500 grammes par exemple, pour ne pas être obligé d'employer des tuyauteries de trop gros diamètres.

La vapeur d'échappement se comporte dans un chauffage comme la vapeur vive à la même pression.

Ce mode d'emploi de la vapeur d'échappement n'est cependant à recommander que si la quantité de vapeur disponible est susceptible de fournir une quantité de calories sensiblement égale à celle nécessaire pour le chauffage de l'usine.

Dans la plupart des usines de l'industrie textile, la quantité de vapeur d'échappement disponible dépasse

de beaucoup celle nécessaire pour le chauffage de l'établissement.

Dans ce cas, il est tout indiqué de laisser les machines marcher à condensation.

On emploie alors un *aéro-condenseur* que l'on intercale entre l'échappement de la machine et le condenseur à eau.

Il est facile d'établir un cycle complet. La vapeur sortant du cylindre sera envoyée dans l'aéro-condenseur, lequel sera relié avec le condenseur à mélange ou à surface dont le rôle sera de terminer la condensation de la vapeur puisqu'une partie seulement de la vapeur disponible aura été condensée par l'air devant servir au chauffage de l'usine.

On pourra ainsi maintenir un vide sensiblement égal à celui qu'assurent les condenseurs à mélange ou à surface et la machine fonctionnera dans des conditions semblables d'économie.

On peut aussi supprimer les condenseurs à eau et employer uniquement un aéro-condenseur relié à une pompe à vide.

La quantité de chaleur disponible dans la vapeur d'échappement est considérable, même quand cette vapeur est à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Le tableau suivant nous fixera à ce sujet :

TABEAU VI

QUANTITÉ DE CALORIES DISPONIBLES DANS 1 KG. DE VAPEUR
CONDENSÉE SOUS DIFFÉRENTS VIDES

VIDE en cm de mercure	TENSION absolue de la vapeur en cm de mercure	TEMPÉRATURE correspondante	CHALEUR EN CALORIES DANS 1 KG.	
			Chaleur contenue dans le liquide	Chaleur latente de vaporisation
0	76,0	100°	100,000	536,5
7,6	68,4	97,1	97,543	538,567
15,2	60,8	93,9	94,304	540,829
22,8	53,2	90,3	90,704	543,344
30,4	45,6	86,3	86,662	546,166
38	38,0	81,7	82,017	549,404
45,6	30,4	76,3	76,499	553,257

Si donc on condense 1 kg. de vapeur à la tension de 380 mm. de mercure, c'est-à-dire sous un vide de $1/2$ atmosphère et si on évacue par une pompe à vide l'eau de condensation à la température correspondante soit $81^{\circ}7$, il abandonnera 549,40 calories — soit à peu près la même quantité que la vapeur à 3 k° de pression.

Il est toujours utile de prévoir les éléments pouvant être alimentés par de la vapeur vive pendant les interruptions possibles de marche du moteur.

Il faut prévoir des valves de sûreté pour l'échappement de la vapeur au dehors en cas de fermeture des corps de chauffe ou du condenseur à eau.

On peut employer l'eau de condensation pour alimenter la chaudière quand la vapeur d'échappement a été débarrassée de l'huile qu'elle entraîne. Il est d'ailleurs indispensable de séparer l'huile de la vapeur pour employer celle-ci dans les appareils aéro-condenseurs.

Chauffage par la vapeur à haute pression

La pression utilisée dans ce type de chauffage varie de 1 à 8 atmosphères au-dessus de la pression atmosphérique.

Ce mode de chauffage est le plus répandu dans l'industrie textile. Cela tient à la facilité que l'on a de l'installer puisque la vapeur est généralement prise à l'une des chaudières existantes pour le moteur.

Il n'est cependant économique que si on retourne l'eau de condensation à la chaudière, car cette eau emporte environ $1/6$ de la chaleur totale contenue dans la vapeur.

Il n'y a pas intérêt à employer des chauffages à très haute pression, car la quantité de calories abandonnées par la vapeur aux pressions susceptibles d'être utilisées ne varie pas sensiblement.

Le tableau ci-après fera mieux saisir cette faible différence.

TABLEAU VII
QUANTITÉ DE CALORIES DISPONIBLES DANS 1 KG. DE VAPEUR
CONDENSÉE A DIFFÉRENTES PRESSIONS

PRESSION de la vapeur en kg. par cm ² .	TEMPÉRATURE correspondante	CONSTANTES 606,5 — 100	VARIABLES 0,305 T.	CALORIES TOTALES par kg. de vapeur condensée
0 k. 500	111°	506,5	33,55	540,05
1	120	»	36,6	543,1
2	133	»	40,6	547,1
3	143	»	43,6	550,1
4	151	»	46	552,5
5	158	»	48,2	554,7
6	164	»	50	556,5
7	170	»	51,8	558,3
8	175	»	53,4	559,9
9	179	»	54,6	561,1
10	183	»	55,8	562,3
11	187	»	57	563,5
12	191	»	58,2	564,7

Il n'y a donc que 21,6 calories de plus de disponibles dans 1 kg. de vapeur à 12 kg. de pression que dans 1 kg. de vapeur à 1 kg. de pression.

La différence de transmission de la vapeur aux diverses pressions est également peu importante.

Nous avons vu au chapitre II (Transmission de la chaleur de la vapeur d'air) que la quantité de chaleur transmise augmente proportionnellement à la différence de température entre le fluide chauffant et l'air chauffé pour une faible vitesse de l'air.

Or, la température de la vapeur n'augmente pas très sensiblement pour les pressions qui nous intéressent et la température des enceintes à chauffer reste la même. — L'écart ne varie donc presque pas et, par suite, la différence de transmission est peu importante.

Le chauffage par la vapeur à haute pression permet cependant d'employer des canalisations d'alimentation de diamètres beaucoup plus réduits que ceux des autres chauffages.

Le développement des conduites peut être très grand et dépasser 1 kilomètre.

Chauffage par l'air chaud

Il existe deux modes de chauffage par l'air chaud :

Le chauffage par l'air chaud avec ventilation ;

Le chauffage par l'air chaud avec circulation.

Le premier mode emploie constamment l'air nouveau qui est introduit chauffé dans les salles et qui, après avoir cédé directement la chaleur qu'il contient par son mélange avec l'air des salles, est évacué refroidi à l'extérieur.

Le second mode retourne l'air à l'appareil de chauffage pour l'échauffer de nouveau.

On prévoit généralement une marche combinant ces 2 systèmes en introduisant dans le circuit une quantité d'air suffisante pour assurer l'hygiène et en faisant retourner le reste à l'appareil de chauffage.

Détermination du volume d'air et de la Quantité de chaleur nécessaire

On calcule le volume d'air chaud nécessaire (V) avec la formule suivante :

$$V = \frac{C (1 + \alpha t)}{0,306 (t' - t)} \text{ en mètres cubes par heure.}$$

Si le volume d'air à employer est prescrit pour la ventilation, la température de cet air à son entrée doit être calculée comme suit :

$$t' = \frac{C (1 + \alpha t)}{0,306 V} + t, \text{ en degrés C.}$$

t' = température de l'air chaud entrant ; il ne doit pas excéder 40° C dans la plupart des cas.

La quantité de chaleur nécessaire pour la surface de chauffe est donnée par la formule suivante :

$$C' = \frac{0,306 V (t' - t'')}{1 + \alpha t''} \text{ en calories par heure.}$$

dans laquelle

V = quantité d'air nécessaire par la température extérieure la plus basse admise.

C = perte de chaleur par la température extérieure la plus basse admise.

C' = quantité de chaleur que doit fournir l'appareil de chauffage.

t = température à maintenir dans la salle ;

t' = température de l'air chaud entrant.

t'' = température de l'air arrivant à l'appareil de chauffage.

$$\alpha = \frac{1}{273}$$

Combinaison du chauffage dans les installations d'humidification et ventilation

Il est tout indiqué de profiter des organes mécaniques assurant la ventilation dans une installation d'humidification pour combiner aussi le chauffage en hiver.

Quatre types d'installations peuvent être employés à cet effet :

- 1° Installation à groupe calorigène unique ;
- 2° Installation à groupes calorigènes multiples ;
- 3° Installation à ventilateurs multiples et à radiateur unique ;
- 4° Installation à ventilateur unique et radiateurs multiples.

Nous allons décrire succinctement chacun de ces types d'installations.

Leur choix est subordonné à de nombreuses considérations, entre autres les conditions spéciales de chaque usine, le genre de travail que l'on y fait, l'économie que l'on peut réaliser en employant une méthode préférablement à une autre, etc....

Il faut donc pour fixer son choix étudier les conditions

inhérentes à chaque cas afin de déterminer la solution la plus économique et la plus élégante.

INSTALLATION A GROUPE CALORIGÈNE UNIQUE

Le ventilateur et la batterie chauffante sont disposés ensemble dans un local spécial attenant à l'usine.

L'air chaud est distribué dans les salles au moyen de gaines appropriées.

Le ventilateur refoule ou aspire au travers d'un radiateur alimenté par la vapeur vive ou d'un aéro-condenseur alimenté par la vapeur d'échappement ou encore d'un aéro-récupérateur chauffé par les gaz des carneaux des chaudières à vapeur, etc....

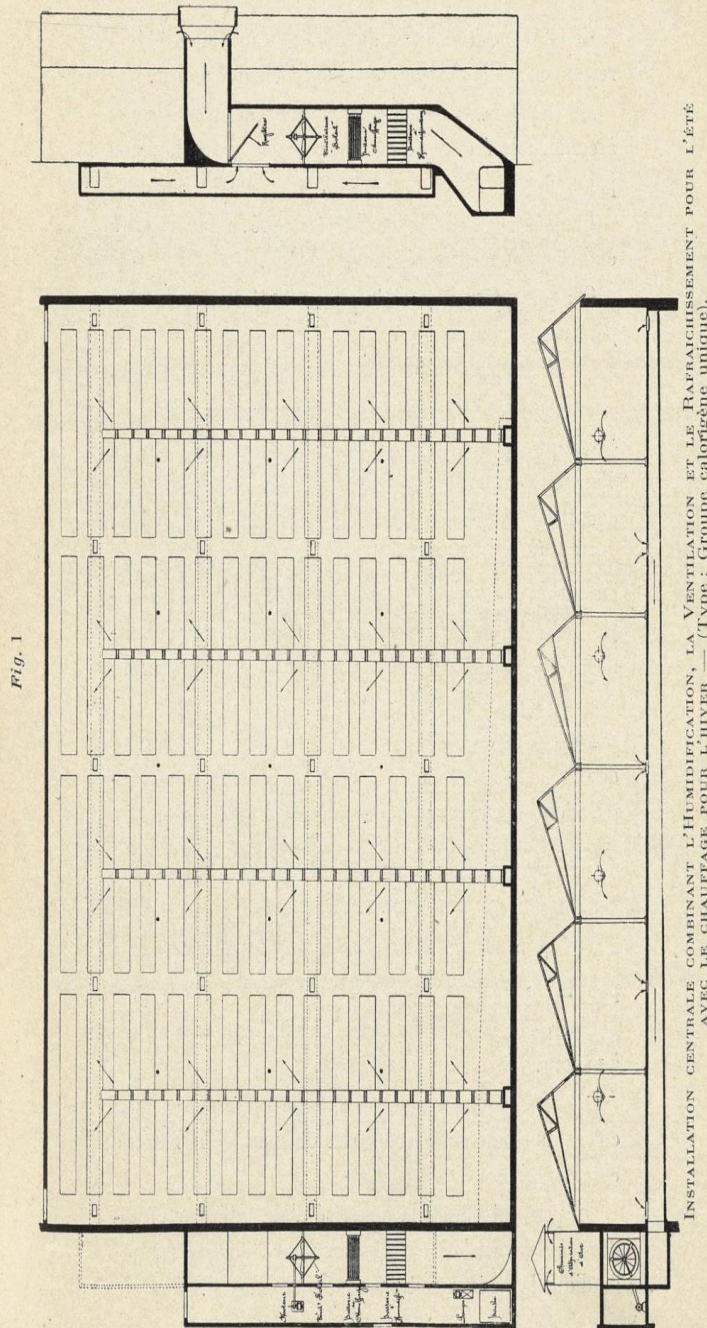
Ce mode de chauffage convient plus spécialement aux installations centrales d'humidification et de ventilation, lesquelles peuvent être employées quand le taux de rafraîchissement et le % d'humidité exigés sont faibles.

Le schéma que nous donnons ci-contre (fig. 1) montre comment doit se faire la distribution de l'air chaud de façon à obtenir une température uniforme et à éviter les courants d'air. Un registre permet d'introduire dans le circuit la quantité d'air extérieur nécessaire à la ventilation.

Il est bon de prévoir un dispositif de commande du ventilateur pour marche pendant les arrêts prolongés de l'usine par les grands froids (jours fériés, par exemple) de façon à maintenir les salles à une température telle que le régime de marche soit établi rapidement à la rentrée des ouvriers, ou bien il faut employer un chauffage direct, indépendant, par tuyaux lisses, par exemple.

INSTALLATION A GROUPES CALORIGÈNES MULTIPLES

Dans ce genre d'installation, les groupes calorigènes sont disséminés dans les salles et sont branchés sur les appareils d'humidification.



Cette disposition offre l'avantage d'une distribution rationnelle de la chaleur convenant à chaque atelier.

Les *aérothermes* peuvent comporter des ventilateurs à commande électrique ou à vapeur ou hydraulique ou par courroie.

La puissance des radiateurs sera prévue de façon à établir rapidement le régime de marche.

Chaque appareil est indépendant, le réglage de la température est ainsi facilité.

La distribution de l'air chaud est faite par des canalisations appropriées, évitant tout courant d'air.

Chaque appareil peut aspirer à l'extérieur la quantité d'air nécessaire à la ventilation, cet air étant également chauffé et humidifié avant d'être introduit dans la salle.

Dans le cas de commande des ventilateurs par de petites turbines à vapeur, on peut facilement utiliser la vapeur d'échappement de ces turbines dans un premier élément et terminer le chauffage de l'air en le faisant passer sur un second élément chauffé à la vapeur vive.

Le schéma que nous donnons ci-contre (fig. 2) permet de se rendre compte de la disposition générale d'une installation de ce type appliquée à une salle de tissage.

INSTALLATION A VENTILATEURS MULTIPLES ET A RADIATEUR UNIQUE

Avec ce genre d'installation, on peut utiliser facilement pour le chauffage la vapeur d'échappement du moteur.

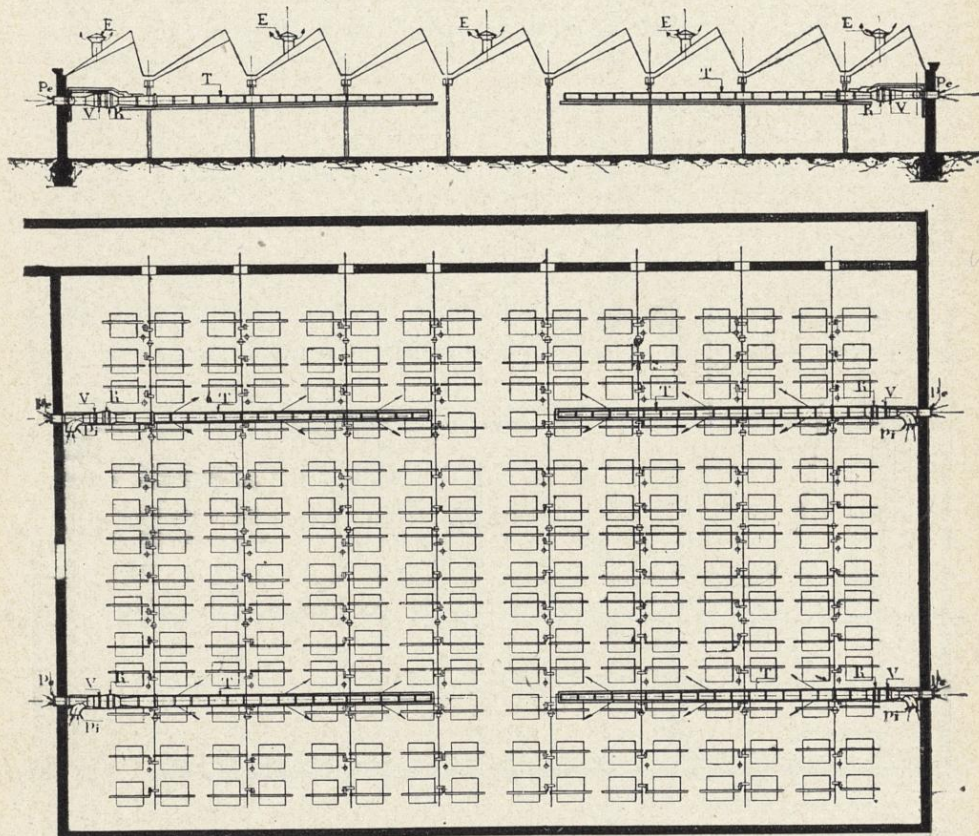
L'aéro-condenseur se place à proximité de la machine à vapeur.

Les ventilateurs disséminés dans les salles puisent l'air chaud dans une gaine collectrice qui part de la batterie chauffante.

On peut introduire la quantité d'air extérieur nécessaire à la ventilation soit par une cheminée comme l'indique le schéma, soit par tout autre moyen.

L'air chaud est distribué dans chaque atelier par des tuyauteries de refoulement.

Fig. 2.



INSTALLATION COMBINANT L'HUMIDIFICATION,
LA VENTILATION ET LE RAFFRAÎCHISSEMENT L'ÉTÉ AINSI QUE LE CHAUFFAGE L'HIVER
(Type : Groupes calorigènes multiples).

LÉGENDE

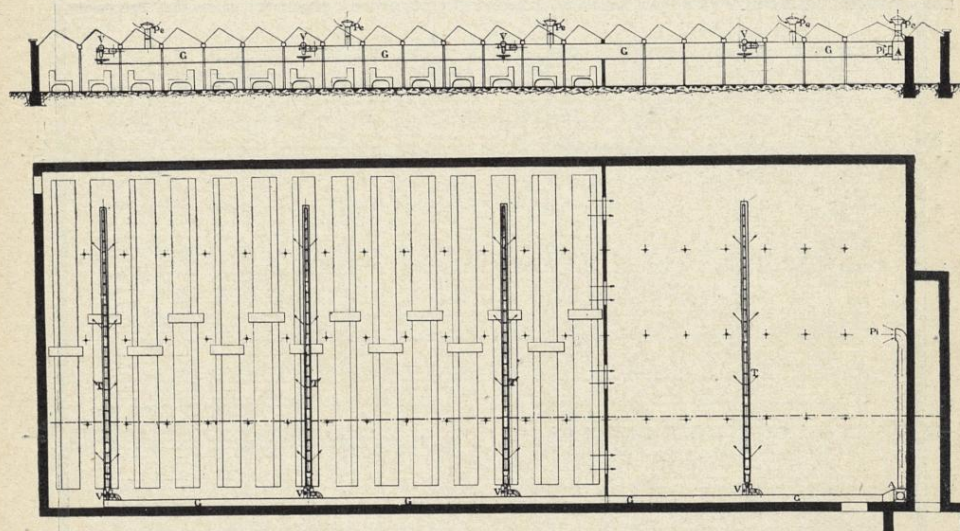
V, Ventilateurs à vapeur. — R, Radiateurs pour vapeur d'échappement du ventilateur et vapeur vive. — T, Tuyauterie de refoulement. — P e, Prise d'air extérieur. — P i, Prise d'air intérieur. — E, Evacuation d'air vicié.

Il est bon de prévoir la marche avec vapeur vive pour la mise en température avant l'arrivée des ouvriers ou pendant les arrêts prolongés de l'usine.

Les ventilateurs peuvent être actionnés par la transmission générale de l'usine ou par tout autre genre de commande.

Nous donnons un schéma (fig. 3) montrant la disposition générale que l'on peut adopter pour une semblable installation appliquée à une filature à rez-de-chaussée.

Fig. 3.



INSTALLATION COMBINANT L'HUMIDIFICATION,
LA VENTILATION ET LE RAFFRAICHISSEMENT L'ÉTÉ AINSI QUE LE CHAUFFAGE L'HIVER
(Type : Ventilateurs multiples, Radiateur unique).

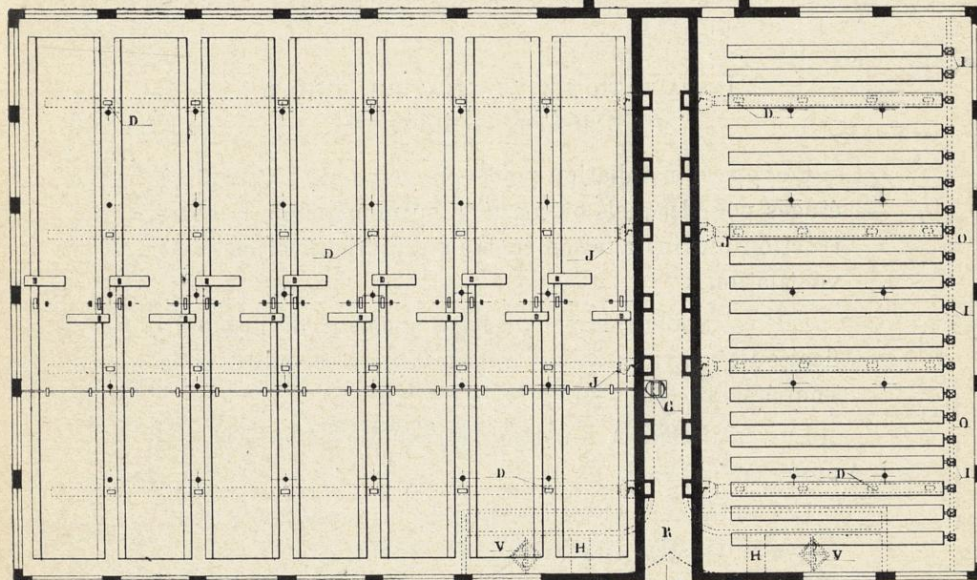
LÉGENDE

A, Aéro-condenseur. — V, Ventilateurs. — T, Tuyauterie de refoulement. — Pc, Prise d'air extérieur pour l'été. — Pi, Prise d'air intérieur pour l'hiver. — Pe, Prise d'air extérieur chauffé. — G, Gaine principale d'aspiration.

Fig. 4.

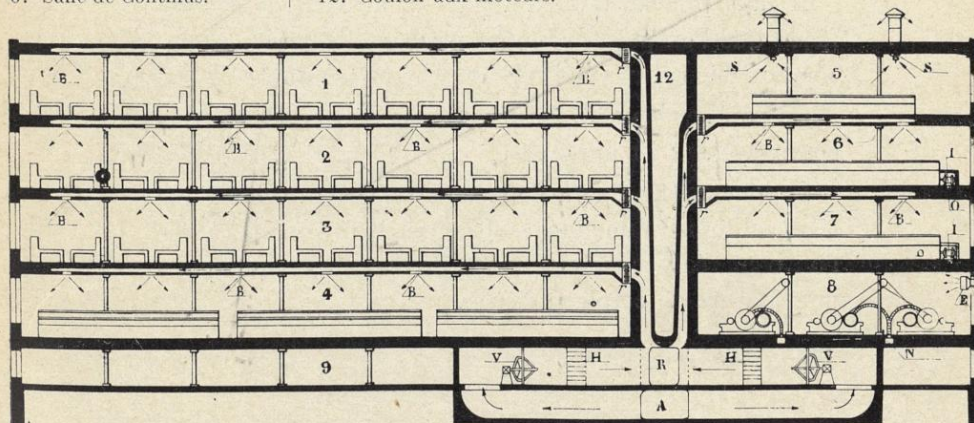
INSTALLATION CENTRALE COMBINANT L'HUMIDIFICATION,
LA VENTILATION, LE RAFFRAICHISSEMENT POUR L'ÉTÉ
AVEC LE CHAUFFAGE POUR L'HIVER.

(Type : Ventilateur unique, radiateurs multiples).



LÉGENDE

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. } Salle des Renvideurs. | 7. Salle de Continus. |
| 2. } | 8. Salle de Carderie. |
| 3. } | 9. Cave humide. |
| 4. Salle de Préparation. | 10. Salle de l'Alternateur. |
| 5. Salle de Gazage. | 11. Monte-Charge. |
| 6. Salle de Continus. | 12. Couloir aux moteurs. |



Appareils

- V. V. Ventilateurs.
r. r. Radiateurs.
H. H. Batteries humidifiantes.
R. Conduite générale de refoulement.
A. Conduite générale d'aspiration.
E. Aérotherme.
- Salles de renvideurs et de préparation*
B. Bouches de refoulement de l'air rafraîchi ou chauffé.
D. Bouches d'aspiration de l'air intérieur.

- G. Moteur électrique.
J. J. Registres.

Salles de Continus

- B. Bouches de refoulement de l'air rafraîchi ou chauffé.
D. Bouches d'aspiration de l'air intérieur.
I. Moteurs électriques de commande des continus.
O. Conduite d'aération des moteurs électriques.
J. Registres.

Salle de Gazage

- S. Ventilateurs aspirant l'air vicié par la fumée des machines à gazer.

Salle de Carderie

- N. Conduite d'aspiration des poussières de cardes.
E. Aérotherme.

Salle de l'Alternateur

- T. Turbine à vapeur.
M. Alternateur.
F. Dynamo d'excitation de l'alternateur.

INSTALLATION A VENTILATEUR UNIQUE
ET RADIATEURS MULTIPLES

Ce type d'installation peut convenir aux bâtiments à étages pour lesquels on a prévu au moment de la construction une installation centrale d'humidification et de ventilation.

Elle est applicable pour des cas spéciaux où l'humidification et le rafraîchissement doivent être faibles et la température très régulière.

Le ventilateur et la batterie d'humidification sont disposés en sous-sol.

Les radiateurs alimentés par de la vapeur vive sont disposés dans les salles.

Des gaines d'aspiration, de distribution et de retour sont réparties dans toutes les salles.

On prévoit dans le circuit une introduction d'air extérieur nécessaire pour la ventilation.

Il faut prévoir la commande du ventilateur de telle façon que l'on puisse chauffer pendant les arrêts de l'usine, ou encore un chauffage direct indépendant.

On peut, avec une telle installation, dissimuler presque complètement les appareils.

Le schéma (fig. 4) que nous donnons accompagné d'une légende donnera une idée suffisamment précise de ce que l'on peut réaliser avec ce mode de chauffage appliqué à une filature de coton moderne.

DEUXIÈME PARTIE

L'HUMIDIFICATION

CHAPITRE III

ÉTUDE DES GAZ

Force élastique des gaz

Quand on exerce une pression sur un gaz, son volume diminue; mais en même temps le gaz réagit en vertu de son élasticité, et il s'établit bientôt un état d'équilibre entre la pression intérieure et la réaction du gaz ou *Force élastique*.

A l'inverse des solides et des liquides qui possèdent un volume propre, les gaz ont une force élastique qui tend à augmenter indéfiniment leur volume quand la pression extérieure diminue.

On peut donc assimiler un gaz à un ressort toujours comprimé par une pression extérieure; si la pression augmente, le ressort (ou le gaz) se comprime; mais, dès que la pression diminue, le ressort s'allonge immédiatement, se détend. Ce dernier terme est fréquemment employé pour les gaz: on dit qu'un gaz se *détend* quand il augmente de volume, sous l'influence d'un abaissement de la pression extérieure.

Quand un gaz est en équilibre, sa force élastique est égale et opposée à la pression extérieure. Cette égalité fait que l'on prend souvent indifféremment l'un pour l'autre les termes *pression* et *force élastique*, bien que le

premier se rapporte à une action extérieure au gaz, et le second à un phénomène interne.

Dilatation des gaz

Les gaz se dilatent beaucoup plus que les liquides pris dans les conditions ordinaires. Leur dilatation a été étudiée d'abord par Gay-Lussac, qui a formulé les lois suivantes.

1° Tous les gaz se dilatent de la même quantité entre 0° et 100°, quand la pression reste invariable.

2° Le coefficient de dilatation, c'est-à-dire l'augmentation de volume qui correspond à une élévation de température de 1° est constant et égal à 0,00375.

Davy a ajouté cette nouvelle loi, que le coefficient de dilatation est le même quelle que soit la pression. Il résulte de ces lois des conséquences importantes : un volume V_0 de gaz à 0° et sous la pression H_0 , prendrait à la même température et sous une pression H un volume V_1 , tels que

$$V_0 H_0 = V_1 H$$

d'après la loi de Mariotte qui est :

« Les volumes occupés successivement par une même masse gazeuse varient en raison inverse des pressions qu'elle supporte. »

Le volume V_1 à 0°, chauffé à t ° sans variation de pression, devient $V = V_1 (1 + \alpha t)$, si l'on désigne par α le coefficient de dilatation des gaz.

En tirant de cette équation la valeur de V_1 et la portant dans l'équation précédente, elle devient :

$$V_0 H_0 = \frac{V H}{1 + \alpha t}$$

Telle est la formule qui permet de calculer le volume que prend un gaz à une température t sous la pression H , quand on connaît son volume à 0° sous une pression de H_0 .

Si l'on donne le volume V du gaz sous la pression H et à la température t , on peut calculer inversement le volume qu'il occuperait dans les conditions normales, c'est-à-dire à 0° et sous la pression 760 : en appliquant la formule précédente, il vient en effet :

$$V_0 = V \frac{H}{760} \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (1)$$

On peut enfin, au lieu des volumes, introduire les densités D_0 et D du gaz dans les deux états précédents.

Le produit du volume par la densité doit être constant, puisqu'il représente le poids de la masse gazeuse que l'on considère ; on a donc

$$V_0 D_0 = V D$$

En combinant cette équation avec l'équation précédente, il vient :

$$D = D_0 \frac{H}{760} \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (2)$$

formule qui permet de calculer le poids de l'unité de volume du gaz sous la pression H à la température t , connaissant le *poids normal* de l'unité de volume, c'est-à-dire le poids d'un litre du gaz mesuré à 0° et sous la pression 760.

En reprenant par des méthodes plus exactes, les expériences de Gay-Lussac, Regnault est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Le coefficient de dilatation de l'air est égal à 0,00367 ou $1/273$;

2° Il n'est pas tout à fait exact que les coefficients de dilatation de tous les gaz soient égaux ; toutefois, pour les gaz permanents, les différences sont extrêmement faibles ; on pourra donc prendre pour eux le même coefficient de dilatation 0,00367 ou $1/273$;

3° Enfin le coefficient de dilatation change avec la pression ; mais pour les gaz permanents, cette variation est tellement petite, qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte dans les applications numériques.

Densité des gaz

La densité des gaz est prise par rapport à un autre gaz. On a choisi l'air comme terme de comparaison et l'on appelle densité d'un gaz par rapport à l'air, ou plus simplement densité d'un gaz, le rapport du poids de ce gaz au poids du même volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et de pression.

Quand on ne considère que des gaz parfaits, c'est-à-dire qui suivent les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, ce nombre est constant pour un même gaz, quelles que soient la température et la pression.

Le tableau suivant donne les densités relatives à l'air des gaz les plus importants :

Air	1.000
Hydrogène	0.0693
Azote	0.9714
Oxygène	1.1056
Gaz des marais	0.558
Gaz ammoniac	0.597
Acide carbonique	1.529

*D'autre part, Regnault a trouvé que le poids d'un litre d'air à Paris, à 0° et sous la pression 760 millimètres, est égal à 1 gr. 293. Ces données permettent de déterminer le poids d'un volume quelconque d'air ou de gaz, dans toutes les circonstances possibles. Si le poids du litre d'air à 0° et sous la pression 760 millimètres est 1 gr. 293, en appliquant l'équation (2) on voit que le poids du même volume sous la pression H et à la température t sera :

$$1 \text{ gr. } 293 \times \frac{H}{760} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

et si nous désignons par p le poids du volume V, on aura :

$$p = 1.293 \times V \frac{H}{760} \frac{1}{1 + \alpha t'}$$

Si, au lieu d'air, nous prenons un gaz dont la densité soit d , cela veut dire que son poids est d fois celui de l'air dans les mêmes conditions. A la température t et sous la pression H le poids du volume V sera donc donné par l'expression.

$$p = V \times 1.293 \times d \times \frac{H}{760} \times \frac{1}{1 + \alpha t''}$$

D'ordinaire, on prend le gramme comme unité de poids pour les gaz, et le litre comme unité de volume. Cela n'a pas d'inconvénient tant que, dans le même problème, on ne compare pas le poids du gaz avec celui d'un solide ou d'un liquide. Pour ces derniers, en effet, les unités correspondantes de poids et de volume sont le litre et le kilogramme. Si l'on voulait comparer le poids des gaz à celui des autres corps, il faudrait prendre les mêmes unités et la formule deviendrait :

$$p = V \times 0.001293 \times d \times \frac{H}{760} \times \frac{1}{1 + \alpha t'}$$

dans laquelle p et V représenteraient simultanément soit des kilogrammes et des litres, soit des grammes et des centimètres cubes.

Mélange des gaz

Si l'on met plusieurs liquides dans un même vase, nous savons qu'ils ne se mélangent pas d'ordinaire, à moins qu'ils ne se dissolvent ou n'exercent des actions chimiques les uns sur les autres, en général ils se séparent et se superposent par ordre de densités. Il en est tout autrement des gaz; deux gaz se mélangent *toujours complètement*, même si on les a superposés d'abord par ordre de densités; ils se pénètrent réciproquement, se diffusent l'un dans l'autre, de manière que, lorsque l'équilibre est établi, une fraction quelconque du volume total contient les deux gaz dans une proportion constante.

Quand on mélange plusieurs gaz, chacun se répand dans tout l'espace qui lui est offert, et la force élastique

du mélange est égale à la somme des forces élastiques qu'aurait chaque gaz s'il remplissait seul l'espace total.

Supposons que l'on mélange un volume v d'un premier gaz sous la pression h , à des volumes v' , v'' , etc..., d'autres gaz aux pressions h' , h'' , etc... Soient V le volume final et H la force élastique du mélange. Le premier gaz, sous la forme V , aurait une force élastique x , que l'on calcule d'après la loi de Mariotte :

$$V x = v h \quad \text{ou} \quad x = h \frac{v}{V}$$

Le second gaz, sous le même volume V , aurait de même une force élastique.

$$y = h' \frac{v'}{V}$$

et ainsi de suite.

En écrivant maintenant que la force élastique totale H est égale à la somme des forces élastiques de chaque gaz dans le même volume V , il devient :

$$H = h \frac{v}{V} + h' \frac{v'}{V} + h'' \frac{v''}{V}$$

ou :

$$V H = h v + h' v' + h'' v'' + \dots$$

La loi du mélange des gaz peut donc encore être formulée de la manière suivante; le produit du volume du mélange, par sa force élastique totale, est égal à la somme des produits partiels obtenus en multipliant le volume de chaque gaz par sa force élastique propre avant le mélange.

Des formules précédentes, on déduit deux cas particuliers importants :

1° Si l'on suppose

$$V = v = v' = v'' = \dots$$

il vient

$$H = h + h' + h'' + \dots$$

c'est-à-dire que, si l'on mélange des volumes égaux de différents gaz et qu'on ramène le mélange au volume

occupé primitivement par un seul des gaz, la force élastique totale est égale à la somme des forces élastiques de chaque gaz avant le mélange :

2° Si l'on suppose :

$$H = h = h' = h'' = \dots$$

il vient

$$V = v + v' + v'' + \dots$$

Donc, si tous les gaz mélangés avaient primitivement la même force élastique et que le mélange ait encore cette même force élastique, son volume est égal à la somme des volumes qu'occupait primitivement chaque gaz.

Solubilité des gaz

Si l'on met en présence un gaz et un liquide qui n'exercent pas d'action chimique l'un sur l'autre, on constate en général un phénomène de dissolution : une partie des gaz se dissout dans le liquide et peut en être chassée ensuite soit par l'ébullition, soit en faisant le vide au-dessus du liquide.

C'est ainsi que l'eau contient toujours en dissolution de l'air, que l'on voit s'échapper en bulles dès qu'on chauffe l'eau.

La quantité de gaz dissoute varie avec la nature du liquide et du gaz, avec la température et aussi avec la force élastique du gaz qui reste libre au-dessus du liquide.

L'action de la température est différente pour chaque gaz. Il en est tout autrement de la pression, et les lois de la dissolution, relatives à l'influence de la pression, peuvent être ramenées aux deux lois suivantes :

1° *Loi de Henri*. — Quand un gaz et un liquide sont en présence et que l'équilibre est établi, il y a un rapport constant entre le volume du liquide et le volume du gaz dissous, ce dernier étant supposé mesuré à la pression que le gaz resté libre exerce à la surface du liquide.

Ce rapport variable avec la nature du gaz ou du liquide

et la température, mais indépendant de la pression, s'appelle *coefficient de solubilité*. Ainsi par exemple, le coefficient de solubilité de l'azote dans l'eau est $1/50$; cela veut dire que : si nous supposons un litre d'eau en présence d'une atmosphère illimitée d'azote dont la pression soit H , à la fin de l'expérience l'azote dissous mesuré seul sous cette même pression H occuperait un volume de $1/50$ de litre; dans les mêmes conditions l'acide carbonique dissout, puis dégagé occuperait 1 litre 8.

Voici les coefficients de solubilité, à la température de 0° , des principaux gaz :

Hydrogène	0,0193
Azote	0,0203
Oxygène	0,0411
Acide carbonique.....	1 797
Acide sulfureux	79,8
Ammoniaque	1050,0

2^o *Loi de Dalton*. — Quand un liquide est en présence d'un mélange de plusieurs gaz, chacun d'eux se dissout comme s'il était seul, avec la pression propre qu'il possède dans le mélange.

Supposons, par exemple, qu'on mette un volume u d'eau en présence de l'air atmosphérique, qui est composé en volume, sur 100 parties, de 21 d'oxygène et de 79 d'azote — cela revient à dire que si H est la pression atmosphérique, la pression propre de l'oxygène est de $0,21 H$ et celle de l'azote $0,79 H$. Après la dissolution, la pression atmosphérique n'aura évidemment pas changé, les pressions des deux gaz seront les mêmes.

Le coefficient de solubilité de l'azote étant 0,0203 et celui de l'oxygène 0,0411, le volume u d'eau contiendra,

0,0203 u d'azote à la pression $0,79 H$

et

0,0411 u d'oxygène à la pression $0,21 H$.

Désignons par x et y les volumes de ces deux gaz à la pression H , la loi de Mariotte nous donnera :

$$x H = 0,0203 \times 0,79 \times u H$$

$$y H = 0,0411 \times 0,21 \times u H$$

d'où l'on tire :

$$\frac{x}{y} = \frac{0,0203 \times 0,79}{0,0411 \times 0,21} = \frac{6037}{863}$$

et par suite

$$\frac{x}{x + y} = \frac{6037}{24668} = 0,65$$

Si l'on fait dégager les gaz dissous, on n'y trouvera donc que 0,65 d'azote et par suite 0,35 d'oxygène : les gaz de l'eau sont donc relativement beaucoup plus riches en oxygène que l'air atmosphérique ; sur 100 parties ils en contiennent 35, tandis qu'il n'en existe que 21 dans l'air.

Si l'atmosphère gazeuse en présence du liquide était limitée, sa pression diminuerait pendant la dissolution ; et il faudrait, dans le calcul, tenir compte de cette diminution.

Si l'on veut augmenter la quantité de gaz dissoute dans un liquide, il suffit d'augmenter la pression que ce gaz exerce sur le liquide.

ÉTUDE DE LA VAPEUR D'EAU

Force élastique de la vapeur d'eau

Si on expose à l'air un liquide comme l'eau ou l'alcool, on voit son volume diminuer peu à peu ; une partie du liquide a pris l'état gazeux et s'est répandu dans l'atmosphère.

On peut arriver plus vite au même résultat en chauffant le liquide ; bientôt de grosses bulles gazeuses se forment dans toute sa masse, et viennent crever à la surface ; le liquide bout et son volume diminue rapidement.

Cette transformation ou changement d'état se désigne sous le nom de *vaporisation* et l'on donne le nom de *vapeur* à l'état gazeux des corps qui se présentent dans les conditions ordinaires sous la forme liquide ou solide.

L'eau liquide placée dans un espace vide se transforme aussi instantanément en un corps analogue aux gaz, qui possède comme eux une force élastique ou tension.

Il y a toutefois entre les vapeurs et les gaz une différence capitale. La force élastique de la vapeur ne peut pas dépasser une certaine limite, et, dès que cette limite est atteinte, la vaporisation cesse de se produire. Il y a une *force élastique maximum* ou *tension maximum* de la vapeur.

Cette force élastique maximum dépend de la nature du liquide et augmente avec la température.

Les mêmes lois subsistent quand le liquide est placé, non dans le vide, mais dans un gaz, l'air par exemple. Le liquide se vaporise moins rapidement, mais la vapeur finit par atteindre précisément la force élastique maximum qu'elle aurait dans le vide à la même température, si la quantité de liquide est suffisante.

Dans un espace clos et de volume invariable, contenant de l'air et un liquide qui se vaporise, la pression augmente ainsi peu à peu de la force élastique maximum de la vapeur.

Quand une vapeur, en présence d'un excès de liquide, se trouve dans un espace dont les parois sont inégalement chaudes, la tension est partout la même et égale à la tension maximum qui correspond à la température du point le plus froid. Cette propriété a été découverte par Watt, et est connue sous le nom de *principe de la paroi*

froide — elle rend compte de ce fait, qu'en hiver, dans une pièce chauffée, l'humidité de l'air va *se condenser* sur les vitres, refroidies par l'extérieur. En effet, la tension maximum de la vapeur ne peut pas dépasser dans toute la pièce celle qui correspond à la température du point le plus froid, les vitres; et toute la quantité de vapeur en excès se condense sur ce point.

Nous donnons ci-après d'après Regnault qui a été parmi les savants, celui dont les recherches sur ce point sont les plus étendues et les plus précises, une table des tensions maxima de la vapeur d'eau et de l'air aux différentes températures entre 0 et + 100° ainsi qu'une table des Poids, volumes et densités de l'air.

Évaporation

Un liquide peut se vaporiser, comme nous l'avons vu plus haut, de deux manières bien distinctes, par évaporation ou par ébullition.

L'évaporation est un phénomène qui se produit seulement à la surface libre du liquide. Ainsi, quand on expose à l'air un vase plein d'eau ou d'alcool, le volume de ces liquides diminue peu à peu, ils *s'évaporent*.

Au contraire, si l'on place sur le feu un vase plein d'eau, il arrive un moment où l'on voit de grosses bulles se former sur toutes les parois du vase; ces bulles grossissent, se séparent des parois, s'élèvent et viennent crever à la surface en faisant bouillonner le liquide; c'est le phénomène brusque et qui se produit dans toute la masse du liquide, que l'on désigne sous le nom d'*ébullition*.

Pour que l'évaporation d'un liquide puisse se produire, il faut que la force élastique de sa vapeur, qui existe déjà dans l'atmosphère, soit inférieure à la force élastique maximum qu'elle peut acquérir; sans cela l'espace serait *saturé*, et nous savons que toute vaporisation serait

TABLEAU VIII
TEMPÉRATURES

**Poids d'air sec et poids de vapeur d'eau contenus dans
1 m³ d'air saturé.**

Poids d'un m³ d'air saturé.

**Tension maximum de la vapeur d'eau et de l'air sec aux
températures correspondantes.**

Températures Degrés-Centig.	Poids d'air sec contenu dans 1 m ³ d'air saturé	Poids de vapeur d'eau contenu dans 1 m ³ d'air saturé	Poids d'un m ³ d'air saturé	Tension maximum de la vapeur d'eau en m ^m de mercure	Tension de l'air seul	Températures Degrés-Centig.	Poids d'air sec contenu dans 1 m ³ d'air saturé	Poids de vapeur d'eau contenu dans 1 m ³ d'air saturé	Poids d'un m ³ d'air saturé	Tension maximum de la vapeur d'eau en m ^m de mercure	Tension de l'air seul
	Kg	Kg	Kg	m ^m	m ^m		Kg	Kg	Kg	m ^m	m ^m
0	1.2854	0.0048	1.2903	4.603	755.4	33	1.0967	0.0353	1.1320	37.411	722.589
1	1.2801	0.0052	1.2853	4.940	755.06	34	1.0899	0.0372	1.1271	39.565	720.435
2	1.2748	0.0056	1.2804	5.302	754.698	35	1.0829	0.0393	1.1222	41.827	718.173
3	1.2695	0.0060	1.2755	5.687	754.313	36	1.0758	0.0413	1.1171	44.201	715.799
4	1.2651	0.0064	1.2718	6.097	753.903	37	1.0686	0.0435	1.1121	46.691	713.309
5	1.2589	0.0068	1.2657	6.534	753.466	38	1.0613	0.0458	1.1071	49.302	710.698
6	1.2537	0.0072	1.2609	6.998	753.002	39	1.0538	0.0482	1.1020	52.039	707.961
7	1.2486	0.0077	1.2563	7.492	752.508	40	1.0462	0.0507	1.0969	54.906	705.094
8	1.2431	0.0082	1.2513	8.017	751.983	41	1.0384	0.0533	1.0917	57.910	702.090
9	1.2377	0.0088	1.2465	8.574	751.426	42	1.0305	0.0560	1.0865	61.055	698.945
10	1.2324	0.0094	1.2418	9.165	750.835	43	1.0224	0.0588	1.0812	64.346	695.654
11	1.2270	0.0100	1.2370	9.692	750.308	44	1.0141	0.0618	1.0759	67.790	692.210
12	1.2216	0.0106	1.2322	10.457	749.543	45	1.0056	0.0648	1.0704	71.391	688.609
13	1.2162	0.0113	1.2275	11.160	748.840	46	0.9970	0.0681	1.0651	75.158	684.842
14	1.2107	0.0120	1.2227	11.908	748.092	47	0.9882	0.0714	1.0596	79.093	680.907
15	1.2052	0.0127	1.2179	12.699	747.301	48	0.9791	0.0749	1.0530	83.204	676.796
16	1.1997	0.0135	1.2132	13.536	746.464	49	0.9699	0.0785	1.0484	87.499	672.501
17	1.1911	0.0144	1.2055	14.421	745.579	50	0.9604	0.0823	1.0427	91.982	668.018
18	1.1885	0.0152	1.2037	15.357	744.643	51	0.9507	0.0862	1.0369	96.059	663.941
19	1.1829	0.0162	1.1991	16.346	743.654	52	0.9409	0.0902	1.0311	101.543	658.457
20	1.1772	0.0171	1.1943	17.391	742.609	53	0.9307	0.0945	1.0252	106.634	653.366
21	1.1725	0.0182	1.1907	18.493	741.509	54	0.9203	0.0989	1.0192	111.940	648.060
22	1.1656	0.0193	1.1849	19.659	740.341	55	0.9997	0.1034	1.0031	117.478	642.522
23	1.1598	0.0204	1.1802	20.888	739.112	60	0.8524	0.1291	0.9815	148.791	611.209
24	1.1538	0.0216	1.1754	22.184	737.816	65	0.7873	0.1597	0.9470	186.945	573.055
25	1.1478	0.0228	1.1706	23.550	736.450	70	0.7133	0.1963	0.9096	233.093	526.907
26	1.1417	0.0241	1.1658	24.988	735.012	75	0.6291	0.2395	0.8686	288.517	471.483
27	1.1356	0.0255	1.1611	26.505	733.495	80	0.5332	0.2901	0.8233	354.643	405.357
28	1.1293	0.0270	1.1563	28.101	731.899	85	0.4241	0.3493	0.7734	433.041	326.959
29	1.1230	0.0285	1.1515	29.782	730.218	90	0.3000	0.4180	0.7180	525.450	234.550
30	1.1166	0.0301	1.1467	31.548	728.452	95	0.1592	0.4974	0.6566	633.780	126.220
31	1.1101	0.0317	1.1418	33.406	726.594	100	0	0.5884	0.5884	760.000	0
32	1.1034	0.0335	1.1369	35.359	724.641						



TABLEAU IX

Poids, Volumes et Densités de l'air à différentes températures

Température	1 m ³ d'air sec			Température	1 m ³ d'air sec		
	pèse sous press. atmos. normale (760 $\frac{m}{m}$ de mercure)	à 0° donne m ³ à 1° (1 + α)	à 1° donne m ³ à 0° ($\frac{1}{1 + \alpha}$)		pèse sous press. atmos. normale (760 $\frac{m}{m}$ de mercure)	à 0° donne m ³ à 1° (1 + α)	à 1° donne m ³ à 0° ($\frac{1}{1 + \alpha}$)
	Kg	m ³	m ³		Kg	m ³	m ³
-20	1.396	0.927	1.079	41	1.124	1.150	0.869
-19	1.390	0.930	1.075	42	1.121	1.154	0.867
-18	1.385	0.934	1.071	43	1.117	1.158	0.864
-17	1.379	0.938	1.066	44	1.114	1.161	0.861
-16	1.374	0.941	1.062	45	1.110	1.165	0.858
-15	1.368	0.945	1.058	46	1.107	1.169	0.856
-14	1.363	0.949	1.054	47	1.103	1.172	0.853
-13	1.358	0.952	1.050	48	1.100	1.176	0.850
-12	1.353	0.956	1.046	49	1.096	1.180	0.848
-11	1.348	0.959	1.042	50	1.093	1.183	0.845
-10	1.342	0.963	1.038	51	1.090	1.187	0.843
-9	1.337	0.967	1.034	52	1.086	1.191	0.840
-8	1.332	0.971	1.030	53	1.083	1.194	0.837
-7	1.327	0.974	1.026	54	1.080	1.198	0.835
-6	1.322	0.978	1.023	55	1.076	1.202	0.832
-5	1.317	0.982	1.019	56	1.073	1.205	0.830
-4	1.312	0.985	1.015	57	1.070	1.209	0.827
-3	1.308	0.989	1.011	58	1.067	1.213	0.825
-2	1.303	0.993	1.007	59	1.063	1.216	0.822
-1	1.298	0.996	1.004	60	1.060	1.220	0.820
0	1.293	1.000	1.000	61	1.057	1.224	0.817
+1	1.288	1.004	0.996	62	1.054	1.227	0.815
+2	1.284	1.007	0.993	63	1.051	1.231	0.812
+3	1.279	1.011	0.989	64	1.048	1.235	0.810
+4	1.275	1.015	0.986	65	1.044	1.238	0.808
+5	1.270	1.018	0.982	66	1.041	1.242	0.805
+6	1.265	1.022	0.979	67	1.038	1.246	0.803
+7	1.261	1.026	0.975	68	1.035	1.249	0.801
+8	1.256	1.029	0.972	69	1.032	1.253	0.798
+9	1.252	1.033	0.968	70	1.029	1.257	0.796
+10	1.248	1.037	0.965	71	1.026	1.260	0.794
+11	1.243	1.040	0.961	72	1.023	1.264	0.791
+12	1.239	1.044	0.958	73	1.020	1.268	0.789
+13	1.235	1.048	0.955	74	1.017	1.271	0.787
+14	1.230	1.051	0.951	75	1.014	1.275	0.784
+15	1.226	1.055	0.948	76	1.011	1.279	0.782
+16	1.222	1.059	0.945	77	1.009	1.282	0.780
+17	1.217	1.062	0.941	78	1.006	1.286	0.778
+18	1.213	1.066	0.938	79	1.003	1.290	0.776
+19	1.209	1.070	0.935	80	1.000	1.293	0.773
+20	1.205	1.073	0.932	81	0.997	1.297	0.771
+21	1.201	1.077	0.929	82	0.994	1.301	0.769
+22	1.197	1.081	0.925	83	0.992	1.304	0.767
+23	1.193	1.084	0.922	84	0.989	1.308	0.765
+24	1.189	1.088	0.919	85	0.986	1.312	0.763
+25	1.185	1.092	0.916	86	0.983	1.315	0.760
+26	1.181	1.095	0.913	87	0.981	1.319	0.758
+27	1.177	1.099	0.910	88	0.978	1.323	0.756
+28	1.173	1.103	0.907	89	0.975	1.326	0.754
+29	1.169	1.106	0.904	90	0.973	1.330	0.752
+30	1.165	1.110	0.901	91	0.970	1.334	0.750
+31	1.161	1.114	0.898	92	0.967	1.337	
+32	1.157	1.117	0.895	93	0.965	1.341	
+33	1.154	1.121	0.892	94	0.962	1.345	
+34	1.150	1.125	0.889	95	0.959	1.348	
+35	1.146	1.128	0.886	96	0.957	1.352	
+36	1.142	1.132	0.884	97	0.954	1.356	
+37	1.139	1.136	0.881	98	0.951	1.359	
+38	1.135	1.139	0.878	99	0.949	1.363	
+39	1.132	1.143	0.875	100	0.947	1.367	
+40	1.128	1.147	0.872				

impossible. Si l'espace est indéfini et la quantité du liquide limitée, la saturation ne pourra jamais être atteinte, et l'évaporation se poursuivra jusqu'à la disparition complète du liquide.

La quantité de liquide évaporée pendant un certain temps, est évidemment, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la surface libre du liquide.

La vitesse de l'évaporation augmente à mesure que l'on élève la température; car la tension maximum de la vapeur va alors en croissant, c'est-à-dire que le liquide peut émettre des vapeurs en quantités de plus en plus grandes.

La vitesse de l'évaporation dépend de la quantité de vapeur qui existe déjà dans l'atmosphère placée au-dessus du liquide. Si l'atmosphère est près d'être saturée, l'évaporation est très lente et presque nulle; elle devient au contraire très rapide quand l'atmosphère est sèche.

TABLEAU X

ÉVAPORATION DE L'EAU A L'AIR CALME, A DIVERSES TEMPÉRATURES,
PAR MÈTRE CARRÉ DE LA SURFACE DE L'EAU ET PAR HEURE

TEMPÉRATURE	POIDS d'eau évaporé	TEMPÉRATURE	POIDS d'eau évaporé
20° C	0 kg. 32	60° C	2 kg. 70
30	0 kg. 50	70°	4 kg. 32
40	1 kg. 00	80°	6 kg. 64
50	1 kg. 70	90°	10 kg. 00

L'agitation de l'air favorise également l'évaporation; car si l'air était calme, il se formerait au-dessus du liquide une couche presque saturée, et l'évaporation s'arrêterait. L'agitation de l'air enlève cette couche à mesure qu'elle tend à se produire et amène incessamment à la surface du liquide de l'air qui ne contient pas encore de vapeurs.

On sait en effet qu'un linge mouillé par exemple sèche d'autant plus vite que l'air est sec et plus agité et que l'on élève davantage la température.

HYGROMÉTRIE

État hygrométrique

L'air renferme toujours une certaine quantité de vapeur d'eau. *L'hygrométrie* est l'ensemble des procédés employés pour mesurer la quantité de vapeur d'eau contenue à un moment donné dans l'atmosphère. La quantité d'eau que l'air peut absorber varie suivant la température; c'est ainsi qu'à 0° C. l'air peut contenir environ 5 grammes d'eau par mètre cube, tandis qu'à la température moyenne de 15° il peut en contenir environ 13 grammes; la quantité d'eau que l'air peut absorber croît très rapidement avec la température. Au delà de cette limite d'absorption, la vapeur se condense et forme un brouillard ou amas de gouttelettes d'eau flottant dans l'atmosphère; si la condensation augmente, les gouttelettes en se groupant forment de larges gouttes qui tombent sous forme de pluie.

On appelle *humidité absolue* le poids de vapeur d'eau que contient un mètre cube d'air. Le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue actuellement dans l'air à la quantité maximum qui pourrait y exister s'il était entièrement saturé à la même température se nomme *humidité relative* ou *état hygrométrique* ou encore *fraction de saturation de l'air*. La température à laquelle la vapeur commence à se déposer s'appelle *point de rosée* ou *point de saturation*. La quantité d'eau que l'air peut absorber se nomme *degré maximum d'humidité* ou *degré de saturation*.

On dit que l'air est humide ou sec suivant que le degré d'humidité relative se rapproche ou s'éloigne du degré de saturation; or, comme ce degré de saturation varie énormément suivant les diverses températures, il s'en-

suit que l'humidité absolue et conséquemment l'humidité relative, varient également suivant la température. L'air, lorsqu'il est froid, peut être humide tout en ne contenant que peu de vapeur d'eau, et très sec, au contraire, avec une plus grande quantité de vapeur, lorsqu'il est chaud. Ainsi, l'air contient généralement plus de vapeur d'eau l'été que l'hiver, et cependant il est moins humide parce que, la température étant plus élevée, l'air est plus loin de son point de saturation.

Soient d la densité de la vapeur d'eau par rapport à l'air (1), t la température, et f la force élastique de la vapeur, force élastique qui est au plus égale à la force élastique maximum pour la température t ; le poids p (en grammes) de la vapeur d'eau contenue dans le volume V (en litres) d'air sera donné par la formule

$$p = 1 \text{ gr. } 293. V. d \frac{f}{760} \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (1)$$

D'autre part, si l'air était saturé, la vapeur aurait la force élastique maximum F qui correspond à la température t , et le même volume V d'air contiendrait un poids de vapeur

$$P = 1 \text{ gr. } 293. V. d \frac{F}{760} \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (2)$$

L'état hygrométrique de l'air, ou humidité relative, est, d'après notre définition, le rapport de p à P ; on a donc :

$$e = \frac{p}{P} \text{ ou } e = \frac{f}{F} \quad (3)$$

en remplaçant p et P par les valeurs que nous venons d'indiquer. L'état hygrométrique peut donc encore être défini comme le *rapport de la force élastique* de la vapeur d'eau contenue actuellement dans l'air à *la force élastique maximum* qu'elle peut acquérir à la même température.

(1) La densité de la vapeur d'eau par rapport à l'air est 0,622.

L'état hygrométrique s'exprime ordinairement en centièmes :

Pour indiquer que l'air est à moitié saturé, par exemple, on dit que son état hygrométrique est 50; un état hygrométrique égal à 100 représente de l'air complètement saturé; le nombre 65 indiquerait que l'air contient seulement les 65 centièmes de la quantité de vapeur nécessaire pour le saturer, etc....

On suppose toujours que l'on connaît la température t de l'air; la table des tensions de la vapeur d'eau donnée par Regnault (voir le tableau page 54), fait donc connaître la tension maximum F que pourrait acquérir la vapeur; on a de plus les relations :

$$p = 1 \text{ gr. } 293 \text{ V. } d \frac{f}{760} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

et

$$e = 100 \frac{f}{F} \text{ ou } f = \frac{Fe}{100}$$

puisque e est exprimé en centièmes.

Il suffit donc, en plus de la température, de déterminer une des trois quantités p , f , ou e , pour que les deux autres puissent être calculées au moyen de ces équations.

De là trois méthodes en hygrométrie, selon que l'on se propose de mesurer directement p , f , ou e , le poids de vapeur d'eau contenue dans l'air, la force élastique de cette vapeur ou l'état hygrométrique.

Nous décrivons plus loin plusieurs appareils qui permettent de déterminer très facilement l'état hygrométrique.

Humidité et Hygiène

On croit généralement que l'humidité est toujours nuisible à la santé. Sans doute l'air humide fait beaucoup de victimes à cause de l'action qu'il exerce sur les bronches et sur la peau. L'évaporation cutanée s'effectue difficilement au sein d'un air chargé de vapeur d'eau,

et par suite des refroidissements brusques l'organisme est exposé à des pneumonies, pleurésies, etc....

Mais si l'atmosphère humidifiée à l'excès peut être déclarée malsaine, il en est autrement d'une atmosphère humidifiée modérément, c'est-à-dire dans les conditions requises pour le travail parfait des textiles, une telle atmosphère est toujours plus saine qu'une atmosphère sèche dans laquelle le travail des textiles dégage abondamment de poussières, duvets, etc... qui vicient l'air.

C'est l'humidité absolue, lorsqu'elle est exagérée, et non l'humidité relative qui est nuisible à la santé; c'est ainsi qu'à Davos-Platz (Suisse), siège d'un sanatorium universellement réputé pour le traitement des maladies de poitrine, la moyenne de l'humidité relative (juillet-août) est de 76 % tandis que la moyenne de l'humidité absolue est de 8,05 grammes par mètre cube d'air.

APPAREILS DE MESURE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE

Nécessité de mesures exactes

Mesurer exactement l'état hygrométrique de l'air n'est pas chose facile si l'on ne dispose pas d'un appareil très précis.

Nous avons souvent enregistré des différences très sensibles entre un type d'appareil et un autre; ces différences accusaient jusqu'à 10 et 15 % en plus ou en moins.

Il importe cependant de pouvoir déterminer exactement l'état hygrométrique de l'air des salles de l'industrie textile et il est à souhaiter que l'on adopte un jour un instrument permettant de faire des lectures suffisamment précises pour que la différence des états hygrométriques

relevés ne soit pas supérieure de 2 à 3 % entre l'un de ces instruments employé dans une usine et un autre semblable employé dans une autre usine.

Cela a d'autant plus d'importance qu'il est impossible de s'entendre sur *les états hygrométriques les plus favorables pour le travail des textiles* si l'on ne prend pas pour base un instrument type de mesure.

En effet, dans l'état actuel de la question, l'appréciation de l'état hygrométrique varie dans la mesure exacte des différences que l'on enregistre avec les divers appareils employés.

Cela a peu d'importance tant que l'on se borne, pour un cas spécial, à établir des comparaisons en partant d'un état hygrométrique donné qui a été trouvé trop faible et un autre trouvé suffisant, les 2 mesures ayant été prises avec le même instrument.

Mais lorsqu'il s'agit de généraliser, l'appréciation doit être appuyée sur une base invariable.

L'instrument que nous avons choisi pour servir de base à notre appréciation est le psychromètre construit avec toutes les précautions que nous allons indiquer dans la description des 3 types d'appareils les plus généralement utilisés.

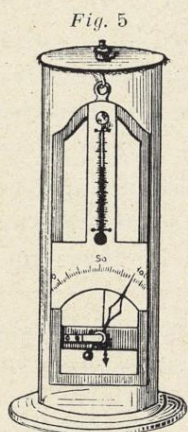
Hygromètre à cheveu de Saussure

Cet appareil (Fig. 5) utilise la propriété qu'ont les cheveux de s'allonger dans un air humide et de se raccourcir par la sécheresse.

Il est formé d'un cadre en haut duquel est une pince dans laquelle est fixée l'extrémité du cheveu. L'autre extrémité s'enroule sur la gorge d'une petite poulie très mobile. Cette poulie possède une deuxième gorge sur laquelle s'enroule, en sens inverse du cheveu, un fil de soie muni d'un poids qui maintient ainsi le cheveu constamment tendu. L'axe de la poulie porte une longue aiguille

légère et suspendue par son centre de gravité, de façon à être d'elle-même en équilibre dans toutes les positions.

Si le cheveu s'allonge, le poids fait tourner la poulie de manière que le cheveu s'enroule, et l'aiguille marche vers la droite. La poulie et l'aiguille tournent, au contraire, en sens inverse quand le cheveu se raccourcit et qu'il se déroule en partie de la poulie. Le cheveu doit être dégraissé en le lavant à l'éther.



Hygromètre
à cheveu de Saussure

L'extrémité de l'aiguille se déplace devant un cadran gradué.

Gay-Lussac a étudié cet instrument et a établi une table de correction que nous donnons ci-dessous.

Cette table permet de déterminer l'état hygrométrique par rapport à la graduation de l'hygromètre.

Il est nécessaire de contrôler de temps en temps cet appareil en déterminant son point 100.

TABEAU XI

**État hygrométrique de l'air pour degrés
de l'hygromètre Saussure**

DEGRÉS de l'hygromètre.	HUMIDITÉ relative.	DEGRÉS de l'hygromètre.	HUMIDITÉ relative.	DEGRÉS de l'hygromètre.	HUMIDITÉ relative.
0	0,000	35	0,177	70	0,472
5	0,022	40	0,208	75	0,538
10	0,046	45	0,241	80	0,612
15	0,070	50	0,274	85	0,696
20	0,094	55	0,318	90	0,791
25	0,120	60	0,363	95	0,891
30	0,148	65	0,414	100	1,000

Hygromètre à condensation

Avec cet appareil on mesure directement la tension f de la vapeur d'eau dans l'air. En prenant la température

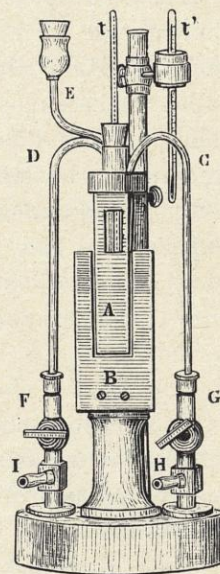
de l'air et cherchant dans les tables de Regnault la force élastique maximum correspondante, on a la force élastique maximum F que la vapeur pourrait acquérir dans l'air au même moment. Le quotient de f par F , exprimé en centièmes, représente l'état hygrométrique.

Pour déterminer f , on refroidit progressivement un point de l'air; il faut alors de moins en moins de vapeur d'eau pour le saturer et il arrive un moment où l'air suffisamment refroidi, est exactement saturé par la vapeur qu'il contient et dont la quantité n'a pas changé. Si l'on refroidit très légèrement l'air au-dessus de ce point, la saturation étant dépassée, une partie de la vapeur prend l'état liquide, et il se forme sur le corps froid un dépôt de rosée.

On note le point de rosée θ ou température à laquelle la rosée commence à se déposer, et comme l'air est exactement saturé à la température θ par la vapeur d'eau qu'il contient, la tension maximum f correspondant à cette température θ et dont les tables de Regnault fournissent la valeur, est précisément la tension de la vapeur d'eau qui existe dans l'air au moment de l'expérience.

Dans l'hygromètre à condensation de Alluard (Fig. 6), le dépôt de rosée se produit sur une lame de laiton doré qui a l'avantage d'être une surface plane. Cette surface plane est encadrée dans une autre lame de laiton doré qui ne la touche pas et conserve alors tout son éclat. On doit regarder les deux surfaces en même temps pour bien juger de la formation de la rosée.

Fig. 6



Hygromètre

à condensation d'Alluard

Cet appareil donne des indications très exactes, mais est plutôt un instrument de laboratoire.

Psychromètre.

Cet appareil (Fig. 7) se compose de 2 thermomètres à mercure semblables dont l'un a son réservoir entouré d'une mousseline que l'on mouille.

L'eau s'évapore plus ou moins suivant l'état hygrométrique de l'atmosphère, et il en résulte un refroidissement d'autant plus grand que l'évaporation est plus rapide et l'air plus sec. On conçoit donc qu'il y ait une relation entre l'humidité de l'air et la température t' que marque le thermomètre à boule mouillée, quand la température ambiante est t . Si f désigne la tension de la vapeur dans l'air, H la pression atmosphérique et f' la force élastique maximum qui correspond à la température t' , la relation qui lie t , t' , f et f' est exprimée par la formule.

$$f = f' - 0,00079 H (t - t').$$

Cette formule ne convient que si la température t' est supérieure à 0° ; quand le thermomètre mouillé est en dessous de zéro et recouvert de glace, on emploiera la formule :

$$f = f' - 0,00069 H (t - t').$$

Pour faire un calcul, on observe donc t , t' et H ; on cherche f' dans la table des tensions de la vapeur d'eau, et la formule permet de calculer f ; ce calcul est du reste simplifié par l'usage des tables que l'on trouve dans tous les ouvrages de météorologie.

Nous donnons (pages 238-239) une table de lecture au psychromètre pour des températures de $+ 10$ à $+ 35^{\circ}$ centigrades généralement suffisantes pour les besoins de l'industrie.

Cette table indique également la quantité de grammes d'eau que contient un mètre cube d'air à la température et à la fraction de saturation considérées.

Cet instrument est très commode puisqu'il suffit de lire les deux thermomètres pour en déduire l'état hygrométrique. Il y a lieu toutefois, pour faire des lectures exactes, de prendre quelques précautions :

La mousseline qui entoure le réservoir du thermomètre mouillé ne doit être ni trop épaisse, ni trop mince ; il faut qu'une seule couche suffise pour empêcher de voir au travers le réservoir du thermomètre.

La mousseline du thermomètre mouillé doit toujours être très propre ; il faut donc la renouveler de temps en temps.

La mousseline doit être mouillée d'une manière convenable. Si elle n'est pas assez mouillée, elle sèche en partie, le refroidissement est trop faible et la température t' trop haute. Si la mousseline est trop mouillée au contraire, l'eau qui arrive en excès à la température ambiante t , réchauffe le thermomètre et t' est encore trop grand.

Il peut également s'établir autour de la boule mouillée une zone d'air saturé par l'évaporation de l'eau du linge qui entoure la boule ; le refroidissement est encore diminué et la température t' est encore trop haute. C'est pourquoi avant de faire une lecture il sera bon d'agiter par un moyen quelconque l'air autour de la boule, de façon à activer l'évaporation.

Il faut aussi, toujours pour la même raison, éviter que ni le réservoir d'eau ni la boule mouillée n'influencent le thermomètre sec, car dans ce cas, t diminuerait et la lecture donnerait un état hygrométrique trop fort.

Le calcul de l'humidité au moyen des observations psychrométriques ne peut plus être fait dès que la différence de température des deux thermomètres dépasse notablement 15° ; la formule empirique sur laquelle sont construites les tables n'a pas, en effet, été contrôlée jusqu'à présent au delà de cette limite.

PSYCHROMÈTRE

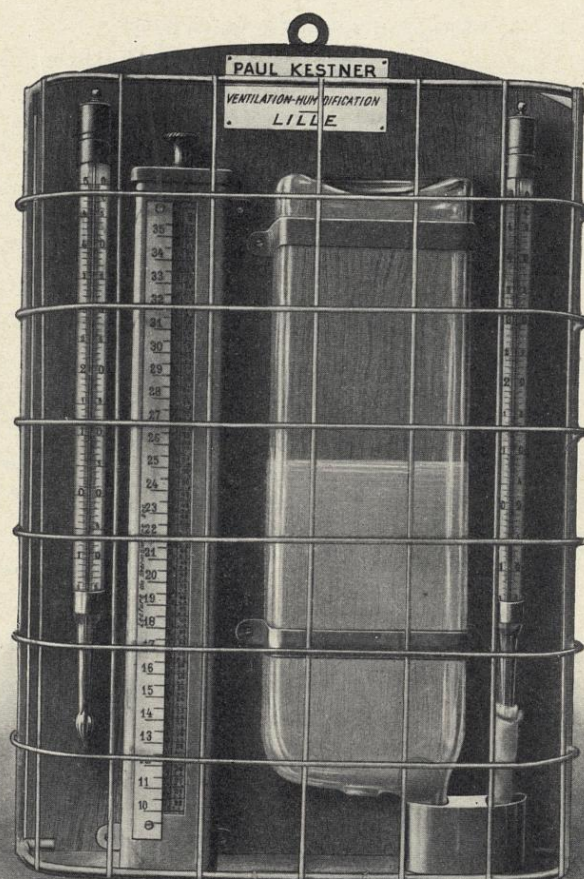


Fig. 7.

CHAPITRE IV

HUMIDIFICATION DES USINES

Nous n'étudierons ici que les principes sur lesquels reposent les divers systèmes d'humidification existants.

Après avoir rappelé dans les chapitres précédents les lois physiques qui servent de base aux calculs de ce genre d'installation, nous croyons devoir maintenant mentionner les différentes phases de l'évolution de la question.

A l'origine, nous sommes en face de constatations importantes de la part des industriels qui remarquent :

1^o Que tous les textiles sont hygroscopiques, c'est-à-dire que mis dans un air humide, ils absorbent une partie de la vapeur d'eau contenue dans cet air, et que replacés dans un air sec ils lui recèdent l'eau qu'ils avaient absorbée.

2^o Que les fibres placées chacune dans une atmosphère, telle que la température et l'état hygrométrique leur soient favorables, se travaillent plus facilement.

Ces fibres se ramollissent, deviennent souples et lisses, glissent plus facilement les unes sur les autres, se laminent mieux, se hérissent moins, en un mot se prêtent plus facilement aux diverses opérations du filage et du tissage.

Les contrées favorisées par une température moyenne, tempérée et par cela même par une humidité naturelle assez accentuée, peuvent filer des numéros plus fins, c'est-à-dire arriver à produire des filés qu'il est impossible d'obtenir dans les autres régions.

Bientôt on arrive à déterminer les causes qui produisent de tels effets.

La rugosité des fibres travaillées dans des milieux où la température est trop basse, la présence de l'électricité

qui fait hérisser ces fibres dans un air trop sec en sont les principales.

De là sont nés les premiers appareils d'humidification.

Pendant de longues années la question reste confinée dans le domaine de l'humidification de l'air des salles.

Plusieurs catégories d'appareils sont proposés, puis appliqués; nous citerons les surfaces humides employant l'évaporation naturelle, bacs, bassins ou rigoles dans lesquels circule de l'eau froide ou chaude, les cascades ou toiles sans fin mouillées alimentées également par de l'eau à différentes températures et placées dans des courants d'air. Puis les appareils à évaporation artificielle, humecteurs divers.

Viennent ensuite les premiers essais d'humidification et de ventilation; plusieurs Sociétés Industrielles, entre autres celles de Mulhouse et de Rouen, s'occupent activement de la question et entreprennent des essais dans différentes usines qui ont installé des appareils divers.

Les premiers résultats encourageants sont obtenus vers 1899-1900.

Mais c'est surtout depuis les nouvelles lois françaises réglementant l'hygiène des ateliers, et plus particulièrement depuis le décret du mois de novembre 1904 ainsi conçu : « L'aération sera suffisante pour empêcher une élévation exagérée de la température », que la question est entrée définitivement dans une phase nouvelle.

Le problème de l'humidification a été converti en un problème plus complexe : celui du Rafraîchissement.

**Principes généraux
sur lesquels sont basées les installations
de Ventilation-Humidification-Rafraîchissement**

Comme nous venons de le dire, on se bornait il y a quelques années à entretenir dans les salles de filature et de tissage un % d'humidité relative; le problème

du rafraîchissement n'était pas posé. On évitait au contraire d'employer la ventilation mécanique qui seule, combinée à l'humidification, permet d'obtenir le rafraîchissement.

On craignait les courants d'air, ceux-ci sont en effet nuisibles et il faut les éviter; mais à ce moment on *confondait* courant d'air avec renouvellement d'air.

Dans la filature de laine surtout, qui est plus sensible qu'aucune autre aux changements atmosphériques, on prenait des dispositions spéciales pour éviter tout contact avec l'air extérieur.

Presque toutes les filatures de laine sont construites de telle façon que ce contact est soigneusement évité.

Les salles de filature sont généralement disposées dans le milieu du corps du bâtiment et elles sont entourées des salles de préparation, magasin, couloir aux câbles, etc...

Toutes les toitures qui sont à double vitrage ne possèdent aucune évacuation d'air. Dans les bâtiments à étages, des précautions aussi minutieuses sont prises.

Il était cependant facile d'éviter les graves inconvénients des courants d'air sec; il suffisait pour cela d'*introduire* de l'air humide dans les salles au lieu d'*évacuer* l'air chaud au dehors, de mettre la salle en *pression* au lieu de la mettre en *dépression*.

Les installations nouvelles basées sur ces nouveaux principes ont fort heureusement solutionné ce délicat problème.

Le rafraîchissement entraîne naturellement la ventilation et la nécessité d'une évaporation d'eau par l'air.

On ne peut pas séparer quand on parle de rafraîchissement la ventilation de l'humidification.

Ces deux éléments peuvent varier en puissance, mais doivent toujours être liés; si l'un d'eux disparaît, le rafraîchissement devient pour ainsi dire nul.

Classement des appareils suivant leur principe

On peut employer des moyens divers pour produire la ventilation et l'évaporation de l'eau nécessaires au rafraîchissement et à l'humidification.

Certains systèmes sont basés sur l'incorporation de l'eau à l'air par un contact prolongé du liquide et du gaz ou par un brassage, ou mélange intime. L'air est ensuite distribué dans les salles par des canalisations appropriées.

Ce sont les appareils *saturateurs* et *atomiseurs* ou *sursaturateurs*.

D'autres au contraire produisent l'humidification et la ventilation par des appareils différents, ils entrent dans la catégorie des *vaporisateurs*.

On peut donc classer les appareils connus, dans trois familles bien distinctes.

1^{re} Famille. — Les SATURATEURS dont le principe est d'humidifier et de rafraîchir en employant de l'air préalablement préparé dans des chambres ou appareils, cet air n'emportant avec lui que la quantité d'eau correspondant à son point de saturation.

2^e Famille. — Les ATOMISEURS ou SURSATURATEURS, qui combinent deux opérations en une seule, c'est à-dire que la préparation se fait en deux temps.

Dans le premier temps une première préparation a lieu, elle est analogue à celle de la famille des *saturateurs*, l'air évapore une quantité d'eau correspondant à son point de saturation.

Dans le deuxième temps le parachèvement de la préparation a lieu dans la salle, car l'air entraîne avec lui sous forme de brouillard des atomes d'eau qui sont prêts pour une seconde évaporation.

3^e Famille. — Les VAPORISATEURS. La préparation de l'air n'est plus faite dans des chambres ou appareils, mais dans la salle.

La ventilation accompagne et permet l'évaporation de l'eau.

Le travail est produit par des appareils distincts.

Chacune de ces familles possède de nombreuses variétés d'appareils que nous ne nous chargeons pas de décrire ici, cela pouvant suffire à une vaste étude.

Détermination du renouvellement d'air nécessaire et de la quantité d'eau qu'il faut évaporer pour obtenir un état hygrométrique et un rafraîchissement donnés.

Nous allons donner les différents modes de calculs permettant de déterminer la puissance des appareils pour chacune des *familles* que nous venons de définir.

Quel que soit le principe auquel l'appareil est rattaché, pour pouvoir déterminer sa puissance il faut en premier lieu fixer les trois facteurs suivants :

1^o L'état hygrométrique maximum que le travail du textile travaillé peut supporter.

2^o La température que l'on ne doit pas dépasser à l'intérieur de la salle.

3^o Par quels température et état hygrométrique extérieurs les résultats doivent être obtenus.

Le nombre de renouvellements d'air ainsi que la quantité d'eau qu'il faut évaporer dépendent de ces trois facteurs.

Pour les états hygrométriques maxima nous renvoyons à la troisième partie de cet ouvrage dans lequel nous avons traité chacun des textiles séparément.

Pour ce qui concerne la température qu'il ne faut pas dépasser à l'intérieur des salles de l'industrie textile, il semble que l'on doive admettre comme température convenable celle qui existe à l'extérieur à l'ombre, au Nord et à deux heures de l'après-midi, quand cette tem-

pérature extérieure atteint au moins 28° et accuse un état hygrométrique de 45 à 50 %.

De cette façon, les ouvriers de l'industrie textile sont placés dans les mêmes conditions que les ouvriers qui travaillent à l'extérieur à l'ombre et qui sont incontestablement les plus favorisés à ce point de vue.

Le mode de calcul pour les 2 premières familles (*Saturateurs* et *Atomiseurs*) est à peu près le même. — Nous nous bornerons à déterminer les diverses données du problème pour les *Atomiseurs* ou *Sursaturateurs*. — Il suffira, quand il s'agira des *saturateurs*, de ne pas faire entrer en ligne de compte les termes se rapportant à la quantité d'atomes d'eau envoyés mécaniquement dans la salle sous forme de brouillard.

Calculs des installations comportant des appareils atomiseurs

Soit :

T La température que l'on ne veut pas dépasser à l'intérieur d'un atelier.

E L'état hygrométrique maximum que l'on peut entretenir.

t La température de l'air extérieur à l'ombre.

e L'état hygrométrique de l'air extérieur.

V Le nombre de renouvellements par heure de l'air de la salle.

v Le volume de l'atelier en mètres cubes.

N La force dépensée par les machines en marche, en chevaux-vapeur.

n Le nombre d'ouvriers.

Q Le poids en kilogrammes de l'eau que l'on pulvérise sous une pression de *k* atmosphères.

q Le poids de l'eau qui s'évapore.

θ La température de l'eau au moment où elle sort du pulvérisateur.

$\theta + x$ La température que cette eau prend au contact de l'air.

ω Le poids en grammes, par mètre cube d'air introduit, des atomes d'eau prêts à l'évaporation.

Le cube total d'air extérieur introduit en une heure dans la salle fournit, en passant dans les appareils, au poids q d'eau à θ degrés, la chaleur qu'il faut à cette eau pour se vaporiser à $(\theta + x)$ degrés — soit, en calories :

$$q [606,5 - 0,695 (\theta + x)]$$

Cet air fournit également à Q kilogrammes d'eau à θ degrés, la chaleur qui lui est nécessaire pour prendre la température de $\theta + x$, c'est-à-dire :

$$Q x$$

Si l'on tient compte de la chaleur produite par la destruction de force vive de l'eau comprimée à k atmosphères, qui est égale à

$$\left[\frac{Q k \times 10,33}{425} \right] \text{ calories}$$

on peut poser une première équation :

$$(1) \quad Q x + q [606,5 - 0,695 (\theta + x)] = \frac{V v \times 1,293}{1 + \alpha (\theta + x)} \times 0,24 (t - \theta - x) + \frac{Q k \times 10,33}{425}$$

Le poids q d'eau évaporée est la différence entre la quantité de vapeur d'eau que contenait l'air aspiré à la température t et à l'état hygrométrique

$$e = \frac{f_t}{F_t}$$

et la quantité d'eau contenue dans l'air refoulé saturé à la température $\theta + x$ — soit :

$$(2) \quad q = \frac{V v \times 1,293 \times 0,622}{760} \left[\frac{F \theta + x}{1 + \alpha (\theta + x)} - \frac{e F_t}{1 + \alpha t} \right]$$

Le poids P d'eau correspondant au point de saturation de l'air à la température $\theta + x$ et de l'eau que cet air entraîne sous forme d'atomes, est introduit dans la salle dans laquelle il faut maintenir un état hygrométrique E et une température T.

On peut donc inscrire l'égalité

$$P = V v \times 1,293 \times 0,622 \times \frac{1}{1 + \alpha(\theta + x)} \times \frac{F \theta + x}{760} + V v \omega$$

$$= V v \times 1,293 \times 0,622 \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{E F T}{760}$$

d'où

$$(3) \frac{F \theta + x}{1 + \alpha(\theta + x)} = \frac{E F T}{1 + \alpha t} - \frac{\omega \times 760}{1,293 \times 0,622 \times 1,000}$$

Nous pouvons obtenir une quatrième équation en écrivant que toute la chaleur produite en une heure dans la salle par la transformation de la force motrice non utilisée en travail utile, par le personnel et par les radiations solaires (en tenant compte de l'inertie calorifique des murs, des pertes par rayonnement et par conductibilité et de la chaleur absorbée par la matière travaillée emportée des ateliers) est absorbée par le renouvellement de l'air et par la vaporisation à la température T de l'eau atomisée.

Nous avons vu dans le chapitre II (causes d'élévation de température) que chaque cheval-vapeur correspondait à un dégagement de 635 calories et que la moyenne prise pour chaque ouvrier était de 130 calories. Le calcul de la chaleur solaire peut se faire pour chaque usine en projetant le bâtiment sur un plan perpendiculaire à la ligne nord-sud du lieu et faisant avec l'horizon un angle égal à la latitude du lieu, diminué de l'angle de déclinaison du soleil, 20° environ vers le 24 juillet.

Au milieu de la journée, pendant les jours voisins du 24 juillet, époque des plus grandes chaleurs de l'année,

les rayons solaires sont à peu près perpendiculaires à ce plan de projection.

La chaleur solaire est considérable et il est indispensable d'en tenir compte.

Appelons R le nombre de calories trouvé.

La chaleur totale dégagée dans la salle en une heure sera donc égale à :

$$635 N + 130 n + R$$

Si nous appelons C le nombre de calories que perd ou gagne le bâtiment par conductibilité et par rayonnement en une heure et par degré d'écart entre la température intérieure et la température extérieure, et I la somme totale des calories absorbées ou cédées par les matières ouvrées et emportées et l'inertie calorifique des murs qui forment volant de chaleur, nous aurons comme quantité de chaleur à absorber.

$$635 N + 130 n + R [C (T - t) - I]$$

La quantité de chaleur absorbée par l'air à $\theta + x$ pour passer à la température T sera

$$V v (T - \theta - x) \times \frac{1,293}{1 + \alpha (\theta + x)} \times 0,24$$

La quantité de chaleur absorbée par l'eau atomisée pour être portée à T degrés, puis pour s'évaporer à cette température sera :

$$\frac{V v \omega}{1000} (T - \theta - x) + \frac{V v \omega}{1000} (606,5 - 0,695 T)$$

On a donc l'équation

$$(4) \quad V v \times \frac{1,293}{1 + \alpha (\theta + x)} \times 0,24 (T - \theta - x) + \frac{V v \omega}{1000} [606,5 + 0,305 T] - \frac{V v \omega}{1000} (\theta + x) \\ = 635 N + 130 n + R + [C (T - t) - I]$$

On peut avec ces 4 équations déterminer les valeurs de θ , x , V et q .

V₂ = Soluit h₂

ω et Q doivent être déterminés par l'expérience et varient avec chacun des appareils employés.

**Calculs des installations
comportant des appareils vaporisateurs**

Dans ce genre d'installation on utilise la totalité de la chaleur fournie à la salle, soit :

$$635 N + 130 n + R + [C (T - t) - I]$$

à produire le travail d'évaporation de l'eau.

La proportion d'eau que l'on peut évaporer par mètre cube d'air dépend de l'état hygrométrique E que l'on peut maintenir dans la salle à la température T .

Le poids q d'eau évaporée doit être la différence entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air extérieur introduit à la température t et à l'état hygrométrique

$$e = \frac{f_t}{F_t}$$

et la quantité de vapeur d'eau correspondant à la température T que l'on ne peut pas dépasser dans la salle et à l'état hygrométrique

$$E = \frac{f_T}{F_T}$$

que l'on veut y maintenir, soit :

$$(1) \quad q = \frac{V v \times 1,293 \times 0,622}{760} \left[\frac{E F_T}{1 + \alpha T} - \frac{e F_t}{1 + \alpha t} \right]$$

Le cube total d'air extérieur $V v$ qu'il faut introduire par heure dans la salle doit être suffisant pour permettre l'utilisation totale de cette chaleur en travail d'évaporation.

On a donc l'équation

$$(2) \quad q (606,5 - 0,695 T) = 635 N + 130 n + R + [C (T - t) - I]$$

On peut donc avec les équations 1 et 2 déterminer les valeurs de q et de V .

Il est facile de se rendre compte que tous les systèmes d'humidification, ventilation et rafraîchissement sont soumis aux mêmes *lois* fondamentales que l'on peut énoncer de la façon suivante :

1° Le rafraîchissement d'une salle est proportionnel à la quantité d'air frais introduit.

2° Le refroidissement de l'air introduit est fonction de la quantité de grammes d'eau qu'il a absorbés par évaporation.

3° L'état hygrométrique d'une salle, obtenu par une introduction d'air extérieur de façon à combiner le rafraîchissement, est fonction :

- a) de la quantité d'air introduit;
- b) de la quantité d'eau que cet air emporte avec lui, ou, ce qui revient au même :
 - a) de la quantité d'eau évaporée;
 - b) de la quantité d'air introduit pour permettre cette évaporation.

Admettons un atelier dans lequel la totalité des calories à absorber est de 100.000 et à l'intérieur duquel il faut maintenir l'état hygrométrique le plus généralement demandé dans la filature de coton, soit 60 % avec une température de 28° C à l'intérieur quand la température extérieure accuse 28° C et 45 % d'état hygrométrique.

Calculons la quantité d'air qu'il faudra introduire par heure ainsi que la quantité d'eau qu'il faudra évaporer pour obtenir ce régime de marche avec les 3 types d'appareils existants.

1° SATURATEURS. — L'air aspiré à l'extérieur à 28° 45 % contient 12 grammes 7 d'eau par mètre cube.

Un gramme d'eau emprunte à l'air environ 0,6 calorie pour se vaporiser.

La température de l'air considéré dans lequel on aura évaporé un gramme d'eau s'abaissera donc de :

$$\frac{0,6}{1,2 \times 0,24} = 2,08$$

La température de cet air deviendra $28 - 2,08 = 25,9$, et comme il contiendra $12 \text{ gr. } 7 + 1 = 13 \text{ gr. } 7$, son état hygrométrique à cette température sera de 56 %.

En effectuant le calcul jusqu'à ce que l'air soit complètement saturé, on trouvera que sa température finale sera de $19,3$ et qu'il contiendra $16 \text{ gr. } 7$ par m^3 .

Cherchons la température de l'air correspondant à 60 % d'état hygrométrique et $16 \text{ gr. } 7$.

Cela donne :

$$\frac{16,7}{0,60} = 27 \text{ gr. } 8 \text{ par } \text{m}^3.$$

L'air saturé contenant $27 \text{ gr. } 8$ est sensiblement à la température de 28° .

Notre air refoulé dans la salle à $19,3$ pourra donc s'échauffer jusqu'à 28° avant de s'évacuer au dehors.

La quantité d'air extérieur qu'il faudra introduire sera donc de :

$$\frac{100.000}{(28 - 19,3) \times 1,2 \times 0,24} = 40.000 \text{m}^3$$

La quantité d'eau à évaporer sera de :

$$40.000 \times (16,7 - 12,7) = 160.000 \text{ grammes.}$$

2° ATOMISEURS. — Nous ne pouvons pas abaisser la température de l'air au-dessous de $19,3$, cet air étant saturé et contenant $16 \text{ gr. } 7$ d'eau par m^3 .

Mais nous pouvons évaporer une quantité d'eau dans la salle que nous enverrons sous forme d'atomes prêts à l'évaporation.

Admettons que chaque mètre cube d'air introduit par l'appareil dans la salle entraîne mécaniquement 3 grammes d'eau atomisée, ces 3 grammes d'eau en s'évaporant vont absorber $3 \times 0,6 = 1,8$ calorie.

Nous avons vu qu'avec les appareils *Salureurs* il fallait 40.000 m³ d'air pour absorber 100.000 calories.

Chaque mètre cube d'air absorbait donc :

$$\frac{100.000}{40.000} = 2,5 \text{ calories.}$$

Comme nous évaporons avec l'appareil une quantité d'eau supplémentaire représentant une absorption de 1,8, cela fait en tout $2,5 + 1,8 = 4,3$ calories par m³ d'air envoyé.

Il ne faudra donc plus pour maintenir dans la salle la température de 28° et l'état hygrométrique de 60 % qu'introduire

$$\frac{100.000}{4,3} = 23.200 \text{ m}^3 \text{ d'air.}$$

La quantité d'eau évaporée sera de :

$$23.200 \times [16,7 - 12,7] + 3 = 162.400 \text{ grammes.}$$

3° VAPORISATEURS. — Pour éliminer les 100.000 calories que nous avons admis se dégageant par heure dans notre salle, il faudra évaporer une quantité d'eau correspondante à

$$\frac{100.000}{0,6} = 166.600 \text{ grammes.}$$

L'air extérieur aspiré à 28° et 45 % contient comme nous l'avons vu 12 gr. 7 par m³.

L'air de la salle doit être maintenu à la température de 28° et à l'état hygrométrique de 60 %, ce qui correspond à une humidité absolue de 16 gr. 7.

On devra donc évaporer par m³ d'air :

$$16,7 - 12,7 = 4 \text{ gr.}$$

La quantité d'air qu'il faudra introduire dans la salle pour maintenir la température de 28° et l'état hygrométrique de 60 % sera donc égale à

$$\frac{166.600}{4} = 41.600 \text{ m}^3 \text{ d'air.}$$

Nous résumons dans le tableau suivant la quantité d'eau qu'il faut évaporer et la quantité d'air qu'il faut introduire pour éliminer 100.000 calories d'une salle à l'intérieur de laquelle on veut maintenir une température de 28° et un état hygrométrique de 60 % quand l'air extérieur accuse 28° et 45 % et ce, pour chaque type d'installation.

TABLEAU XII

DÉSIGNATION des familles.	QUANTITÉ de calories à absorber.	AIR EXTÉRIEUR		AIR INTÉRIEUR		QUANTITÉ d'eau Klg.	QUANTITÉ d'air m ³ .
		t	e	T	E		
Saturateurs..	100.000	28°	45 %	28°	60 %	160,0	40.000
Atomiseurs. . (avec 3 gr. d'eau atomisée par m ³)	»	»	»	»	»	162,4	23.200
Vaporisateurs	»	»	»	»	»	166,6	41.600

Il découle des formules que nous venons de donner et des calculs que nous venons d'effectuer que :

Quand il s'agira d'une installation « d'Atomiseurs », plus l'état hygrométrique pourra être maintenu élevé, plus le nombre de renouvellements d'air pourra diminuer pour maintenir la température de 28°. Il suffira de continuer à évaporer la même quantité d'eau dans la salle en faisant passer une certaine quantité d'air intérieur dans l'appareil.

Si le renouvellement d'air n'est pas limité, cette famille d'appareils permettra d'obtenir un rafraîchissement qui sera fonction de l'état hygrométrique et la température de la salle diminuera au point de pouvoir accuser seulement 24 à 25° pour un état hygrométrique

de 90 %. La température extérieure étant de 28 à 50 %.

Pour les appareils « Vaporisateurs » il faudra également moins d'air pour maintenir la température de 28° quand l'état hygrométrique peut atteindre 90 %.

Quantité d'eau absorbée par les matières ouvrées

Les appareils ou installations doivent évaporer une quantité d'eau supplémentaire à celle nécessaire pour éliminer toutes les calories dégagées dans la salle. Une quantité de matières souvent importante passe par heure dans cette salle où elle subit une ou plusieurs opérations avant d'être transportée dans un autre atelier.

Cette matière s'échauffe ou se refroidit suivant que la température de la salle considérée est plus élevée ou est inférieure à la température de l'enceinte dans laquelle elle a été traitée précédemment.

Elle absorbe ou cède une quantité de chaleur dont il a été tenu compte dans les équations précédentes.

La quantité d'eau absorbée par la matière travaillée dans une salle dépend :

- 1° De la *capacité hygroscopique* de cette matière;
- 2° Du poids en kilogrammes de la matière traversant cette salle par heure.

Capacité hygroscopique des textiles

Les textiles sont plus ou moins hygroscopiques. Leur plus ou moins grande affinité peut être à peu près représentée par la reprise admise au conditionnement, soit :

Coton	8 1/2 %
Lin et chanvre	12 %
Jute et phormium	12 3/4 %
Étoupe	12 1/2 %
Laine peignée	18 1/4 %
Laine cardée.....	17 %
Soie	11 %

Müller a pu démontrer par de très nombreuses expériences qu'il a faites que plus le % d'humidité relative de l'air était élevé, plus la matière absorbait d'eau. En d'autres termes que plus l'air est voisin de son point de saturation, plus il abandonne facilement la vapeur d'eau qu'il contient.

Ce n'est pas la quantité d'humidité absolue qu'il faut prendre en considération car elle dépend uniquement de la température de l'air, comme nous l'avons vu dans le chapitre III.

La capacité hygroscopique des filaments qu'on exprime en % du poids de la matière sèche varie donc avec l'humidité relative de l'air.

Müller (1) a trouvé que la quantité d'eau w pouvait être représentée par une courbe comme fonction de l'humidité relative Φ (fig. 8).

Pour faciliter l'emploi de cette courbe dans la pratique, il l'a remplacée par une tangente dont les points de contact correspondent avec les états hygrométriques que l'on observe le plus souvent, soit 40 à 80 %.

Il est à remarquer que la quantité d'eau w suit approximativement l'équation d'une ligne droite de la forme.

$$w = (\alpha + \beta \Phi) \sqrt[4]{100 t}$$

	TEXTILES	α	β
dans laquelle on a pour :	Coton	0,8067	0,02912
	Lin.....	1,2330	0,03055
	Soie	2,1880	0,01640
	Laine peignée lavée	2,8000	0,02938
	Laine non lavée.	0,00	0,07413

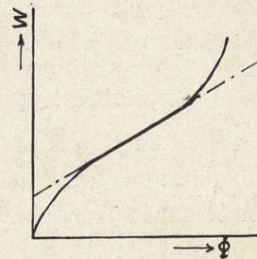


Fig. 8

Relation de l'absorption d'eau W des matières textiles et l'humidité relative Φ .

La température de l'air t doit être tenue constante dans l'équation pour pouvoir comparer les différentes matières,

(1) Troilling, 1882.

Si on tenait constante l'humidité absolue dans l'équation, la quantité d'eau w du filament diminuerait avec l'augmentation de la température.

Lorsque t augmente, ϕ ne peut être constant que si l'humidité absolue augmente également.

On tire donc de l'équation :

Que la capacité hygroscopique des filaments diminue par rapport à l'air dont la température augmente; en effet les filaments absorbent moins d'eau quand ils sont placés dans un air dont l'humidité absolue est plus grande, mais dont l'humidité relative est plus faible.

Nous donnons ci-dessous un tableau résumant les expériences de Müller et qui confirme cette loi.

TABEAU XIII

CAPACITÉ HYGROSCOPIQUE DE DIFFÉRENTS TEXTILES
d'après MULLER.

La capacité hygroscopique est représentée par la quantité d'eau en % du poids de la matière sèche, qu'absorbe un textile placé dans un air accusant une température et un état hygrométrique déterminés.

TEMPÉRATURE en degrés centigrades.	ETAT hygro- métrique de l'air en o/o	HUMIDITÉ absolue en grammes d'eau par m3.	CONTENANCE D'EAU EN o/o DE :						
			Air.	Coton.	Lin.	Soie.	Laine peignée	Laine lavée.	Laine non lavée.
22,43	44,3 %	8,76	0,726	6,32	7,25	8,58	12,06	12,00	10,98
20,16	46,3	8,13	0,674	6,61	8,00	8,86	12,44	12,28	11,05
20,13	49,9	8,76	0,726	6,87	8,30	9,01	12,77	12,65	11,09
21,48	52,4	9,83	0,814	7,14	8,55	9,12	13,06	13,17	11,64
18,70	53,4	8,69	0,720	7,17	8,70	9,22	13,19	12,95	11,92
19,68	54,5	9,36	0,776	7,14	8,72	9,22	13,18	12,97	11,87
21,38	55,4	10,33	0,857	7,21	8,73	9,23	13,23	13,21	12,02
19,40	56,4	9,45	0,783	7,36	8,59	9,17	13,26	13,97	12,10
18,31	57,5	9,26	0,768	7,42	8,92	9,36	13,46	13,41	12,54
15,44	58,5	7,90	0,655	7,48	9,12	9,47	13,64	13,30	13,03
15,75	59,4	8,29	0,687	7,57	9,21	9,52	13,72	13,26	13,23
15,40	60,6	8,29	0,687	7,62	9,25	9,58	13,76	13,56	13,33
19,54	61,3	11,54	0,957	7,61	9,20	9,58	13,72	13,55	13,32
22,14	62,2	12,88	1,067	7,75	9,28	9,57	13,77	13,88	13,53
20,83	63,9	12,12	1,004	7,93	9,53	9,70	13,99	13,48	14,35
22,24	64,3	12,66	1,049	8,22	9,66	9,76	14,04	14,60	14,43
22,80	65,5	13,31	1,103	8,17	9,74	9,79	14,16	14,41	14,65
23,60	66,3	14,07	1,167	8,10	9,71	9,74	14,16	14,27	14,78
23,53	67,2	14,32	1,187	8,17	9,77	9,78	14,22	14,43	14,98
22,08	68,6	13,31	1,103	8,55	10,10	10,00	14,55	15,02	15,75
24,70	70,0	15,89	1,317	8,22	9,98	9,96	14,38	14,25	14,94
16,85	79,3	11,32	0,938	9,47	11,04	10,30	15,37	16,23	17,34

En tenant compte des données de ce tableau, on pourra déterminer la quantité d'eau absorbée par un textile donné placé dans un air accusant un état hygrométrique déterminé.

Il y a lieu de remarquer que ces résultats sont des valeurs moyennes, car il peut exister des différences sensibles quant à la capacité hygroscopique entre des filaments d'un même textile, mais de provenance différente.

Il n'est pas superflu de faire remarquer que cette propriété qu'ont les textiles d'absorber de l'eau peut avoir de fâcheux résultats pour les filateurs. En effet, un filateur peut acheter 1.000 kg. de coton dans lequel il y a 100 kg. d'eau qu'il acquerra au même prix que le coton. Si ce textile est travaillé dans un air sec, il pourra très bien ne revendre que 950 kg. de coton et par cela même subir une perte nette de 50 kg.

On a essayé d'obvier à cet inconvénient en *tolérant* un certain poids d'eau que nous avons indiqué au début de ce chapitre. Cependant, pour le coton tout au moins, l'opération du conditionnement est rarement faite quand il s'agit de l'achat du coton brut.

Le tableau ci-après nous montre que l'humidité contenue dans les filaments de coton brut est souvent plus importante que le taux de *reprise* au conditionnement.

Ce tableau a été établi après des expériences faites pendant une année complète en faisant un grand nombre d'essais (jusqu'à 300 pour chaque genre de coton) de façon à déterminer la contenance en eau des différents genres de coton.

On voit que c'est le coton d'Amérique qui absorbe le % d'eau le plus élevé.

TABLEAU XIV

**Valeurs moyennes de la contenance d'eau
dans les différents cotons**

d'après J. STORRAY

ORIGINE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE observée par an.	MOYENNE totale
AMÉRIQUE				
Texas	14,8 %	6,9 %	9,2 %	9,5 %
Orléans	9,9 »	7,8 »	9,7 »	
Memphis	9,8 »	7,1 »	9,4 »	
Sea Island	9,9 »	7,4 »	9,6 »	
Savannah	16,2 »	10,7 »	13,8 »	
Norfolk	10,3 »	8,4 »	9,4 »	
Floride	8,9 »	7,2 »	8,7 »	
Maceios	8,1 »	—	8,1 »	
Paraibas	8,3 »	—	8,3 »	
Wilmington	10,1 »	—	10,1 »	
Brésil	11,8 »	7,5 »	9,5 »	
Pérou	9,8 »	7,5 »	9,1 »	
ÉGYPTE				
Ashmouni	9,5 %	6,8 %	8,4 %	8,7 %
Gallini	10,8 »	7,1 »	9,3 »	
Brown	8,7 »	7,8 »	8,3 »	
INDE				
Surate	7,7 %	6,2 %	7,5 %	7,65 %
Dhollera	8,1 »	6,4 »	7,0 »	
Bengale	8,2 »	—	8,2 »	
Tinnevelly	7,9 »	—	7,9 »	

Courbes

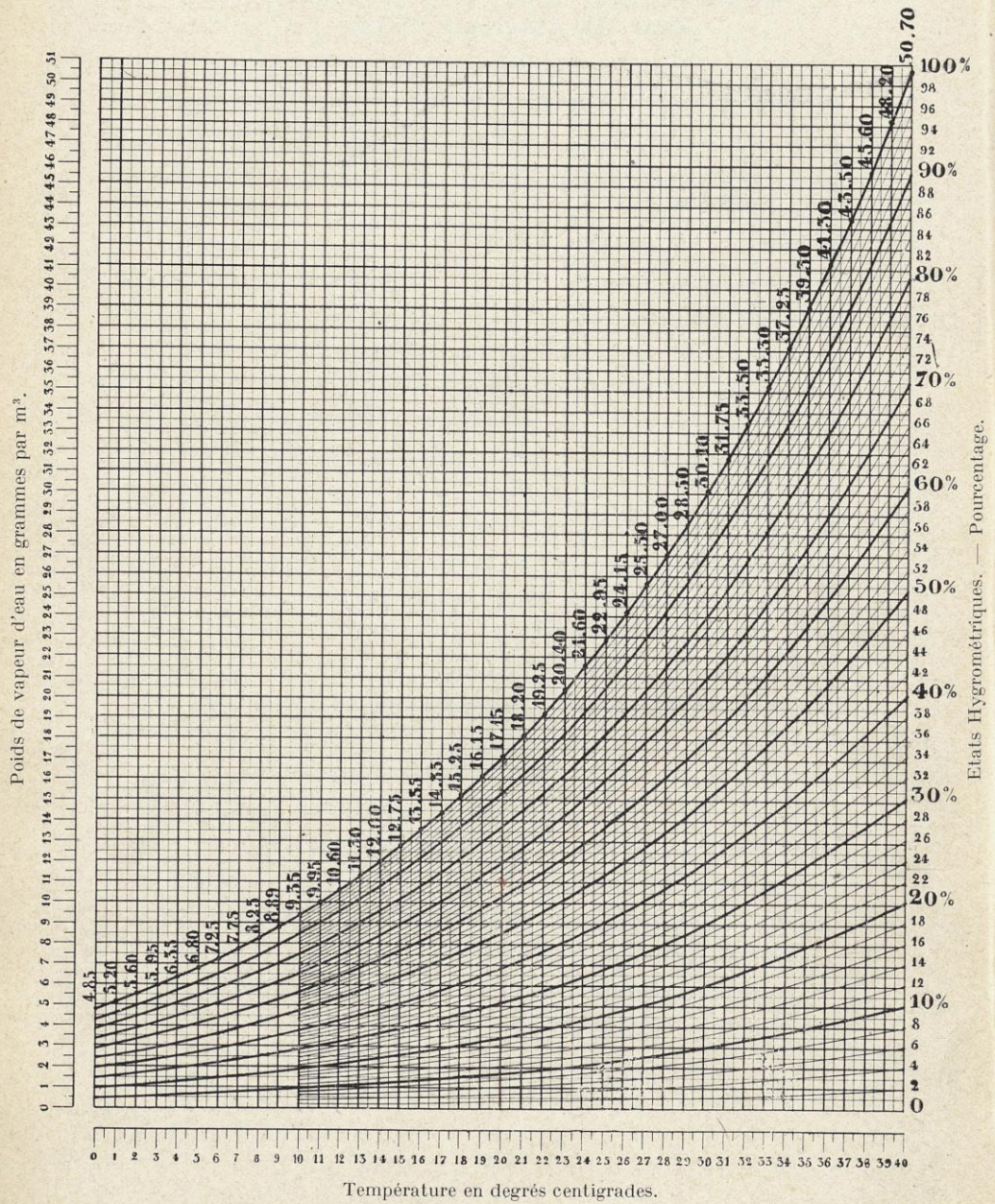
Nous donnons un graphique qui permet de résoudre rapidement les divers problèmes de l'hygrométrie.

Il est facile de se rendre compte à l'aide de ces courbes des variations hygrométriques d'un mètre cube d'air chauffé ou rafraîchi, desséché ou humidifié, de connaître le point de saturation ou humidité absolue, ainsi que l'humidité relative.

TABLEAU XV

COURBES

PERMETTANT DE SUIVRE LES VARIATIONS HYGROMÉTRIQUES D'UN MÈTRE CUBE D'AIR CHAUFFÉ
OU RAFFRAÏCHI, DESSÉCHÉ OU HUMIDIFIÉ, ET DE CONNAÎTRE LE POINT DE SATURATION
OU HUMIDITÉ ABSOLUE, AINSI QUE L'HUMIDITÉ RELATIVE



**Détermination du renouvellement d'air nécessaire
pour ne pas dépasser
une contenance maximum déterminée d'acide
carbonique dans l'air d'une salle**

Les installations d'humidification modernes devant répondre à plusieurs besoins, il n'est pas inutile de chercher à déterminer par le calcul la fréquence du renouvellement d'air nécessaire pour maintenir une salle dans de bonnes conditions d'hygiène.

Nous avons envisagé dans le paragraphe précédent le rafraîchissement des locaux pendant l'été. Pendant l'hiver, une usine qui sera pourvue d'une installation de rafraîchissement donnant de bons résultats pourra toujours très facilement maintenir dans ses salles par les temps les plus secs de l'hiver l'état hygrométrique nécessaire pour le meilleur travail.

Cependant il faudra renouveler l'air des salles un nombre de fois déterminé par heure pour que leur teneur en acide carbonique n'augmente pas dans des proportions intolérées.

En effet la quantité d'air respiré et exhalée par un adulte au repos est de 9 à 10 m³ par 24 heures; il respire en moyenne 16 à 18 fois par minute et chaque inspiration est d'environ 0,4 à 0,5 litre et enlève à l'air 4 à 6 % de son oxygène.

La quantité d'air nécessaire à l'homme augmente très rapidement; ainsi quand une personne marche, cette augmentation est de 60 à 80 % et quand elle exerce des efforts successifs la quantité d'air peut augmenter de 300 à 400 %.

Dans l'air exhalé on trouve 3 à 5 % d'acide carbonique (1), ou environ 21 litres d'acide carbonique correspondant à 11 gr. 3 de carbone par heure.

(1) D'après les expériences de Wolpert.

La production d'acide carbonique par un adulte diffère suivant son alimentation et son occupation.

L'air pur renferme :

Sur 100 m³ : 21 m³ d'oxygène et 79 m³ d'azote ;

Sur 100 kg. : 24 kg. d'oxygène et 76 kg. d'azote.

Il renferme encore, en faibles proportions, de la vapeur d'eau (H²O), de l'acide carbonique (CO²), de l'argon, des traces d'autres gaz, des poussières, etc....

La contenance moyenne d'acide carbonique à la campagne est de 0,0003 ; à l'intérieur des villes de 0,0004 ; elle est quelquefois plus grande dans certaines rues étroites.

Cherchons la fréquence du renouvellement d'air nécessaire pour maintenir dans une salle une quantité d'acide carbonique déterminée soit :

V La quantité d'air nécessaire à la ventilation ;

v Le volume en mètres cubes par heure du local à ventiler ;

A La production totale d'acide carbonique par les ouvriers ;

a Contenance d'acide carbonique que l'on veut maintenir dans la salle ;

a₁ La contenance d'acide carbonique dans l'air de ventilation.

On a :

$$V = \frac{A}{a - a_1}$$

Pour a₁, on peut prendre 0,0004 ;

Pour a, d'après Pettenkofer, on peut prendre :

0,0007, pour bien être durable,

0,0010, admissible au point de vue hygiène.

Dans les installations de rafraîchissement des salles de l'industrie textile, le renouvellement d'air nécessaire pour obtenir le rafraîchissement est toujours supérieur à celui demandé pour maintenir dans les salles 0,0007 d'acide carbonique.

APPAREIL DE HALDANE SERVANT A MESURER LA QUANTITÉ D'ACIDE CARBONIQUE CONTENUE DANS L'AIR DES SALLES

L'appareil employé pour déterminer la proportion d'acide carbonique se trouvant dans l'air est représenté par les figures 9 et 10.

L'éprouvette d'air A, enfermée dans un récipient destiné à recevoir de l'eau et fermé sur l'une de ses faces d'une plaque de verre, se compose d'une partie large, non graduée, et d'une partie très étroite graduée. Cette éprouvette a une contenance d'environ 20 cm^3 à partir du robinet situé à sa partie supérieure et le bas du récipient la contenant. La partie graduée qui a environ 100 m/m. de longueur est divisée en 90 à 100 parties, chacune d'elles correspondant à $1/10.000$ partie de la capacité totale de l'éprouvette. La division la plus basse est marquée 0. La différence entre la lecture faite à 0 ou à une graduation proche de 0 et une seconde lecture faite après l'opération est indiquée directement en volume par $1/10.000$ sans qu'il y ait de correction à apporter.

Le ballon C est rempli de mercure et a pour but d'aspirer et de chasser successivement l'air à analyser de l'éprouvette A.

L'éprouvette D contient de la potasse caustique ou une solution de soude (à environ 10 %) destinée à absorber l'acide carbonique contenu dans l'air de l'éprouvette A.

Fonctionnement de l'appareil.

En ouvrant le robinet à 3 voies B et en élevant le ballon de mercure C, l'air est chassé de l'éprouvette A. On abaisse ensuite le ballon de mercure qui est placé au crochet inférieur de la crémaillère. Au moyen du bouton portant le pignon F on fait coïncider le niveau du mercure au 0 de l'éprouvette.

Le robinet à 3 voies est ensuite ouvert du côté de la pipette d'absorption D.

Il est évident que l'exactitude de l'analyse dépend entièrement du soin apporté à éviter les erreurs qui peuvent être causées par des variations même peu importantes dans la température de l'eau, la pression barométrique, l'état hygrométrique de l'air analysé, etc. Une variation de $0,1^{\circ}$ C. de la température de l'eau du récipient peut causer, par exemple, une erreur de $3/10.000$.

Afin d'avoir un index de la pression sous laquelle l'air est analysé, le niveau de la solution de potasse dans le tube étroit de la pipette d'aspiration est pris comme index de la pression.

Pour compenser les variations de température de l'eau du récipient, on emploie un tube de contrôle G de dimensions et de formes semblables à celles de l'éprouvette. Le tube de contrôle communique avec la potasse par le tube en verre H et, avant de faire la première lecture, le niveau de la potasse en H doit coïncider avec le point X en abaissant ou en élevant le réservoir I qui glisse librement dans un bouchon accommodé à cet effet.

On élève et on rabaisse à ce moment 3 ou 4 fois successivement le ballon de mercure de façon que l'éprouvette A se remplisse ou se vide à chaque mouvement, puis on raccroche le ballon au crochet inférieur.

Avant la seconde lecture il faut encore, au moyen du réservoir I, faire coïncider le niveau de la potasse dans le tube étroit, avec le point X, afin que l'air dans le tube de contrôle occupe exactement le même volume qu'au moment de la première lecture.

Il est indispensable, avant de mettre au point les niveaux de potasse, de remuer l'eau contenue dans le récipient, cela se fait au moyen du tube K par lequel on souffle.

Afin d'éviter une erreur pouvant se produire parce que les tubes de potasse ne sont pas également mouillés au-dessus des marques, il convient de presser le tube en caoutchouc entre les doigts avant de faire une lecture, afin d'élever momentanément le niveau de potasse d'environ 20 m/m .

Afin d'obvier à l'erreur due aux variations d'état hygrométrique de l'air, on aura soin de mouiller l'intérieur de l'éprouvette A en la remplissant d'eau et en chassant cette eau au moyen du ballon de mercure. Cette opération peut être faite à des intervalles assez écartés, l'indication montrant que l'opération a besoin d'être faite à nouveau est l'absence de rosée sur les parois intérieures de l'éprouvette A et du tube de contrôle.

Résumons rapidement les opérations successives qu'il y a lieu d'effectuer pour faire une analyse.

1° Tourner la clef du robinet à 3 voies B de façon que l'éprouvette A communique avec l'air libre.

2° Mettre le ballon de mercure au crochet supérieur; l'y laisser jusqu'à ce que le mercure soit arrivé à la partie supérieure de l'éprouvette A.

3° Remettre le ballon de mercure au crochet inférieur, le mercure retournant dans le ballon C forme aspiration et l'éprouvette A s'emplit de l'air qu'il faut analyser.

4° Ouvrir le robinet O du tube de contrôle à l'air, le tourner ensuite pour faire communiquer ce tube avec le manomètre de potasse H.

5° Tourner le robinet B de l'éprouvette afin de la faire communiquer avec la pipette de potasse D.

6° Presser le tube de caoutchouc du réservoir de potasse afin d'en élever le niveau d'environ 20 m/m au-dessus des marques.

S'assurer que les niveaux de potasse reprennent leurs places primitives.

7° Souffler de l'air au travers du récipient d'eau.

8° Elever ou abaisser le réservoir de potasse jusqu'à ce que le niveau de cette dernière soit exactement à la marque X.

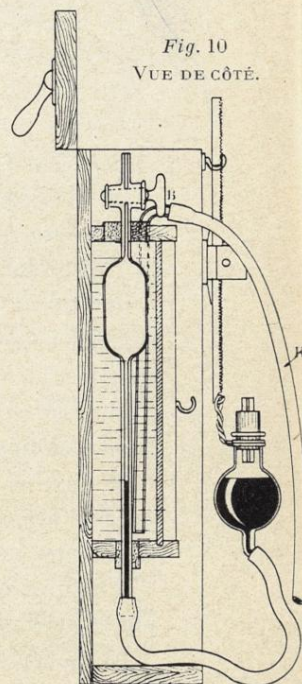
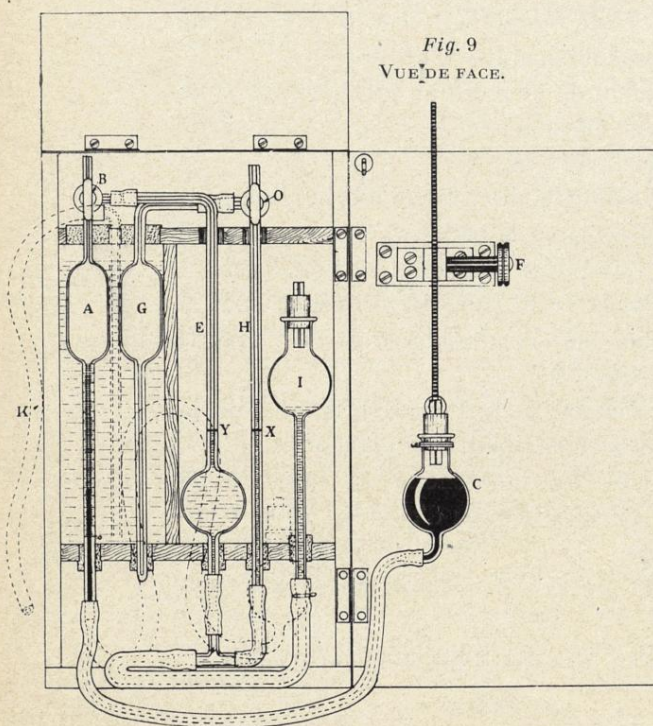
9° Elever ou abaisser le réservoir de mercure au moyen de la crémaillère et du pignon jusqu'à ce que la potasse en E soit exactement à la marque Y.

10° Lire le niveau du mercure sur l'échelle de l'éprouvette.

11° Elever le mercure au plus haut crochet afin d'introduire l'air dans la cuvette de potasse, abaisser ensuite le ballon de mercure, faire encore deux fois la même opération.

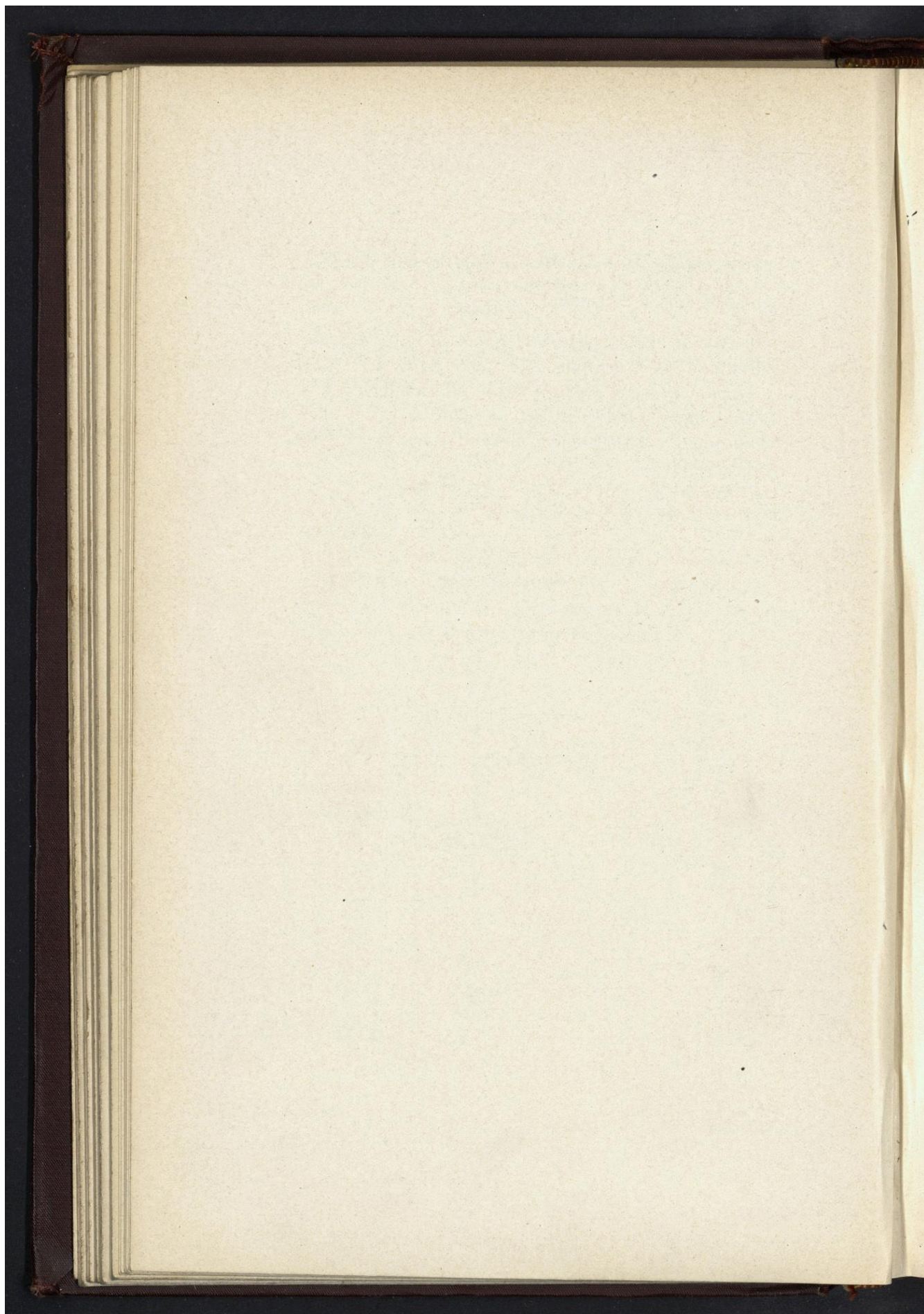
12° Souffler de l'air au travers du récipient d'eau.

13° Presser le tube de caoutchouc du réservoir à potasse et ajuster les 2 niveaux comme auparavant. Lire le niveau du mercure dans l'éprouvette.



La première lecture soustraite de la seconde donne la quantité d'acide carbonique en $\frac{1}{10.000}$.

Il faut avoir soin pendant l'opération qui consiste à introduire l'air à analyser dans l'éprouvette de retenir sa respiration et de placer le tuyau de prise d'air à distance suffisante de l'opérateur, afin d'éviter de modifier la teneur en acide carbonique de l'air à analyser par celui directement expiré.



TROISIÈME PARTIE

LA CHALEUR ET L'HUMIDIFICATION

LES PLUS FAVORABLES

pour le Travail des Textiles

FILATURE

CHAPITRE V

LE COTON ⁽¹⁾

I

Le coton est un textile d'origine végétale, il est constitué par les poils qui recouvrent la graine du cotonnier. Ces graines, entourées de coton, sont contenues dans des capsules qui ne s'ouvrent que lorsqu'elles sont mûres et laissent échapper alors les touffes blanches et soyeuses du coton.

Il y a plusieurs espèces de cotonniers : celui qui est le plus cultivé en Amérique est originaire des Antilles et a été introduit aux États-Unis vers 1784, il n'y a donc guère qu'une bonne centaine d'années.

Une autre espèce qui lui ressemble beaucoup, produit toutefois un coton plus court, moins blanc et moins soyeux. Il est surtout cultivé aux Indes.

Ces deux sortes de cotonniers ne se cultivent guère qu'en arbrisseaux, alors qu'une troisième espèce, qui se présente sous la forme d'un arbre, se trouve au Brésil, dans la Haute Egypte, en Chine et au Japon.

La culture du cotonnier demande un climat d'une température spéciale et un régime de pluie approprié. Sa

(1) « Le Coton », par A. Rothan.

période de croissance dure 6 à 7 mois, et pendant tout ce temps la moindre gelée aurait une influence désastreuse sur la récolte.

Il vient d'être dit qu'un régime de pluie approprié est nécessaire à la culture du cotonnier : il faut en effet une bonne humidité pendant la première période de croissance de la plante, mais à partir du moment où les fleurs commencent à apparaître, il faut un temps sec et chaud. Les pluies sont encore à redouter plus tard lorsque les capsules s'ouvrent ou lorsque la cueillette bat son plein.

Deux mois environ après les semis, les plantes garnies de nombreuses feuilles forment de véritables buissons et atteignent 80 à 90 centimètres de hauteur. Quelque temps après apparaissent les boutons d'où proviendront les fleurs. Ces fleurs, qui durent très peu, s'ouvrent un matin et sont d'un beau jaune pâle, vers midi elles sont blanches, puis passent au rose tendre, qui le lendemain est un rose éclatant. Mais c'est là toute leur existence, et souvent après 48 heures, les pétales jonchent le sol. Le fruit qui reste se transforme en une capsule qui mûrit rapidement, s'entr'ouvre et laisse échapper une légère houppe blanche qui n'est autre chose que le coton.

La cueillette a lieu lorsque les capsules, arrivées à maturité suffisante, forment un flocon neigeux de la grosseur d'un poing. Il faut alors se hâter, car le fragile duvet a tout à redouter des intempéries, et l'on mobilise toutes les mains disponibles, hommes, femmes et enfants. Les récolteurs s'avancent entre les rangs de cotonniers, détachent à la main le coton mûr et l'enfouissent dans un sac attaché à leur ceinture et traînant sur le sol. Dès qu'il est rempli, le sac est vidé dans un chariot qui circule sur la plantation. En moyenne un ouvrier récolte de 40 à 50 kilos de coton par jour, la quantité dépend évidemment beaucoup de l'habileté de l'ouvrier.

Il est facile de voir par ces chiffres que la cueillette

exige beaucoup de main-d'œuvre, et l'on estime que les frais qu'elle occasionne s'élèvent au tiers environ du prix de vente du coton.

Les opérations qui vont suivre sont l'égrénage, le nettoyage, le pesage et l'emballage.

Autrefois l'égrénage, c'est-à-dire la séparation des graines et de la fibre se faisait à la main. Ce système exigeait une manipulation très longue et très chère. Aujourd'hui il s'effectue presque partout au moyen de machines spéciales dites *égréneuses*. Aux États-Unis, le planteur n'égrène pas lui-même son coton, mais l'envoie généralement dans les usines à égréner où l'on prépare également la balle de coton prête à être expédiée.

Ces balles ainsi obtenues ont encore un volume trop grand pour être transportées économiquement en Europe et subissent dans les ports d'embarquement une seconde compression au moyen de presses de grande puissance, et c'est généralement pendant cette opération que l'acheteur examine et contrôle la marchandise.

La valeur des cotons du commerce se détermine en effet suivant la longueur, la finesse, le soyeux, la force et l'élasticité de la marchandise.

Les différentes sortes de coton portent en général le nom de leurs pays d'origine.

Nous citerons les plus importants :

Les cotons d'Amérique ;

Les cotons des Indes ;

Les cotons d'Égypte ou Jumel.

Le coton dont la production est la plus importante est celui des États-Unis d'Amérique. La surface cultivée équivaut presque au quart du territoire entier.

Pour se faire une idée du mouvement commercial considérable qui en résulte, nous citerons quelques chiffres.

TABLEAU XVI

PRODUCTION DU COTON AUX ETATS-UNIS (1)
(en balles de 500 livres brutes).

ANNÉES	NOMBRE DE BALLES	POIDS NET MOYEN de la balle en livres
1905.....	10.804.556	482
1906.....	13.595.498	470
1907.....	11.375.461	480
1908.....	13.587.306	484
1909.....	10.315.382	475

Le coton d'Amérique se distingue par la blancheur, la finesse et la solidité de sa soie. Lorsqu'il est récolté et nettoyé avec soin, il donne très peu de déchets. On en distingue plusieurs variétés :

Le Sea-Island dont la soie est la plus fine et la plus longue; elle mesure 45 à 55 m/m et ne réussit que sur la Côte des Carolines, de la Géorgie et de la Floride.

La Louisiane, le Texas sont les qualités les plus courantes et les plus connues.

TABLEAU XVII

PRODUCTION DU COTON DANS L'INDE (2)
(en balles de 400 livres).

ANNÉES	NOMBRE DE BALLES
1905-1906	4.685.571
1906-1907	5.361.655
1907-1908	4.291.000
1908-1909	4.776.000

Le coton des Indes se compose d'une foule de variétés. Il est en général de fibre courte, dure et grossière, de couleur grisâtre ou jaunâtre, et presque toujours chargé

(1) Extrait du Bulletin N° 107 intitulé : « *Cotton Production* » 1909, du bureau of the Census auprès du Département du Commerce et de l'Industrie à Washington.

(2) Extrait de : « *Statistical Abstract* relating to British. India (Londres from 1899-1900 to, 1908-1909).

de graine, de sable et de boue. Sa valeur est bien inférieure à celle du coton d'Amérique.

TABLEAU XVIII
PRODUCTION DU COTON EN EGYPTÉ (1)
(Rendements en Kantars de 45 kilos).

SAISONS	NOMBRE DE KANTARS
1906-1907	6.949.383
1907-1908	7.234.669
1908-1909	6.751.133

Le coton d'Égypte est beaucoup plus jaune que le coton d'Amérique; la soie en est presque aussi longue et aussi fine que celle du Sea-Island. Il est surtout employé pour la fabrication des fils fins. Sa production dépend beaucoup de la crue du Nil, car la plante demande un terrain gras et une atmosphère très humide.

II

Propriétés hygroscopiques du coton

Nous empruntons au Bulletin de la Société pour l'Encouragement de l'Industrie Nationale, N° d'Octobre 1893, une partie du travail très intéressant présenté par M. T. Schleesing fils.

L'auteur a déterminé par des méthodes très précises quelle est la quantité d'eau que les matières textiles prennent ou conservent dans des circonstances données.

Voici ce qu'il dit à ce sujet :

« La quantité d'eau que contient une substance hygroscopique en équilibre d'humidité avec l'air ambiant, est fonction de deux variables; la fraction de saturation de l'air et la température. C'est là une idée familière sans doute à la plupart des physiciens et des chimistes, mais moins répandue qu'on le croirait; car on a souvent cherché à déterminer l'humidité que prend telle ou telle

(1) Extrait de l'Annuaire Statistique de l'Égypte pour 1900.

substance sans spécifier la valeur des deux variables dont cette humidité est réellement dépendante. On trouve, par exemple, dans des livres récents, des indications comme celle-ci : la soie conservée dans un appartement sec renferme tant p. 100 d'humidité et l'on donne un chiffre précis, sans qu'il soit parlé de l'état hygrométrique exact de l'atmosphère ni de la température. Or, dans un appartement qualifié *sec*, l'état hygrométrique peut, ainsi que la température, varier entre des limites très éloignées auxquelles correspondent pour la soie des taux d'humidité allant, comme on verra, du simple au double ou au triple.

Quand donc l'équilibre d'humidité est établi entre un corps hygroscopique et l'air ambiant, il y a, à chaque température, une relation entre l'humidité du corps et la fraction de saturation de l'air, de telle sorte qu'à une valeur donnée de celle-ci corresponde une valeur bien déterminée pour celle-là. C'est cette relation que j'ai étudiée.

Méthodes employées. — Voici en quoi consiste une des expériences à exécuter. On met en présence la substance examinée et de l'air jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'échanges de vapeur d'eau entre l'air et la substance; on s'arrange de manière à connaître alors et l'humidité de la substance et celle de l'air. On peut procéder de plusieurs façons dans de telles expériences : 1° amener l'air à son taux d'humidité d'équilibre en le faisant passer à travers un poids relativement considérable de la substance dont l'humidité ne varie pas sensiblement; 2° ou bien amener la substance à son humidité d'équilibre en plaçant un faible poids en contact avec de l'air ayant une fraction de saturation connue.

Il est inutile d'entrer dans le détail des procédés employés par M. T. Schloesing fils pour faire ses expériences.

Il nous suffit de savoir qu'il a employé deux méthodes différentes qui ont donné à peu près les mêmes résultats et qu'il est arrivé à préciser les propriétés hygroskopiques des cotons d'Amérique, d'Égypte et de l'Inde.

Représentation des résultats par des courbes

Les résultats de toutes les expériences exécutées par la première méthode ont été représentés par des courbes. On les a d'abord ramenés, quand il y avait lieu, par de très légères corrections, aux températures de 12°, 24°, et 35°, et les courbes ont été construites avec les éléments ainsi obtenus. On a pris pour abscisses les taux d'humidité pour 100 de matière sèche et pour ordonnées les fractions de saturation.

Si l'on marque, en se servant des mêmes coordonnées, les points correspondants aux résultats de la seconde méthode, on voit qu'ils tombent généralement à très peu de distance des courbes déjà tracées. Il y a là une preuve que la première méthode n'a pas comporté une de ces erreurs systématiques importantes contre lesquelles il faut toujours être en garde.

Pour chaque échantillon de matière, les chiffres ci-dessus (première méthode) permettent de construire trois courbes correspondant respectivement aux températures de 12°, 24° et 35°. On ne saurait tracer toutes ces courbes sur une même figure sans y mettre une confusion extrême. Aussi a-t-on sur une première figure, indiqué les courbes relatives à la seule température de 24° (il est bon de les représenter les unes à côté des autres pour pouvoir les comparer); sur une deuxième on a marqué les trois courbes concernant un échantillon de coton d'Amérique de manière à bien montrer l'influence de la température sur son hygroscopticité.

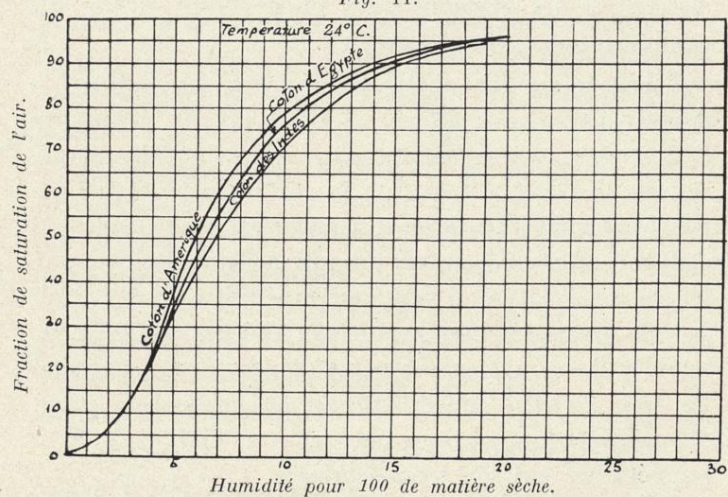
Conclusion

Toutes les courbes ci-dessus ont une même allure générale.

En ce qui concerne les cotons, elles mettent en évidence des différences notables entre les trois échantillons examinés. Ces différences tiennent-elles à la provenance des échantillons ou bien à une variation dans les propriétés qui serait indépendante de la provenance ? Pour le décider, il aurait fallu expérimenter encore sur un certain nombre d'échantillons des trois provenances. Mais, tels qu'ils sont, *les résultats obtenus prouvent que tous les cotons ne se comportent pas de même à l'air humide, c'est-à-dire qu'ils prennent, à une même température, des taux d'humidité sensiblement différents en présence d'atmosphère de même fraction de saturation.* Cette conclusion n'est pas douteuse; la deuxième méthode d'expérience s'accorde entièrement avec la première pour en établir l'exactitude.

L'influence de la température sur la quantité d'eau que prennent les matières en présence d'atmosphère de même fraction de saturation est relativement faible.

Fig. 11.

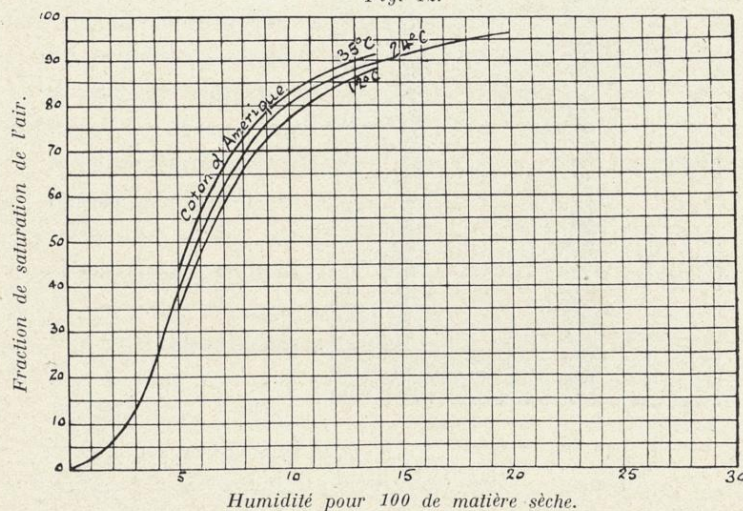


Cette faible influence de la température est assez digne d'attention. Elle n'est pas particulière aux matières textiles; on l'a déjà reconnue pour la terre végétale et le tabac; elle doit correspondre à une propriété.

Les industries textiles, qui mettent constamment les matières textiles en rapport avec l'air humide, semblent devoir tirer quelque parti de la connaissance des résultats qui précèdent. Ces résultats pourront, en effet, fournir des éléments certains et précis dans l'examen de divers problèmes auxquels elles s'intéressent; par exemple, ils serviront à prévoir quelle humidité prendront les matières, à une certaine température, en présence d'atmosphère de fraction de saturation connue, ou bien quelle fraction de saturation il faudra donner à l'air pour que les matières acquièrent telle humidité qu'on voudra. Cette dernière question est une de celles qu'on a fréquemment à considérer dans la filature et le tissage. Les courbes telles que celles qui précèdent en donnent immédiatement la solution; c'est là leur utilité pratique.

En faisant usage de ces courbes, il ne faudra jamais

Fig. 12.



perdre de vue que les relations qu'elles représentent *supposent l'équilibre d'humidité réalisé entre les matières et l'air ambiant*; si l'équilibre n'est pas atteint, les courbes permettent de savoir comment il tend à s'établir, vers quelle valeur tend l'humidité des matières du moment qu'on connaît la fraction de saturation de l'air et la température.

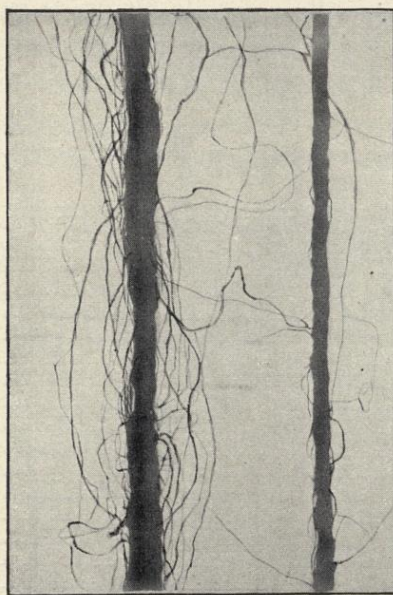
III

Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre du coton

La Chaleur et l'Humidification ont une influence très grande sur la fibre du coton.

L'aspect d'un fil de coton fabriqué dans une atmosphère humide diffère totalement de celui d'un fil fabriqué dans un air sec (voir fig. 13). Tandis que le fil sec

Fig. 13.



Aspect d'un fil
travaillé
dans l'air sec.

Aspect du même fil
travaillé
dans l'air humide.

est dur et hérissé de fibres, le même fil préparé dans un air humide est compact et lisse.

La fibre du coton est constituée par une infinité de filaments très ténus qui sont de la cellulose presque pure, agglutinée par des matières cireuses ou gommeuses. Ces matières agglutinantes existent du reste en très faible quantité dans le coton, mais jouent malgré cela un rôle très important. Très dures à froid, ces ma-

tières deviennent de plus en plus molles à mesure que la température s'élève et elles fondent à 80°. Comme elles forment une sorte d'apprêt sur la fibre, celle-ci, qui est dure à basse température, devient souple quand la température s'élève; c'est pourquoi une certaine chaleur est nécessaire pour que le coton puisse se filer convenablement.

Le ramollissement doit être assez considérable pour que les fibres glissent facilement les unes sur les autres dans les opérations de l'étirage et du filage.

Cela explique pourquoi le *vaporisage* qu'on pratique pour fixer la torsion des filés a une influence désastreuse sur le coton, même quand on emploie de la vapeur complètement détendue, parce que cette opération s'effectue à une température de 100°, supérieure à la température de fusion des gommes et résines du coton.

La présence de l'électricité statique dans les salles de filature joue également un rôle néfaste, car elle a pour effet de hérissier les fibres et de les durcir. En effet, les fibres étant chargées de la même électricité, tendent à se repousser, à se diviser. L'air humide étant meilleur conducteur de l'électricité que l'air sec supprime ces inconvénients; les fibres se courbent au lieu de se redresser et les opérations s'opèrent dans des conditions normales.

La chaleur et l'humidification influent également d'une façon très sensible sur la force et l'élasticité de la fibre.

La science du filateur consiste donc à assurer une température favorable à la matière qu'il travaille ainsi qu'un état hygrométrique approprié qui en est le complément indispensable.

Il nous a paru intéressant de chercher à déterminer quels étaient les températures et les états hygrométriques qu'il fallait adopter pour travailler dans les meilleures conditions les différents cotons. Cependant, avant

de donner le résultat de nos observations pratiques sur ce sujet important, nous voudrions passer en revue les différents travaux connus traitant cette question.

Travaux de B. A. Dobson

En 1895, B. A. Dobson a fait paraître un mémoire remarquable sur ce sujet (1). Il dit que si la fibre est froide et sèche elle est « rude » et le fileur peut d'instinct estimer le degré de sécheresse du coton qu'il essaie.

Quand la fibre est froide et sèche, elle présente une certaine résistance aux procédés de fabrication, car l'enveloppe visqueuse de cette fibre est congelée.

De plus, si l'on se contente de chauffer la fibre, elle devient alors, à cause de la chaleur sèche, particulièrement sensible à l'influence de l'électricité.

Cette électricité est produite par le frottement glissant des courroies de transmission qui charge les machines et les tabliers métalliques des bâtiments. Il cite de nombreuses expériences qu'il a faites et conclut que dans les métiers à filer, la présence de l'électricité est démontrée par l'accumulation du duvet sur les parties en activité par le caractère grossier, velu du fil obtenu et sa tendance à se rompre.

Il faut une atmosphère favorable et un temps assez long pour arriver à une décharge complète.

Quand au contraire le fil est travaillé dans une salle maintenue à une température et à un état hygrométrique favorables, l'air peut devenir assez bon conducteur pour décharger l'électricité et la fibre devient plus résistante et a plus d'élasticité.

A l'appui de ses assertions, il donne un résumé d'expériences qu'il a faites et de nombreuses photographies micrographiques de fils de coton travaillés dans des milieux secs et humides.

(1) De l'Humidité dans la Filature de coton. — B. A. Dobson.

La conclusion est (page 72) que 50 % d'humidité relative est le plus favorable pour filer des numéros 33 à 36 qu'il a expérimentés à la température de 26 à 28° C.

Travaux de la Société Industrielle de Mulhouse

La *Société Industrielle de Mulhouse* est une de celles qui ont le plus travaillé la question. — De nombreux rapports de 1877 à 1895 en témoignent.

Parmi ces travaux, nous trouvons dans le bulletin (Octobre-Novembre 1891) des conclusions qu'il y a lieu de retenir ici.

Pour ce qui concerne le coton « pour filer une trame peu tordue, il suffit de 50 % d'humidité, tandis que pour une chaîne tordue il faut 65 à 70 %, à tel point qu'il devient difficile de filer ces deux numéros dans une même salle. »

Pour des Nos 110, la température doit être au moins de 26° et il faut 70 à 80 % à l'hygromètre à cheveu (1).

Enfin, les membres de la Commission chargée des Recherches sur les procédés en usage dans le rayon de Mulhouse pour la ventilation et l'humidification des Ateliers, ont fixé les fractions de saturation dans les différents cas et ils indiquent pour le coton 65 % en moyenne.

La température la plus favorable pour la fabrication a été fixée à 21° C.

Travaux de la Société Industrielle de Rouen

La *Société Industrielle de Rouen* a organisé en 1899 un Congrès pour « l'examen des meilleures conditions d'hy-

(1) Ce qui représente 50 à 60 % d'état hygrométrique.

giène et de production dans les manufactures textiles. »

Ce Congrès a conclu à la nécessité de l'humidification, mais n'a pas déterminé les températures et les états hygrométriques qui étaient les plus favorables pour le travail des textiles. Il s'est plus particulièrement attaché à déterminer les meilleurs moyens à employer pour créer artificiellement la Ventilation et l'Humidification.

Cette Société s'est de nouveau occupée de la question en Mai-Juin 1910 et a fixé comme suit « les conditions hygrométriques nécessaires aux industries textiles » :

« En filature de coton le degré d'humidité varie avec le genre de filé à obtenir et va de 50 à 60 %, suivant les torsions demandées et même au delà pour les fortes chaînes; il augmente encore avec la finesse du numéro produit jusqu'à atteindre par exemple 75 % pour du N° 110 à 26° C.

On peut donc admettre que 50 à 55 % conviennent pour les renvideurs filant des torsions floches et 60 à 70 % sont préférables quand il s'agit de filer des chaînes sur continus. Pour les salles de préparation : mélanges, batteurs et cardes, 40 à 50 % sont suffisants.

Opinion de l'Ingénieur G. Beltrami

L'Ingénieur G. Beltrami, Directeur de filature de coton en Italie, a fait paraître un article très intéressant sur cette importante question dans le *Bolletino dell'Associazione Coloniera Italiana* des mois de Décembre 1910 et Janvier 1911 sous le titre « *Conditionnement de l'air dans les Fabriques de Coton* ».

Nous notons le passage suivant qui se rapporte à la question que nous traitons ici :

« L'humidité doit croître avec la progression des opérations auxquelles est assujetti le coton et ainsi elle sera moindre dans la carderie et les bancs à broches et

augmentera dans la filature et le tissage. L'ingénieur Leopoldo Sconfietti duquel sont connues les études et les expériences sur l'humidification des salles, donne, pour les meilleures conditions de l'air dans lequel on travaille le coton, 20 à 25° de température avec 50 à 55 % d'humidité en carderie et préparation, 55 à 60 % en filature et 65 à 70 % en tissage. Je trouve une telle graduation un peu basse et j'ai toujours vu que dans le rayon filature il était nécessaire de tenir une humidité relative variant entre 75 et 65 %, tandis que la température variera de 20 à 30° C. Les mêmes extrêmes peuvent être adoptés par le tissage, tandis qu'un état hygrométrique de 60 à 55 % est suffisant dans les carderies et dans les salles des bancs à broches, dans les mêmes conditions de température. »

Expériences du Dr-Ingr Otto Willkomm

de l'École Royale Technique du Hanovre

On sait que quand les fibres textiles absorbent de l'eau, leur volume augmente, car les filaments gonflent, ces fibres s'allongent à l'humidité et se raccourcissent de la même longueur à la sécheresse.

De Hohnel a trouvé que la grosseur des filaments d'origine végétale augmentait plus sensiblement que celle des filaments d'origine animale. Il a trouvé une augmentation de 27,5 % pour le coton, 17,1, 21,1 et 29 % pour le lin.

En ce qui concerne l'allongement, les filaments d'origine végétale accusent seulement 0,05 à 0,10 %. Les filaments d'origine animale accusent beaucoup plus 0,50 à 1 % de la longueur primitive.

Les filaments *tordus* se comportent autrement dans l'air humide. Ils se raccourcissent avec l'humidité et s'allongent avec le séchage.

Placés dans un air humide accusant 70 à 80 % d'état

hygrométrique, les filaments textiles deviennent plus moelleux, plus élastiques, plus ronds et plus brillants; mais si l'humidité est poussée trop loin, toutes ces qualités disparaissent.

Placés dans un air humide favorable à chacun d'eux, les filaments ont plus de *résistance*, plus d'*élasticité* et plus de *souplesse*.

Le docteur Otto Willkomm (1) s'est particulièrement attaché à démontrer ces particularités par des observations des plus détaillées.

Il a cherché à démontrer graphiquement la relation qui existe entre la résistance des fibres et l'humidité relative de l'air.

Comme il n'avait pas à sa disposition d'appareils lui permettant de mesurer la résistance d'une fibre isolée, il a employé dans ses expériences des faisceaux de fibres qu'il choisissait de préférence dans des rubans de préparation, de façon à avoir des fibres dans une position bien parallèle et d'obtenir à la rupture une tension bien uniforme de toutes les fibres isolées.

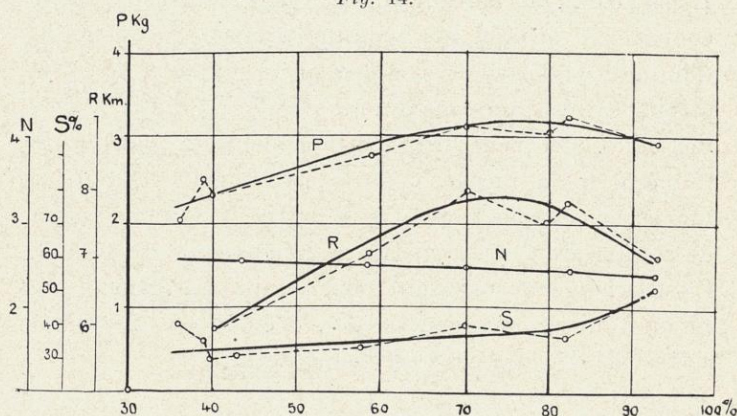
Les expériences avaient pour unique but d'obtenir l'allure des courbes, les valeurs *absolues* ayant du reste peu d'intérêt.

Étant donné l'importance des expériences du professeur Otto Willkomm, nous les étudierons pour chacun des textiles dans les différents chapitres que nous leur avons consacrés. (Coton, lin, laine et soie).

(1) Voir le Journal « *Leipziger Monatschrift für textil Industrie* », Leipzig, N° d'Août 1909 et suivants.

La figure ci-dessous donne les résultats graphiques des essais de résistance à la rupture des filaments de coton.

Fig. 14.



Filament de coton

RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE À LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ
RELATIVE DE L'AIR

- P = Charge de rupture ;
- S = Elasticité ;
- N = N° du fil ;
- R = Longueur de rupture ou résistance absolue.

La courbe P est la plus intéressante ; elle nous montre la résistance à la rupture en fonction de l'état hygrométrique de l'air. Les essais ont été faits à des températures variant entre 15 et 20° C. ; l'influence de la température n'a pas été relatée.

Remarquons que les courbes ont été tracées en tablant sur la température moyenne de 18° environ. La longueur moyenne des filaments était de 15 m/m, la longueur de *pinçage* de 3 m/m. Les résistances à la rupture sont très variables, même si l'humidité est constante ; cela provient de l'épaisseur inégale de la mèche de préparation, mais avant tout de l'irrégularité des filaments eux-

mêmes. Il en résulte que les points portés dans la figure ne donnent pas une courbe régulière quoiqu'étant les valeurs moyennes d'un grand nombre d'observations. Il est néanmoins certain que la courbe prend une allure concave et atteint son maximum entre 70 et 80 % d'humidité relative, c'est-à-dire que le filament de coton atteint sa résistance maximum vers 75 % d'état hygrométrique. On peut tirer cette conclusion puisque le numéro de la mèche varie constamment et dans le même sens comme le montre la courbe N. Comme valeur de comparaison, on admettra la longueur de rupture R. C'est la longueur nécessaire pour rompre un filament, un fil ou tout un faisceau de fils. L'équation exprimant cette valeur par le n° N est la suivante :

$$(1) \quad N = \frac{l}{g} = \frac{R}{P}$$

$$(2) \quad \text{et } R = NP.$$

l = longueur,

g = poids de cette longueur l ,

P = résistance à la rupture,

R peut être représentée comme fonction linéaire de la résistance absolue et compte également comme mesure de la résistance indépendamment du N°, soit :

$$(3) \quad R = PN = P \frac{l}{g}$$

$$(4) \quad R = P \frac{V}{q} \frac{1}{g} = P \frac{g}{q \gamma} \frac{1}{g} = \frac{P}{q \gamma}$$

$N = ql$ = volume de l'échantillon,

q = section,

γ = poids spécifique,

$g = V \gamma$ = poids total.

En introduisant au lieu de la résistance P pour la section q la résistance absolue a pour l'unité, c'est-à-dire 1 m/m^2 , nous aurons la fonction linéaire :

$$(5) \quad R = \frac{a}{\gamma}$$

La courbe R accuse son maximum entre 70 et 80 %.

Les essais donnent donc une indication en ce qui concerne la souplesse, et l'élasticité peut être prise comme échelle puisqu'un filament se rompt d'autant moins rapidement qu'il est plus souple.

La courbe S représente l'allure de l'élasticité (en % de la longueur de pinçage). L'accroissement s'effectue d'abord lentement, puis plus rapidement après 70 %. Ces observations s'accordent avec celles de la pratique. Les fibres de coton gagnent dans une humidité ne dépassant pas 80 %. Au delà la souplesse augmente, mais la résistance diminue.

Travaux de R. M. Baker ⁽¹⁾

Baker a procédé à des essais minutieux en opérant de la façon suivante :

Il a fait filer sur les mêmes machines, et avec la même matière, les différents numéros de fils de coton (20-25-30 et 35) et cela dans des salles humidifiées entre 40 et 80 % d'humidité relative. Avec chaque numéro de fil obtenu, il a fait une grande quantité d'essais de résistance. Ces essais sont représentés graphiquement dans la Figure 15.

Il a constaté une augmentation considérable de la résistance à la rupture quand le filage s'effectuait dans l'air accusant un état hygrométrique de plus en plus élevé.

La loi de cet accroissement de résistance paraît être (quand on s'en tient aux valeurs moyennes de 40 à 80 %, d'humidité relative), approximativement une fonction linéaire de la forme :

$$\gamma = a + x b.$$

γ = résistance à la rupture,

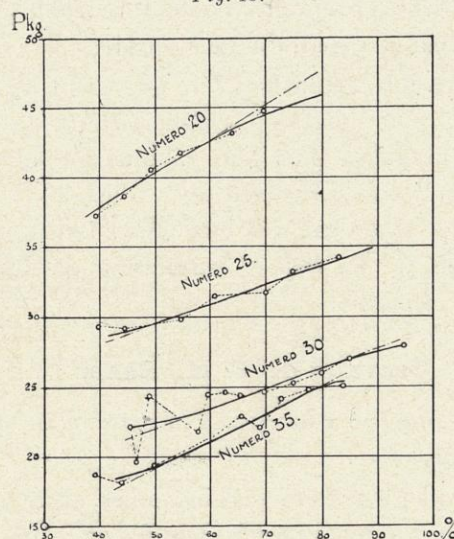
x = humidité de l'air.

Les courbes obtenues se rapprochent beaucoup de

(1) Textil Woild Recorder 1906.

celles de Müller (Fig. 11 et 12) relatives à la capacité hygroscopique des différents cotons. Ceci se comprend du reste facilement.

Fig. 15.



Résistance à la rupture de fils de coton
N^{os} 20-25-30 et 35 en relation avec l'humidité relative à laquelle
ils ont été filés.

IV

Opérations mécaniques de la filature de coton

Après la réception des balles de coton, on procède aux diverses opérations suivantes pour le transformer en fil :

- 1^o Les mélanges;
- 2^o Le démélage et nettoyage.
 - a) Par grosses quantités, *formation d'une nappe homogène* (ouvreuses et batteurs);
 - b) Par l'attaque fibre à fibre, *formation du ruban* (cardes et peigneuses).
- 3^o Laminage et parallélisation des fibres (étirages).
- 4^o Affinage progressif par les passages successifs (aux bancs à broches).
- 5^o Filage (sur renvideurs et continus).

Nature des cotons employés pour les différents numéros.

— On emploie généralement la classification suivante de coton suivant les numéros que l'on veut obtenir;

Numéros 0, 5 à 4. — Déchet des déchets. — Duvets de cardes. — Débourures de chapeaux, de tambour, de peigneur, de déchets travaillés, balayures.

Numéros 4 à 14. — Déchets de coton neuf. — Duvets de batteur, de cardes, débourrages divers, blouses provenant de coton neuf, cotons des Indes et d'Amérique courts.

Numéros 4 à 20. — Cotons des Indes, de la Chine, du Japon, du Levant et d'Amérique; courts 20 millimètres.

Numéros 12 à 40. — Amériques 25 à 30 millimètres. — Orléans, Texas, Uplands, Mobile, Benders, Jumels de qualités inférieures ou moyennes pour les trames, supérieures pour les chaînes.

Numéros 40 à 80. — Jumels purs ou Louisianes longs et cotons de l'Amérique du Sud, Pérou, Tahiti, etc...

Numéros 60 à 110. — Jumels Gallini qualités supérieures, Jumels Abassi, Joannovich qualités blanches supérieures, Georgie ordinaire, etc.

Nos 110 à 250. — Géorgies longues soies, Sea-Island, Fidji et Floride supérieurs.

On désigne généralement sous le nom de gros numéros ceux de 1 à 20; sous le nom d'ordinaires ceux de 21 à 40; depuis le N° 41 jusqu'au N° 70 on donne le nom de mi-fins; à partir du N° 71 jusqu'au N° 110, on emploie le qualificatif fin; les numéros au-dessus de 110 s'appellent extra-fins.

Cette classification n'a évidemment rien d'absolu.

Mélanges. — Les mélanges consistent à chercher à constituer une moyenne dans la qualité de plusieurs lots de coton. Par un stage de quelques jours dans les casiers

on laisse reprendre à la fibre ses qualités naturelles de forme et de souplesse, qu'elle a perdues par la violente compression de son emballage.

Pour ce travail et en vue surtout du travail qui va suivre on a intérêt à travailler un coton sec; il faut donc maintenir dans la salle de mélanges une température variant entre 22° et 25° suivant la nature du coton et son plus ou moins long séjour dans cette salle.

Ouvreuses et batteurs. — Comme son nom l'indique, l'ouvreuse a pour mission d'ouvrir le coton avant de le passer au batteur qui, lui, doit le débarrasser des boutons, des feuilles, du coton mort, des fibres adhérentes aux graines et des poussières.

Pour faciliter cette épuration, il faut que le coton soit sec, il faut maintenir dans la salle des batteurs une température d'environ 22°.

Cardes. — Le cardage a pour but de déchevêtrer les fibres de coton, d'ouvrir les flocons que laisse le batteur et de nettoyer le coton en enlevant toutes les petites impuretés que contient encore la matière au sortir du battage.

Pour cela, on a recours à une division complète de la matière en la répartissant en petite quantité sur une grande surface couverte d'un grand nombre d'aiguilles très fines et élastiques.

Le cardage est une des principales opérations dans les filatures de coton et doit se faire dans une température qui ne doit pas être inférieure à 22° et qui peut aller jusqu'à 25° suivant la nature de la fibre travaillée.

On ne doit pas maintenir dans la carderie un état hygrométrique supérieur à 50-55 % (toujours suivant la nature de la fibre); sauf pour les cotons teints et blanchis, mais quand l'air est plus sec, il y a intérêt à le ramener à cette humidité relative, pour le travail, d'a-

bord, pour atténuer ensuite le dégagement de poussières occasionné par le travail de la carde et l'opération du débouillage.

Etirages. — Les étirages produisent la régularité et l'homogénéité du ruban par des doublages et des laminages successifs, ainsi que la parallélisation des fibres qui est très imparfaite dans le ruban de carde.

L'état hygrométrique qui convient le mieux pour cette opération est 55 % à 60 %, avec une température de 22° à 25° (suivant le coton employé). Les cotons teints et blanchis demandent 70 à 75 %.

Bancs à broches. — C'est sur ces machines que commence la série des opérations successives d'étirage et de torsion qui, combinées, transformeront les rubans en mèches.

Ces mèches seront elles-mêmes transformées en fil.

On distingue plusieurs genres de bancs à broches : Le banc en gros, le banc intermédiaire, le banc en fin, le banc en surfin.

On n'emploie généralement que 2 bancs jusqu'au N° 10. Le banc en surfin est habituellement employé pour les numéros ordinaires 20 à 40 en double mèche et à partir du N° 60 en peigné.

La température convenable dans les salles de préparation varie suivant la nature du coton travaillé.

Pour les cotons de l'Inde, de Chine, du Japon, du Levant et d'Amérique courts qui sont généralement employés pour les N°s 4 à 20, la température de 22° convient parfaitement. L'état hygrométrique sera maintenu à 55 %.

Pour les cotons d'Amérique plus longs et Jumels de qualités inférieures qui servent à fabriquer des fils N°s 12 à 40, il faudra une température de 22° avec une humidité relative de 55 %.

Les Jumels purs ou Louisianes longs, cotons de l'Amérique du Sud, etc... employés pour les filés N^{os} 40 à 80. La température sera maintenue à 24° avec un état hygrométrique de 55 %.

Les Jumels qualités supérieures et Géorgies longues soies qui permettent d'obtenir des filés N^{os} 60 à 110, ainsi que le Sea-Island, Fidji et Floride supérieurs donnant des filés N^{os} 110 à 250, une température de 25° est nécessaire avec 60 % d'état hygrométrique. Les cotons teints et blanchis demandent une température de 22° et 65 % à 70 % d'humidité relative.

Peignage. — Le but du peignage est de compléter le travail d'épuration de la carde pour les cotons destinés aux numéros fins, de ranger et paralléliser les filaments d'une manière parfaite et surtout d'éliminer les fibres plus courtes qui n'atteignent pas la longueur voulue. Généralement on peigne le coton destiné à produire des filés pour la bonneterie, les articles de Lyon (soie et coton) ainsi que des chaînes pour retors et fil à coudre.

Pour les autres utilisations l'opération du peignage est facultative jusqu'au numéro 80.

Il y a grand intérêt à humidifier fortement les salles de peignage. L'humidité relative la plus favorable est 75 % et la température 25°.

Filage. — Les mèches produites aux bancs à broches sont transformées en fils aux métiers à filer.

Il existe deux genres de métiers à filer :

Le *self-acting* ou *renvideur* dans lequel les diverses opérations, laminage de la mèche, torsion et renvidage se font successivement.

Le *ring-throstles* ou *continu* dans lequel ces opérations se font simultanément.

On file généralement sur renvideurs les gros numéros en trame, les numéros mi-fins et fins, chaînes et trames

et les trames floches; sur continu les gros numéros en chaîne et les numéros ordinaires chaîne et trame.

On ne dépasse guère sur continus le N° 50 pour la chaîne et le N° 40 pour la trame.

Il a été impossible jusqu'à présent d'arriver à produire plus économiquement sur continus que sur renvideurs les fils de numéros plus fins que ceux que nous venons d'indiquer, et dans la plupart des cas on rencontrait au contraire plus de difficultés.

V

**Détermination des températures
et des états hygrométriques minima
pour le meilleur travail en filature de coton**

La température et l'état hygrométrique minima pour le meilleur travail en filature varient dans des limites très grandes. Jusqu'à présent on ne s'est pas suffisamment préoccupé, quand on indiquait des chiffres, de la nature du coton travaillé ni des numéros que l'on voulait produire; or cela a une importance capitale et il n'est guère possible d'assimiler une filature, employant des renvideurs pour produire des N°s 20 à 40, à une filature employant des machines de même nom pour fabriquer des N°s 250.

La différence est aussi importante que si l'on comparait un atelier pour construire des machines à vapeur de 1.000 HP à un atelier s'occupant exclusivement d'instruments de précision pour la physique.

Tous les deux sont des ateliers de mécanique et tous les deux emploient des outils portant les mêmes noms, les tours par exemple, mais jamais personne ne songe à les comparer.

Il ne faut pas non plus comparer une filature de gros numéros ou de numéros ordinaires et une filature de numéros extra-fins.

Dans l'une, les cotons employés seront de fibre courte, parfois dure et grossière ; dans l'autre la fibre mesurera jusqu'à 45 et 55 m/m et aura une soie d'une finesse extrême.

Dans la première, la valeur du fil produit sera parfois 20, 30 et 40 fois moins grande que dans la seconde.

On aura une idée encore plus nette de la différence qui existe entre les deux filatures si l'on considère que le fil sortant du renvideur produisant des gros numéros est souvent beaucoup plus gros que la mèche qui va être filée sur le renvideur produisant des fils extra-fins.

On conçoit donc la nécessité qu'il y a d'établir un barème relatant dans quelles ambiances il y a lieu de placer les différents cotons employés pour produire des filés divers.

Nous donnons plus loin ce barème qui est le résultat d'une étude de neuf années et d'observations faites dans plus de 270 salles de filatures de coton, dans lesquelles nous avons été appelé à établir jusqu'ici des installations d'humidification, ventilation et rafraîchissement.

Ces installations ont été montées dans des filatures de France, d'Angleterre, d'Allemagne, d'Alsace, de Belgique, d'Italie et d'Espagne et dans chacun de ces pays nous avons eu la bonne fortune de pouvoir discuter chaque fois la question, lors du fonctionnement des installations, avec les industriels ou les directeurs d'usines.

C'est le résumé de ces discussions nombreuses et des opinions diverses sanctionnées par la pratique que nous avons condensé dans les tableaux qui suivent.

TABLEAU XIX
GROS NUMÉROS

COTONS DES INDES, DU JAPON, DU LEVANT ET AMÉRIQUE COURTS

T = Température Minimum. — $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum à la température considérée

N ^o DES FILÉS	MÉLANGES TEMPÉRATURE	CARDES		ÉTIRAGES		BANCS A BROCHES		FILATURE							
		Température. $\frac{f}{F}$		T $\frac{f}{F}$		T $\frac{f}{F}$		RENVIDEURS				CONTINUS			
								Trame.		Chaine.		Trame.		Chaine.	
								T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
4	En admettant un séjour d'une semaine dans la salle de mélange 22°														
5															
6															
8															
10		22	50 %	22°	55 %	22°	55 %	22°	55 %	22°	60 %	22°	65 %	22°	70 %
12															
14															
16															
18															
20															

Gros numéros

Une température supérieure à celle de 22° C n'est pas utile. En été cependant, il est impossible dans les salles de filature de maintenir une température aussi basse, à cause de l'élévation de température due à la transformation en chaleur de la force non utilisée en travail utile. Dans ce cas, il faudra recourir à la ventilation combinée à l'humidification pour produire le rafraîchissement, suivant les principes que nous avons étudiés dans le chapitre IV.

L'état hygrométrique qu'il ne faudra jamais dépasser dans ces salles de travail sera 60 % aux cardes, 65 % aux bancs et aux étirages, 70 % aux renvideurs et 80 % aux continus.

Au-dessus de ces états hygrométriques le travail souffrirait.

Dans la salle de préparation, il faut s'arranger pour que l'état hygrométrique au-dessus des cardes soit moindre qu'au-dessus des bancs et des étirages.

Quand on file dans une même salle la trame et la chaîne, comme la trame demande moins d'humidité, il faudra choisir un état hygrométrique moyen.

Il faut chercher à obtenir avant tout un état hygrométrique constant et régulier.

TABLEAU XX
NUMÉROS ORDINAIRES
COTONS D'AMÉRIQUE ET JUMEL QUALITÉ INFÉRIEURE

T = Température minimum. — $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum à la température considérée

N ^o DES FILS	MÉLANGES TEMPÉRATURE	CARDES		ETIRAGE		BANCS A BROCHES		FILATURE							
		Température. $\frac{f}{F}$		T $\frac{f}{F}$		T $\frac{f}{F}$		RENVIDEURS				CONTINUS			
								Trame.		Chaîne.		Trame.		Chaîne.	
								T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
12	En admettant un séjour d'une semaine dans la salle de mélange														
14															
16															
18															
20															
22															
24															
26	22°	22°	50 %	22°	55 %	22°	55 %	24°	55 %	24°	60 %	24°	65 %	24°	70 %
28															
30															
32															
34															
36															
38															
40															

Numéros ordinaires

Les températures et états hygrométriques indiqués au tableau ci-dessus sont des minima pour le meilleur travail; il n'y aura pas d'inconvénients à travailler à des températures un peu supérieures.

Les % d'humidité que l'on ne devra pas dépasser sont : 60 % aux cardes, 65 % aux bancs, aux étirages et aux renvideurs et 80 % aux continus. Avec 70 % aux continus on peut diminuer sensiblement la torsion tout en gardant au fil une résistance égale.

Il faut chercher à obtenir un état hygrométrique constant d'un bout à l'autre de l'année; la température ne

devra varier que dans la plus petite limite possible. On y arrivera par de bonnes installations de chauffage pour l'hiver et de rafraîchissement en été (voir 1^{re} et 2^e parties).

Quand les états hygrométriques sont inférieurs à ceux relatés dans le tableau ci-dessus, le travail s'effectue plus difficilement et les conditions peuvent devenir très onéreuses, le fil n'est plus aussi lisse ni aussi résistant; il y a beaucoup de casses et une forte évaporation sous forme de duvets.

TABLEAU XXI

NUMÉROS MI-FINS

COTONS JUMELS PURS, LOUISIANE LONGS ET AMÉRIQUE DU SUD

T = Température minimum. — $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum à la température considérée

Nos DES FILÉS	MÉLANGES	TEMPÉRATURES	CARDES		ÉTIRAGES		BANCs A BROCHES		PEIGNEUSES		FILATURE					
			Températures		T		T		T		RENVIOURS			CONTINUS		
											Trame.		Chaine.		Chaine.	
											T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
											T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
40	Chaine.	24°	24°	50 %	24°	55 %	24°	55 %	24°	75 %	»	»	24°	60 %	24°	70 %
50		24°	24°	50 %	24°	55 %	24°	55 %	24°	75 %	24°	55 %	»	»	»	»
80	Trame.															

Numéros mi-fins

On remarque que la température la plus favorable s'élève à mesure que le fil à produire est plus fin et que les cotons employés sont plus longs.

Quand les états hygrométriques sont inférieurs à ceux mentionnés, le travail est difficile.

Il faut donc chercher à réaliser dans chaque salle les conditions indiquées dans les tableaux.

D'autre part, il ne faudra jamais pousser l'état hygrométrique au delà d'une limite de 10 % au-dessus de ce que nous indiquons dans nos tableaux, sans cela les conditions du travail deviendraient de nouveau mauvaises.

TABLEAU XXII

NUMÉROS FINS

COTONS JUMELS BLANCS QUALITÉS SUPÉRIEURES ABASSI JOANNOVICH, etc.
ET GEORGIE ORDINAIRE

T=Température minimum.— $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum
à la température considérée

NUMÉROS DES FILÉS	MÉLANGES TEMPÉRATURES	CARDES		ÉTIRAGES		BANCs A BROCHES		PEIGNEUSES		FILATURE-RENVIDEURS			
		T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	Trame.		Chaîne.	
										T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
60 à 80 84 90 97 100 106	25°	25°	55 %	25°	60 %	25°	60 %	25°	75 %	»	»	27°	60 %
	25°	25°	55 %	25°	60 %	25°	60 %	25°	75 %	27°	55 %	»	»

TABLEAU XXIII

NUMÉROS EXTRA-FINS

COTONS GEORGIES LONGUES SOIES ET SEA ISLAND

T=Température minimum.— $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum
à la température considérée

Nos DES FILES		MÉLANGES TEMPÉRATURES	CARDES		ETIRAGES		BANCS A BROCHES		PEIGNEUSES		FILATURE-RENVIDEURS			
Trame	Chaîne		T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	Trame.		Chaîne.	
											T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
110 115 130 135 140 150 160	80 84 100 110 120	25°	25° 55 %	25° 60 %	25° 60 %	25° 60 %	25° 75 %	29° 55 %	29° 60 %					
		Séjour deux semaines.												
	126													
	135													
	143													
170	152													
180	160		25°	25° 55 %	25° 60 %	25° 60 %	25° 75 %	30° 55 %	30° 60 %					
190	169													
	177													
	186													
	195													
200	203													
220	211													
230	220	25°	25° 55 %	25° 60 %	25° 60 %	25° 75 %	31° 55 %	31° 60 %						
240	230													
250														

Numéros fins et extra-fins

La température doit être maintenue plus élevée dans les salles de filature. Cela tient à la grande difficulté que l'on éprouve à filer les fins numéros.

La moindre entrée d'air extérieur amène une perturbation dans le travail du métier qui se trouve à proximité. Par vents secs, les métiers les plus près des fenêtres travaillent plus mal, les ruptures sont très fréquentes.

Pendant l'été le rafraîchissement à obtenir dans ces salles est très faible, mais par contre l'état hygrométrique et la température demandent la plus grande régularité.

Les fils sont également très sensibles aux courants d'air qu'il faut éviter à tout prix, en mettant les salles sous pression.

TABLEAU XXIV

FILATURE DE COTON TEINT

COTONS D'AMÉRIQUE

T = Température minimum. — $\frac{f}{F}$ = Humidité relative ou état hygrométrique minimum à la température considérée

NUMÉROS DES FILÉS	MÉLANGES	CARDES		ETIRAGES		BANCS A BROCHES		FILATURE RENVIDEURS	
	T	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$	T	$\frac{f}{F}$
No 8 à 30 Moyenne no 12-14 filé floche principalement pour bonneterie.	22°	22°	65 %	22°	70 %	22°	65 %	24°	60 %

Cotons teints

Pour les cotons teints, qui, en général, n'ont pas repris leur humidité après leur sortie du séchoir, l'humidification doit être plus importante à la préparation, aux étirages surtout.

Les cotons teints sortant des séchoirs sont mis dans des cases où ils restent au repos pendant un certain temps avant de passer au battage, après lequel ils restent pendant vingt-quatre heures dans la salle des cardes qui doit être humidifiée comme nous l'indiquons.

Les états hygrométriques ainsi que les températures que nous recommandons sont des minima, car le mode de teinture peut exiger un séchage plus parfait, ce qui se présente toujours pour les nuances unies et les noirs très chargés; dans ce cas la fibre sera plus sensible à l'influence de l'électricité et il faudra augmenter de 5 % les états hygrométriques que nous avons indiqués dans le tableau ci-dessus.

Pour le coton blanchi, traité par le chlore, le travail sans humidification est presque impossible; il faut surtout humidifier aux cardes immédiatement après le battage. On devrait même humidifier avant de passer aux batteurs, de façon à laisser reprendre au coton une certaine humidité naturelle. On en est empêché par la difficulté que l'on éprouve à obtenir un coton bien propre, car le coton blanchi est presque exclusivement du Louisiane, coton difficile à nettoyer.

Il faut augmenter de 10 % dans les premières opérations de la préparation (cardes et étirages) les chiffres du tableau ci-dessus.

CHAPITRE VI

LIN — JUTE — CHANVRE PHORMIUM ET RAMIE

LE LIN

I

Le lin est un genre de linacées textiles qui dès l'antiquité a été employé pour le linge fin.

L'espèce la plus importante est le lin cultivé, originaire d'Asie.

Il est cultivé en grand dans le Nord de l'Europe et affectionne particulièrement les terres légères mais profondes et fraîches.

La Russie, la Belgique, le Nord de la France et la Hollande, en fournissent une grande quantité.

La tige du lin atteint 50 à 60 cm, quelquefois même 1 mètre. Elle porte des feuilles pointues, étroites et allongées.

Chacune des plantes porte des fleurs de couleur bleu-clair violacé qui s'épanouissent en juin et juillet. Ces fleurs sont bientôt remplacées par un fruit qui a la forme d'une capsule. Cette capsule est divisée en 5 lobes subdivisées en 10 logettes dont chacune renferme une graine allongée appelée graine de lin.

Le lin le plus rémunérateur dans nos pays est le lin commun dont la tige atteint 60 à 65 cm. de hauteur ;

Le lin se sème à la volée du 1^{er} au 31 mars. Immédiatement après les semailles on herse et on roule le sol. Huit jours après les semailles le lin est levé et 4 à 6 jours après il atteint 5 cm. de hauteur. On procède alors au sarclage qui se fait à la main et qui a pour but d'arracher toutes les plantes étrangères.

Le sarclage terminé, il n'y a plus qu'à abandonner la linière à elle-même jusqu'au jour de la récolte.

Il faut compter qu'il s'écoule environ 16 à 17 semaines entre l'ensemencement et la récolte.

Le degré de maturité nécessaire pour obtenir de bonnes filasses se reconnaît au développement des capsules. Il faut choisir le moment où les feuilles jaunissent et tombent, les graines étant encore laiteuses et où les tiges sont également jaunâtres à leur partie inférieure sur à peu près le tiers de la hauteur.

L'arrachage a lieu à ce moment, il se fait à la main en prenant les tiges par poignées.

On le laisse ensuite reposer pendant un certain temps, puis il subit l'opération du battage qui a pour but d'extraire les graines contenues dans les capsules.

L'opération du rouissage suit celle du battage. Le rouissage a pour but d'éliminer, de dissoudre ou de détruire les matières qui agglutinent les fibres et aussi de transformer une partie de ces matières qui n'est autre que de la peptose.

Le meilleur mode de rouissage est celui qui sépare le mieux la partie ligneuse de la partie filasse en agissant uniformément sur toutes les parties de la plante sans nuire au rendement et à la qualité du lin.

Plus le lin sera désagrégré, privé de ses matières gommeuses, plus il sera cassant et peu résistant.

Le rouissage peut se faire soit à l'eau courante, soit à l'eau stagnante, soit sur prés et à l'eau alternativement

Les eaux de la Lys possèdent des qualités spéciales pour ce genre d'opération.

Après le rouissage le lin est séché, puis subit les diverses opérations du teillage qui séparent les parties ligneuses de la filasse.

Qualités des lins suivant les pays ⁽¹⁾

Nous donnons ci-après un résumé des différentes variétés de lins.

France. — Les lins de Bergues (arrondissement de Dunkerqué) sont souples, forts et un peu gras au toucher.

Les lins de la Lys (département du Nord) sont très fins, leur couleur varie du gris verdâtre au blanc jaunâtre.

Les lins de Flines sont blancs, très beaux, recherchés pour la filterie supérieure.

Les lins de l'Oise et de la Marne sont de couleurs assez favorables, mais irréguliers.

Les lins de Bernay sont de couleur verdâtre, mais très résistants, s'emploient comme fils de chaîne.

Les lins de Caux sont de couleur gris cendré, tendres, un peu secs et cassants, s'emploie comme fils de trame.

Les lins de Coutances, connus sous le nom de lins d'hiver parce qu'ils sont semés en automne et ont à supporter toutes les rigueurs de l'hiver, sont blanchâtres, forts et sont employés à la confection des gros numéros.

Les lins de Picardie sont généralement de couleur rousse, assez estimés.

Les lins de Mayenne sont de couleur favorable, très souples, se travaillent facilement et produisent des fils de numéros fins.

Les lins de Bretagne ont une belle nuance, beaucoup de force, mais généralement mal rouis.

Les lins d'Anjou se subdivisent en deux variétés, lins d'été et lins d'hiver; les premiers, semés au printemps: joignent à la blancheur une certaine souplesse et de la force, mais la quantité récoltée est peu importante; les seconds, semés avant l'hiver, sont jaunes ou blancs, ils

(1) *Traité de Filature et de Tissage*, par L. BIPPER.

sont plus durs que les lins d'été et sont assez recherchés pour les mélanges, parce qu'ils donnent de la consistance aux fils.

Les lins de Vendée sont de couleur verdâtre, assez fins, mais dépréciés en raison de ce qu'ils sont mal travaillés.

Les lins du Midi sont de qualité ordinaire, mais peu employés dans les pays du Nord.

Belgique. — La Belgique a la spécialité des beaux lins.

Les lins de Courtrai passent pour les meilleurs de l'Europe, ils sont jaunâtres, doux et soyeux.

Les lins de Lokeren sont d'un gris argent très éclatant et peuvent produire les numéros les plus fins.

Les lins de Gand sont de qualité plus ordinaire.

Les lins de Bruges sont très forts et donnent un grand rendement.

Les lins de Malines sont moins forts, mais très fins et très estimés.

Les lins de Tournai sont de bonne qualité et très forts.

Les lins de Liège sont assez fins.

Hollande. — Les lins de la Frise sont de couleur foncée, leur filasse est dure et difficile à travailler.

Les lins de Zélande sont plus doux et plus souples.

Enfin les lins bleus de Hollande ont une belle nuance et sont très réguliers.

Russie. — Le lin est, pour ce pays, une des branches de commerce les plus importantes, ce lin nous arrive en France des ports de la Russie qui donnent leur nom aux différentes variétés.

Les lins de Riga sont les plus employés, ils sont de très bonne qualité pour numéros courants, leur couleur varie du blanc au gris.

Les lins d'Arkangel sont de couleur gris argenté, quelquefois roux, souvent un peu maigres, mais bien travaillés.

Les lins de Pernau, Reval, Saint-Pétersbourg, sont de qualité ordinaire.

Production du lin

On estime que la France produit environ 40 millions de kilos de filasse, production qui est loin d'être suffisante pour la consommation de la filature; aussi recevons-nous de la Belgique, de la Russie et de la Hollande une certaine quantité de cette matière nécessaire à l'alimentation de nos usines.

On évalue à 40 millions de kilos la quantité de filasse importée annuellement de Russie; à 13 millions la quantité importée de Belgique, et à 1 ou 2 millions celle des autres pays.

II

Propriétés hygroscopiques du lin

Dans le chapitre IV nous avons donné le résultat des expériences de Müller sur la capacité hygroscopique des filaments. En se reportant au tableau résumant ces expériences, on pourra se rendre compte de la capacité hygroscopique du lin exprimée en % de la matière sèche.

Le lin placé dans un air accusant 44 % d'état hygrométrique peut contenir 7,25 % d'eau, tandis que son pouvoir absorbant est de 11,04 % dans un air saturé à 79 % d'humidité relative.

III

Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre de lin

Le lin sec contient ordinairement de 70 à 75 % de bois et de 27 à 30 % d'écorce. Dans l'écorce il y a environ 58% de matière fibreuse, 25 % de matières solubles dans l'eau et 17 % de matières insolubles.

Les filaments de lin, observés au microscope, sont disposés bien régulièrement, de longueur et de diamètre le plus souvent uniformes et présentant toujours une surface lisse et brillante; ils sont très résistants, quant à leur finesse, elle varie suivant les provenances de $1/50$ à $1/140^e$ de millimètre. La longueur des fibres du lin est très variable; certains lins ont des fibres courtes variant entre 3 m/m 75 et 7 millimètres, d'autres ont des fibres longues allant jusqu'à 35 et 40 millimètres.

La fibre du lin est composée de filaments très fins qui adhèrent les uns aux autres au moyen d'une espèce de gomme qui est soluble dans l'eau.

La chaleur et l'humidification ont une influence très grande sur la fibre de lin. Cette fibre s'électrise très facilement, ce qui produit une division des filaments qui se repoussent et se redressent. — L'humidification a l'avantage de supprimer ce grave inconvénient.

La fibre de lin placée dans une température et une humidité favorables acquiert aussi plus de force et d'élasticité comme le démontrent les expériences d'Otto Willkomm que nous allons résumer.

Travaux d'Otto Willkomm

Parmi les herbes textiles il a pris pour ses essais une fibre type et c'est le lin qu'il a choisi, parce que ce textile a une importance commerciale plus grande que le chanvre, le jute ou la ramie.

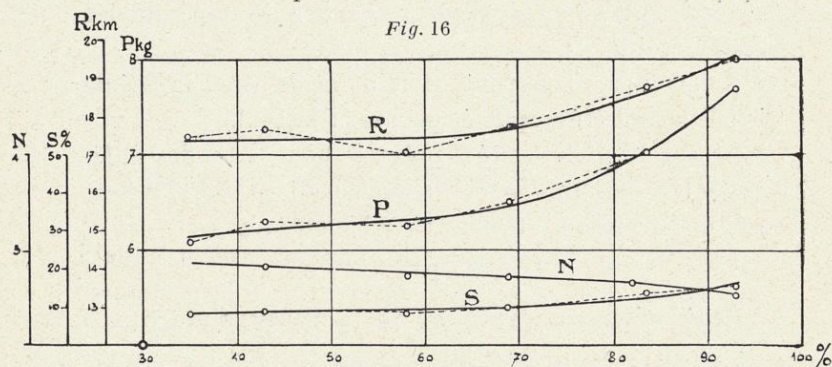
Les propriétés du lin dans un air contenant une humidité croissante ont pour le tissage le plus grand intérêt.

L'auteur dit que l'intérêt est moindre pour la filature parce que la plus grande partie des filés produits est travaillée sur des machines à filer au mouillé.

S'il est vrai que le filament absorbe par ce procédé une grande quantité d'eau, les différents observateurs, et plus particulièrement de Honnells, ont trouvé que le fil

ainsi travaillé absorbe une quantité d'eau inférieure à celle qu'il s'approprie quand il est placé dans l'air humide.

Nous donnons ci-dessous un graphique qui montre les résultats obtenus par le Professeur Otto Willkomm.



Fibre de lin

RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE À LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR.

P = Charge de rupture.

S = Elasticité.

N = N° du fil.

R = Longueur de rupture ou Résistance absolue.

D'après les expériences, la courbe P représentant la résistance à la rupture croît d'abord lentement jusqu'à l'état hygrométrique de 70%; — si l'humidification augmente, la courbe croît alors brusquement.

La courbe P du lin accuse une différence frappante avec celle du coton qui représente une matière textile d'une famille toute différente, puisque ce dernier textile est constitué par les poils qui recouvrent la *graine* d'arbres ou d'arbrisseaux, tandis que le premier est fourni par le liber et de la tige d'une grande herbe.

Les 2 courbes sont concaves, mais la concavité de la courbe du coton est dirigée vers le haut, tandis que celle du lin est au contraire dirigée vers le bas.

Au-dessus de 70 % d'humidité relative, les courbes P et R croissent brusquement pour le lin et décroissent pour le coton.

Malgré quelques écarts de valeur en plus ou en moins les courbes P R et N obtenues pour le lin ont une marche générale analogue à celle des courbes correspondantes pour le coton.

(La comparaison peut se faire facilement, la même échelle ayant été employée pour ces courbes).

La courbe d'élasticité S présente pour le lin des différences bien nettes. Parfois l'allongement est nul ; d'autres fois, on le constate, mais assez faiblement.

IV

Opérations mécaniques de la filature de lin

La filasse de lin dégagée des parties ligneuses par les diverses opérations du teillage est tout d'abord peignée.

Le peignage se fait soit à la main, soit mécaniquement. Les étoupes (déchets du peignage) sont cardées.

On donne comme dans les autres textiles le nom de Préparation aux opérations qui précèdent le filage.

Les diverses machines employées pour le travail de Préparation sont : l'étaleuse, les étirages ou doubleuses et les bancs à broches.

En sortant du banc à broches le lin est prêt à être filé.

Il y a deux méthodes employées pour la filature suivant la finesse du fil que l'on veut obtenir.

Les fils de lin compris entre le numéro 1 et le numéro 25 et les fils d'étoupe compris entre le numéro 1 et le numéro 20 sont filés au sec.

On file au mouillé depuis le numéro 10 jusqu'au numéro 250 en lin et depuis le numéro 4 jusqu'au numéro 40 en étoupe.

Le métier à filer au sec et le métier à filer au mouillé ne diffèrent que dans la forme et la disposition de certains organes, ils sont les mêmes quant au fond.

Dans la filature au mouillé la mèche de lin ou d'étoupe vient passer à travers un bac contenant de l'eau chaude.

Les fibres de lin sont composées de filaments très fins adhérents les uns aux autres, au moyen d'une espèce de gomme soluble dans l'eau, c'est afin de dissoudre cette gomme et de permettre aux filaments de glisser facilement les uns sur les autres qu'on fait passer la mèche dans l'eau chaude.

V

**La chaleur et l'humidification en filature
de lin et d'étoupe**

Lin. — Les diverses opérations du peignage du lin irritent la fibre; celle-ci se prête plus difficilement aux diverses opérations de la préparation et de la filature, l'action nuisible de l'électricité se fait ici également sentir.

C'est pourquoi on remarque que si l'on a pu laisser reposer pendant quelques jours, dans une salle humide, des bobines de préparation que l'on avait d'avance, celles-ci se travaillent beaucoup mieux quand elles passent aux métiers à filer au sec.

Une certaine température et un certain état hygrométrique sont donc indispensables au bon filage et donnent à la fibre plus de moelleux, plus de main et plus de poids.

On doit commencer à humidifier le lin immédiatement après peignage, c'est-à-dire dès qu'il est transporté dans le magasin, car cela facilitera et améliorera le travail dans les opérations futures. — Dans ce magasin il faudra maintenir 80 % d'état hygrométrique.

En préparation, la température qui convient le mieux est 18 à 20° C. avec un état hygrométrique de 80 %.

Pour la filature une température un peu plus élevée 24° C. est nécessaire, l'état hygrométrique devra être maintenu à 80 %.

Étoupe. — Nous avons dit que les déchets du peignage, les étoupes, passaient à la carde; mais auparavant ces étoupes sont classées et mélangées dans des salles spéciales où il est bon de maintenir un état hygrométrique très élevé, 90 %.

De cette façon, on peut supprimer l'arrosage superficiel que l'on fait subir aux différentes nappes d'étoupe que l'on superpose les unes au-dessus des autres pour faire les mélanges.

A la sortie de la carde, l'étoupe subit la même préparation que le lin (Étirages, bancs à broches).

Il faut humidifier pour les mêmes raisons que pour le lin, la préparation et la filature d'étoupe.

Nous donnons plus loin un tableau résumant les températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en filature de lin et d'étoupe.

LE JUTE

I

Le jute est une grande herbe de la famille des Taliacées, le *corchorus capsularis*. Sa tige est droite et unie et atteint une hauteur de 2 à 3 mètres.

Cette plante textile provient exclusivement du Bengale (Indes Anglaises). Elle pousse dans les terrains d'alluvions du Gange et de ses affluents, par conséquent en pays chaud et humide.

Il a été impossible jusqu'ici d'obtenir de bons résultats dans la culture de cette herbe dans les autres parties de l'Asie, malgré les nombreux essais qui ont été faits.

On le sème en Avril-Mai, on sarcle les champs quand la tige a 0 m. 30 de haut, la floraison a lieu en août, on le coupe en Septembre avant la maturité des fruits.

Quand les tiges sont coupées, on les met en faisceaux et on les plonge sous l'eau pour le *rouissage*; cette opération dure de 10 à 20 jours.

Pour obtenir la fibre à l'état pur, on commence par enlever à la main, près de la racine, une partie de l'écorce, puis on frappe les tiges sur une planche de manière à détacher l'écorce d'un bout à l'autre. Le jute n'a pas besoin d'être teillé; on se contente de le laver pour enlever les impuretés ainsi que la quantité relativement grande de matière résineuse à moitié dissoute qui l'entoure, puis il est séché au soleil.

On le met alors en botte et on l'envoie au marché de Calcutta où il est vendu à des maisons de négoce qui se chargent de le classer. Il est mis en balles de 180 kilos, puis expédié dans le monde entier.

Le jute est employé pour la confection des sacs divers (sucre, charbon, farine, engrais).

Il sert à faire les toiles d'emballage, les tapis, les tissus d'ameublement, les cordes, les ficelles, etc...

Mélangé au lin ou au chanvre, on en fait au tissage des toiles grossières.

Les premiers essais pour filer le Jute ont été faits en France, dans le Nord et la vallée de la Somme, vers 1850; mais à cette époque, l'emploi du jute pour la fabrication des sacs avait déjà pris une très grande extension à Dundée.

Pendant près de 30 ans, ce district a été à peu près le seul à fabriquer du fil et des tissus de jute qui étaient employés principalement pour les sacs.

Depuis, des usines se sont montées un peu partout en Europe, mais depuis une vingtaine d'années, des filatures et des tissages très importants ont été fondés dans le pays même de production et à Calcutta. Ces établissements consomment à l'heure actuelle la moitié de la production totale de cette fibre, qui est en moyenne de 7 millions et demi à 8 millions de balles par an, soit 1.400.000 tonnes.

La France aussi a fait, depuis 1870, d'assez sensibles progrès. On estime à 44.000 tonnes la consommation de notre pays en 1892 et à 115.000 tonnes celle de 1907. La consommation a donc presque triplé en 15 ans.

La fabrication est localisée en France dans le département du Nord et la vallée de la Somme.

II

Opérations mécaniques de la filature de jute

Le jute déballé passe d'abord à l'ouvreuse dans laquelle les mèches sont brisées et assouplies.

La filasse est ensuite ensimée avec un mélange d'eau, d'huile et de potasse constituant un savon qui produit une espèce de recollage et qui permet le glissement des fibres les unes sur les autres. En même temps qu'elle est ensimée, la fibre passe dans l'assouplisseuse.

Après ces opérations, on laisse reposer le jute pendant un temps variable, environ 48 heures.

Le cardage vient ensuite ; le jute subit 2 cardages successifs ; on donne le nom de carde briseuse à celle qui effectue le premier travail et celui de finisseuse à celle qui le termine.

On emploie aussi, quelquefois, le peignage qui se fait mécaniquement d'abord, puis est terminé à la main.

Pour ces diverses opérations, il n'est pas utile d'employer l'humidification ni de maintenir une température déterminée dans les salles.

Il suffit de chauffer suffisamment les salles pour permettre aux ouvriers de travailler dans une température qui leur soit favorable.

Les opérations qui suivent le cardage sont identiques à celles de la filature de lin et on emploie du reste des machines semblables (étirage, bancs à broches et métiers à filer).

Il est très avantageux pour la préparation et la filature de maintenir les salles dans des conditions spéciales de température et d'humidité relative. Les filaments de jute sont très irréguliers, durs et peu élastiques, leur diamètre varie de $1/33$ à $1/100$ de millimètre.

La fibre du jute n'est pas aussi gommeuse que celle du lin.

Quand les vents secs soufflent, on s'en aperçoit immédiatement; à la filature la fibre se brise davantage surtout la chaîne qui est plus tordue et l'évaporation sous forme de duvet est beaucoup plus grande.

Il faut maintenir dans la salle de préparation une température de 18° avec 70 % d'état hygrométrique. La filature exige une température un peu plus élevée, 22° avec une humidité relative de 80 %.

LE CHANVRE

I

Le Chanvre est un genre de plantes textiles qui portent le chènevis. Ce textile a beaucoup d'analogie avec le lin.

Le chanvre est une plante dioïque, les fleurs mâles sont disposées en grappes et les fleurs femelles en épis.

La tige est élancée, rameuse, et atteint une hauteur qui varie de 1 mètre 50 dans le Nord et jusqu'à 3 à 4 mètres dans le Midi.

Le chènevis se sème plus ou moins dru, suivant les produits à obtenir. On trouve dans l'Anjou deux espèces bien distinctes de chanvres : l'une, qui compose les deux tiers de la récolte, est vendue pour le service des corderies, c'est le chanvre cordier; l'autre, qui égale en force, en souplesse et en blancheur les plus beaux chanvres d'Italie, est employé pour la fabrication des toiles : elle est connue sous le nom de Chanvre de vallées. Pour ceux-ci, on sème très épais afin d'obtenir des chanvres plus souples; les mâles et les femelles sont arrachés en-

semble. Pour ceux-là on sème moins serré; les chanvres sont plus durs et on tient à récolter le chènevis; il faut donc que les tiges ne soient pas assez rapprochées pour nuire à la séparation des pieds mâles et des pieds femelles. Les pieds mâles sont ceux qui portent la graine, on les appelle ainsi parce qu'ils sont plus robustes que les pieds femelles.

Les pieds femelles sont ceux qui portent les étamines. Ils mûrissent avant les autres et on doit les arracher au moment de leur maturité.

Il faut semer le chènevis à une époque convenable pour éviter l'effet des gelées du printemps ou des sécheresses qui ne tardent pas à les suivre.

Les temps trop secs rendent la filasse dure; les temps trop humides la rendent souple, il est vrai, mais diminuent sa résistance.

Le chanvre arraché trop vert n'a pas de consistance.

Le chanvre arraché trop tard se trouve mélangé de brins de couleurs différentes : rouge, blanche, noire : il est dit *breuché*; il a perdu une partie de sa valeur.

Les chaleurs du mois d'août peuvent faire le plus grand tort aux chanvres : ils sont dits *aoulés*.

On met à part au moment de la récolte les chanvres mal venus ou étouffés dans les chènevières : ce sont les triards. Les brins cassés, couchés par terre, forment les écobuts.

La tige du chanvre est creuse intérieurement ou remplie d'une moelle tendre, puis vient un bois fragile nommé chènevotte, sur lequel se trouve une écorce composée de fibres s'étendant suivant la longueur des tiges, et enfin un épiderme assez mince. Ce sont ces fibres longitudinales, écorce intérieure du chanvre, qui donnent après plusieurs préparations les filasses employées dans les corderies ou dans les filatures.

Cette écorce adhère fortement à la chènevotte. Il faut pour l'extraire détruire cette adhérence, détruire en même temps l'épiderme extérieur avec une partie du tissu cellulaire qui relie les unes aux autres les fibres longitudinales par l'opération du rouissage.

On rouit dans la Loire, la Sarthe, la Maine, dans des mares ou des fossés isolés nommés routoirs.

Pour donner de la blancheur aux chanvres, il faut les mettre à rouir aussitôt qu'ils ont été cueillis. On rouit en rivière dans les points les moins exposés au courant : l'opération est plus active et plus régulière.

Pour rouir, on dispose les chanvres en meules, on les couvre de paille et on les charge de sable ou de pierres : la durée du rouissage dépend :

1^o De la température de l'air. Le rouissage marche d'autant plus vite que la température est plus élevée;

2^o De la qualité de l'eau. L'opération est plus rapide dans une eau dormante que dans une eau courante.

3^o De l'état de maturité du chanvre. Les chanvres de vallée demandent 4 à 5 jours quand les chanvres cordiers en demandent 10 à 12.

La nature des eaux qui ont servi au rouissage exerce une grande influence sur la coloration du chanvre. En général, les filasses rouies dans l'eau claire sont blanches; si l'eau vient à se troubler le chanvre devient grisâtre. Dans les routoirs, les chanvres qui sont rouis les premiers peuvent encore avoir une belle couleur, mais l'eau se corrompant de plus en plus, les derniers rcuis prennent une coloration de plus en plus foncée.

A leur sortie des routoirs, les chanvres sont mis à sécher en faisceaux appuyés obliquement les uns contre les autres; on les laisse ainsi égoutter pendant quelques heures, puis on les délie et on les étend pour achever de les dessécher.

Avec du soleil, 4 à 5 jours suffisent pour le séchage en prenant soin de retourner de temps en temps le faisceau. Par temps brumeux, il faut non seulement plus de temps, mais les filaments noircissent.

S'il pleut pendant le séchage, chaque goutte de pluie se marque par une tâche noirâtre : le chanvre est *pinnelé*. Il faut le vendre tel quel avec un aspect moins satisfaisant ou le faire rouir de nouveau, ce qui expose à lui donner trop d'eau.

Lorsque les filasses sont broyées ou teillées, elles sont disposées en paquets, puis portées sur les marchés. Dans cet état elles ne forment encore pour la plupart que des chanvres connus sous le nom de chanvres bruts ; elles renferment de la chènevotte et des corps étrangers ; elles présentent trop de rubans et leurs brins ne sont pas assez divisés pour pouvoir être employés immédiatement.

Les filasses destinées à la confection des cordages seront *espacées* et *peignées*. Celles qui seront destinées aux filatures seront *moulagées*.

Une troisième portion moins importante que les deux premières sera employée à la confection des menus cordages : luzin, merlin, fil à drisses ; elle sera *ferrée* en majeure partie.

Le chanvre est ensuite battu avec une sorte de sabre en bois nommé *espade*, puis il est peigné. Le peignage se fait à la main, il divise les chanvres, les affine, les assouplit, les nettoie de leurs poussières, des chènevottes, de l'étaupe et sépare les diverses longueurs de brins.

Pour apprécier les qualités d'un chanvre, il faut examiner sa couleur, son odeur, la disposition de ses fibres, son degré d'épuration et enfin sa force de résistance.

Les filaments de chanvre se trouvent dans le liber de la plante, mais ils sont moins souples et moins fins que ceux du lin ; leur finesse varie de 1/40 à 1/70 de milli-

mètre; la longueur des fibres élémentaires varie de 5 à 55 millimètres.

II

Qualités des chanvres suivant les pays

C'est en France, en Italie et en Russie que la culture du chanvre est plus particulièrement développée; on le cultive en France dans la Picardie, la Champagne, l'Anjou et la Bourgogne.

Les chanvres de Picardie sont très estimés, ils ont des filaments longs et soyeux et s'emploient, comme ceux de Champagne qui sont plus grossiers, pour la fabrication des tissus. Les chanvres d'Anjou sont réputés pour leur solidité, ceux de Bourgogne sont très forts mais colorés, on emploie de préférence ces deux variétés pour la fabrication des cordages.

Les chanvres de Russie nous arrivent par les ports de Riga ou de Cronstadt; ils sont en général de couleur pâle et doux au toucher, mais leurs filaments sont un peu courts et grossiers.

Les chanvres de Ferrare et de Bologne en Italie sont très beaux, ont des filaments longs, blancs, très fins, mais peu tenaces.

Production du chanvre

La France produit environ 40 millions de kilog. de filasse de chanvre; elle en importe en moyenne 12 millions de kg. annuellement.

Les opérations mécaniques de la filature du chanvre sont à peu près complètement les mêmes que celles de la filature du lin que nous avons détaillées au commencement de ce chapitre; nous croyons donc inutile d'y revenir.

LE PHORMIUM

Le Phormium ou lin de la Nouvelle-Zélande est une matière textile que l'on retire des feuilles battues, tordues et lavées d'une plante qui vient dans tous les pays chauds. Ses fibres sont blanches, soyeuses et régulières sur leur longueur, mais, comme celle du jute, elles se désagrègent à l'humidité.

L'emploi de ce textile en France est beaucoup moins répandu que celui du jute, avec lequel, du reste, on le confond souvent, bien qu'il soit susceptible de produire des fils et des tissus plus fins que le premier. La longueur de ses filaments ne dépasse pas 12 millimètres; leur diamètre varie de $1/50$ à $1/120$ de millimètre.

LA RAMIE

La ramie est une herbe originaire de la Chine, vivace, se propageant d'elle-même et atteignant dans les pays chauds une hauteur de 1 m. 50 où elle donne jusqu'à trois récoltes par an. Les tiges, pour fournir la filasse, subissent la décortication, opération très délicate et qui doit se faire sur les lieux même de production en traitant la plante à l'état vert, pour bien séparer les filaments qui sont fortement agglomérés par une gomme ou résine, et qui ne peuvent être ensuite divisés que très difficilement par les opérations de la filature. Cette filasse est utilisée depuis un certain temps déjà en Angleterre; son emploi en France est encore restreint; cependant c'est un textile d'avenir, employé seul ou mélangé avec d'autres matières. La filasse est d'un blanc nacré et, lorsqu'elle est peignée, elle a l'aspect de la soie; on peut en obtenir des fils très fins, mais secs, peu élastiques et duveteux. La ramie a sur le jute et le phormium l'avantage de résister parfaitement à l'humidité.

La longueur de ses filaments peut atteindre 55 millimètres et leur diamètre varie de 1/20 à 1/90 de millimètre.

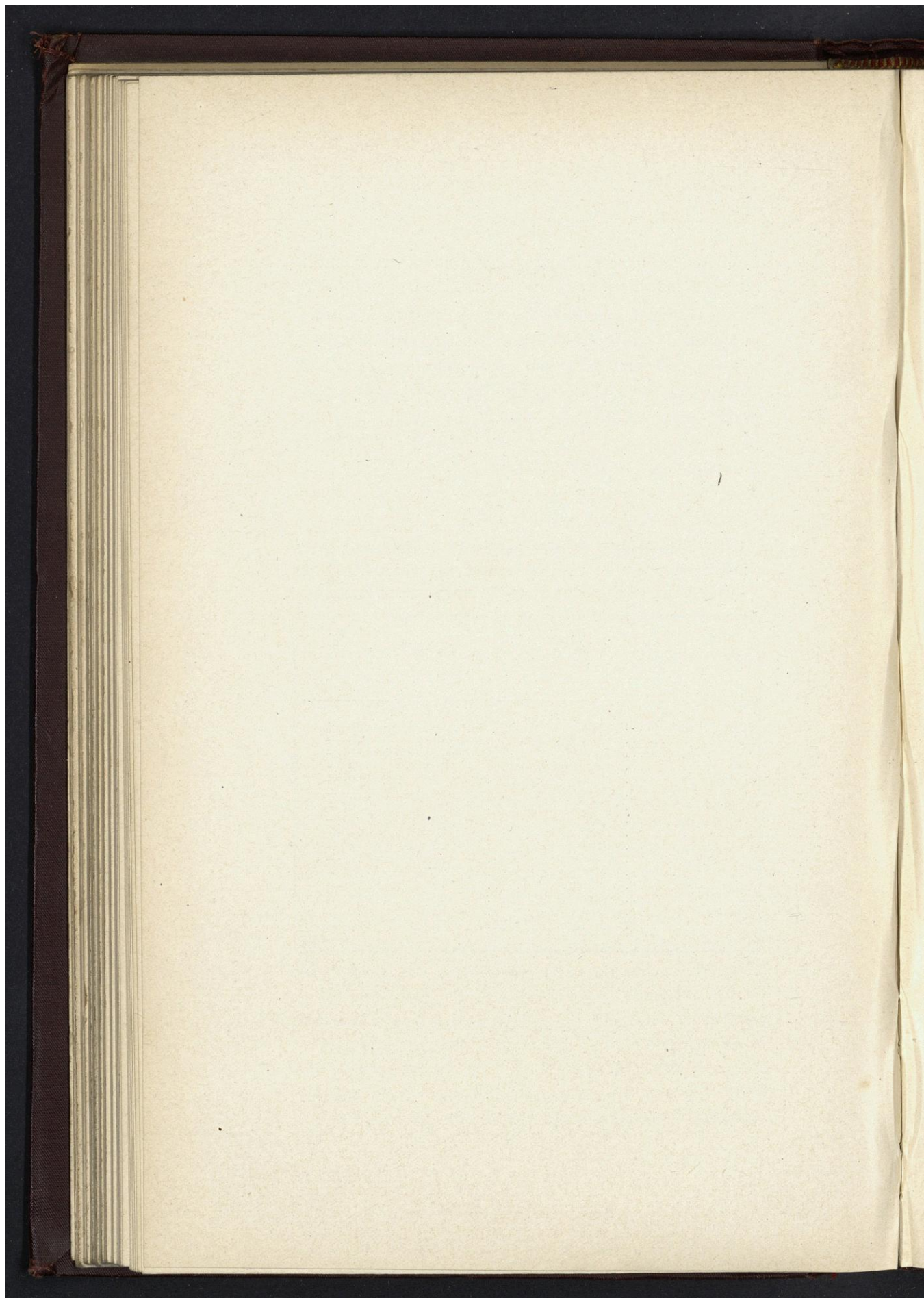
Les opérations mécaniques de la filature du Phormium et de la Ramie sont à peu près complètement semblables à celles de la filature du Lin.

Nous donnons ci-dessous un tableau relatant les températures et les états hygrométriques minima qu'il y a lieu d'adopter pour travailler dans les meilleures conditions les divers textiles traités dans ce chapitre.

TABEAU XXV

Tableau des températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en filature de Lin-Etoute-Jute-Chanvre-Phormium et Ramie.

TEXTILES	DÉSIGNATION des SALLES	TEMPÉRATURE minimum	ETAT hygrométrique minimum à la température considérée
Lin	Magasin	18°	80 %
d°	Préparation	18°	70 —
d°	Filature	24°	80 —
d°	Dévidage	18°	80 —
Étoute	Mélanges	18°	90 —
d°	Préparation	18°	80 —
d°	Filature	24°	80 —
d°	Dévidage	18°	80 —
Jute	Préparation	18°	70 —
d°	Filature	22°	80 —
Chanvre	Préparation	18°	70 —
d°	Filature	22°	80 —
Phormium	Préparation	18°	70 —
d°	Filature	22°	80 —
Ramie	Préparation	18°	70 —
d°	Filature	22°	80 —



CHAPITRE VII

LA LAINE

I

La laine est une matière textile qui est fournie par la toison du mouton.

Le brin de laine se distingue des autres poils d'animaux par sa finesse et les sinuosités qu'il présente sur sa longueur.

La conformation spéciale du brin de laine formé d'écailles emboîtées les unes dans les autres explique le toucher rugueux et la propriété que possède la laine de *feutrer*, c'est-à-dire de pouvoir former des étoffes sans le secours de la filature et du tissage.

La laine est sécrétée par des glandes placées sous la peau du mouton et sort à travers les pores de la peau comme d'une sorte de filière.

Aussi présente-t-elle de nombreuses variétés non seulement suivant les races, mais encore suivant la position qu'elle occupe sur le corps de l'animal.

En même temps que la laine est sécrétée une matière jaunâtre appelée *Suint*.

Les principales matières qui se trouvent dans le suint sont le carbonate de potasse, les matières grasses et les matières terreuses.

La quantité de suint dans les laines est extrêmement variable; elle augmente avec la finesse des filaments. Elle donne aux laines les plus fines une coloration jaune brun sale et aux plus communes une teinte légèrement jaune.

Or il est très important de pouvoir apprécier le degré de pureté d'une laine et par suite le rendement dont elle est susceptible.

En général, la quantité de matières contenues dans la laine peut varier de 20 à 25 % pour des laines de qualités ordinaires et atteindre 75 %, quelquefois 80 %, pour des laines extra-fines.

La longueur des filaments de laines est très variable ; ainsi certaines laines ont des mèches variant entre 25 et 30 m/m, tandis que les laines extra ont jusqu'à 250 et 300 m/m de longueur.

La finesse des filaments de laine est une des qualités essentielles et elle varie de 1/15 à 1/65 de millimètre sur le même animal, et dans la même race ; cette finesse varie avec l'épaisseur de la peau.

La laine est d'autant meilleure que ses filaments sont plus égaux entre eux en longueur et en épaisseur, qu'ils ont plus de *finesse*, de *force*, de *souplesse* et d'*élasticité* ; on peut ajouter de *légèreté*, d'*éclat*, de *brillant* et de *moelleux*. La laine pure et ondulée présente généralement le plus d'aptitude au feutrage ; enfin les laines blanches sont toujours préférées.

On classe les laines en deux grandes familles : les *laines courtes* et les *laines longues*.

Les blousses de ces différentes laines sont destinées à la fabrication des tissus foulés ; les laines peignées sont destinées à la fabrication des tissus ras.

On produit les laines dans tous les pays, car on élève des moutons sous tous les climats ; mais la qualité de cette laine varie suivant les contrées qui la fournissent. Grâce à des croisements intelligents, on est arrivé à améliorer sensiblement les qualités des laines, principalement dans les pays producteurs, et c'est la race *Mérinos* importée d'Espagne, qui a le plus contribué à cette amélioration.

L'importance de l'élevage des moutons est assez difficile à évaluer exactement. On compte plus de 625 millions de moutons élevés sur la surface du Globe. L'Eu-

rope en élève environ 250 millions dont la dixième partie environ en France.

L'Australie en élève 75 millions.

L'Afrique en élève 50 millions.

L'Asie en élève 75 millions.

L'Amérique en élève 175 millions.

La consommation de la laine dans le monde (1) s'élevait en 1900 à 917.325.000 kgs. Les statistiques indiquent qu'en 1909 1.174.176 kgs. de laine brute ont été ouvrés.

Sur l'ensemble de la production mondiale, l'Angleterre en a travaillé 21 %, le continent Européen 53 % et l'Amérique du Nord 26 %.

Mais dans cette agglomération, la France occupe une place à part. Sur 633.800.000 kgs. ouvrés par le continent, notre pays à lui seul en a travaillé 313.309.000 kgs. dont 43 millions seulement de sa production propre.

Pendant l'année 1909 notre pays a consommé 272 millions 82.400 kg. de laine brute, ce qui constitue une augmentation de 19 % sur l'année 1908, le surplus a été exporté.

La consommation de la laine est du reste en progression partout.

II

Qualités des laines suivant les pays (2)

France. — La France fournit une grande variété de laine que l'on évalue à plus de 50 millions de kilos; mais cela est insuffisant pour alimenter nos usines; elle ne forme que le 1/4 de notre consommation. Aussi allons-nous en chercher au dehors, principalement en Australie et en Amérique du Sud.

La France produit les qualités suivantes :

(1) *Industrie textile* du 15 mars 1911.

(2) *Traité de Filature et de Tissage*, par L. BIPPER.

Les laines de Champagne sont généralement molles, frisées, mais fines et douces.

Les laines de Brie sont douces, nerveuses et frisées, mèches très fournies ; fort estimées pour la belle draperie.

Les laines du Soissonnais et de la Picardie sont douces, longues, nerveuses et élastiques, assez chargées en suint ; elles s'emploient de préférence dans la fabrication des tissus ras.

Les laines de Flandre sont les plus longues de France ; elles sont blanches, propres, brillantes, nerveuses, quelquefois un peu dures ; on les emploie dans la fabrication des tissus ras.

Les laines de Normandie peuvent se diviser en deux catégories : les unes, longues, viennent des pâturages sur les bords de la Seine ; les autres, provenant des pâturages montagneux, sont plus courtes que les précédentes, mais plus fines et plus soyeuses.

Les laines d'Anjou, du Maine sont courtes et de qualité moyenne.

Les laines de la Beauce (région aux environs d'Orléans, nord de la Loire), sont longues mais grossières, dures et sales, elles perdent beaucoup au lavage ; on les emploie dans la fabrication des couvertures.

Les laines de la Sologne (Sud de la Loire) sont courtes et frisées, mais elles manquent de nerf ; depuis quelque temps, on les a améliorées au moyen de croisements avec la race anglaise New-Kent.

Les laines de Poitou et Saintonge présentent deux variétés : celle des marais qui est longue, mais dure et grossière ; celle de la plaine qui est courte, mais fine, douce et frisée.

Les laines du Berry sont nerveuses, de longueur et de qualité moyennes ; elles s'emploient comme chaîne dans la fabrication de la draperie ordinaire.

Les laines du Bourbonnais, de la Bourgogne sont courtes; elles proviennent d'une petite race de moutons; la finesse des brins est ordinaire, mais elles sont douces et frisées; on les emploie généralement pour la draperie.

Les laines du Lyonnais, du Dauphiné sont assez longues, elles sont dures et brillantes.

Les laines de Provence sont courtes, les mèches sont carrées, le brin est ondulé, fin, souple et nerveux.

Les laines du Languedoc, du Roussillon, des Pyrénées sont assez longues, soyeuses, frisées, élastiques et douces au toucher; on les emploie principalement pour la draperie.

L'Angleterre fournit des laines longues grossières et brillantes telles que les races Dishley et New-Kent; des laines courtes, frisées et rudes provenant de la race Southdown; les montagnes de l'Écosse produisent la race Cheviot, dont une variété fournit une laine longue, l'autre une laine courte, mais toutes deux très estimées pour la draperie.

La Russie fournit plusieurs variétés; les trois quarts de la production sont de race indigène, l'autre quart provient de race Mérinos ou Negretti et produit par suite des toisons très fines; les provenances d'Odessa sont de qualité moyenne; on les utilise pour la draperie. La production est de 130 millions de kilos environ, et l'on peut évaluer l'exportation à 20 ou 25 millions de kilos annuellement, dont une partie pour la France.

L'Allemagne a fait des progrès considérables dans la production des laines fines mérinos et métis mérinos. Ses laines de Saxe, de Bavière, de Prusse sont douces, soyeuses et fines et s'emploient sur place et pour la fabrication des tissus ras et de la draperie fine.

La Hongrie possède des bergeries très renommées et livre à l'exportation de magnifiques toisons mérinos.

L'Italie produit des laines à peigne, blanches, fermes, mais qui n'ont rien de remarquable; ces laines servent, du reste, à la consommation industrielle du pays qui est même obligé d'en importer 8 à 10 millions de kilos annuellement.

L'Espagne avait une réputation universelle; ses moutons mérinos ont permis dans tous les pays d'améliorer la qualité des laines; seule la mère-patrie n'a pas su jouir des avantages que la nature lui avait donnés; les laines d'Espagne livrées actuellement au commerce sont sales, exigent de grands lavages et produisent un déchet considérable; en outre, si la qualité de la laine a baissé, le nombre des moutons a beaucoup diminué d'importance. Cependant les laines des provinces de Ségovie et de Castille sont encore remarquables par leur finesse.

Algérie. — Les laines de notre colonie d'Algérie sont longues, assez grossières, lourdes et souillées de sable, mais susceptibles d'être améliorées en soignant mieux les troupeaux et en croisant la race indigène avec des mérinos rustiques, vigoureux et à laine forte. On évalue à 8 ou 9 millions de kilog. la moyenne annuelle de l'exportation des laines algériennes.

Le Cap de Bonne-Espérance. — Ces laines sont généralement fines, mais courtes et manquent de nerf; aussi la consommation en France est-elle assez restreinte. On évalue à 35 millions de livres anglaises la quantité de ces laines exportées sur les marchés de Londres (ces laines sont généralement lavées).

La République Argentine est un des grands fournisseurs de laine du continent; il n'y a pas longtemps d'ailleurs qu'on s'occupe de l'agriculture dans cette contrée qui autrefois élevait avant tout le mouton et le bœuf pour

le cuir et pour la viande. Les laines de ce pays, dites de Buenos-Ayres et de Montevideo (deux ports de la République), sont aujourd'hui très recherchées sur les marchés européens et leur qualité s'améliore de plus en plus. Elles proviennent de moutons croisés avec des races allemandes, elles sont généralement fines, garnies, mais manquent de longueur et de douceur; elles ont, en outre, l'inconvénient de contenir beaucoup de gratterons dont on ne peut les débarrasser que par l'épailage ou l'égrattonnage.

Le gratteron est une plante herbacée à tige grêle, haute de 1 mètre, à fleurs blanches; il croît en Europe dans les haies, les buissons et les lieux incultes. Toutes les parties de cette plante sont couvertes de poils rudes qui s'accrochent au pelage des animaux et se vrillent avec les poils pour faire corps avec eux.

L'Australie est le pays producteur de laine par excellence, son climat et son terrain sont plus favorables à l'élevage du mouton que ceux de la République Argentine. On y produit toutes les qualités de laine depuis les laines communes ou cross-bred jusqu'aux laines les plus fines et les plus longues. Les laines d'Australie s'emploient pour la fabrication des mérinos, mais elles n'ont pas toutes les mêmes qualités : les Sydney sont fines à brins courts, s'emploient de préférence comme trame. Les Port-Philippe sont fines, à brins longs et soyeux, s'emploient surtout comme chaîne. Les Adélaïde sont moins fines que les précédentes, mais s'emploient néanmoins comme chaîne.

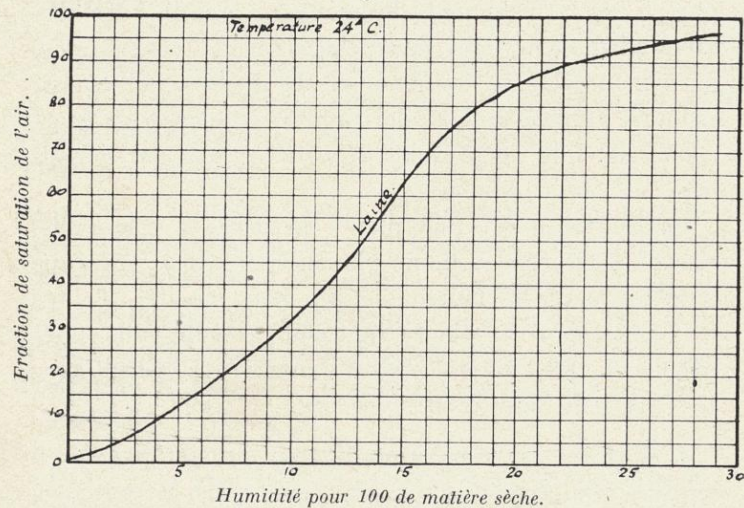
II

Propriétés hygroscopiques de la laine

Nous avons indiqué dans les chapitres IV et V les propriétés hygroscopiques des textiles et les expériences de M. Th. Schlösing, fils.

Nous croyons devoir revenir plus en détail sur ce sujet pour ce qui concerne spécialement la laine en donnant les courbes qu'a pu construire le savant expérimentateur.

Fig. 17.



Courbe d'hygroscopicité de la laine

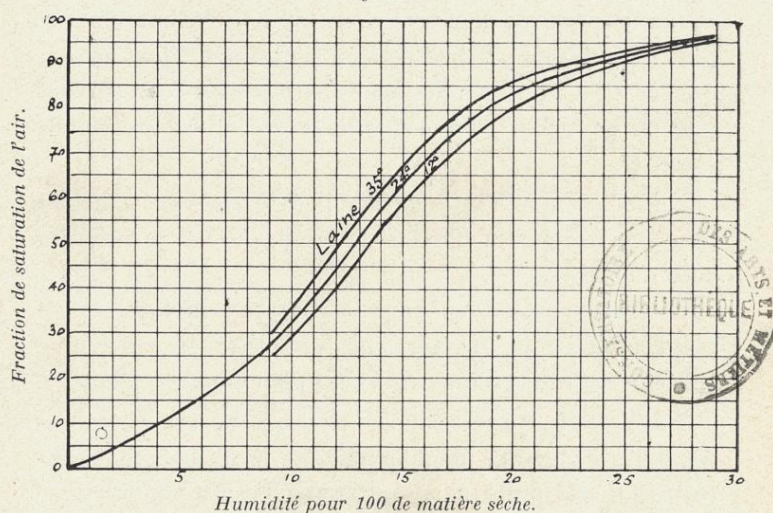
Cette courbe donne la relation entre l'humidité qu'absorbe la laine dans les différentes fractions de saturation de l'air quand l'équilibre d'humidité est établi à la température de 24°.

On voit que la laine placée dans un air accusant un état hygrométrique de 35 % absorbe 10 % de son poids sec, tandis qu'elle prend 23 % d'eau de son poids quand elle est placée dans une atmosphère accusant 90 % d'humidité relative quand l'équilibre d'humidité est établi.

Pour pouvoir juger de l'influence de la température, Schloesing plaça divers échantillons de laines croisées de Buenos-Ayres et de laines mérinos de Port-Philippe dans de l'air à différents états hygrométriques, aux températures de 12-24 et 35°.

Il obtint ainsi des courbes que nous donnons ci-dessous :

Fig. 18.



Cette courbe montre que l'influence de la température sur la quantité d'eau que prennent les matières en présence d'atmosphère de même fraction de saturation est relativement faible tandis que la température s'élève de 12° à 35°, la fraction de saturation de l'air restant, par exemple, égale à 0,51, le taux pour 100 d'humidité de la laine diminue à peu près de 14 à 13.

III

Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre de la laine

Tout ce que nous avons dit dans le chapitre V sur l'influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre du coton peut également s'appliquer à la laine comme du reste à tous les textiles en général.

Cependant, il y a lieu de remarquer que cette influence est plus accentuée encore pour la laine et il est bon de

se rappeler que ce textile jouit de quelques particularités importantes.

Il faut indiquer d'abord que, contrairement au coton, la laine perd de la force à mesure que l'air devient plus humide; mais cela n'a pas d'importance dans ce sens que ce que l'on cherche pour ce textile, c'est surtout plus de souplesse et d'élasticité et non une plus grande solidité.

En second lieu, l'influence de l'électricité est beaucoup plus sensible sur la fibre de la laine que sur la fibre du coton.

Ces raisons font que dans la pratique on file la laine peignée dans un air accusant un état hygrométrique très élevé. Pour la laine cardée, les phénomènes changent.

Nous allons approfondir ces diverses questions en étudiant les différents phénomènes, de façon à nous expliquer ce que la pratique a sanctionné depuis longtemps.

Rappelons d'abord que les filaments de laine sont beaucoup plus longs que ceux de coton; les courts filaments de laine ont une longueur à peu près égale aux plus longs filaments de coton qui ne dépassent guère 45 millimètres; et les plus longs filaments de laine ont une longueur 6 à 7 fois plus grande que les plus longs filaments de coton.

Quant à la finesse, les filaments du coton sont environ trois fois plus fins que ceux de la laine.

On dispose donc, dans la filature de la laine, de filaments à la fois plus longs et plus gros que dans la filature du coton.

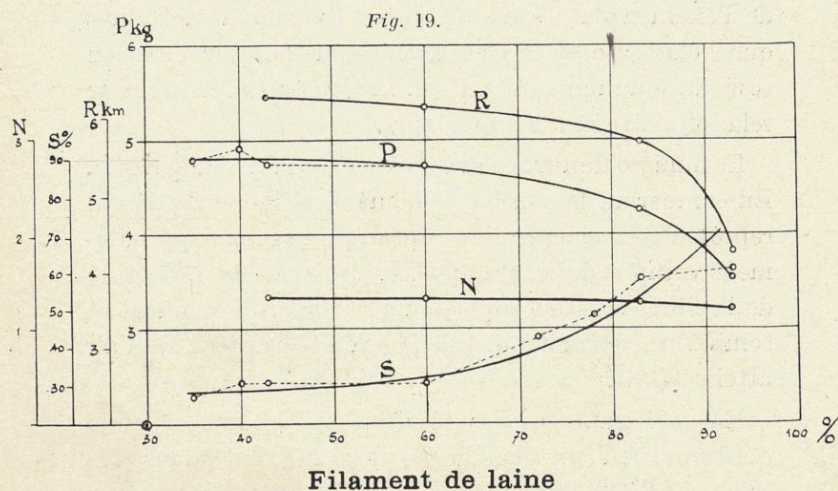
Il s'ensuit que les difficultés du travail ne sont pas absolument les mêmes.

Dans la filature de coton, on cherchera, au moyen de l'humidification, à obtenir avant tout une plus grande *force* par une plus grande cohésion des filaments qui sont courts et fins.

Dans la filature de laine on cherchera par les mêmes moyens à obtenir en premier lieu *la souplesse et l'élasticité*, car la force existe déjà puisque l'on dispose de filaments plus gros et plus longs.

Examinons maintenant les essais de Otto Willkomm pour pouvoir les comparer avec ceux qu'il a faits sur les filaments du coton et du lin donnés dans les chapitres V et VI de cet ouvrage.

Si l'on veut comparer la figure 19 ci-dessous, représentant la relation qui existe entre la force, l'élasticité des



RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE À LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR

P, charge de rupture; S, élasticité; N, n° du fil;
R, longueur de rupture ou résistance absolue

filaments de laine et l'humidité relative de l'air, à celle du coton et du lin (voir figures 14 et 16), on reconnaîtra immédiatement une différence frappante.

Nous verrons plus tard que les courbes de la soie se rapprochent de celles de la laine et que cela nous montre que les filaments d'origine animale se comportent différemment dans l'air humide que ceux d'origine végétale.

Une constatation que nous faisons de suite est que la courbe P indique une diminution marquée de la résis-

tance à la rupture. Nous sommes habitués à considérer que tous les filaments textiles acquièrent plus de force quand ils sont placés dans l'air humide, les essais démontrent que la laine fait exception à cette règle. Comment l'expliquer ? on ne peut que supposer que quand les filaments de laine absorbent de l'humidité le gonflement qui en résulte désagrège la structure spéciale écaillée de ces filaments et par suite diminue leur résistance.

La courbe S au contraire représentant l'élasticité montre que celle-ci s'accroît considérablement. Il ressort de l'examen de ces deux courbes que, en même temps que l'élasticité et la souplesse augmentent, la force ou résistance diminue ; on peut même constater une certaine relation entre ces deux facteurs.

Le numéro diminue à mesure que l'humidité augmente. En comparant la courbe N (numéro) et la courbe R qui représente la longueur de rupture, on se rend parfaitement compte de la grande diminution de la résistance de la fibre, résistance qui diminue d'abord lentement et tombe brusquement quand l'humidité relative de l'air atteint 80 %.

En se basant sur ces résultats, on devrait conclure qu'il vaut mieux chercher à filer la laine dans des salles où l'état hygrométrique n'est pas trop élevé, car, bien que la souplesse et l'élasticité doivent être recherchées, on doit prendre en considération la perte sensible de résistance qui peut occasionner la casse fréquente des fils. Cependant, comme nous le disons plus haut, en pratique c'est justement le contraire que l'on cherche, et la laine doit être travaillée dans des salles accusant un état hygrométrique très élevé.

La force des fils, quoique diminuant, est encore suffisante, car les filaments de laine sont très résistants ; ce qu'il faut obtenir c'est la souplesse et l'élasticité ainsi que le glissement facile des fibres les unes sur les autres,

et ce qu'il faut éviter c'est la trop grande électricité statique, qui hérissé les fibres, divise les filaments au lieu de les rapprocher et empêche le travail normal dans les diverses opérations auxquelles on assujettit la laine pour la transformer en fils.

Ceci nous amène à étudier plus spécialement la question de l'électrisation de la fibre et les moyens de la neutraliser.

Quand on frotte des pièces métalliques polies contre la laine on charge d'électricité les deux corps, l'intensité augmente avec la sécheresse de l'air. Les deux corps se chargent d'électricité de sens contraire et par conséquent s'attirent. On le remarque spécialement pendant l'opération du peignage, car la laine est retenue par les parties métalliques de la machine avec lesquelles elle est en contact.

Les filaments de laine sont, au contraire, chargés de la même électricité et par conséquent se repoussent et se hérissent.

Ce phénomène a été expliqué par la science qui nous a appris que l'électricité se collecte seulement sur la surface des fibres. Tous les corps exposés à l'air sont recouverts d'une couche d'air. Plus cette couche d'air est humide, plus elle empêche l'accumulation de l'électricité, car plus l'air devient bon conducteur, en d'autres termes plus l'air est humide, plus il protège la fibre et tend à rétablir l'équilibre électrique dérangé par la friction des deux corps.

Mais à quel % d'humidité relative l'air devient-il assez bon conducteur de l'électricité pour annuler les perturbations occasionnées dans le travail par cet agent nuisible.

Otto Willkomm a étudié cette question. Avec la courbe de la figure 20 nous pouvons nous rendre compte approximativement de la relation qui existe entre la réduction

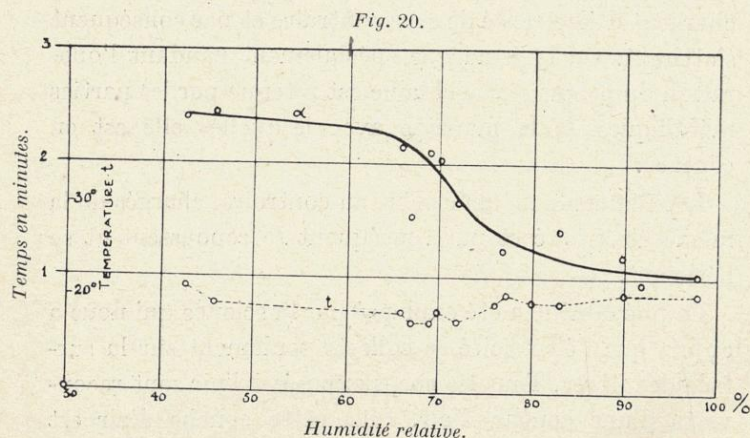
de l'influence nuisible de l'électricité et l'humidité relative de l'air.

Cette courbe a été obtenue par de nombreuses observations faites au microscope.

Le temps que mettaient les feuilles d'un électroscope à décrire un angle déterminé toujours le même pendant la décharge a été soigneusement relevé.

Les essais ont été répétés avec des états hygrométriques très différents.

Le graphique figure 20 donne le résultat des observations, les abscisses représentent les % d'humidité de



INFLUENCE DE L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE EN RELATION DE L'HUMIDITÉ DE L'AIR

l'air, tandis que les ordonnées correspondent au temps en minutes (courbe α).

La courbe construite d'après les valeurs moyennes de beaucoup d'observations nous montre que dans une humidité croissante la décharge de l'électroscope diminuait progressivement mais faiblement jusqu'à 68 % d'humidité relative. A partir de 68 % le temps nécessaire à la décharge diminue très rapidement sur 20 à 30 secondes, puis diminue alors de nouveau plus lentement.

Ce résultat s'accorde en tous points avec les expériences pratiques. En effet, si on humidifie au-dessus de

70 %, le dégagement d'électricité cesse d'être préjudiciable quoique ne disparaissant pas complètement.

Plus on reste en dessous de cette limite, plus se fait sentir l'influence nuisible de la présence de l'électricité.

Ces diverses observations nous portent à considérer que le point critique du dégagement de l'électricité statique dans les salles doit être de 70 % d'humidité relative.

M. J. Spennrath, directeur à Aix-la-Chapelle, a indiqué un moyen très simple de reconnaître si l'humidité relative d'une salle était suffisante pour neutraliser l'électricité statique (1). Il suffit de prendre un morceau de papier que l'on a enduit de colle et de le broser fortement dans la salle. S'il s'électrise suffisamment pour rester collé au mur de la salle, c'est que l'air est trop sec ; si au contraire le papier tombe à terre, l'humidité relative est suffisante.

On emploiera plus spécialement de la colle de résine qui s'électrise très facilement quand on la frotte avec des poils d'animaux.

Il est nécessaire que la personne qui fait l'expérience se rende compte qu'elle brosse le papier avec une force toujours égale.

IV

Opérations mécaniques de la filature de laine peignée

La filature de laine peignée comprend deux grandes divisions : le *Peignage* et la *Filature proprement dite*.

Chacune de ces divisions fait souvent l'objet d'établissements séparés.

Peignage. — Le peignage comprend 5 opérations successives : Le *trilage*, le *désuintage*, le *lavage*, le *cardage*, et le *peignage proprement dit*.

(1) Leipziger Monatschrift für Textilindustrie 1901, page 6

Le *triage* a pour but de séparer dans chaque toison les différentes finesses de brins qui s'y trouvent d'après la place qu'ils occupent sur la toison.

Ces finesses de brins se reproduisent dans chaque toison à peu près à la même place pour une même provenance de moutons.

Les brins de laine de mêmes finesses sont alors réunis en grande quantité. Cette opération se fait entièrement à la main.

Le *désuintage* a pour but d'enlever le suint que contient la laine. Plus la fibre est fine, plus la laine contient de suint.

Le *lavage* débarrasse la laine des matières terreuses. Il se fait mécaniquement dans une batterie composée de 4 ou 5 grandes cuves ou bacs métalliques remplis d'eau savonneuse et chauffée de 40 à 50°. La laine y circule doucement, poussée par des fourches à mouvement mécanique; elle est exprimée à la sortie de chaque cuve entre des rouleaux puissants avant d'entrer dans la suivante. Elle est ensuite séchée dans des tambours ou autres dispositifs au contact d'air chaud, puis ensimée à l'huile.

Le *cardage* a pour but :

1° De commencer à débarrasser la laine des pailles et des chardons spéciaux qu'elle contient;

2° De démêler les brins de laine, de les paralléliser pour qu'ils puissent supporter le travail de l'étirage sans se briser.

3° De mettre cette laine sous forme de rubans ininterrompus aussi égaux que possible dans toute leur longueur. Cette égalité est le but constant que l'on cherche à atteindre à partir de ce moment pour arriver à obtenir un fil bien régulier, ayant le même numéro (ou poids) dans toute sa longueur.

Elirage avant Peignage. — Après la carde, les rubans passent sur une série d'étirages qui procèdent à des doublages successifs, de façon à obtenir la régularité et l'homogénéité du ruban par des laminages. Dans cette opération, les brins ou fibres glissent les uns sur les autres et se parallélisent.

Ces réunions de rubans ou doublages répétés plusieurs fois permettent d'obtenir la régularisation du numéro de ces rubans.

Peignage. — Les peigneuses sont des machines compliquées qui servent à compléter le travail de la carde et à éliminer les brins trop courts. Ces brins forment la blousse qui est un déchet utilisable dans la filature de laine *cardée*.

Plusieurs passages de réunisseuses et d'étirages sont ensuite imposés aux rubans, puis ils sont lissés, c'est-à-dire débarrassés d'une quantité d'huile que l'on avait introduite dans la laine, avant le cardage, pour faciliter ce travail. Les rubans sont séchés aussi sur des calandres qui en repassent ou lissent les brins.

La laine peignée est alors obtenue sous forme de grosses bobines de 5 à 8 K^o qui peuvent facilement être emmagasinées ou expédiées.

Filature. — La filature se compose de deux séries d'opérations.

La première série porte le nom de Préparation; la seconde est la filature proprement dite.

Les ateliers de préparation se composent d'étirages et de bobinoirs.

Les premières de ces machines sont un peu différentes des secondes; mais leur but est le même. Elles reçoivent plusieurs rubans de peignés, d'un poids déterminé et, par des étirages et des laminages successifs, elles permettent d'obtenir un ruban sortant, dont le numéro, c'est-à-dire

le poids au mètre, est moindre que celui des rubans entrant.

Dans les étirages et bobinoirs, l'étirage du ruban est obtenu par son passage entre deux séries de laminoirs. Les laminoirs de sortie, constituant la seconde série, développent une longueur de 3 à 5 fois celle des laminoirs d'entrée. La laine est ainsi étirée et cet étirage se fait à travers les aiguilles d'un peigne convenablement disposé pour permettre aux brins du ruban de glisser les uns sur les autres.

Ces opérations, généralement au nombre de 8 à 10, viennent à la suite les unes des autres et amènent le ruban de laine à un numéro (poids par mètre) sensiblement égal.

Dans cette préparation, le ruban n'a pas été tordu, il est donc très fragile, ce qui rend les opérations très délicates. Le ruban ainsi préparé porte le nom de mèche.

La mèche avant de passer à la filature est mise en repos pendant au moins 1 ou 2 jours dans une cave légèrement humide pour que la laine puisse perdre l'électricité que tous les frottements qu'elle a subis lui ont fait acquérir.

La *Filature proprement dite* se fait sur les métiers Selfacting ou renvideurs ou sur des continus à anneaux.

Dans les deux groupes, le métier comporte un train d'étirage *sans peigne* au travers duquel la mèche est étirée de 8 à 10 fois sa longueur à l'entrée. A la sortie du dernier laminoir la petite nappe de laine subit une torsion par la rotation des broches qui sont animées d'une grande vitesse (3 à 10.000 tours par minute). Le fil est ainsi obtenu.

Les deux groupes de métiers diffèrent par la manière dont le fil est renvidé sur le tube qui doit lui servir de support pour faire les différentes dimensions de bobines employées par le tissage.

Dans le Selfacting ou renvideur, le fil se forme sur une longueur de 1 m. 60 — première phase, — puis est renvidé sur le tube en carton léger que porte la broche.

Dans le continu à anneaux, le fil est renvidé au fur et à mesure de sa production et d'une manière continue.

Ces deux genres de métiers s'emploient concurremment dans les filatures de laines, mais chacun d'eux a sa fonction spéciale.

On désigne généralement sous le nom de filatures de gros numéros celles qui produisent des fils jusqu'au N° 35 métrique.

Depuis le numéro 35 jusqu'au numéro 60 on donne le nom de numéros ordinaires, au-dessus du numéro 60 métrique on les désigne sous le nom de filature en fin.

V

Déterminations des températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en peignage et filature de laine.

Peignage. — On doit commencer à humidifier à partir de l'opération du cardage.

Le cardage se divise en 2 phases : 1° l'échardonnage ; 2° le cardage proprement dit.

La première phase, l'échardonnage, est beaucoup facilité quand on dispose d'une laine bien sèche. Des rouleaux chauffés disposés à l'avant de la carde à proximité du *roule-ta-bosse* (Licker-in) et du *chasseur* ont pour fonction d'amener la laine à un état de siccité suffisante pour permettre à ces deux organes d'enlever les chardons que la laine contient et qui leur sont mieux présentés quand celle-ci est bien sèche. On obtient ainsi un bon échardonnage.

La seconde phase (le cardage) a pour but principal de démêler les brins de laine et de les paralléliser, travail qui

se fait en répartissant la laine en petite quantité sur une grande surface. Dans cette opération, on fait subir à la laine des frottements considérables, car la carde est composée de multiples organes déméleurs qui, successivement, prennent la laine et la travaillent. Ces frottements répétés énervent et électrisent la fibre et quand la laine est trop sèche, on éprouve les plus grandes difficultés dans le travail et le voile remonte constamment au peigneur. Il faut donc, pour obtenir un bon cardage, que la laine soit humidifiée.

Mais comme ces deux opérations se font sur la même machine, il semble impossible de satisfaire à la fois aux exigences des deux opérations de l'échardonnage et du cardage dont l'une demande une laine sèche et l'autre une laine humide.

Dans la plupart des usines on a recours à un moyen terme qui consiste à régler la température des rouleaux sècheurs de façon à laisser à la laine suffisamment d'humidité pour que le cardage se fasse dans des conditions supportables. Mais on ne réalise pas avec cette façon de procéder un échardonnage parfait ni un cardage comme on pourrait l'obtenir.

Il est donc indispensable de bien établir la distinction entre ces deux phases et de partir de ce principe pour faire donner à ces organes si complètement différents leur rendement maximum.

La chose sera facile si, pour l'opération de l'échardonnage, on sèche suffisamment la laine au moyen des rouleaux chauffés par la vapeur pour que tous les chardons soient éliminés facilement, et si on humidifie suffisamment les salles, pour que la matière répartie en faible quantité sur une grande surface, reprenne facilement l'humidité qui lui est nécessaire pour que les effets nuisibles de l'électricité produite par les frottements de la laine contre les organes de la carde disparaissent.

L'humidification de l'air des salles communiquant à la laine, l'humidité qui lui est nécessaire a dans ce cas spécial un avantage de plus qui consiste à supprimer dans une grande proportion la détérioration des garnitures des cardes occasionnée par la nécessité que l'on éprouve, quand on n'humidifie pas l'air des salles, de laisser une certaine quantité d'eau dans la laine pour qu'elle puisse supporter le travail. La plupart des appareils d'humidification existants à l'heure actuelle ayant été sérieusement perfectionnés, on peut les installer sans aucune crainte de projections d'eau sur les garnitures.

La température dans une salle de cardage n'a pas grande influence du moment où on ne descend pas au-dessous de 22°; il n'y a aucun intérêt à travailler dans une température plus élevée. Tant qu'au % d'humidité nécessaire, il faut que l'état hygrométrique soit de 75 à 80%.

Peignage. — Les rubans venant de l'étirage avant peignage contiennent encore des boutons provenant du cardage, des gratterons, des pailles, etc...; en outre, les filaments sont encore plus ou moins enchevêtrés.

L'opération du peignage a pour but de fractionner en mèches un ruban convenablement préparé, de peigner ces mèches sur toute leur longueur avec une régularité parfaite, d'en enlever toutes les impuretés et inégalités, sans y laisser le moindre bouton ni fibre au-dessous d'une longueur donnée, et de reconstituer un ruban continu. Tout cela se fait par des moyens automatiques.

On emploie deux genres de peigneuses :

1° Les peigneuses à mouvement intermittent — type Heilmann;

2° Les peigneuses à arrachage continu — type (Noble-Lister-Holden).

Dans les premières, le travail se fait à froid.

Dans les secondes, le travail se fait à chaud.

Le travail des peigneuses à mouvement intermittent peut se diviser en quatre opérations :

1^o Alimentation, avance intermittente de la matière à peigner;

2^o Peignage, nettoyage et démêlage de la tête de la mèche;

3^o Arrachage, séparation de la mèche, dont la tête vient d'être peignée, de la partie non peignée et peignage de la queue de cette mèche.

4^o Déburrage et nettoyage des peignes qui ont servi au peignage.

Le peignage se fait en trois périodes :

a) Peignage de la tête de la mèche par le peigne circulaire;

b) Peignage du milieu de cette mèche par le peigne nacteur;

c) Peignage de la queue de la mèche par le peigne circulaire.

Le peignage peut se pratiquer de deux façons : en *gras* lorsqu'on peigne avant lissage; en *maigre* lorsqu'on peigne après cette opération.

Le peignage en maigre laisse moins de poussière dans le peigné et les machines de préparation se salissent moins.

Le rendement du peignage en gras est supérieur au précédent; en outre, le peigné est plus blanc et a plus de cachet pour la vente.

Dans le peignage à mouvement intermittent qui se fait à froid, la laine subit une préparation spéciale de façon à pouvoir supporter l'opération du peignage sans peignes chauffés.

Souvent on fait passer la mèche avant peignage sur un rouleau humecteur de façon à combattre l'électrisation de la fibre, mais cela offre le grave inconvénient d'engendrer des boutons. Il est de beaucoup préférable

d'humidifier l'air des salles. La température des salles joue également un très grand rôle pour le travail de la laine aux peigneuses, surtout si les laines sont fines; il est bon d'avoir une température de 22 à 23° C. et une humidité relative de 75 à 80 %.

Les peignages à arrachage continu peignent la laine en gras.

Ces peigneuses se composent en général d'un grand anneau circulaire garni de dents. Cet anneau tourne horizontalement sur son axe; des appareils d'alimentation viennent lui fournir les mèches de laine qui sont peignées en passant entre ses dents et tirées par des cylindres d'arrachage.

Le travail de ce genre de machine se fait généralement avec des peignes chauffés et il nécessite préalablement un cardage parfait, sans boutons, ce qui est difficile à obtenir des laines fines.

Dans cette opération, les fibres s'électrisent très rapidement et quand l'air des salles est trop sec la mèche de laine se hérissé, la tête se frise et tend alors à se rattacher au peigne.

Il y a donc grand intérêt à maintenir les salles à un état hygrométrique convenable, 75 à 80 % donne le meilleur résultat. La température des salles doit être aussi constante que possible, car la dilatation des organes joue un grand rôle dans le réglage et peut nuire à la qualité des produits. C'est pourquoi on a soin de chauffer les machines assez longtemps avant la mise en marche. Pendant l'été cela occasionne des températures très élevées dans les salles qu'il faut alors combattre avec des installations basées sur les principes que nous avons étudiés au chapitre IV.

Elirage après peignage. — Les rubans de laine sortant de la peigneuse sont soumis à plusieurs passages d'étirage afin de les régulariser.

On a intérêt à garder dans ces salles une humidité relative de 75 à 80 % comme au peignage.

Lissage. — Cette opération qui se fait avant ou après le peignage a pour but d'enlever l'huile que l'on a mise à l'ensimage.

Pour dégraisser la laine on la fait passer d'abord dans une bassine dont le bain a une température de 50 à 55°; puis on exprime l'eau grasse; la laine passe dans une seconde bassine semblable à la première, puis passe autour de cylindres chauffés par la vapeur qui la débarrasse de l'humidité dont elle était imprégnée.

On conçoit que la température des salles devient excessive en été à cause de la radiation des cylindres chauffés. Il est donc nécessaire de rafraîchir les salles pour y maintenir une température convenable. On y arrivera par des installations dont les principes ont été étudiés dans le même chapitre IV mentionné plus haut.

Filature. — Le ruban de peigné arrivant à la filature subit des transformations successives, d'abord à la *préparation* qui se divise en plusieurs *assortiments* composés d'*étirages* qui ont pour but de réduire la section du ruban et de *bobinoirs* qui ne diffèrent des étirages que par les dimensions plus faibles de leurs organes et par l'adjonction de *manchons* ou *frottoirs*.

La préparation est l'*âme de la filature*; par conséquent toutes les machines doivent fonctionner le plus régulièrement possible.

On conçoit que dans les nombreux étirages et frottements que subissent les fibres de laine, celles-ci se dessèchent, s'énervent et s'électrisent fortement. Aussi est-il indispensable d'humidifier les salles de préparation de façon à atténuer le plus possible ces effets préjudiciables.

On arrive à obtenir un travail parfait quand l'air des salles accuse 75 % d'état hygrométrique.

La température convenable pour ce genre d'opération ne doit pas être inférieure à 22°.

Les mèches venant du finisseur sont soumises au filage.

La température et l'état hygrométrique minima pour le meilleur travail *en filature* varient suivant la nature du fil que l'on veut produire, les matières que l'on travaille et le genre de machines sur lesquelles ces matières sont traitées.

C'est pourquoi nous tenons à indiquer ici ce que l'expérience a démontré.

Quand on emploie les métiers continus pour produire des filés ne dépassant généralement pas le numéro 45 métrique pour la chaîne et numéro 40 métrique pour la trame, il faudra maintenir dans les salles 75 à 80 % d'état hygrométrique et la température de 22 à 24°.

Ces machines dégagent beaucoup plus de chaleur que les autres pour une même surface de salle utilisée, il faudra donc employer des appareils ou installations proportionnellement plus puissantes pour obtenir le rafraîchissement l'été que dans les salles de renvideurs et de préparation.

Avec les métiers renvideurs, on peut produire des fils jusqu'au numéro 120 (soit 120.000 mètres au kilo).

On obtiendra les meilleurs résultats en humidifiant les salles aux % d'humidité relative suivants :

TABLEAU XXVI

NUMÉROS MÉTRIQUES	$\frac{f}{F}$ (MINIMUM)	T (MINIMUM)
Du N° 10 au N° 35	80 %	24°
Du N° 35 au N° 60	85 %	24°
Du N° 60 au N° 120	90 %	25°

VI

LAINE CARDÉE

La Filature de la laine cardée a pour but de produire des fils destinés à la fabrication d'articles foulés. Il est donc nécessaire de prédisposer la laine au foulage, et cela dès les premières opérations.

Dans la filature de laine cardée on emploie aussi bien des laines fines et douces que des laines grossières et des déchets, mais comme ce sont généralement des filaments qui manquent de *crochet* et de *longueur*, on ne peut pas les travailler par les mêmes procédés que dans la filature peignée et l'on est obligé de graisser fortement ces laines pour assouplir les filaments et leur donner de l'adhérence.

Les manutentions doivent être les moins nombreuses possibles, le seul but que l'on se propose est de former un fil résistant et régulier, cette dernière condition, dans bien des cas, n'est même pas indispensable.

Quand il s'agit de fabriquer des tissus communs, on emploie très peu de laine mère; on cherche avant tout à faire des mélanges à bas prix de diverses matières, certaines parties étant destinées à donner du nerf, d'autres de la douceur, etc....

Le *mélange* est une des parties essentielles de la filature; on procède pour cette opération de la manière suivante :

On fourche et on passe à la batteuse les blousses épaillées pour en faire tomber la paille; on les étend alors par drapées, on fait encore plusieurs mélanges partiels d'autres qualités que l'on étend également par drapées; on obtient de cette façon plusieurs sortes de laines à mélanger. Le mélange définitif se fait par couches horizontales superposées et proportionnelles, on fourche et on passe une ou deux fois à la batteuse et on rend ainsi le mélange plus homogène.

Lorsqu'on travaille des laines feutrées, enchevêtrées, on se sert du loup de façon à ouvrir les filaments.

L'*ensimage*, qui est une opération délicate et importante, car elle compense le peu de crochet dû à la faible longueur des filaments, se fait avec un mélange de savon et d'huile d'olive pure, la proportion d'huile et de savon varie selon que l'on veut fabriquer des fils de *chaîne* ou de *trame*.

Après avoir ensimé la laine on la passe au loup pour régulariser le graissage, puis la laine est cardée.

Le *cardage* se fait à l'aide d'un assortiment composé de trois ou quatre cartes chargées d'épurer et de démêler les filaments de laine.

La première carte porte le nom de carte à matelas ou *éloqueuse*.

La deuxième (et la troisième s'il y a quatre cartes) porte le nom de *repasseuse*.

La dernière est la carte *fileuse* dans laquelle on divise la nappe livrée par le peigneur de la carte en plusieurs tranches dont la largeur doit être proportionnée au numéro que l'on veut obtenir. Les tranches ainsi formées passent entre des frottoirs qui ont pour but de les rouler et de les transformer en mèches.

Au sortir de la carte fileuse, la mèche passe au métier à filer.

Filage. — Suivant la nature de la matière et les numéros à obtenir, le filage se compose de un ou deux passages, ce qui constitue le *filage en un jet* ou le *filage en deux jets*.

Pour les numéros jusqu'à 16, quand la matière permet de faire largement le numéro imposé, on file généralement le fil en un jet, c'est-à-dire que les mèches venant de la carte fileuse ne passent qu'une fois au métier à filer en fin pour produire le fil demandé.

Du n° 16 au n° 22, on file en un jet quand on a une matière *sous-filée* qui permettrait de faire en deux jets de 6 à 8 numéros plus fins.

Le fil produit en un jet a toujours meilleur aspect ; il est plus rond et renferme moins de pointes que le fil en deux jets. Quand on veut tirer la quintessence de la matière, on fait le fil en deux jets, c'est-à-dire que le fil définitif n'est obtenu qu'après deux passages au métier à filer. Le premier passage s'appelle *filage en gros* ; le deuxième s'appelle *filage en fin*.

Fils teints. — Lorsque l'on veut faire des fils de couleur au lieu de fils écrus, on teint généralement la laine en masse après dégraissage et avant l'ensimage et le cardage ; on peut alors mélanger les différentes couleurs dans des proportions déterminées pour produire telle nuance que l'on voudra. Ces mélanges se marieront parfaitement et régulièrement par le passage aux cardes et l'on obtiendra des fils de couleur en gros.

VII

Température et état hygrométrique nécessaire pour le meilleur travail en filature de laine cardée

Il n'est pas possible d'assimiler la filature de la laine cardée à celle de la laine peignée et les conclusions que nous avons données dans la première partie de ce chapitre ne peuvent pas toutes s'appliquer à la filature de la laine cardée ; en effet, comme nous venons de le voir, l'ensimage joue dans celle-ci un rôle prépondérant. La laine cardée est beaucoup plus grasse que la laine peignée et par cela même elle est rendue très souple.

Cependant la plupart des phénomènes que nous avons expliqués au début de ce chapitre s'appliquent également, quoique dans une plus faible mesure, à la filature de la laine cardée.

Il est reconnu qu'il faut une température convenable pour que les filaments gras se prêtent bien aux diverses transformations qu'ils subissent dans les diverses opérations de la filature.

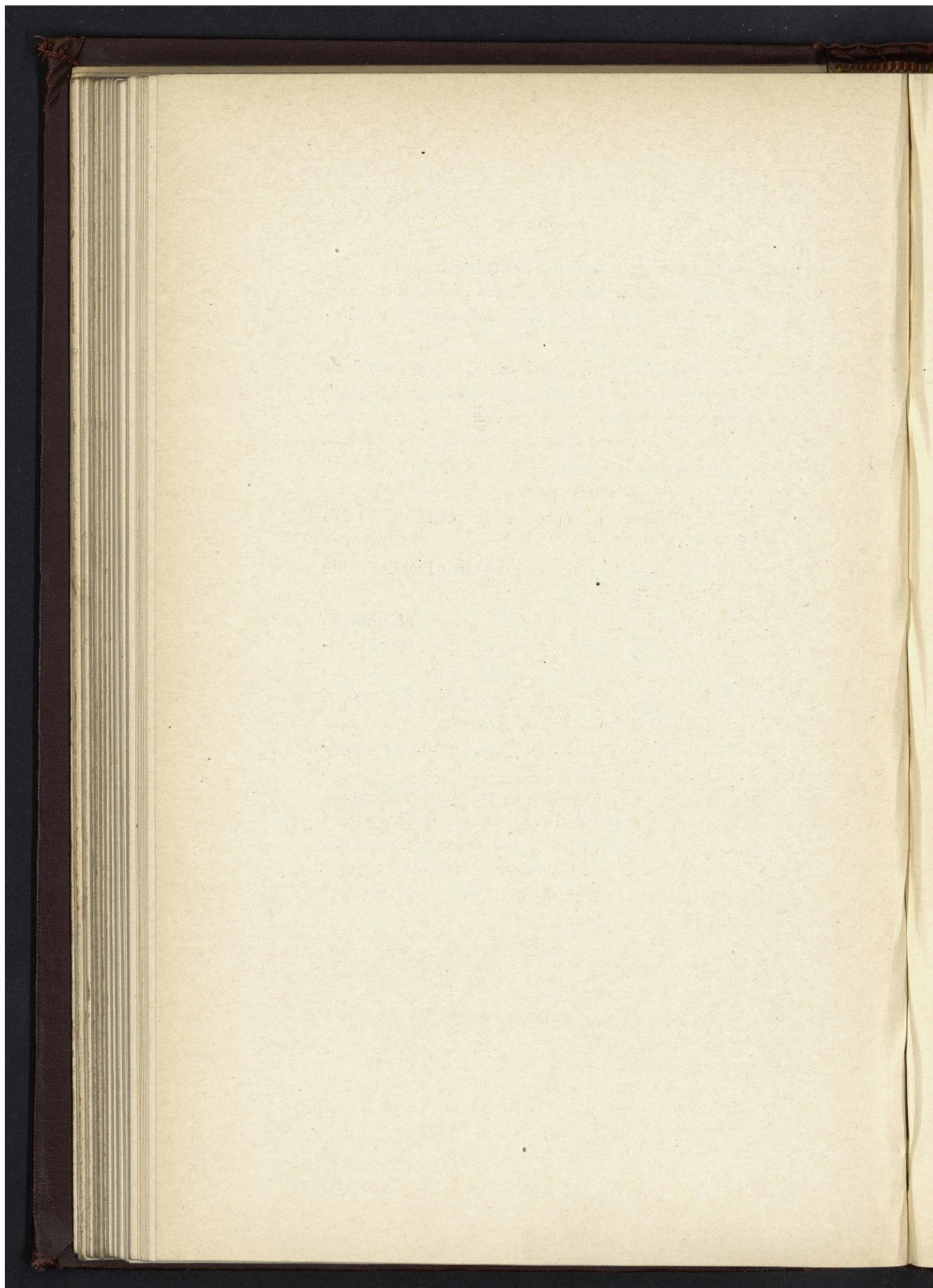
A cause précisément de la présence de corps gras dans la laine, il faut empêcher que ces corps ne se *congèlent*, ne se *figent* quand ils sont placés dans une température trop basse.

La température minimum qui convient le mieux est 22° pour la carderie et 24° pour la filature. En dessous de ces températures on éprouve de réelles difficultés dans le travail.

Il est également nécessaire de maintenir l'air des salles à un état hygrométrique convenable.

Nous avons été appelé à traiter plusieurs filatures de laine cardée et nous avons expérimenté que l'état hygrométrique ne devait pas être inférieur à 60 % dans les salles de carderie et à 70 % dans les salles de filature.

Avec de tels états hygrométriques le travail était rendu beaucoup plus facile. De plus, comme la température de ces salles de travail devient excessive l'été, et que dans les salles de carderie, plus particulièrement dans celles où on traite des laines teintées, le dégagement de poussières est très important; il convient d'appliquer la ventilation et l'humidification combinées de façon à obtenir une atmosphère saine et un rafraîchissement suffisant.



CHAPITRE VIII

LA SOIE ⁽¹⁾

I

La soie est le plus beau, le plus brillant, le plus précieux et le plus solide de tous les produits textiles connus. Elle est formée par la coagulation, la solidification d'un liquide gluant ou « bave » sécrété par quelques chenilles appartenant, dans la très grande majorité des cas, à la famille des « Phalènes » ou « Bombyx » de Linné. Elle se présente à l'état naturel, sous la forme d'un filament très ténu et très long, dont les mille replis, juxtaposés, superposés et agglutinés, forment un cocon ovoïde, où s'enferme la chenille, pour effectuer sa métamorphose en chrysalide, puis en papillon.

Ce textile précieux d'origine animale, dont la découverte en Chine remonte à plus de 20 siècles avant J.-C., est resté pendant longtemps, sauf chez les Chinois, un objet de luxe, dont on fabriquait des tissus utilisés pour les vêtements des classes riches ou pour l'ornement de leurs habitations.

Jusqu'au début du XIX^e siècle, la consommation de ce produit, très difficile à évaluer d'ailleurs, ne dépassait pas annuellement 3 ou 4 millions de kilos dans le monde entier.

A partir du commencement de ce siècle, et en raison des bouleversements politiques et sociaux survenus dans l'Europe occidentale et dans l'Amérique du Nord, bouleversements qui se caractérisent par l'unification des fortunes, par la disparition des classes privilégiées, par l'aspiration de tous vers le bien-être et le luxe, la consom-

(1) *Histoire Economique de la Soie* par M. A. BEAUQUIS, Inspecteur du Travail à Grenoble.

mation de la soie va sans cesse en augmentant et vers 1850, elle atteint pour le monde entier de 6 1/2 à 7 millions de kilos.

A partir de 1880, la consommation de la soie procède par bonds de plus en plus marqués; toutes les nations susceptibles d'élever le ver précieux, se mettent à l'œuvre pour satisfaire aux demandes toujours plus pressantes des tissages d'Europe et d'Amérique.

Bientôt cette industrie est prospère, non seulement en France, mais en Allemagne, en Suisse, aux États-Unis, etc.....; elle prend en outre naissance, ou augmente aussi d'importance, dans d'autres nations comme l'Italie, l'Autriche-Hongrie, la Russie, etc....

En 1906, la production universelle de la soie passe à 20.913.000 kilos; et, d'après le Syndicat des Marchands de soie de Lyon, la production en soie de l'année 1908 a atteint 24.080.000 kilos.

Cette énorme production en soie qui a plus que doublé depuis 1890, c'est-à-dire depuis moins de vingt ans, est consommée surtout par l'Europe, qui en emploie de 12 à 13 millions de kilos, et par les États-Unis, qui en utilisent plus de 7 millions de kilos depuis 1905.

Elle est fournie surtout par la Chine, le Japon, l'Italie, les Turquies d'Europe et d'Asie, l'Indo-Chine, les Indes, la France, etc., en 1903, l'Afrique ne fournissait encore que 8.000 kilos de soie grège, l'Amérique du Nord, 500 ou 600 kilos et l'Amérique du Sud 2.000 kilos environ.

En faisant entrer en ligne de compte la soie consommée par les pays d'Extrême-Orient, on arrive à une évaluation approximative, pour la production totale du monde en soie, qui n'est pas éloignée de 32 millions de kilos, fournis par 420 ou 430 millions de kilos de cocons.

A côté de cette soie grège, il faut placer 30 millions de kilos de déchets de soie, utilisés aussi par les fabriques européennes, américaines ou asiatiques.

L'outillage qui met en œuvre cette énorme quantité de matières premières peut être évalué actuellement à 238.500 métiers mécaniques et à 600.000 métiers à bras, valant ensemble près de 2 milliards de francs.

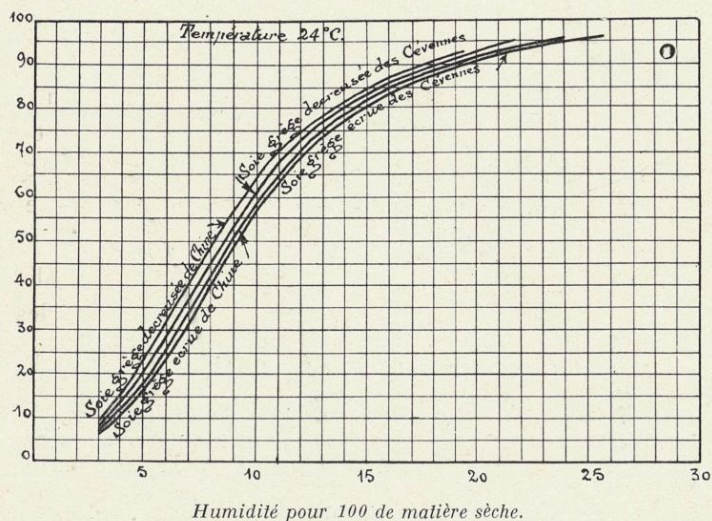
II

Propriétés hygroscopiques de la soie

Comme nous l'avons fait pour le coton et la laine, nous indiquerons les propriétés hygroscopiques de la soie, propriétés qui ont été étudiées par Th. Schloessing fils.

Voici les courbes que donne l'auteur pour les différentes provenances de soie :

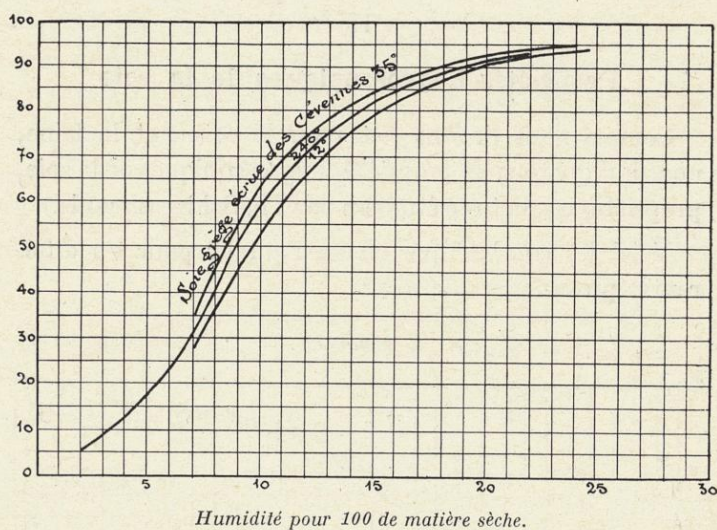
Fig. 21.



Si on rapproche ces courbes de celles du coton et de la laine, on voit que la soie tient une place intermédiaire entre les deux premiers textiles. — C'est le coton qui absorbe le moins, puis vient la soie et enfin la laine qui absorbe le plus d'humidité.

Une seconde courbe montre l'influence que peut avoir la température, influence qui est d'ailleurs très faible comme nous l'avons déjà remarqué précédemment.

Fig. 22.



III

Opérations de la filature de soie

On commence par l'étouffage des cocons. Ceux-ci subissent ensuite un triage rigoureux; on met de côté les cocons « percés » qui sont indévidables comme il est facile de le comprendre, en raison même du mode de formation du cocon; en effet, le trou dont est percé le cocon, en se produisant, a eu pour effet de couper en mille endroits différents le fil unique dont il est composé. On met aussi de côté les cocons « doubles » qui sont formés par la juxtaposition de deux cocons simples, les cocons « ouverts » ou « bouffarions »; les cocons « pointus »; les cocons « satinés »; les cocons « cotonneux », etc....

Tous ces cocons sont séparés des cocons sains qui, seuls, vont à la filature.

La filature de la soie n'est pas du tout comparable à celle des autres textiles. — Elle a uniquement pour objet de réunir côte à côte un certain nombre de fils simples, baves ou brins, issus d'un nombre égal de cocons mis ensemble en dévidage.

Les cocons subissent d'abord une cuisson partielle dans une eau chauffée à 100°; pendant cette cuisson, qui a pour but le ramollissement du grès, l'ouvrière imprime aux cocons, à l'aide d'un petit balai de bruyère, un mouvement rapide de rotation sur eux-mêmes; elle « bat » les cocons, pour détacher les « couches » supérieures, qui sont formées d'un fil ayant une texture imparfaite et qui ont été secrétées par le ver dès le début de la formation du cocon. Dans certaines usines, c'est une machine appelée « batteuse » qui remplace le travail de l'ouvrière, cette machine bat les cocons avec deux balais de bruyère.

L'ouvrière poursuit ce battage jusqu'à ce qu'elle juge qu'elle a rencontré un fil assez résistant pour assurer le dépelotonnage du cocon sans crainte de rupture.

Elle dispose alors les cocons dans une « bassine » constituée ordinairement par une bûche en fer émaillé, en cuivre étamé ou en terre cuite vernissée, contenant de l'eau chauffée à 70° pour les cocons épais et à 60° pour les cocons minces. Il n'y a jamais qu'une seule bassine par fileuse, quel que soit le nombre de bouts filés.

La fileuse saisit les extrémités des brins, bouts ou baves d'un nombre variable de cocons ainsi chauffés, elle les engage dans la « filière », petit disque en acier, en porcelaine ou en agate, porté par un ressort très flexible, placé un peu au-dessus de la bassine. Ce petit disque est percé à son centre d'un trou très petit qui livre passage aux brins que l'ouvrière a engagés.

Les brins encore chauds se soudent les uns aux autres et passent dans le « système de croisure » destiné à

arrondir le fil obtenu, à en exprimer l'humidité, à le rendre homogène, à bien faire adhérer entre eux les brins qui le composent et à arrêter les « costes », « bouchons », « duvet », ou autres grosses imperfections du fil grège.

Le fil ainsi obtenu passe sur un « guide » et enfin sur le « guindre », lequel est constitué par une grande roue polygonale, animée d'un mouvement lent de rotation, sur laquelle elle s'enroule sous forme d'écheveau très croisé de façon à réduire autant que possible les points où les différentes couches de fils viennent en contact les unes sur les autres et de faciliter ainsi le trancage qui suit. Un compteur limite la longueur de l'écheveau.

Le fil s'enroule sur cette grande roue en glissant dans la filière, dans le système de croisure, et il se renouvelle constamment par le dépelotonnage des cocons qu'on voit danser et tourner dans l'eau chaude.

Quand un cocon est épuisé, elle le remplace aussitôt par un autre, tenu tout préparé, dont le brin est « jeté » sur ceux en dévidage avec lesquels il est entraîné.

On sèche la soie au fur et à mesure de sa fabrication pour l'empêcher de se crêper, et aussi pour lui conserver tout son lustre ; le titre s'obtient naturellement par celui du cocon. C'est pourquoi on fait à la bassine même du fil 12/14, 16/18 deniers, par exemple, d'après le nombre de cocons en dévidage.

On voit par cette description succincte des diverses opérations, dont l'ensemble constitue la filature de soie, que cette industrie diffère totalement de la filature des autres textiles : laine, coton, lin, etc.... dans laquelle le perfectionnement des machines joue le principal rôle. — Dans la filature de soie, l'habileté, l'adresse, la dextérité des ouvrières fileuses jouent un très grand rôle, et malgré les efforts constants des constructeurs, on n'est pas encore parvenu à filer mécaniquement la soie.

L'hygiène des salles de travail, dans les filatures de soie, laisse souvent à désirer à cause du dégagement des buées. — Les bassines, en effet, contenant de l'eau chauffée à 100° ou à 70°, dans laquelle les cocons sont battus, remués et filés, donnent lieu à un abondant dégagement de vapeur d'eau qui s'élève dans l'atmosphère, s'y tient en suspension pour se déposer ensuite, au fur et à mesure, sur les surfaces froides environnantes, sur les murs, les vitrages, le sol, etc.

C'est surtout l'hiver que les ateliers de filature sont ainsi rendus humides, car la température est basse et par suite la quantité d'eau que peut absorber l'air est très faible (voir chapitre III, Etude de la vapeur d'eau).

Cette humidité dans certaines filatures est encore accrue par la manière défectueuse dont se fait l'écoulement des eaux des bassines, qu'il faut assez souvent renouveler, et par la projection sur le sol de ces eaux pendant leur transport, leur transvasement, etc....

Tous ces inconvénients sont encore aggravés par ce fait que l'atmosphère des salles renferme des miasmes, d'origines diverses, dont la présence se manifeste par une odeur âcre, forte, caractéristique.

On supprime tous ces inconvénients en ventilant les salles de filature, en y introduisant une quantité d'air extérieur, modérément chauffé au préalable de façon à abaisser son état hygrométrique et permettre à cet air d'absorber la vapeur d'eau en suspension dans la salle.

En renouvelant ainsi l'air des salles, un nombre de fois suffisant pour que l'air de ventilation absorbe toute la vapeur d'eau dégagée dans les salles, on devient maître de maintenir dans celles-ci un état hygrométrique normal conforme à l'hygiène.

Il faut employer une grande quantité d'air chauffé modérément, préférablement à une faible quantité d'air chauffé fortement, de façon à ne pas maintenir dans les salles une température trop élevée.

IV

**Influence de la chaleur et de l'humidification
sur les filaments de soie**

Le filament de soie est le plus brillant et le plus résistant de tous les textiles, sa résistance est double de celle d'un fil de fer de même grosseur, il est aussi très élastique et très ductile.

Comme diélectrique, la soie vient tout de suite après la laine et avant le verre, ce qui la fait souvent employer comme isolant en électricité; elle est mauvaise conductrice de la chaleur, elle présente une grande porosité et par sa seule exposition à l'air peut absorber la vapeur d'eau jusqu'à 20 % de son propre poids. Elle absorbe avec la même facilité les autres vapeurs et gaz, de même que les corps solides ou liquides tenus en suspension ou en dissolution dans l'eau.

Le brin de soie est d'une extrême finesse, cette finesse varie entre 1/50 et 1/120 de millimètre, ce qui correspond à une longueur de 5 millions de mètres au kilog; comme cette finesse, cette ténuité rendrait à peu près impossible tout emploi industriel de ce brin, on réunit toujours, comme nous l'avons vu, les filaments « BOUTS », « BAVES » ou « BRINS » de plusieurs cocons pour en faire un seul fil qui deviendra le fil de soie « GRÈGE » du commerce.

Le fil de soie est composé de 2 parties distinctes :

1^o Le « GRÈS » ou « SÉRICINE », constituant son enveloppe extérieure, gommeuse et agglutinante colorée en jaune ou blanc et qui rend la fibroïne dure et raide;

2^o La « FIBROÏNE », ou soie chimiquement pure, constituant la partie principale du fil.

Le fil « GRÈGE » contient en outre diverses matières étrangères des substances grasses et résineuses, une espèce de cire qui en atténue l'éclat.

Le « GRÈS » ainsi que les autres matières étrangères de la soie « grège » sont des substances chimiques facile-

ment solubles dans une solution chaude de savon blanc.

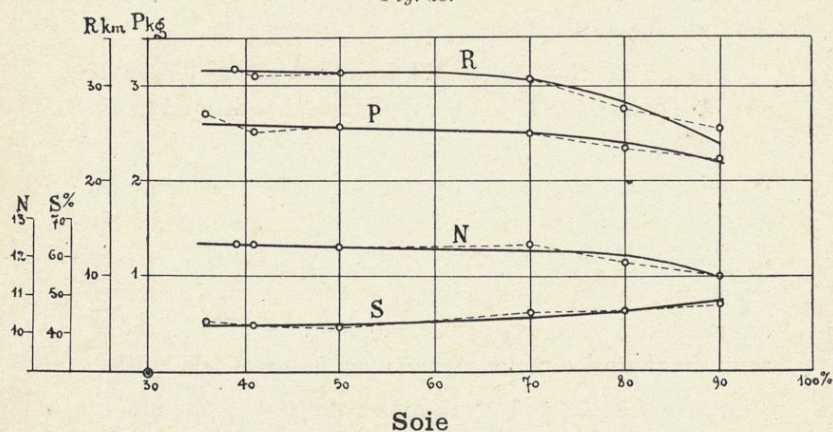
Les diverses qualités industrielles que nous avons énumérées plus haut font qu'au point de vue technique du travail dans les moulins on est aux prises avec de nombreuses difficultés.

En effet, si le fil de soie est très solide, plus solide et plus élastique que la plupart des autres textiles, il est aussi beaucoup plus fin et comme tout est relatif, il casse donc plus vite quand on le travaille.

L'air humide favorise beaucoup le travail.

Comme pour les autres textiles, nous nous sommes appliqués à déterminer expérimentalement les états hygrométriques qu'il fallait adopter pour le meilleur travail, et nous passerons en revue les différentes opérations mécaniques et l'ouvraison de la soie « grège » et des déchets de soie (Schappe) en donnant les raisons qui poussent

Fig. 23.



RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE A LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR
P. Charge de rupture; S, Elasticité; N, N° du fil;
R, Longueur de ou résistance absolue

en faveur d'un état hygrométrique déterminé. Mais auparavant, pour suivre notre programme, nous commencerons par donner un résumé des expériences de « OTTO WILLKOMM » sur ce textile. Les courbes de la figure 23

représentent les résultats des expériences faites sur la soie. La similitude d'origine de la soie et de la laine est ici très évidente; tous deux sont en effet d'origine animale

Les courbes de la résistance P , de l'élasticité S et de la longueur de rupture ont une même allure pour les deux matières.

On trouve seulement que l'humidité n'a pas une aussi grande influence sur la soie que sur la laine. Les courbes de la soie sont beaucoup moins prononcées. Cependant l'analogie de la forme est si grande qu'il est intéressant de s'y arrêter et de faire la comparaison avec les courbes obtenues pour le coton figure 14 et pour le lin figure 16.

Pour ces deux derniers textiles qui sont d'origine végétale, on a trouvé qu'à mesure que l'humidité s'accroît, leur résistance se différencie en courbes de formes bien distinctes.

Tout ce que nous avons dit touchant ce sujet dans le chapitre consacré à la laine s'applique également à la soie.

Si, à l'aide des courbes obtenues, nous voulions résumer le résultat des essais faits sur les 4 textiles mentionnés, nous constaterions un fait bien caractéristique, c'est que l'absorption d'eau varie suivant une courbe se rapprochant de la droite lorsque ϕ (humidité relative) augmente. Les courbes N le montrent à l'évidence, et sont en complète concordance avec les essais de Müller.

Ces courbes N sont relatives au numéro et comme la longueur (l) est constante le numéro dépend uniquement du poids G .

Pour tous les textiles, la teneur en humidité joue un très grand rôle. Entre 70 et 80 %, l'élasticité augmente plus sensiblement pour tous les textiles, la résistance au contraire, diminue sérieusement à partir de ce moment, sauf pour le lin dont la courbe accuse au contraire

un grand accroissement de la force même après 70 %. Pour le coton, la force augmente seulement jusqu'à 75 %, puis diminue.

V

Moulinage des soies

On obtient à la filature un fil de soie grège très ténu et très fin. Si la résistance qu'il offre à la rupture peut être considérée comme très grande eu égard à son faible diamètre, elle est néanmoins très faible, et rend son emploi impossible pour la fabrication de la plupart des genres de tissus connus.

Aussi est-on obligé de faire subir à ce fil une série d'opérations qui comprennent surtout des opérations de « DOUBLAGE » et de « TORSION » de façon à augmenter sa solidité et sa tenacité, quelquefois on modifie son aspect extérieur, ses reflets, son brillant, etc...

On donne le nom de MOULINAGE DES SOIES ou encore d'OUVRAISON DES SOIES à l'ensemble de toutes ces opérations.

Le DOUBLAGE est constitué par la réunion, en un seul, de deux ou plusieurs fils simples de soie grège. La TORSION est une opération qui est définie par son nom même, il est évident que plus un fil est tordu sur lui-même, plus il est solide et élastique, mais en même temps, plus il perd de son éclat.

Les soies ouvrées peuvent se diviser en 6 classes bien distinctes qui sont :

1^o Les ORGANSINS, fil obtenu par la réunion de 2 fils simples ayant subi préalablement et isolément une torsion à gauche; une fois réunis, doublés, ils sont retordus à droite. Ces fils sont employés principalement comme fils de chaîne.

2^o Les TRAMES sont constituées par deux ou plusieurs fils simples de filature tordus ensemble à faible torsion, souvent même elles sont formées d'un fil unique de

filande. Le propre de la trame étant de couvrir, il faut donc qu'elle soit la plus ténue possible.

3° La GRENADINE, fil qui se rapproche de l'organsin, elle se compose de deux, quatre ou six fils de filature, ayant subi préalablement et isolément une première torsion de même sens, et tordus de nouveau, une fois réunis, à une torsion inverse de celle donnée aux fils simples.

4° Les CRÊPES se rapprochent au contraire des trames; ils sont composés d'un nombre de fils grèges, variables, réunis ensemble puis très fortement tordus.

5° Les POILS sont des fils simples de soie grège ayant subi une faible torsion à droite ou à gauche. Ils s'emploient seuls. On les emploie spécialement pour les tissus de velours dans lesquels ils forment la chaîne.

6° Les SOIES A COUDRE OU CORDONNETS s'obtiennent à l'aide de métiers à retordre spéciaux, et elles sont constituées généralement par des fils « DOUPPION » provenant du tirage des cocons doubles, ou par des fils « TUSSAH » provenant de cocons donnés par une race de vers sauvages qui vivent en Chine et dans l'Inde. Elles peuvent comprendre jusqu'à 22 fils simples, réunis et tordus.

Les opérations de filage et de tors sont précédées de certaines opérations préparatoires, qui ont pour but de nettoyer, de « PURGER » le fil de soie issu directement de la filature. Quelquefois même ces opérations préparatoires sont elles-mêmes précédées du « TRIAGE » qui a pour but de séparer les soies ayant entre elles une trop grande différence comme titre ou comme couleur et du « MOUILLAGE » qui assouplit les soies trop dures ou trop chargées de gommures pour en faciliter le dévidage ultérieur.

Dévidage. — La première des opérations préparatoires est le dévidage qui a pour but d'enlever aux écheveaux provenant de la filature les grosses irrégularités, de rat-

tacher les fils rompus, de supprimer les bouts isolés, etc....

Purgeage. — Cette opération suit immédiatement celle du dévidage, elle consiste à faire passer le fil de soie à travers un ou plusieurs purgeoirs qui ne sont autre chose que des pinces garnies de draps. Le fil achève de se nettoyer complètement dans ces purgeoirs, après quoi il subit l'apprêt nécessaire.

Moulinage. — C'est l'opération qui consiste à donner au fil une torsion déterminée. Pour les apprêts de filage très élevés, comportant jusqu'à 3.000 tours au mètre, comme par exemple pour les grenadines, on est obligé de mouiller la soie pour la rendre plus souple et pour lui permettre de supporter une aussi forte torsion.

Ce mouillage est obtenu par un bain de vapeur d'eau pratiqué dans une étuve close et d'une durée de 8 à 12 heures, suivant la nature des soies.

Doublage. — Après le filage vient le doublage, opération qui consiste à réunir en un seul, deux ou plusieurs fils simples préalablement ou non tordus.

Apprêt de tors. — Le doublage est suivi de « l'apprêt de tors » ou deuxième torsion qui se fait sur des machines identiques au moulin de filage. Cette deuxième torsion se pratique en sens inverse de celle donnée aux fils simples.

Reflottage. — Dans les diverses opérations que nous venons d'énumérer, la soie se trouve en fin d'opération sur roquets; il faut donc la remettre en « FLOTTES » ou écheveaux pour faciliter son transport. Cette opération très simple se pratique sur des machines dites « FLOTTEURS ».

Le reflottage est suivi enfin du « TITRAGE », du « PLIAGE » et du « PAQUETAGE ».

VI

LES DÉCHETS DE SOIE

Aujourd'hui tous les déchets de sériculture, de filature, de moulinage et de tissage de soie pure sont utilisés et font l'objet d'un commerce très important. Autrefois on utilisait bien une faible partie des cocons percés, des frisons et des bourres bien nettes que nos grand'mères filaient à la quenouille, mais les autres déchets étaient presque toujours perdus.

Depuis une quarantaine d'années, on peut dire que tous les déchets de soie, quels qu'ils soient, sont employés pour la production de différents fils que l'on appelle le plus souvent *schappes*, quelquefois *floret*, *fantaisie*, *galette*, *filoselle*.

C'est en Suisse, sur les rives du lac des Quatre-Cantons, qu'on trouve les premières tentatives de filature mécanique des déchets de soie.

C'est surtout à partir de 1875 qu'on réussit à appliquer aux divers déchets de soie les méthodes appliquées déjà à la laine et au coton et que, par suite, les fils issus des déchets de soie, prirent une importance énorme.

Entre toutes les filatures c'est celle de la Schappe qui comporte le plus d'opérations par suite de la grande diversité des matières premières qu'elle doit utiliser. Actuellement, l'industrie de la Schappe doit être rangée dans la catégorie des grandes industries.

Pour donner une idée de son importance, nous dirons simplement que la consommation totale des fils issus de ces déchets, dans les diverses fabriques mondiales, dépasse actuellement 6 millions de kilos, soit environ le quart de la production de la soie grège.

Environ 4 millions de kilos sont fabriqués et utilisés par les fabriques françaises, italiennes et suisses.

Ces filés proviennent du traitement de 30 millions de

kilos de déchets de toutes qualités et de toutes provenances.

**Qualités des déchets de soie
suivant leur provenance et leur origine ⁽¹⁾**

Les matières premières de la filature de schappe étant d'origine et de provenances différentes exigent des traitements différents dans la première partie du travail. Elles peuvent être classées en un certain nombre de groupes dont nous allons donner un court aperçu.

A la magnanerie on tue le plus grand nombre des vers quand ils ont terminé leurs cocons, afin de pouvoir, plus tard, dévider ces derniers. On est pourtant obligé d'en réserver un certain nombre afin que, la période de la Chrysalide terminée, les papillons sortent et puissent reproduire les œufs. Ces cocons « *percés* » ne peuvent plus se dévider à cause de l'infinité de coupures qu'a fait le papillon pour sortir. Ils forment une des meilleures matières premières de la schappe. Ils contiennent, dans les meilleures qualités, 80 % de soie et dans les qualités moindres de 60 à 70 %.

D'autres déchets se produisent encore à l'élevage. Ce sont les cocons défectueux, soit inemployables, soit indévidables. Parmi ces cocons on trouve les « *Doupions* » provenant de la collaboration de deux ou plusieurs vers pour la confection d'un seul cocon. Ils contiennent environ 27 % de soie pure.

Ensuite viennent les cocons non terminés, provenant de vers morts pendant leur travail, abîmés pendant leur confection. Ils portent les noms de « *Cocons chiqués, ratés, piqués, tarmatés, faibles, rouillés* ». Ils contiennent de 15 à 20 % de soie de qualité inférieure.

Un troisième déchet de la même provenance est constitué par la « *blaze* ». Ce sont les fils que le ver fait

(1) La Filature de Schappe, par Herrmann Zeisig (voir Leipziger Monatschrift, 1911).

en premier lieu pour servir de soutien à son cocon. Dans les magnaneries européennes, cette blaze est réduite à son minimum, grâce à la disposition spéciale des cases, mais la Chine envoie tous les ans plus de 250.000 kilos de blaze en Europe. Cette matière première est la moins bonne ; les fils sont de force irrégulière, très chargés de grès, souillés de feuilles et de rameaux. La contenance en soie est de 35 à 40 %.

Le second groupe de déchets est formé par les déchets du dévidage des cocons dans les filandes.

Les cocons commencent par être battus afin d'écarter les premières couches embrouillées et de trouver le commencement du fil.

Ce « *Frison* » ainsi obtenu est une des meilleures matières premières, aussi bien en qualité qu'en quantité, puisque le frison forme à peu près 25 à 30 % de la soie du cocon. Les frisons obtenus par les procédés primitifs de dévidage des pays asiatiques sont la plupart du temps mal étendus, mal séchés, les ouvriers les jettent avec d'autres déchets. Ils sont en général fortement collés, souillés de chrysalides, de saletés et de corps étrangers. Ces frisons de qualité inférieure sont appelés « *Frisonnets* ».

Les frisons italiens (Strusi ou Strusa) sont de très bonne qualité. Les frisons français sont considérés comme étant de qualité équivalente à ceux d'Italie. On distingue encore : ceux de Brousse et d'Andrinople, ceux de Grèce, ceux de Syrie, ceux du Caucase (Nukha).

Les frisons de Perse arrivent en boules et sont de qualité inférieure. Les frisons des Indes (Bengale, Annam, Tonkin, Cochinchine) se distinguent par beaucoup de brillant et une grande finesse des fibres. Ils sont généralement jaunes, rarement gris. Les frisons de ces pays qui proviennent de filandes installées à l'européenne sont bons, mais la plus grande partie de ces matières

provient de filandes indigènes et ne sont autres que des *frisonnets*, souvent très sales et de qualité inférieure.

Les frisons de Chine sont particulièrement variés. — On les trouve souvent sur le marché déjà décreusés et sous forme de ouate. Les meilleurs frisons de Chine proviennent de filandes montées à l'européenne ; ils sont souples, blancs et brillants. Ceux qui proviennent de la province de Canton porte le nom de « *Steam waste* » et se classent en « Extra, Ia et IIa ».

Ceux qui sont exportés par Shang-Haï portent le nom de « *Curley* ». Ils sont moins souples que ceux de Canton, et tout en leur ressemblant, ils sont plus collés, grisâtres ou brunâtres. On les classe en « I, II et III ».

Les « *Long waste* », de Shang-Haï ressemblent aux précédents. — Ils sont plus clairs de couleur, très longs et donnent un bon rendement. Ils sont proportionnellement plus chers que les précédents.

Les déchets du dévidage de la soie à l'indigène ne sont pas décreusés et ils sont, par conséquent, beaucoup plus durs au toucher ; les qualités basses contiennent beaucoup de cheveux, de fils de coton et de chanvre. On les appelle « *Gum waste* » de Shang-Haï ou de Canton et on les classe en « I, II, et III ». La « *Bourre* » ou « *Rereeled waste* » ressemble aux précédents ; elle provient du détrancage indigène de la grège.

Enfin les bas déchets des filandes indigènes (*frisonnets*, *crapauds*), sont de couleur foncée, très sales et très collés.

Les frisons du Japon nous arrivent souvent aussi décreusés et sous forme de ouate. Ceux des filandes montées à l'européenne sont propres, de belle couleur blanche et donnent une matière nerveuse.

Les déchets des filandes indigènes sont des *frisonnets*. On en distingue deux groupes principaux : les meilleurs sont les « *Noshito* », les moindres les « *Kibizzo* ».

D'après leurs lieux ou provinces d'origine, ils portent encore les noms secondaires de « Oshio, Zaguri » (nord), « Djoshio, Sinshio, Hatschoguée, Kikaï, Yokohama, Kobé » (centre), « Sodai » (midi). On les divise en « Extra I et II » ou « I, II et III ».

La filande livre encore un autre genre de déchets. Ce sont les restes des cocons dévidés. On les vend sous les noms de « *Bassinets, Pellettes, Telettes, Galellame, Néri* (Japon) ». Leur petite teneur de soie de 10 à 20 %, la grande quantité de chrysalides, le peu de résistance des fibres, leur peu de brillant, en font une matière première de basse qualité. Les bassinets de Chine et du Japon arrivent la plupart du temps décreusés, pour éviter le port sur les chrysalides qui n'ont aucune valeur.

La troisième catégorie importante de matières premières vient des moulinages, dévidages et des tissages de soie. On les appelle « *Bourre* ». Comme la fibre vient de la meilleure partie du cocon, le milieu; qu'elle est propre, rarement collée et qu'elle contient peu de grès, 20 à 25 %, elle forme un excellent déchet. — Ces déchets ont parfois l'inconvénient d'être coupés à de petites longueurs, 10 cm. et moins, de contenir des nœuds, et d'être enroulés sur du papier.

Les déchets des trames teintés aussi sont retravaillés. Les fils auxquels ils servent de matières premières se nomment « *Fils violets* » par suite de leur couleur et ne peuvent être employés que pour le noir et les teintés très sombres.

En dehors de l'origine du ver et de son genre d'élevage, le pays et la race du ver influent grandement sur la qualité et l'emploi des différentes matières premières.

Le tableau ci-après donne (d'après Silbermann et Zeisig) un résumé des propriétés des plus importantes races.

La finesse, la ténacité et l'élasticité des filaments sont

donc très différentes selon les races. Elles sont aussi variables dans un même cocon, suivant qu'on examine le commencement, le milieu ou la fin de celui-ci. La fin du fil est plus fine, par conséquent moins solide et moins élastique, enfin moins brillante.

TABLEAU XXVII

	DIAMÈTRE du fil du cocon en $\frac{m}{m}$	TITRE mg /500 m.	RÉSISTANCE	ÉLASTICITÉ %
Italie blanc.....	11 — 12,5	42 — 64	27,5 — 37,5	9,1 — 12,3
— jaune.....	10,7 — 13,1	48 — 73	23 — 42	8,3 — 14,7
France blanc.....	11 — 12,9	43 — 53	26 — 51	11,7 — 14,1
— jaune.....	9,5 — 12,8	48 — 70	30,5 — 40,5	11,3 — 16
Brousse blanc...	12,5	55	38	10,6
Syrie jaune.....	12,4	53	29	12,2
Caucase jaune...	11,2	50	27,5	10,5
Perse.....	10,8 — 11,3	37 — 43	31 — 33,5	11,5 — 12,6
Inde jaune.....	7,3 — 8,9	32 — 50	24 — 30	7,6 — 8,5
Chine Canton				
blanc....	8,3	55	16,5	10
Shang-Hai blanc.	9,9	37	39,5	10,8
Shantung blanc..	10,6	51	28,5	10
Shang-Hai jaune.	10,2 — 11,5	41 — 48	30 — 33	8,9 — 10,4
Shantung jaune.	9,9	34	36	9,4
Japon blanc.....	10,2 — 11,9	40 — 77	22,5 — 31	7,6 — 14,6

Les races indiennes sont les plus brillantes, elles sont suivies par les races européennes, chinoises et japonaises. Celles qui le sont le moins sont celles du Levant et le manque de brillant de ces dernières est à attribuer, sans doute, aux modes d'étouffement du ver, et de dévidage. De même pour les déchets.

En dehors de la soie du *Bombyx mori* la filature de schappe travaille aussi une grande quantité de soies sauvages.

Ces matières, appelées du nom général de « *Tussah* », sont plus résistantes et meilleur marché que la soie ; par contre, elles sont difficiles à ouvrir, mais elles sont brillantes et de couleur foncée. Leur blanchiment exige un procédé coûteux. Elles sont difficiles à teindre et elles

ont, par suite de la forme plate des fibres, un éclat scintillant analogue à celui du verre.

Le tussah de Chine est produit par le « *Anthearea pernyi*. » — Il est brun. Il titre de 7,5 à 8,5 deniers et sa résistance moyenne est de 17,9 gr. avec une élasticité de 16,5 %. Il vient d'habitude de la province de Newshwang et on l'appelle souvent de ce nom. Il est exporté par Shang-Haï.

Le tussah indien est également de couleur brune et vient du « *Anthearea mylitta* ». Sa fibre a de 40 à 60 m/m de longueur.

La soie de Muga « *Anthearea assama* » qui vient de l'Inde présente une extraordinaire ténacité. — Elle a un beau brillant et différentes couleurs : grise, jaune, rouge ou blanche.

La soie de chêne japonaise vient du « *Anthearea jamamay* ». Elle va du jaune d'or au vert pâle et a de 45 à 55 m/m de longueur.

La soie hindoue d'*Eria* (*Attacus ricini*) et la chinoise « *Aylantus* » (*Attacus cythia*), toutes deux très durables, sont : la première rouge, jaune ou blanche avec 35 à 40 m/m de longueur ; la seconde de vert clair à brun avec de 35 à 40 m/m de longueur.

Les places les plus importantes du commerce des déchets de soie sont : Yokohama et Kobé, Shang-Haï et Canton, Calcutta, Brousse, Milan, Marseille et Bâle.

VII

Opérations mécaniques de la filature de Schappe

Les matières provenant des filandes, des moulinages, des tissages européens sont expédiées par balles non comprimées. Quand une balle contient plusieurs sortes de déchets, ceux-ci sont tenus bien séparés.

Les balles provenant de l'Asie sont fortement comprimées. A la réception, la matière est immédiatement

ouverte soit à la main, soit à l'*assouplisseuse*, machine qui élimine les pierres, le bois et la paille que la matière contient.

Décreusage. — Avant de traiter mécaniquement les déchets de soie, il faut les débarrasser de la majorité des matières organiques qu'ils contiennent, et qui forment environ les 25 à 30 % du poids du fil. On a recours pour cela à une opération que l'on appelle le « *décreusage* » et qui consiste à faire passer la matière dans des lessives spéciales. On laisse généralement à la fibre une quantité de gomme (Grès) atteignant environ 5 % de son poids, de façon à protéger le filament pendant les opérations de la filature.

On peut employer pour le *décreusage* diverses lessives. Il faut cependant remarquer que la fibroïne et la séricine sont chimiquement très proches parentes et font partie des « Protéines ». Toutes deux sont insolubles dans l'eau. L'eau chaude cependant ramollit la séricine, elle la transforme à la cuisson en une modification soluble. Toutes deux présentent très peu de résistance aux acides et aux bases surtout si ceux-ci sont chauds ou concentrés. Les bases alcalines, même très diluées, dissolvent la gomme et rendent la soie elle-même terne et cassante; les bases alcalino-terreuses ont une action moins énergique, mais elles alourdissent la soie et lui donnent un aspect mat et flou.

Les carbonates, silicates, borates, alcalins ont une action encore plus faible; cependant ils finissent, à la longue, chauds ou concentrés, par attaquer la fibroïne, alors qu'à froid déjà ils dissolvent la séricine. Les savons neutres dissolvent à chaud la séricine; mais n'ont aucune action sur la fibroïne. Au contraire, ils en accentuent le brillant et la nervosité.

On peut obtenir également la désagrégation des

déchets de soie, par une espèce de rouissage, qui détermine la fermentation des matières organiques.

Cette méthode a l'inconvénient de dégager une odeur forte, désagréable et tellement accentuée qu'elle se distingue à plus d'un kilomètre des usines.

Après avoir subi cette espèce de rouissage, les déchets de soie sont alors lavés à fond, à chaud et à froid. Mais ils conservent toujours, même sous forme de filé, une odeur répugnante qu'un blanchiment, même très long, ne leur enlève que difficilement.

Blanchiment. — Pour obtenir un fil aussi blanc et aussi brillant que possible, il convient d'ajouter un blanchiment au décreusage. On emploie pour cela soit le piroxyde de soude, soit le perborate de soude, soit d'autres procédés.

Un procédé général applicable à toutes les matières n'est guère possible à adopter, car ces matières premières sont si différentes entre elles que la durée et l'énergie des opérations ne sont jamais les mêmes.

Pour les matières fortement collées, particulièrement pour les cocons de tous genres, les soies sauvages, etc..., il est souvent avantageux d'appuyer l'action chimique par une action mécanique.

On décreuse alors dans la « laveuse à chaud ».

Pour le travail des blazes, on évite d'habitude la cuisson et on conduit la matière directement au « loup à cocons ». Ces matières de basse qualité étant formées du fil que le ver produit en premier lieu, fils peu collés entre eux, une élimination de la gomme n'est pas nécessaire avant l'ouvrage. Comme naturellement le fil de blaze contient beaucoup de gomme (environ 50 %), il n'est mélangé toujours qu'en petites quantités aux autres qualités.

Le décreusage est une des opérations les plus importantes de la filature de schappe. Il exige une exécution

raisonnée, une grande expérience des moyens employés et avant tout une parfaite connaissance de la matière à décreuser.

Carbonisage. — Certaines matières premières contiennent des produits étrangers que, ni le décreusage, ni le peignage, ne parviennent à éliminer. C'est avec beaucoup de peine que l'on parvient à les enlever ensuite. Ces matières de provenance végétale ne peuvent qu'être détruites chimiquement par le carbonisage.

Cette opération se fait de préférence avant décreusage, car de cette façon les fibres sont neutralisées et les lavages qui suivent peuvent enlever à fond les débris de matières végétales qui, sans cela, provoqueraient une forte et désagréable poussière au peignage et à la préparation.

Il existe encore toute une série de procédés de carbonisation, comme par le chlorure d'aluminium, par l'acide sulfurique, etc...

On a aussi employé avec succès l'acide chlorhydrique gazeux.

Lavage. — Après décreusage par n'importe lequel des procédés, la soie doit être lavée à fond pour enlever la gomme détruite ou séparée, les produits chimiques et les eaux sales. — Onessore, on presse fortement les fibres et on les amène encore chaudes dans la laveuse à chaud. — La matière est ensuite lavée à froid, puis séchée.

Peignage

Après les opérations chimiques du décreusage, suivent les opérations mécaniques d'ouvrage et de peignage.

Tout d'abord on procède à un *ensimage* des fibres de déchets de soie. On emploie pour cela de bon savon de Marseille, de la glycérine et de l'huile d'olive, cette dernière rendue soluble dans l'eau par une addition de savon ou d'ammoniaque.

Il est nécessaire d'observer une grande prudence dans

L'ensimage de la soie, car s'il est trop fort ou s'il est fait avec des produits ne convenant pas parfaitement à la matière traitée, les fibres se collent les unes avec les autres et cela rend alors l'étirage plus difficile.

L'ensimage a pour but de réduire dans une certaine mesure le pouvoir électrique de la soie qui se manifeste pendant toutes les opérations qui vont suivre, car ces opérations font subir à la matière des frottements énergiques et prolongés.

La mince couche glissante dont les fibres sont recouvertes réduit les frottements et, par conséquent, le développement de l'électricité.

De plus, comme la glycérine est un produit hygrométrique, elle a pour effet de conserver à la matière une certaine humidité qui favorise le travail.

Après l'ensimage, la matière passe à *l'assouplisseuse* de façon à ramollir les fibres qui contiennent encore une faible proportion de grès, car ce grès ou gomme donne une certaine dureté à la matière et influe défavorablement sur le rendement du peignage.

Quand les matières sont sous forme de cocons, on doit les assouplir d'une façon spéciale et les débarrasser de leurs impuretés ; on emploie pour cela le *balleur à lanières* qui fouette les cocons et fait foisonner les fibres de soie ou encore le *loup balleur* analogue à celui employé dans la filature de laine.

Les cocons assouplis et relativement propres sont ensuite soumis à une opération qui étendra autant que possible les filaments qui sont encore sous forme de pelottes et les mariera de telle façon qu'ils se présentent ensuite sous forme de nappe. On emploie pour cela une machine appelée « *ouvreuse de cocons*. »

Pendant cette opération, on cherche à obtenir des fibres de la plus grande longueur possible, c'est pourquoi

on y apporte de grands soins de façon à emmêler le moins possible les filaments.

Après ces travaux préparatoires commence le *Peignage*.

Le peignage des déchets de soie a beaucoup d'analogie avec celui du lin, il se fait en deux phases : l'avant-cardage et le cardage.

La première machine s'appelle « *Filling* », quelquefois aussi « *Etirage* » ou « *Ouvreuse* ».

Son rôle est d'étirer et d'ouvrir autant que possible la matière. Ce qui importe le plus dans tout le peignage est de déchirer le moins possible les fibres, car le produit diminue la valeur. On s'efforce donc de donner déjà à l'alimentation de la filling un étirage qui ouvre bien et prépare convenablement les filaments.

Les barbes produites à la filling passent à la peigneuse qui termine la séparation des filaments, élimine les petites fibres et les impuretés des longs filaments. On se sert principalement, pour ce travail, de la *Peigneuse circulaire*, mais on emploie également une machine rectiligne appelée « *Dressing* ».

Les barbes peignées sur la circulaire et sur la dressing ne sont pas peignées à fond, car elles ne sont peignées qu'à leurs deux extrémités et non en leur milieu; on diminue cet inconvénient en peignant le milieu une fois dans chaque sens.

Les fibres de longueur moyenne restant dans la blousse sont elles-mêmes peignées sur la PETITE FILLING qui travaille de la même manière que la GRANDE FILLING.

Les fibres courtes également contenues dans la blousse sont traitées par des machines analogues à celles employées pour la filature du coton et de la laine peignée.

La première machine employée est le BALE BRAKER, la matière sort de cette machine sous forme de flocons et est envoyée dans des casiers à mélanges; puis elle

passé au batteur qui se distingue des batteurs de coton par son volant particulier.

La bourrette (blousse de la circulaire) est de même réduite en petits flocons bien ouverts qui, par l'action de ventilateurs, sont purgés d'une grande quantité de poussières et de débris de chrysalides, elle est mise en nappes sous forme de rouleaux et est ensuite cardée.

La cardé employée est analogue à celle de la laine peignée.

Les filaments délivrés par la cardé sont complètement dénoués, mais cependant ils sont encore enchevêtrés, on fait donc subir aux rubans deux étirages successifs, puis on les passe à la peigneuse système Heilman. Il est très difficile d'obtenir un *trait* parfaitement propre, il reste toujours de petits boutons que, même les peignes les plus fins, ne parviennent pas à éliminer; c'est pourquoi le voile sortant de la peigneuse est pris par des ouvrières qui l'étendent sur une vitre horizontale fortement éclairée par le dessous et enlèvent à la main toutes les impuretés contenues dans ce même voile et qui n'ont pu être éliminées par le peignage.

Cette opération porte le nom d'ÉPLUCHAGE. Les voiles sont ensuite séparés et pliés de telle sorte qu'ils se présentent favorablement à la machine suivante qui est l'ÉTALEUSE ou NAPPEUSE dont le rôle est de former des NAPPETTES possédant un poids et une longueur déterminée, toutes prêtes pour les opérations de la Filature.

Filature

Les nappes de peigné sont soumises à une série d'étirages mélangeurs et régularisateurs de façon à paralléliser les fibres et à former un ruban aussi régulier que possible par des doublages successifs.

Les rubans sont transformés en mèches sur des bancs à broches analogues à ceux employés dans la filature du coton.

Pour les traits les plus courts, on intercale entre les étirages et les bancs à broches une machine appelée FROTTEUR.

La filature proprement dite se fait sur des métiers renvideurs ou sur des continus. Aujourd'hui, on emploie presque exclusivement les continus, car la grande solidité et la longueur des filaments donnent déjà au fil, même avec une faible torsion, une solidité suffisante pour vaincre la tension occasionnée par le curseur.

Les continus avec lesquels on file la schappe sont les mêmes que ceux employés pour la filature de la laine.

Une partie des fils de schappe est employée en fils simples par le tissage, notamment comme trame dans les étoffes et dans le ruban, il est aussi quelquefois employé comme chaîne. Cependant, la plus grande partie est retordue et trouve son emploi au tissage, dans la fabrication du fil à coudre, dans les fils de bonneterie et de broderie.

On lui fait donc le plus souvent subir les opérations du DOUBLAGE et du RETORDAGE. Le retordage se fait uniquement sur des continus à anneaux identiques à ceux employés pour le coton et pour la laine.

VIII

Déterminations des températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail de la soie et des déchets de soie

Nous avons vu combien le moulinage des soies et la filature des déchets de soie demandaient de soins particuliers à cause de la finesse des filaments employés et surtout à cause de la facilité avec laquelle ce textile s'électrisait.

Par les frottements successifs qu'elle subit, la soie est fortement électrisée soit positivement, soit négativement, selon les matières avec lesquelles elle vient en contact.

Le simple frottement des fibres les unes contre les autres détermine un dégagement important d'électricité positive quand ce frottement a lieu dans le sens de la longueur de la fibre et d'électricité négative quand il a lieu perpendiculairement à elle.

Nous avons mentionné que la soie est très mauvaise conductrice de l'électricité et qu'à sec elle est diélectrique.

C'est pourquoi une soie, une fois électrisée, conserve très longtemps son électricité, et même quand elle vient en contact avec des corps bons conducteurs comme les métaux, elle se décharge difficilement.

Pendant les opérations diverses du moulinage pour la soie, du peignage et de la filature pour la schappe, il se produit des frottements multiples, énergiques et prolongés, soit des fibres entre elles, soit des fibres contre les organes mécaniques.

Aussi, à la sortie des cylindres étireurs par exemple, on voit les fibres se repousser, leur parallélisme se perd, il se forme une quantité de petits nœuds qui occasionnent des défauts.

De plus, elles ont tendance à s'accrocher aux pièces voisines des machines et, en particulier, à former des barbes autour des cylindres.

Il en résulte une perte importante de la précieuse matière, beaucoup d'arrêts qui réduisent la production des machines et aussi les filés sont de qualité inférieure.

Pour remédier en partie à ces graves défauts, on laisse à la fibre un peu de gomme (5 % environ) de façon à la protéger, car il a été démontré que la gomme (grès) s'électrise moins facilement que la fibre. Par contre, ces filés ont moins de brillant et accusent à la teinture, une perte correspondante à la quantité de gomme qu'elle contient.

D'autre part, on a constaté que les fibres légèrement humides s'électrisaient infiniment moins que les fibres sèches et que le meilleur moyen de neutraliser l'énorme quantité d'électricité qu'accumulent les fibres est de les travailler dans des salles où l'air est tenu à un état hygrométrique élevé.

La température joue également un rôle important en ramollissant la faible quantité de gomme qui agglutine la fibre et en facilitant le glissement des fibres les unes sur les autres.

Suivant le travail que l'on impose aux filaments, il est nécessaire de s'appliquer à faire agir ces 2 facteurs (température et humidification) de telle façon que le travail devienne plus facile. Pour la soie grège, les opérations préparatoires demandent 70 % d'humidité relative et une température de 18°.

Dans les salles de filage et doublage il sera nécessaire d'humidifier d'autant plus que l'on exigera des filaments un travail plus considérable d'élasticité. Le filage exigera 85. % à 22°. Pour le doublage on a intérêt à travailler les organsins, grenadines et cordonnets à 75 % d'état hygrométrique à la température de 22° reconnue comme étant la meilleure. Pour les trames, les crêpes et les poils on pourra se contenter de 65 % et de la même température.

Pour les opérations dernières des salles de reflottage, titrage, etc.. 70 % et 18° seront très convenables.

Les déchets de soie dont la qualité diminue avec la longueur des filaments, lesquels sont tous employés, exigent aussi des états hygrométriques et des températures différentes.

Dans les peignages, il faut 18° et 70 %.

Dans les salles de filature l'humidité relative doit varier avec l'intensité du décreusage et la longueur des filaments travaillés. Les filaments longs s'électrisent

plus facilement et demandent par conséquent plus d'humidité : 70 % à 22°.

La schappe servant de trame au tissage ayant subi un faible décreusage, puisque celui-ci peut être terminé en pièce, exigera un peu moins d'humidité : 65 % à 22°.

Quand la matière est de dernière qualité, on procède au cardage de ces matières, il faut alors humidifier les salles de carderie et de préparation ; 75 % et 18° conviennent parfaitement.

Nous donnons ci-dessous un tableau résumant les températures et les états hygrométriques qu'il y a lieu d'adopter pour le moulinage de la soie et la filature de la schappe.

TABLEAU XXVIII

Températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail de la Soie et de la Schappe.

PROVENANCES	DÉSIGNATION des SALLES	TEMPÉRATURE minimum	ÉTAT hygrométrique minimum à la température considérée
SOIE GRÈGE ... (Moulinage)	Dévidage.....	18°	70 %
	Purgeage.....	18°	70 %
	Filage.....	22°	85 %
DOUBLAGE	Organsins.....	22°	75 %
	Grenadines.....		
	Cordonnets.....		
	Trames.....	22°	65 %
	Crêpes.....		
	Poils.....		
SCHAPPE..... (Peignage)	Reflottage.....	18°	70 %
	Peignage.....	18°	70 %
	Epluchage et Etaleuses	18°	70 %
FILATURE	Cardes et préparation (pour bourettes)....	18°	70 %
	Métiers à filer Schappe fortement décreusée.	22°	70 %
	Schappe faiblement décreusée.....	22°	65 %

CHAPITRE IX

LA SOIE ARTIFICIELLE ⁽¹⁾

Nous pensons ne pas pouvoir passer sous silence dans cette étude d'ensemble que nous avons entreprise, cette industrie textile qui a pris depuis quelques années une si grande extension.

L'idée de produire de la soie artificielle est ancienne. Dans ses mémoires pour servir à l'histoire des insectes, qui datent de 1754, le physicien et naturaliste Réaumur en parle déjà, il dit : « La soie n'étant qu'une gomme liquide qui se dessèche, ne pourrions-nous pas nous-mêmes faire la soie avec nos gommes et nos résines ? » Cependant les premières tentatives faites en vue de la production de fils de soie artificielle n'apparaissent qu'après la découverte de la nitrocellulose et les propriétés de cette matière.

Le grand innovateur de la soie artificielle est le comte Hilaire de Chardonnet qui, dès 1866, à la suite de nombreuses expériences, parvint à produire des fils propres à être utilisés dans l'industrie.

Svinburne, Crookes, Nestor, Swann, Wynne et Powell ont aussi largement contribué à cette belle invention de la fabrication de la soie artificielle.

Les diverses variétés de la soie artificielle employées dans l'industrie ne sont autre chose que de la cellulose pure ayant acquis le brillant de la soie naturelle.

Elles se distinguent donc du produit du ver à soie en ce qu'elles ne renferment pas d'azote.

(1) La soie artificielle et sa fabrication, par J. FOLTZER.

Toutes ont pour origine la fibre végétale, soit sous la forme du coton, soit sous la forme de pâte de bois.

Suivant les différentes solutions qui entrent en jeu, on peut diviser cette fabrication en quatre groupes principaux, déjà exploités industriellement ou qui ont quelque chance de l'être un jour :

I. — La soie artificielle de Chardonnet, dérivant de la nitrocellulose.

II. — La soie artificielle d'après Despeissis formée avec de la cellulose soluble dans l'oxyde de cuivre ammoniacal.

III. — La Viscose ou soie artificielle fabriquée avec la viscoïde.

IV. — Le fil artificiel brillant, produit par une solution de cellulose dans le chlorure de zinc.

Nous allons donner une courte description de chacun de ces procédés et nous verrons que les installations d'humidification et de ventilation facilitent considérablement les diverses opérations de cette industrie spéciale.

La soie artificielle de Chardonnet

Il y a à peu près 20 ans, un professeur de chimie de Bâle, M. Ch. Schanblin, a obtenu la nitrocellulose du fulmi-coton, en traitant de la cellulose pure, par un mélange de nitrate de potasse et d'acide sulfurique. La dissolution de ce produit dans l'éther et l'alcool, donne le collodion bien connu, qui au contact de l'air forme un corps compact et élastique.

Dans l'ancien procédé de Chardonnet, la cellulose (coton, paille, bois, etc...) était transformée en fulmi-coton, et ce dernier dissout dans l'alcool et l'éther; on obtenait ainsi le collodion, comme dit plus haut. A ce produit, on ajoutait un peu de perchlorure de fer ou chlorure de zinc et du tannin. De cette manière, on étirait le fil qui traversait un bain d'eau acidulée avec de

l'acide azotique. Le fil était ensuite traité comme la soie naturelle.

La soie teinte était obtenue en mélangeant les matières colorantes voulues au collodion.

Le nouveau procédé est un peu plus compliqué que l'ancien, mais a l'avantage de produire un fil de qualité supérieure.

Comme matière première on n'emploie plus ici que du coton lavé. On le transforme en nitrocellulose (fulmicoton) par une immersion de 4 à 6 heures dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique ordinaire.

L'acide est ensuite exprimé de la nitrocellulose, qui est lavée jusqu'à ce que toute trace de cet acide ait disparu, puis la matière est séparée de son eau sous des presses hydrauliques jusqu'à ce qu'elle n'en contienne plus que 36 %. Dans cet état la nitrocellulose n'est plus inflammable.

On prend ensuite 22 kilos de cette nitrocellulose, on y ajoute 100 l. d'un mélange composé de parties égales d'alcool et d'éther dissous. Cette solution est ensuite filtrée et conservée dans de grands réservoirs où elle repose pendant quelques jours.

De cette pâte, on file ensuite la soie. On se sert, pour cela, d'un appareil qui se compose d'un certain nombre de petits tuyaux en verre, étirés en capillaires, d'une ouverture de 0,10 m/m à 0,20 m/m. La nitrocellulose est pressée à travers ces capillaires sous une pression de 60 kilos par cm².

Plusieurs de ces fils réunis ensemble sont enroulés sur bobine. En séchant ils acquièrent un certain brillant, de la résistance et de l'élasticité ; leur couleur est jaunâtre, on les blanchit ensuite au chlorure de chaux.

La teinture de cette soie se fait de nos jours comme celle de la soie naturelle, avec des matières colorantes

basiques, et non plus par un mélange de ces matières colorantes à la nitrocellulose, comme le recommandait le premier procédé.

La soie artificielle Despeissis

La soie artificielle Despeissis à l'oxyde de cuivre ammoniacal se distingue de la soie artificielle fabriquée à l'aide de la nitrocellulose par l'homogénéité de sa composition, qui n'est que de la cellulose pure. Comme la soie de Chardonnet, elle est remarquable par son brillant, sa résistance et son élasticité.

Sa fabrication mécanique est pareille à celle de toutes les soies artificielles dont elle diffère seulement par ses procédés chimiques.

La cellulose employée pour la fabrication de la soie Despeissis est du coton dégraissé et blanchi.

On peut employer différentes sortes de coton, en général, on achète les déchets des peigneuses. La longueur de la fibre n'a aucune valeur spéciale, car on tire aussi bien la cellulose d'un coton courte soie, que d'un coton longue soie, mais la finesse, la souplesse et le soyeux du coton ont une influence sur la qualité de la cellulose.

M. J. Foltzer fait remarquer que dans la fabrication de la soie artificielle les différences de prix d'achat des matières premières jouent un rôle moins important que la main-d'œuvre, l'entretien très coûteux des capillaires, et la disposition mécanique de l'établissement en général.

Le coton préalablement dégraissé et blanchi passe dans des malaxeurs de dissolution; ce sont de grands cylindres en tôle, dans lesquels tourne un arbre muni de palettes qui agite le coton dans une solution d'oxyde de cuivre ammoniacal.

Au bout de 7 heures, le coton doit être dissout complètement et doit « FILER », c'est-à-dire doit avoir une

fluidité déterminée en vue de la filature. Il doit être maintenu à une température basse. Il passe ensuite par des filtres presses. La solution est prête à être transformée en fil de soie. Elle est distribuée dans la filature par des tuyauteries appropriées qui l'amène aux extrémités de chaque machine. Ces tuyaux doivent être maintenus à la température de $+ 4$ à $+ 5^{\circ}$ C.

Il est très avantageux de maintenir la salle à une température constante de 17° .

Un tuyau passant d'une extrémité à l'autre de chaque machine est branché sur le tuyau principal. De distance en distance des tubes raccourcis s'adaptent sur le tuyau secondaire. Ils sont reliés à un manchon en caoutchouc; un petit robinet en verre livre passage à la solution qui passe par un second caoutchouc, arrive au tuyau en verre recourbé et passe dans un petit distributeur en verre ou en plomb.

A ce distributeur, sont reliés les petits tubes à capillaires en verre, les capillaires plongent dans une auge en plomb, qui s'étend sur toute la longueur de la machine et qui est remplie aux $2/3$ d'acide sulfurique.

Les fils de chaque distributeur sont réunis ensemble par un guide fil collecteur en verre, et passent ensuite par un second guide fil, pour s'enrouler finalement sur des cylindres creux en verre.

Les cylindres sont ensuite transportés dans la salle de lavage, puis ils subissent l'opération du savonnage et ensuite sont séchés à la température de 55° . Il n'est pas bon de dépasser cette température, car le fil peut se tâcher.

Après le séchage, le fil est dévidé; les opérations qui suivent le dévidage sont : le retordage, le guindrage et le titrage qui se font comme pour la soie naturelle. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

La Viscose

La viscose est de la soie artificielle formée avec la viscoïde.

La viscoïde est obtenue en traitant la cellulose sodique par le sulfure de carbone à la température ordinaire.

L'hydrocellulose fabriquée suivant la méthode Girard, peut être employée à la place de la cellulose pure, et alors la consommation de soude caustique et de sulfure de carbone peut être réduite de moitié.

Pour obtenir la soie artificielle on force la viscose par des orifices capillaires dans une solution de chlorure d'ammonium à 17-20 %. On peut obtenir des fils très fins d'une régularité absolue. La majeure partie du thio-carbonate de la cellulose sodique se décompose et la cellulose est séparée.

La décomposition est achevée et les dernières traces de produits secondaires sont enlevées en faisant passer les fils successivement dans des bains frais de chlorure d'ammonium chaude, de carbonate de soude, d'hypochlorite, d'acide chlorhydrique et finalement en les rinçant à fond dans l'eau.

Les fils se teignent bien, supportent l'ébullition dans les lessives alcalines, résistent à l'action du chlore et sont doués d'un bel éclat brillant comparable à celui des autres soies artificielles.

Les opérations mécaniques de la filature de la viscose sont sensiblement les mêmes que celles décrites pour la soie artificielle Despeissis.

Le fil artificiel brillant

Ce fil est produit par une solution de cellulose dans le chlorure de zinc.

Il n'a qu'une faible résistance et jusqu'à présent on ne peut l'employer que comme filament pour lampes à incandescence; sa résistance est tout juste ce qu'il faut pour cet emploi.

On cherche encore actuellement à produire industriellement un fil résistant avec cette solution.

Influence de la chaleur et de l'humidification sur la soie artificielle

Nous avons vu qu'après la filature le fil de soie artificielle passe au dévidage avant ou après le séchage, suivant que l'un ou l'autre des procédés décrits est employé.

Pour pouvoir le dévider facilement, il est indispensable d'humidifier les salles.

Si on ne prend pas cette précaution, le fil casse très fréquemment.

Il faut maintenir un état hygrométrique élevé, 80 % dans les salles de dévidage.

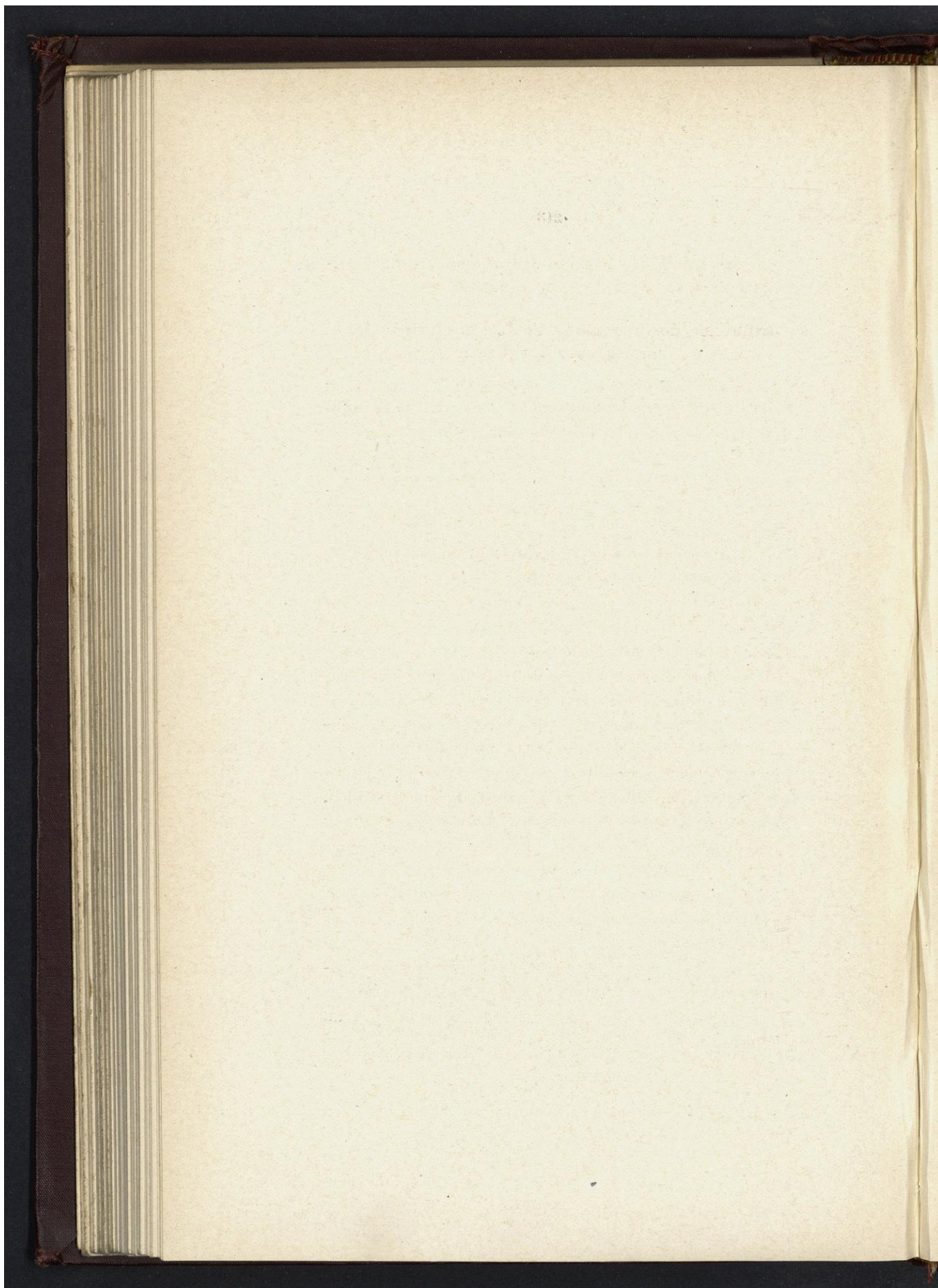
Quand on sèche avant dévidage il est nécessaire de disposer les fils pendant 4 ou 5 heures dans un local spécial fortement humidifié à 85-90 %.

Les salles de retordage doivent être humidifiées comme les salles de dévidage, soit à 80 %.

En ce qui concerne la température, il est bon de maintenir 17 à 18° dans les salles. Cette température est celle qui convient le mieux pour la soie artificielle, car elle correspond à celle des bains d'acide sulfurique. De plus, comme les solutions doivent circuler dans les tuyaux à la température de + 4 à + 5°, on a intérêt à ne pas laisser la température des salles s'élever trop.

Les salles de travail doivent être également fortement ventilées en raison des vapeurs délétères et malsaines qui s'y dégagent.

Le problème pourra être résolu en employant des installations combinant la ventilation, l'humidification et le rafraîchissement comme nous les avons décrites au chapitre IV.



CHAPITRE X

TISSAGE

I

Opérations mécaniques du tissage

Le tissage constitue l'ensemble des opérations nécessitées pour la conversion des fils en tissus.

En général, les tissus s'obtiennent par l'entrelacement de deux séries de fils dont les uns disposés à l'avance parallèlement entre eux portent le nom de fils de chaîne ou simplement fils; et les autres insérés au moyen de la navette dans les premiers portent le nom de fils de trame ou *duites*.

Le mode d'entrelacement de la chaîne et de la trame peut être varié à l'infini; l'art du tissage consiste donc à combiner des entrecroisements avec les matières les mieux appropriées pour l'usage auquel on destine les tissus.

On peut obtenir soit un *grain*, soit des *côtes* ou *croisures*, soit des *dessins* plus ou moins compliqués.

Le mode de croisement des duites avec les fils porte le nom d'*armure*.

On appelle *armures tissu* le mode de croisement qui donne des tissus à grain ou à croisures.

Les armures *dessin* donnent au tissu l'aspect de dessins, tels que granites, œils-de-perdrix, etc...

Les armures servent de bases à la fabrication de tous les tissus, soit qu'on les emploie seules, soit qu'on les combine ou qu'on en déduise des dérivés.

Pour obtenir les tissus on emploie les métiers à tisser à bras ou les métiers à tisser mécaniques qui ont pour but de produire la division des fils en deux nappes ou foule entre lesquelles on lance la navette pour insérer la trame, de chasser cette trame dans la foule et enfin d'enrouler le tissu produit.

La division des fils s'obtient pour les métiers mécaniques, soit au moyen de lames mises en mouvement par des excentriques, des tambours ou des mécaniques d'armure ou ratières, soit au moyen de maillons suspendus aux crochets d'une mécanique Jacquard.

Préparation du tissage

Les diverses préparations du tissage comprennent : le bobinage, l'ourdissage, l'encollage, le rentrage.

Bobinage. — La première opération que subissent les fils de chaîne après leur réception de la filature est le bobinage. Cette opération consiste à dévider les fils livrés par la filature sous forme d'écheveaux ou de fuseaux, à épurer ces fils et les enrouler sur des bobines cylindriques dont la grandeur est appropriée à l'opération de l'ourdissage qui doit suivre.

Ourdissage. — L'ourdissage consiste à classer et à assembler en une longueur tous les fils de la chaîne, à les disposer parallèlement les uns aux autres et dans l'ordre déterminé par la nature du tissu.

Quand le tissage exige une chaîne composée de différentes couleurs, c'est l'ourdissage qui classe ces fils dans l'ordre déterminé. Cette opération se fait au moyen d'ourdissoirs. Il existe des ourdissoirs à bras et des ourdissoirs mécaniques.

Encollage et parage. — Les opérations de l'encollage et du parage ont pour but d'enduire les fils de chaîne d'une substance agglutinante qui raffermir ces fils, agglomère

leurs filaments et leur donne une surface lisse et polie. Les fils encollés supportent plus facilement l'opération du tissage et acquièrent la résistance voulue pour supporter la tension qu'on leur fait subir ainsi que le frottement du peigne.

L'encollage a encore l'avantage de rendre moins élastiques les fils de laine et de coton et empêche leur allongement.

La colle ou parement employé est généralement à base de farine fermentée ou de fécule de pommes de terre ou d'amidon.

Remettage ou rentrage. — L'opération du remettage consiste à passer la chaîne, fil par fil, dans les mailles de lames, puis par séries de 2, 3, 4, etc... fils dans les dents du peigne.

Quand toutes ces opérations préparatoires sont terminées, on porte le rouleau de chaîne au métier à tisser.

Métier à tisser. — Tout métier à tisser a quatre mouvements principaux à produire :

- 1^o Mouvement de la chasse;
- 2^o Mouvement des lames ou des maillons pour produire la foule ou passage de la navette;
- 3^o Mouvement du chasse-navette;
- 4^o Mouvement d'enroulement du tissu.

Il est évident que le nombre de lames d'un métier et le mouvement de ces lames varient suivant le genre de tissu à fabriquer.

Lorsque le nombre de lames ne dépasse pas 6 ou 8, leur mouvement se fait généralement au moyen d'excentriques.

De 6 à 24 lames ce mouvement se fait au moyen de mécaniques, d'armures.

Il y a donc des métiers à *excentriques* et des métiers à *armures*.

Métier à tisser à plusieurs navettes. — Certains genres de tissus résultent de combinaisons de fils de diverses natures, couleurs ou grosseurs; ces différents changements dans la chaîne sont obtenus par l'ourdissage et n'exigent, pour le tissage, aucune disposition spéciale. Mais quand les tissus sont obtenus par des combinaisons de trames de diverses matières, couleurs ou grosseurs, il faut, pour les tisser, autant de navettes qu'il y a de trames différentes; ces navettes ne peuvent pas se loger dans une seule boîte de chasse et nécessitent par conséquent l'emploi de métiers à plusieurs boîtes.

Ces métiers se divisent en deux classes :

1^o Métiers à boîtes revolvers;

2^o Métiers à boîtes montantes.

Les métiers à tisser mécaniques comprennent un cinquième mouvement : celui du casse-trame qui a pour but d'arrêter le métier lorsque la trame vient à casser.

Métier automatique. — Depuis quelque temps, les constructeurs se sont appliqués à trouver un métier à marche continue que l'on a appelé métier automatique.

Grâce à un dispositif spécial, on remplace les navettes pendant la marche du métier.

Dans les métiers « Northrop » et « Steiner » la navette reste la même, les canettes sont remplacées automatiquement sans arrêt du métier.

II

Propriété hygroscopique des fils encollés

M. Schloesing fils, dont nous avons relaté les travaux dans les différents chapitres consacrés à la filature, a aussi fait des expériences sur des cotons encollés destinés aux tissus d'exportation.

Pour retenir l'humidité, la colle ou parement dont il s'est servi contenait du chlorure de magnésium.

Les expériences ont démontré que l'influence de l'en-

collage n'est pas sensible quand l'état hygrométrique de l'air est faible, mais quand l'humidité relative atteint 70 à 80 %, cette influence est très notable. Des fils de coton encollés placés dans un air accusant 83 % d'humidité ont absorbé 14.9 % de leur poids sec, tandis que pour les mêmes fils non encollés, la proportion d'eau absorbée au même degré de saturation n'était que de 11.7 %.

III

Influence de la chaleur et de l'humidification en tissage

Il est reconnu que l'humidification est nécessaire dans les salles de tissages. L'une des preuves que l'on peut avancer à ce sujet est donnée par les ouvriers tisserands eux-mêmes qui remplacent, quand elles n'existent pas, les installations d'humidification par des linges mouillés qu'ils placent derrière les métiers sur les ensouples.

En effet, quand l'air des salles est maintenu à un état hygrométrique favorable, la formation des *grains* dans les tissus classiques est grandement facilitée, le tissu se présente mieux, il est plus plein, a plus de toucher et de douceur. On remarque que la chaîne se déroule beaucoup plus facilement, les fils étant moins fatigués sont moins rudes au toucher, ils sont aussi moins cassants.

Dans les tissages de coton, de lin, de jute, de chanvre, les fils de chaîne sont généralement encollés de façon : 1° à augmenter leur résistance et à leur permettre de supporter les efforts qu'on leur fait subir pendant l'opération du tissage; 2° à leur donner l'élasticité suffisante pour permettre les allongements provoqués par l'ouverture des lames et la tension qui en résulte; 3° de les rendre plus glissants afin de ne pas les détériorer dans le passage des rots et des mailles des harnats.

Or le fil encollé ou paré casse comme verre s'il est trop sec; il ne faut pas qu'il soit trop humide non plus, car la

colle qui l'entoure se ramollit par dissolution et laisse le fil à sa propre résistance ; il devient alors trop faible et il casse.

Il est nécessaire de maintenir les salles dans un état hygrométrique convenable, propre à donner aux fils le maximum de résistance.

Dans les tissages de laine et de soie l'humidification n'apporte pas une augmentation de résistance au fil, mais néanmoins son importance est aussi grande que dans les tissages de coton ou de lin en ce sens que l'air humide supprime presque complètement les ennuis que l'on éprouve dans le travail par le grand développement d'électricité statique produit par le frottement des fils de chaîne les uns sur les autres ainsi que sur le peigne chaque fois que l'on sépare brusquement ces fils.

Le tissage de la soie est celui qui est le plus sujet aux phénomènes électriques à tel point que l'on peut observer ce dégagement d'électricité entre ces fils.

S'il est vrai que pour ces deux derniers textiles la résistance des fils diminue un peu avec l'augmentation de l'humidité relative, par contre les casses dues au développement de l'électricité statique sont très fréquentes. Il y a donc un avantage réel à neutraliser cette électricité et pour cela humidifier convenablement les salles de tissage.

La température ne joue pas un rôle important dans le tissage contrairement à ce qui se passe dans la filature. Il suffit de maintenir une température convenable pour le meilleur rendement de l'ouvrier, soit 18° environ.

Chaque textile demande dans le tissage comme dans la filature l'état hygrométrique qui lui est favorable ; nous allons donc étudier chacun d'eux séparément et citerons également les différents travaux qui traitent cette question. Nous indiquerons ensuite les différents états hygrométriques qu'il y a lieu d'adopter pour le meilleur travail de chaque textile.

IV

TISSAGE DU COTON

Travaux de la Société Industrielle du Nord de la France

La Société Industrielle du Nord de la France s'est occupée en 1908 de la question de l'élasticité et de la force des fils (Bulletin du 4^e trimestre de 1908).

M. De Prat a fait une communication très intéressante à ce sujet dans laquelle il faisait remarquer que les appareils d'humidification non seulement purifiaient l'air des salles de filature et de tissage, mais encore augmentaient l'élasticité et la force des fils.

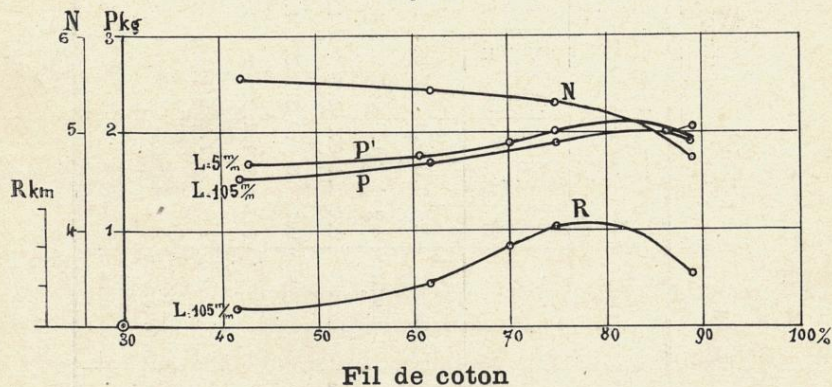
Le rapport signalait l'importance qu'il y avait de régler cette question de l'humidité dans les usines et résumait les renseignements parus dans la *Revue Autrichienne de la Laine et du Lin*.

Nous donnons ci-contre un tableau résumant ces essais pour le coton.

Travaux de Otto Willkomm

Coton. — La figure 24 montre une augmentation de la charge de rupture avec un accroissement de l'humidité pour un fil retors.

Fig. 24.



RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE A LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR
P, Charge de rupture; N, N° du fil; R, Longueur de rupture
ou résistance absolue.

TABEAU XXIX
DIFFÉRENTS ESSAIS COMMUNIQUÉS PAR LA « REVUE AUTRICHIENNE DE LA LAINE ET DU LIN »
SUR L'ÉLASTICITÉ ET LA FORCE DES FILS DE COTON SECS ET HUMIDES

N° des Fils — Nos anglais	NATURE DU COTON	ÉLASTICITÉ								FORCE								GAINS OU PERTES			NOMBRE D'ESSAIS
		SEC				HUMIDE				SEC				HUMIDE				ÉLASTICITÉ	FORCE supplémentaire	Perte %	
		Minimum	Maximum	Ecart	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart	Moyenne				
20	Ecrû	2.6	3.6	0.9	3.1	3.4	4.3	0.9	3.9	22.3	32	9.7	25.5	23.3	35	11.7	28.1	10	25	20 sec et 20 humide	
20	Blanchi	2.6	4.4	1.8	3.7	3.8	4.6	0.8	4.2	19.7	28.3	8.6	24.7	20.3	28.7	8.4	24.8	4	14		
20 Mélange	Ecrû	2.2	3.1	0.9	2.7	3	4.2	1.2	3.6	14.7	23	8.3	18.6	15.7	24.7	9	20.9	12 1/2	33 1/3		
20	Coton jaspé	2.7	3.6	0.9	3.1	3.2	4.2	1	3.7	18.7	29.3	10.6	23.8	18	29.3	10.3	24.1	12	20		
40	Amérique, écrû	1.7	2.3	1.2	2.4	2.4	3.4	1	2.9	6.7	11.3	4.6	9.1	7.3	13.7	6.4	10.6	17	20		
40	Égypte,écrû	2	3.2	1.2	2.5	2.6	3.8	1.2	3.1	8	15	7	11.2	7.7	13.7	6	11.3	19	24		
40/2	Ecrû forte torsion	1.8	3	1.2	2.4	3	4.2	1.2	3.6	18.3	27.6	9.3	24.2	14	33.7	19.7	27.3	13	50		
40/2	Blanchi forte torsion	3.3	4.5	1.2	3.9	2.5	3.8	2.3	3.1	15	31	16	25.6	18.3	31.7	13.4	23.3	21	9		

La courbe P' donne les résultats obtenus quand la distance entre les pinces était de 3 à 7 m/m tandis que la courbe P a été construite avec les résultats obtenus par des essais effectués, les pinces étant écartées de 100 à 110 m/m.

La courbe P' peut être considérée comme représentant seulement et avec une exactitude suffisante la solidité du fil, courbe que l'on peut mettre en parallèle avec celle fig. 14 donnée pour les fibres de coton, l'écartement des pinces étant à une distance de 3 m/m.

Si l'on compare la courbe P de la figure 14 et la courbe P' de la figure 24 ci-dessus on remarque une légère différence dans leur trajet.

On peut l'expliquer par le fait qu'on s'est servi probablement pour les deux expériences de coton de différentes provenances et que les fibres du fil retors (fig. 24) ayant été fatigués par des torsions répétées et énergiques ont éprouvé des modifications.

Quoi qu'il en soit, le point caractéristique donnant le maximum de la résistance est conservé, il est pour le fil retors à une humidité un peu supérieure, 83 % au lieu de 75 % trouvé pour la fibre figure 14.

La courbe P figure 24 représente les résultats obtenus quand la distance entre les pinces (105 m/m) dépasse sensiblement la longueur des fibres.

La charge de rupture doit ici vaincre principalement la friction entre les fibres. Cette courbe a un trajet analogue à celui de la courbe P'.

On voit aussi sur la figure 24 que P monte un peu plus vite que P'.

On peut donc conclure que, non seulement la solidité des fibres, mais aussi leur friction augmente avec un accroissement d'humidité, ce qui s'explique par ce fait que, placées dans un air humide, les fibres se gonflent et se raccourcissent à cause de leur torsion et si celle-ci

est suffisante ces fibres se resserrent les unes contre les autres et ainsi augmente leur friction, leur frottement.

La figure 24 montre aussi le changement de numéro, courbe N, et la longueur de rupture R.

On voit que les résultats donnés par cette courbe R est en parfaite concordance avec les expériences pratiques qui ont indiqué comme humidité relative 75 à 80 % pour les tissages de coton, métiers ordinaires; dans les tissages de métiers Northrop, Steinner, etc., il est préférable de maintenir 85 à 90 %.

V

TISSAGE DU LIN

Influence de la chaleur et de l'humidification sur les fibres de lin

Les avantages au point de vue force et élasticité qu'acquière les fils de coton que l'on humidifie, se trouvent encore amplifiés quand il s'agit des fils de lin.

Tandis que le maximum constaté pour le coton est 50 % de gain dans l'élasticité et 13 % dans la force pour les essais des fils de coton N° 40 écriu forte torsion, le minimum que l'on enregistre pour le fil de lin blanchi est de 40 % dans l'élasticité et de 11 % dans la force, et pour le fil d'étoupes de lin cardé N° 23 blanchi, l'élasticité est doublée tandis que la force augmente de 78 %.

Nous donnons ci-après un tableau des essais faits sur les quatre échantillons de fils.

Travaux de Otto Willcomm

Lin. — Les tissages de lin exigent une humidité relative très élevée. Nous avons vu précédemment que pour tous les textiles la teneur en humidité joue un très grand rôle. Entre 70 et 80 %, l'élasticité augmente plus sensiblement pour les textiles, la résistance au contraire diminue sérieusement à partir de ce moment, *sauf pour le lin*, dont la courbe au contraire accuse un grand accroissement de la force même après 70 %.

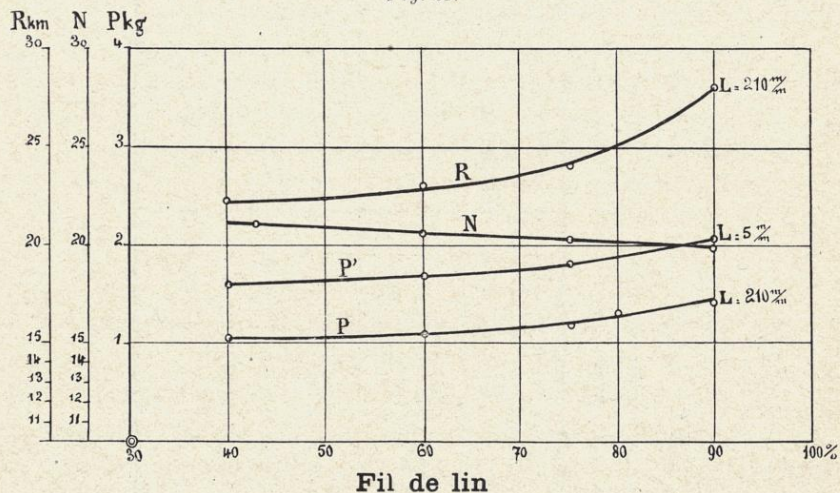
TABLEAU XXX

DIFFÉRENTS ESSAIS COMMUNIQUÉS PAR LA « REVUE AUTRICHIENNE DE LA LAINE ET DU LIN »
SUR L'ÉLASTICITÉ ET LA FORCE DES FILS DE LIN SECS ET HUMIDES

N ^{os} DES FILS — N ^{os} anglais	NATURE DU LIN	ÉLASTICITÉ						FORCE						GAINS OU PERTES		NOMBRE D'ESSAIS	
		SEC			HUMIDE			SEC			HUMIDE			ÉLASTICITÉ	FORCE supplémentaire		
		Minimum	Ecart	Moyenne	Minimum	Ecart	Moyenne	Minimum	Ecart	Moyenne	Minimum	Ecart	Moyenne		Gain %		Perte %
25	Lin cardé écreu	0.6	1.1	5 » 8 »	1.3	1.6	0.3	1.4	32.7	74 » 41.3	54.2	49.3	76.3	27 » 63.3	75	17	20 sec et 20 humide
33	Lin cardé blanchi	0.5	0.9	0.4	0.7	1.1	1.5	0.4	1.4	14 » 45.7	31.9	26.1	34.7	56.3	21.6	46.4	
30	Écreu	0.6	1.1	0.3	0.5	1.1	1.9	0.8	1.4	52 » 92 » 40 » 75.2	57 » 10.1	44 » 75.7	55	40	7	11	
30	Blanchi	0.6	1.2	0.6	1 » 1.1	1.8	0.7	1.4	31 » 74.3	43.3	54 » 41.7	84.3	42.6	60 » 40			

Il est intéressant de remarquer que la figure 25 ci-dessous confirme cet accroissement de force pour les états hygrométriques de plus en plus élevés.

Fig. 25.



RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE À LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR
P, Charge de rupture; N, N° du fil; R, Longueur de rupture ou résistance absolue.

L'humidité n'a une influence sensible sur les fibres qu'à partir de 70 %, il en est de même pour les fils retors, comme le montre la figure 25.

P' est la courbe de la charge à la rupture pour un faible écartement des pinces (5 m/m.).

P représente également la charge de rupture, mais pour un grand écartement des pinces (210 m/m.).

Les 2 courbes sont à peu près parallèles et ne permettent pas de reconnaître d'une façon aussi évidente que pour le coton que l'augmentation de résistance provoquée par la friction augmente plus rapidement que celle des fibres. Cependant cet accroissement doit exister.

En résumé, plus on humidifiera les tissages de lin et plus on travaillera dans de bonnes conditions. On peut donc considérer comme un minimum à maintenir dans les salles, l'état hygrométrique de 80 %.

VI

TISSAGE DE LA LAINE

La laine a donné naissance à trois grandes variétés d'étoffes.

1° Les feutres; 2° les tissus foulés; 3° les tissus ras.

Les *Feutres* sont des étoffes fabriquées sans le secours de la filature et du tissage, par l'enchevêtrement des fibres textiles. Cet enchevêtrement est obtenu en soumettant successivement la matière à l'humidité, à la chaleur et à la pression.

Les *Tissus foulés* sont des étoffes dans lesquelles la laine employée a conservé toutes ses qualités feutrantes; ces tissus sont obtenus au moyen d'entrecroisements de fils, autrement dit la matière a été filée et tissée; après le tissage, l'étoffe a subi une série de manutentions telles que dégraissage, foulage, garnissage et apprêt qui ont changé son aspect en faisant foisonner la laine et relever le duvet. Tels sont les draps, les flanelles, etc....

Les *Tissus ras* sont des étoffes dans lesquelles on peut facilement remarquer les entrecroisements de fils; on a détruit autant que possible les propriétés feutrantes des matières employées à leur fabrication, ce sont par exemple les mérinos, les cachemires d'Écosse, les escots, etc....

Travaux de Otto Willcomm

Laine. — Les courbes de la figure 26 représentent les résultats obtenus avec des fils de laine retors.

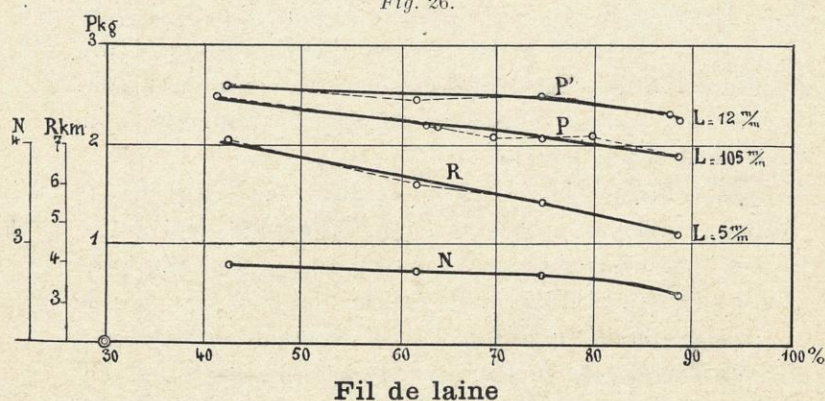
On retrouve, comme dans la figure 19, représentant les résultats obtenus avec des *fibres* de laine, une *diminution* marquée de la résistance à mesure que l'humidité relative augmente.

Si on compare les courbes P et P' on trouve que la laine offre une différence frappante avec les autres textiles, notamment le coton. En effet, au lieu d'avoir une augmentation de résistance due au frottement des fibres entre elles à mesure que l'humidité augmente, on

obtient au contraire une diminution de cette résistance.

Ce phénomène peut être expliqué par le fait que nous avons déjà signalé que les fibres d'origine animale se comportent différemment dans l'air humide que les fibres d'origine végétale (page 102).

Fig. 26.



Fil de laine
RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE A LA RUPTURE ET L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR
P, Charge de rupture; N, N° du fil; R, Longueur de rupture
ou résistance absolue.

Le fil tordu d'origine animale se comporte exactement comme s'il n'était pas tordu si préalablement il a été séché et humidifié plusieurs fois.

Or, en pratique, c'est ce qui se produit pour un fil arrivant au tissage.

La longueur de rupture R diminue également et à peu près proportionnellement à l'augmentation de l'humidité.

Ces résultats nous montrent pourquoi on se dispense généralement de monter des appareils d'humidification dans les tissages de laine. Cependant de telles installations ne sont pas inutiles; elles sont même nécessaires et ont une importance très grande pour empêcher le développement d'électricité qui se produit dans les tissages de laine beaucoup plus que dans les tissages de coton car la laine s'électrise beaucoup plus vite que le coton.

En effet, les frottements énergiques et répétés que subissent les fils de chaîne entre eux et contre le peigne produisent une électricité statique défavorable à la bonne marche des métiers; cette électricité est beaucoup plus préjudiciable au travail que la faible diminution de force qu'occasionnent par contre les 70 % à 75 % d'humidité qu'il faut pour neutraliser l'électricité.

Il est donc sans aucun doute avantageux d'employer l'humidification.

Il en est de même pour le tissage de soie qui est encore bien plus sensible à l'électricité que la laine. Du reste, pour ces deux textiles, le dégagement d'électricité est tellement grand que l'on a pu l'observer entre les fibres.

Dans les tissages de soie, il faudra maintenir également 70 à 75 % d'état hygrométrique.

L'expérience a d'ailleurs prouvé qu'il y avait un réel avantage à travailler dans ces conditions.

TABLEAU XXXI

Températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en tissage de Coton, Lin, Jute, Chanvre, etc.

TEXTILES	DÉSIGNATION des SALLES	TEMPÉRATURE maximum	ÉTAT hygrométrique minimum à la température considérée
Coton	Préparation	18°	65
	Tissage métiers ordinaires.	»	75
	» » Northrop .	»	85
	» » Jacquard .	»	70
Lin	Préparation	18°	65
	Tissus métiers ordinaires.	»	85
	» » Jacquard .	»	75
Jute	Préparation	18°	65
Chanvre.....		18°	80
Ramie	Tissage	18°	80
Laine.	Préparation	18°	60
	Tissus métiers ordinaires.	»	70
	» » Jacquard .	»	65
Soie	Préparation	18°	60
	Tissus ordinaires	»	70
	» Jacquard	»	65

Les températures indiquées sont un peu supérieures à celles qui seraient réellement indispensables pour tisser les gros numéros, de même les états hygrométriques.

Si nous donnons ces chiffres, c'est qu'ils résultent de la moyenne qu'il a fallu établir avec les tissages qui n'utilisent que les numéros fins.

CHAPITRE XI

CONCLUSIONS

Pour conclure, nous pensons devoir indiquer le programme auquel devrait répondre à notre sens une installation de rafraîchissement pour l'été et de chauffage pour l'hiver pour qu'elle puisse être déclarée parfaite.

Ce programme nous paraît devoir être le suivant :

1^o *Préparation préalable de l'air devant servir à humidifier et à rafraîchir pendant l'été, à humidifier et à chauffer pendant l'hiver.*

Cet air sera amené à la température et au point de saturation voulus par brassage ou mélange intime avec l'eau dont il absorbera la plus grande quantité possible.

Par contact et par convection on le chauffera, on le refroidira à la température voulue, quand l'état atmosphérique extérieur l'exigera.

Ce premier point nous permettra de disposer d'air débarrassé de toutes poussières et impuretés avant d'être introduit dans les salles.

Cet air pourra être préalablement filtré, puis brassé et mélangé avec de l'eau que l'on aura soin de choisir la plus pure possible. On pourra facilement adjoindre à l'eau un désinfectant tel que le formol, le crésyl ou encore un antiseptique obtenu par la macération de plantes et fruits peu coûteux.

La préparation préalable de l'air donne aussi un avantage considérable en ce sens qu'elle permet de mettre les salles en pression, par conséquent d'éviter tous courants d'air.

Dans certaines régions où les brouillards sont fréquents, il faut lutter contre l'introduction dans les salles de ce brouillard qui véhicule avec lui les suies et toutes sortes d'impuretés qui noircissent les bobines, nous avons déjà eu à lutter contre ce grave inconvénient dans notre région du Nord et aussi dans le Lancashire.

Un autre avantage de cette disposition de principe sera de combiner la ventilation à l'humidification de sorte que l'une d'elles ne contrariera pas l'autre.

2° Répartition dans les salles d'une façon méthodique de l'air préparé comme dit ci-dessus.

La circulation de l'air devra être uniforme et contrôlable et telle qu'elle assure une température et un degré hygrométrique égal dans toute la salle et évite ainsi tout courant d'air et toute gêne, soit pour le travail, soit pour le personnel ouvrier.

Pendant de nombreuses années on s'est borné, dans des installations cependant coûteuses, à envoyer l'air dans les salles sans se préoccuper de sa répartition — ou bien à aspirer l'air des salles pour le renvoyer à l'extérieur sans se préoccuper des entrées d'air. Toutes ces installations empiriques n'ont donné pour la plupart aucun résultat sérieux. Dans beaucoup de cas, au contraire, elles étaient un véritable obstacle au bon travail et on peut dire qu'elles ont fait un tort immense à la question qui nous intéresse. Nous connaissons des industriels qui ont rejeté toute idée de monter chez eux une installation de ventilation et d'humidification parce que quelque 10 ou 15 ans auparavant ils avaient monté en toute confiance une installation importante et coûteuse qu'il avait fallu ensuite démonter.

Il est impossible maintenant de les faire revenir sur cette mauvaise impression malgré les arguments sérieux et les exemples frappants que l'on peut mettre à leur disposition.

Pour obtenir un résultat satisfaisant, il est indispensable de contrôler la répartition de l'air depuis le point où il est introduit jusqu'à celui où il est évacué. Les évacuations d'air jouent un rôle important. On comprend en effet qu'il sera impossible de bien distribuer si on ne contrôle pas aussi bien la sortie que l'entrée.

Il est bien évident qu'il ne faudra pas se contenter pour faire cette vérification d'un simple raisonnement qui, le plus souvent fait tracer sur un plan des flèches qui indiquent le parcours du fluide. Chacun sait que l'on peut de cette manière faire faire à ce fluide le chemin que l'on veut, lequel est plus ou moins fantaisiste, suivant que l'imagination de l'opérateur est plus ou moins fertile. Il ne faut pas oublier qu'il y a un grand nombre de causes qui rendent difficile la circulation de l'air dans une salle de travail.

La direction du vent qui peut changer dans le cours d'une journée, les courants d'air naturels à chaque salle, soit par des portes nécessairement ouvertes, soit par des monte-charges, par des parois plus ou moins chaudes, etc. ; quelquefois les mouvements des nombreuses courroies peuvent venir contrarier la répartition.

Nous insistons sur ce second point : contrôler la répartition de l'air.

3° L'installation devra être souple et d'un réglage facile et capable de proportionner aux besoins soit la ventilation, soit l'humidification.

La souplesse d'une installation se reconnaît à la facilité et à la rapidité avec laquelle on met la salle en régime. Il faut en effet remarquer que dans presque toute l'industrie textile ce que l'on cherche avant tout c'est la *régularité* de la température et de l'état hygrométrique. On peut sacrifier 1 ou 2° de chaleur ou quelques % d'humidité du moment où les valeurs de ces deux éléments sont constantes.

Il y a donc nécessité d'obtenir rapidement le régime aux mises en route après les arrêts de l'usine. Ce régime établi, on devra ensuite pouvoir régler l'installation pour maintenir uniformes et constants la température et l'état hygrométrique.

Il est nécessaire que ce réglage soit rendu aussi facile que possible.

Dans la pratique, on se heurte à de grandes difficultés dues le plus souvent aux changements de la température et de l'état hygrométrique extérieurs.

Pour donner une idée des difficultés que l'on rencontre pendant la saison d'été, nous prendrons comme exemple une salle dans laquelle on s'est proposé de maintenir la température à 30° avec 70 % d'état hygrométrique à l'intérieur quand la température extérieure atteint également 30°.

Pour de telles installations on table d'ordinaire sur un % d'humidité à l'extérieur de 45 à 50 % quand il y a 28 à 30°. Si l'installation fonctionne bien, le régime sera donc facilement obtenu quand ces conditions seront réalisées.

Mais ces conditions peuvent varier dans des proportions énormes; en 1911, pendant plus d'un mois, la température s'est maintenue au-dessus de 30° et l'état hygrométrique variait entre 30 et 35 %. En 1912, au contraire, les rares journées qui correspondaient à des températures de 30° et plus, accusaient plus de 60 % d'état hygrométrique.

Il s'ensuit qu'en 1911, par évaporation il était possible d'introduire dans les salles de l'air à

$$30-55 \% = 19^{\circ} 1/2 - 100 \%$$

tandis qu'en 1912 on ne pouvait l'introduire qu'à

$$30-60 \% = 23^{\circ} 1/2 - 100 \%$$

soit une différence de $\frac{4^{\circ}}{4^{\circ}}$

Si l'on prend arbitrairement un dégagement de chaleur dans une salle de 100.000 calories par heure, on voit que pour obtenir un rafraîchissement égal il fallait introduire un nombre de m³ d'air saturé de :

$$\text{En 1911 } \frac{100.000}{(30-19 \frac{1}{2}) \times 0,306} = 35.000 \text{ m}^3$$

$$\text{En 1912 } \frac{100.000}{(30-23 \frac{1}{2}) \times 0,306} = 50.000 \text{ m}^3$$

Des exemples semblables pourraient être donnés pour des températures basses ou moyennes et pour tous les états hygrométriques que l'on rencontre dans la région du Nord qui est généralement très humide.

On voit l'importance qu'il faut attacher à la facilité du réglage des appareils.

4° *L'installation devra nécessiter peu de frais d'exploitation; elle demandera peu de force, peu de surveillance et d'entretien.*

Nous n'avons pas voulu dans ce premier ouvrage étudier les différents systèmes que l'on a proposé puis appliqué pour résoudre les problèmes dont nous nous occupons.

Cependant, nous devons faire remarquer que pour résoudre le même problème et pour obtenir les mêmes résultats la force absorbée d'un système à un autre peut varier de 1 à 3 et même de 1 à 4.

Telle installation demandera 100 HP de force quand une autre remplissant exactement le même but n'en prendra que 25.

Ces chiffres absolument exacts montrent combien il y a intérêt à exiger que les installations absorbent peu de force en raison de l'énorme économie que l'on peut réaliser sur les frais d'exploitation d'une installation.

Les frais de surveillance et d'entretien sont aussi à considérer et on peut comme pour la force absorbée esti-

mer qu'ils varient de l'un à l'autre système du simple au quadruple.

5° Elle supprimera les gouttelettes pouvant provoquer l'oxydation des machines.

L'oxydation des machines a été une des causes d'insuccès dans le début.

La plupart des appareils perfectionnés ont supprimé ce grave inconvénient que l'on rencontrait avec les premiers appareils.

Il faut cependant encore aujourd'hui, malgré les progrès faits, réclamer d'une installation parfaite la suppression de cet inconvénient. Il y a du reste des difficultés nombreuses pour y parvenir.

6° Les appareils pourront s'installer facilement dans toutes les salles et n'occasionneront pas une obstruction exagérée de la lumière.

L'encombrement des appareils doit être aussi réduit que possible. Sans doute il est difficile d'employer de petits appareils pour véhiculer d'énormes volumes d'air tout en prenant peu de force.

Quand on se sert d'un conduit de petit diamètre, il faut pour canaliser un volume d'air déterminé, employer une vitesse beaucoup plus grande que dans un gros conduit, ce qui nécessite une force plus considérable en raison de la pression nécessaire et des résistances à vaincre; mais les trop gros conduits ont l'inconvénient d'obstruer une partie de la lumière ou de projeter de l'ombre.

Il existe du reste certains systèmes qui, tout en employant des tuyaux de distribution d'air, ont tenu compte de ces exigences et par des dispositifs heureux ont réussi à diminuer sensiblement le diamètre de ces tuyaux. Cette question de l'obstruction de la lumière et celle de l'installation facile des appareils dans toutes

les salles de l'industrie textile a trouvé ainsi une solution.

Le programme que nous venons de tracer des conditions auxquelles doit répondre une installation pour être déclarée parfaite, nous fait toucher du doigt les nombreuses difficultés théoriques et pratiques que l'on rencontre pour résoudre ces questions spéciales.

Si nous ajoutons qu'il faut entrevoir que dans un avenir prochain elles seront entièrement liées à celles de l'aéro-condensation et du filtrage de l'air, pour ne parler que de ces deux problèmes également à l'ordre du jour, on reconnaîtra aisément qu'elles puissent suffire à satisfaire l'ambition de bien des ingénieurs.

Aussi nous pouvons espérer voir se réaliser encore des progrès sérieux dans cette branche qui, il y a douze ans à peine, était encore dans l'enfance et qui maintenant se présente déjà sous l'aspect d'un vigoureux jeune homme prêt à entreprendre les plus belles conquêtes.

TABLE DE LECTURE AU PSYCHROMÈTRE DES ÉTATS HYGROMÉTRIQUES

Les chiffres en caractères gras donnent le pourcentage de l'humidité relative
Les chiffres en caractères penchés donnent le poids en grammes de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air.
Les chiffres sont établis d'après les tables du Bureau Central Météorologique pour une pression barométrique de 750 mm

Lecture du thermomètre sec	DIFFÉRENCE EN DEGRÉS ENTRE LES DEUX THERMOMÈTRES (SEC & HUMIDE)											
	0	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6
100	94	37	80	74	68	62	56	50	45	39	33	28
105	94	88	81	74	69	63	57	51	45	40	34	29
110	94	87	81	75	69	63	58	52	46	41	36	30
115	95	88	82	76	70	64	58	53	47	41	36	31
120	95	89	83	77	71	65	59	54	48	43	38	33
125	95	89	83	77	71	65	60	54	49	44	39	33
130	95	89	83	77	72	66	61	55	50	45	40	35
135	95	89	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36
140	95	90	84	78	73	67	62	57	52	47	42	37
145	95	90	84	79	74	68	62	57	53	48	43	39
150	94	89	84	78	73	68	63	58	53	49	44	39
155	94	89	84	79	74	68	63	59	54	49	45	40
160	95	89	84	79	74	69	64	59	55	50	45	41
165	95	90	84	79	74	69	65	60	56	51	47	42
170	95	90	85	80	75	70	65	61	57	52	48	44
175	95	90	85	80	75	71	66	62	58	54	50	46
180	95	90	85	80	76	71	67	63	59	55	51	47
185	95	90	86	81	76	72	67	63	59	55	51	47
190	95	90	86	81	77	72	68	64	60	56	52	48
195	95	91	86	81	77	73	69	65	61	57	53	49
200	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
205	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
210	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
215	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
220	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
225	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
230	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
235	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
240	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
245	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
250	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
255	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
260	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
265	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
270	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
275	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
280	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
285	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
290	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
295	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
300	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
305	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
310	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
315	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
320	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
325	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
330	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
335	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
340	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
345	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50
350	96	91	87	82	78	74	70	66	62	58	54	50

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	5
--------------------	---

PREMIÈRE PARTIE LA CHALEUR

CHAPITRE PREMIER

THERMOMÉTRIE

Thermomètres et Pyromètres	9
Thermomètres à mercure	9
Vérification des Thermomètres	10
Sensibilité des Thermomètres	10
Pyromètre à air	10
Echelles thermométriques	11
Tableau comparatif des degrés thermométriques	13

CALORIMÉTRIE

Unité de chaleur	12
Chaleur spécifique	12
Chaleur de vaporisation	14
Chaleur totale de vaporisation de l'eau	15

THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

Energie physique	15
Equivalent mécanique de la chaleur	16
Effets de la chaleur sur les corps	16
Effets de la chaleur sur les gaz	17

CHAPITRE II

CHAUFFAGE DES USINES

Température des salles	18
Transmission de la chaleur	18
Transmission de la chaleur de la vapeur à l'air	19

Calculs des pertes de chaleur	21
Calcul approximatif	23
Coefficients de transmission employés en pratique	24
Différents modes de chauffage pour usines	27
Chauffage par eau chaude	27
Chauffage par vapeur basse pression	28
Chauffage par vapeur d'échappement	29
Chauffage par vapeur haute pression	32
Chauffage par air chaud	34
Détermination du volume d'air et de la quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage par air chaud	34
Combinaison du chauffage dans les installations d'humidification et ventilation	35
Installation à groupe calorigène unique	36
Installation à groupes calorigènes multiples	36
Installation à ventilateurs multiples et à radiateur unique	38
Installation à ventilateur unique et à radiateurs multiples	42

DEUXIÈME PARTIE

L'HUMIDIFICATION

CHAPITRE III

ÉTUDE DES GAZ

Force élastique des gaz	43
Dilatation des gaz	44
Densité des gaz	46
Mélange des gaz	47
Solubilité des gaz	49

ÉTUDE DE LA VAPEUR D'EAU

Force élastique de la vapeur d'eau	51
Évaporation	53
Table des forces élastiques de la vapeur d'eau	54
Table des poids, volumes et densités de l'air à différentes températures	55

HYGROMÉTRIE

État hygrométrique.....	57
Humidité et Hygiène	59

APPAREILS DE MESURE

Hygromètre à cheveu de Saussure.....	61
Table de Gay-Lussac relative à cet hygromètre	62
Hygromètre à condensation d'Alluard	62
Psychromètre	64
Table de lecture au psychromètre des états hygrométriques	238-239

CHAPITRE IV

HUMIDIFICATION DES USINES

De l'humidification au rafraîchissement.....	67
Principes généraux sur lesquels sont basées les installations de ventilation, humidification et rafraîchissement.....	68
Classement des appareils suivant leur principe.....	70
Détermination du renouvellement d'air nécessaire et de la quantité d'eau qu'il faut évaporer pour obtenir un état hygrométrique et un rafraîchissement donnés	71
Appareils Saturateurs	77
» Atomiseurs	78
» Vaporisateurs	79
Quantité d'eau absorbée par les matières ouvrées	81
Capacité hygroscopique des textiles	81
Courbes pour la résolution rapide des problèmes d'hygrométrie	86
Détermination du renouvellement d'air nécessaire pour ne pas dépasser une contenance maximum déterminée d'acide carbonique dans l'air d'une salle	87
Appareil de J.-S. Haldane pour mesurer la quantité d'acide carbonique dans l'air	89

TROISIÈME PARTIE

LA CHALEUR & L'HUMIDIFICATION

LES PLUS FAVORABLES

pour le Travail des Textiles

FILATURE

CHAPITRE V

LE COTON

Notice sur le Coton	95
Propriétés hygroscopiques du coton	99
Travaux de T. Schloesing Fils	100
Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre du coton ..	104
Travaux de B. Dobson	106
Travaux de la Société Industrielle de Mulhouse	107
Travaux de la Société Industrielle de Rouen	107
Opinion de l'Ingénieur Beltrami	108
Expériences du Professeur Otto Willkomm	109
Travaux de R. M. Baker	113
Opérations mécaniques de la filature de coton	114
Nature des cotons employés pour les différents numéros	115
Détermination des températures et des états hygrométriques minima pour le meilleur travail en filature de coton	119
Gros numéros	121
Numéros ordinaires	122
Numéros mi-fins	123
Numéros fins	124
Numéros extra-fins	124
Filature de coton teint	125

CHAPITRE VI

LE LIN

Notice sur le Lin	127
Qualités des lins suivant les pays	129
Production du lin	131

Propriété hygroskopique du lin	131
Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre du lin	131
Travaux d'Otto Willkomm.....	132
Opérations mécaniques de la filature de lin.....	134
La chaleur et l'humidification en filature de lin et d'étoupe.....	135

LE JUTE

Notice sur le Jute.....	136
Opérations mécaniques de la filature de jute	138

LE CHANVRE

Notice sur le Chanvre	139
Qualités des chanvres suivant les pays	143
Production du chanvre	143

LE PHORMIUM

Notice sur le Phormium	144
------------------------------	-----

LA RAMIE

Notice sur la Ramie	144
Tableau des températures et des états hygrométriques minima pour le meilleur travail en filature de lin, étoupe, jute, chanvre, phormium et ramie	145

CHAPITRE VII

LA LAINE

Notice sur la Laine.....	147
Qualités des laines suivant les pays	149
Propriétés hygrosopiques de la laine	153
Courbe d'hygrosopité de la laine	154
Influence de la chaleur et de l'humidification sur la fibre de la laine.	155
Influence de l'électricité statique en relation de l'humidité de l'air ..	160
Opérations mécaniques de la filature de laine peignée.....	161
Détermination des températures et des états hygrométriques minima pour le meilleur travail en peignage et filature de laine.....	165

LA LAINE CARDEE

Notice sur la laine cardée	172
Température et état hygrométrique nécessaires pour le meilleur travail en filature de laine cardée	174

CHAPITRE VIII

LA SOIE

Notice sur la Soie	177
Propriétés hygroscopiques de la Soie.....	179
Opérations de la filature de soie	180
Influence de la chaleur et de l'humidification sur les filaments de soie	184
Moulinage des soies	187

LES DÉCHETS DE SOIE

Notice sur les déchets de soie	190
Qualités des déchets de soie suivant leur provenance et leur origine .	191
Opérations mécaniques de la filature de Schappe.....	196
Peignage	199
Filature	202
Détermination des températures et des états hygrométriques mini- ma pour le meilleur travail de la soie et des déchets de soie.....	203

CHAPITRE IX

LA SOIE ARTIFICIELLE

Notice sur la soie artificielle	207
La soie artificielle de Chardonnet.....	208
La soie artificielle Despeissis.....	210
La Viscose	212
Le fil artificiel brillant	212
Influence de la chaleur et de l'humidification sur la soie artificielle .	213

TISSAGE

CHAPITRE X

Opérations mécaniques du tissage	215
Préparation du tissage.....	216
Propriété hygroscopique des fils encollés	218
Influence de la chaleur et de l'humidité en tissage.....	219

TISSAGE DU COTON

Travaux de la Société Industrielle du Nord de la France	221
Travaux de Otto Willkomm	221
Tableau donnant différents essais sur la force et l'élasticité des fils de coton secs et humides	222

TISSAGE DU LIN

Influence de la chaleur et de l'humidification sur les fibres de lins...	224
Travaux de Otto Willkomm	224
Tableau donnant différents essais sur la force et l'élasticité des fils de lin secs et humides	225

TISSAGE DE LA LAINE

Note sur le tissage de la laine	227
Travaux de Otto Willkomm	227
Tableaux des températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en tissage de coton, lin, jute, chanvre, etc.....	229

CHAPITRE XI

CONCLUSIONS

Programme d'une installation d'humidification avec rafraîchisse- ment l'été et chauffage l'hiver pour qu'elle puisse être déclarée parfaite	231
---	-----



T A B L E A U X

I. — Echelles thermométriques	13
II. — Valeur des coefficients K' de la chaleur émise par contact à des tuyaux verticaux et horizontaux	20
III. — Quantités de chaleur émises par m ² de radiateurs horizontaux et par heure	20
IV. — Coefficients de transmission de chaleur employés en pratique	24 à 26
V. — Températures de l'eau chauffée en vase clos pour des pressions correspondantes de 1/2 à 5 atmosphères	28
VI. — Quantité de calories disponibles dans 1 kg. de vapeur condensée sous différents vides	31
VII. — Quantité de calories disponibles dans 1 kg. de vapeur condensée à différentes pressions	33
VIII. — Poids d'air sec et poids de vapeur d'eau contenus dans un m ³ d'air saturé. Poids d'un m ³ d'air saturé. Tension maximum de la vapeur d'eau et de l'air sec aux températures correspondantes	54
IX. — Poids, volumes et densités de l'air à différentes températures	55
X. — Évaporation de l'eau à l'air calme, à diverses températures, par mètre carré de la surface de l'eau et par heure	56
XI. — État hygrométrique de l'air pour degrés de l'hygromètre Saussure	62
XII. — Quantité d'eau à évaporer et quantité d'air à introduire pour éliminer 100.000 calories d'une salle dans laquelle on veut maintenir 28° et 60 % par 28° et 45 % à l'extérieur	80
XIII. — Capacité hygroscopique de différents textiles d'après Muller	83
XIV. — Valeurs moyennes de la contenance d'eau dans les différents cotons d'après J. Storhay	85
XV. — Courbes permettant de suivre les variations hygrométriques d'un mètre cube d'air chauffé ou rafraîchi, desséché ou humidifié, et de connaître le point de saturation ainsi que l'humidité relative	86
XVI. — Production du coton aux États-Unis	98
XVII. — Production du coton dans l'Inde	98
XVIII. — Production du coton en Égypte	99
XIX. — Températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail du coton (Gros numéros)	121
XX. — Même tableau pour les numéros ordinaires	122
XXI. — Même tableau pour les numéros mi-fins	123

XXII. — Même tableau pour les numéros fins.....	124
XXIII. — Même tableau pour les numéros extra-fins.....	124
XXIV. — Même tableau pour la filature de coton teint (cotons d'Amérique	125
XXV. — Même tableau pour la filature de lin-étoupe-jute-chanvre- phornium et ramie	145
XXVI. — Même tableau pour la filature de laine peignée	171
XXVII. — Propriétés des déchets de soie de différentes provenances	195
XXVIII. — Températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail de la soie et de la schappe.....	206
XXIX. — Tableau donnant les différents essais communiqués par la « Revue autrichienne de la Laine et du Lin » sur l'élasticité et la force des fils de coton secs et humides	222
XXX. — Même tableau pour les fils de lin	225
XXXI. — Températures et états hygrométriques minima pour le meilleur travail en tissage de coton, lin, jute, chanvre, ramie, laine et soie	229
XXXII. — Table de lecture au psychromètre des états hygromé- triques.....	238-239



