



ISOLATION THERMIQUE INDUSTRIELLE

MEMENTO TECHNIQUE

avant-propos

Ce document rassemble les valeurs numériques les plus utiles, pensons-nous, pour l'étude d'un projet d'isolation thermique industrielle. Il ne reprend pas les commentaires ou explications sur l'établissement et l'application des formules, exposés dans nos documents précédents :

- 4-T-1201 : Eléments de calcul des projets.
- 4-T-1202 : Epaisseurs d'isolant : critères économiques.
- 4-T-1203 : Epaisseurs d'isolant : critères techniques.

sommaire

UNITES DE MESURES		Pages
CONVERSION DES UNITES		
• longueur	table 1	3
• surface	» 2	4
• volume	» 3	4
• masse	» 4	4
• force	» 5	4
• pressions	» 6	5
• température	» 7	6-7
• énergie	» 8	8
• puissance	» 9	8
• conductivité thermique	» 10	8
• densité de flux	» 11	8
CORRESPONDANCE DES DIAMETRES DE TUBES "PETROLE"		
	» 12	9
ECHANGES SUPERFICIELS		
• convection (air calme) :		
parois planes	» 13	11
tuyauteries	» 14	11
• convection (influence du vent)	» 15	12
• rayonnement	» 16	12
CALCUL DES DEPERDITIONS		
• tuyauteries nues :		
courbes de Wrede (abaque n° 1)		13
• tuyauteries isolées :		
valeurs de $L \frac{D}{d}$	» 17	14
valeurs de $\frac{2 \pi}{L \frac{D}{d}}$	» 18	15
• pertes supplémentaires pour accessoires	» 19	16
RENSEIGNEMENTS UTILES		
• surfaces extérieures des tuyauteries isolées (m ² /m)	» 20	17
• volume des isolants par mètre linéaire de tuyau- teries	» 21	18
• coefficient de conductivité des réfractaires et semi- réfractaires	» 22	19
• logarithmes népériens de 0.300 à 4	» 23	19-20

unités de mesure

système d'unités légal

Depuis le 1^{er} janvier 1962 est seul légal en FRANCE le système international S.I. (Décret n° 65.501 du 3 mai 1961, paru au J.O. du 20 mai 1961). Il remplace l'ancien système M.T.S. en vigueur entre le 2 avril 1919 et le 31 décembre 1961.

Son emploi a quelque peu perturbé nos habitudes. Des unités nouvelles sont apparues avec lesquelles nous ne sommes pas tous encore familiarisés, en particulier :

- l'unité de force :
le "**newton**",
- l'unité de quantité
de chaleur : le "**joule**",
- l'unité de pression :
le "**pascal**".

Aussi, il peut être utile de rappeler quelques définitions.

La **MASSE** est la quantité de matière contenue dans un corps; elle s'exprime en **kilogramme : kg**.

remarques :

- 1) Il est important de ne pas confondre **masse** et **poids**. La masse est une constante. Elle ne varie pas d'un lieu à un autre. Le poids est la force de la pesanteur (ou attraction terrestre); elle varie avec la latitude du lieu.

- 2) Il est essentiel d'abandonner les anciens termes de "**densité**", "**masse spécifique**", "**poids spécifique**". La seule expression correcte est : "**masse volumique**" pour exprimer la masse de l'unité de volume d'un corps.

Rappelons que la densité est le rapport de la masse volumique du corps considéré par la masse volumique d'un corps de référence :

- eau pour les liquides et solides,
- air pour les gaz.

Une **FORCE** est toute cause capable :

- de produire ou de modifier le mouvement d'un corps,
- de déformer ce corps.

Par définition, le **newton** (symbole N) est la force qui communique à un corps ayant une masse de un kilogramme une accélération de un mètre seconde par seconde.

L'emploi du kilogramme-force (force développée pour soulever un kilogramme-masse) n'est plus autorisée.

La **PRESSION** est la force exercée par unité de surface.

L'unité de pression est le **pascal** (symbole Pa) qui est la contrainte qui agissant sur une surface plane de un mètre carré, exerce sur cette aire une force totale de un newton.

Le pascal étant une grandeur très faible, on lui substitue souvent une unité plus pratique : le **bar**

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa.}$$

conversion des unités S.I. et anglo- américaines

table 1 : longueurs

UNITES	mm	m	in	ft	yd
1 mm =	1	0,001	0,0394	0,00328	0,001093
1 m =	1000	1	39,37	3,281	1,093
1 in =	25,4	0,0254	1	0,0833	0,0278
1 ft =	304,8	0,305	12	1	0,333
1 yd =	914	0,914	36	3	1

• in = pouce anglais • ft = pied anglais • yd = yard anglais

table 2 : surfaces

UNITES	m ²	Sq in	Sq ft	Sq yd
1 m ² =	1	1,550	10,8	1,196
1 Sq in =	$6,45 \times 10^{-4}$	1	$6,94 \times 10^{-3}$	$7,71 \times 10^{-4}$
1 Sq ft =	0,0929	144	1	0,111
1 Sq yd =	0,836	1,296	9	1

table 3 : volumes et capacités

UNITES	LITRE ou dm ³	m ³	cu in	cu ft	cu yd	IMPERIAL GALLON	GALLON U.S.A.
1 l. ou 1 dm ³ =	1	0,001	$61,02 \times 10^{-2}$	$3,53 \times 10^{-2}$	$1,308 \times 10^{-3}$	0,220	0,264
1 m ³ =	10 ³	1	$6,102 \times 10^{-4}$	35,3	1,308	220	264
1 cu in	0,0164	$1,64 \times 10^{-5}$	1	$5,787 \times 10^{-4}$	$2,143 \times 10^{-5}$	$3,606 \times 10^{-3}$	$4,327 \times 10^{-4}$
1 cu ft	28,32	$2,832 \times 10^{-2}$	1,728	1	$0,370 \times 10^{-1}$	6,231	7,479
1 cu yd	$7,646 \times 10^2$	0,7646	$4,666 \times 10^4$	27	1	168,3	202
1 imperial gallon	4,545	$4,545 \times 10^{-3}$	277,3	0,1604	$5,945 \times 10^{-3}$	1	1,201
1 gallon U.S.A.	3,785	$3,785 \times 10^{-3}$	231	0,1336	$4,951 \times 10^{-3}$	0,8327	1

1 imperial gallon anglais = 4 quarts = 8 pints = 32 gills
1 gallon U.S.A. = 3,785 l. = 128 oz = 4 quarts.

table 4 : masse (poids)

UNITES	kg (masse)	g (masse)	lb (masse)	oz
1 kg =	1	10 ³	2,205	35,27
1 g =	10 ⁻³	1	$2,205 \times 10^{-3}$	$3,53 \times 10^{-2}$
1 lb _m =	0,4536	453,6	1	16
1 oz =	$2,835 \times 10^{-2}$	28,35	$6,25 \times 10^{-2}$	1

lb_m = livre masse 1 lb_m = 160 once oz = once = $\frac{1}{16}$ lb_m = 28 g 37

table 5 : forces (masse × accélération)

UNITES	kgf	dyne	NEWTON	POUNDAL	lbs force
1 kgf =	1	$9,807 \times 10^5$	9,807	70,93	2,205
1 dyne =	$0,102 \times 10^{-5}$	1	10 ⁻⁵	$7,233 \times 10^{-5}$	$0,225 \times 10^{-5}$
1 Newton =	0,102	10 ⁵	1	7,233	0,225
1 Poundal	0,0141	$1,383 \times 10^4$	0,13825	1	$3,108 \times 10^{-2}$
1 lbf =	0,4536	$4,448 \times 10^5$	4,448	32,174	1

table 6 : pressions - contraintes mécaniques - traction

(rapport : $\frac{\text{force agissant perpendiculairement à une surface}}{\text{grandeur de la surface}}$)

UNITES	pascal (N/m ²)	bar	kgf/m ²	atm.	at.	Torr ou mm Hg	m de colonne d'eau	in de Hg	lb/ft ²	lb/in ²
1 pascal = (N/m ²)	1	10 ⁻⁵	1,020 × 10 ⁻¹	0,987 × 10 ⁻⁵	1,020 × 10 ⁻⁵	0,750 × 10 ⁻²	1,02 × 10 ⁻⁴	2,95 × 10 ⁻⁴	2,09 × 10 ⁻²	1,45 × 10 ⁻⁴
1 bar =	10 ⁵	1	1,020 × 10 ⁴	0,987	1,020	0,750 × 10 ³	10,2	29,53	2.090	14,50
1 kgf = m ²	9,81	0,981 × 10 ⁻⁴	1	0,968 × 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,736 × 10 ⁻¹	10 ⁻³	28,96 × 10 ⁻⁴	0,2048	14,22 × 10 ⁻⁴
1 atm = (ou 760 mm Hg)	1,013 × 10 ⁵	1,013	1,013 × 10 ⁴	1	1,033	760	10,33	29,92	2.110	14,69
1 at = (ou 1 kgf/cm ²)	0,981 × 10 ⁵	0,981	10 ⁴	0,968	1	0,736 × 10 ³	10	28,96	2.048	14,22
1 mm Hg =	1,333 × 10 ²	1,333 × 10 ⁻³	1,359 × 10	1,316 × 10 ⁻³	1,359 × 10 ⁻³	1	1,359 × 10 ⁻²	3,937 × 10 ⁻²	2,78	1,934 × 10 ⁻²
1 m d'eau =	0,981 × 10 ⁴	0,981 × 10 ⁻¹	1.000	0,968 × 10 ⁻¹	10 ⁻¹	0,736 × 10 ²	1	2,90	205	1,420
1 in Hg =	3,386 × 10 ³	3,386 × 10 ⁻²	0,345 × 10 ³	3,342 × 10 ⁻²	0,345 × 10 ⁻¹	25,4	0,345	1	70,6	0,4911
1 lb/ft ² =	4,788 × 10	4,788 × 10 ⁻⁴	4,882	4,725 × 10 ⁻⁴	0,488 × 10 ⁻³	3,59 × 10 ⁻¹	0,488 × 10 ⁻²	1,414 × 10 ⁻²	1	0,695 × 10 ⁻²
1 lb/in ² =	6,895 × 10 ³	6,895 × 10 ⁻²	703,1	6,805 × 10 ⁻²	7,03 × 10 ⁻²	51,71	7,03	2,036	144	1

**table 7 :
conversion des températures**

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32) 5}{9}$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \frac{9}{5} + 32$$

Lire le chiffre à convertir dans la colonne de gauche. Pour la colonne centrale (chiffres gras). Pour convertir des $^{\circ}\text{F}$ lire la valeur en $^{\circ}\text{C}$ dans la colonne de gauche. Pour convertir des $^{\circ}\text{C}$ lire la valeur en $^{\circ}\text{F}$ dans la colonne de droite.

°C			°F			°C			°F			°C			°F			°C			°F		
—268	—450		—17,7	0	32	9,9	50	122,0	37,7	100	212	260	500	932									
—262	—440		—17,2	1	33,8	10,4	51	123,8	43	110	230	265	510	950									
—257	—430		—16,6	2	35,6	11,1	52	125,6	49	120	248	271	520	968									
—251	—420		—16,1	3	37,4	11,5	53	127,4	54	130	266	276	530	986									
—246	—410		—15,5	4	39,2	12,1	54	129,2	60	140	284	282	540	1004									
—240	—400		—15,0	5	41,0	12,6	55	131,0	65	150	302	288	550	1022									
—234	—390		—14,4	6	42,8	13,2	56	132,8	71	160	320	293	560	1040									
—229	—380		—13,9	7	44,6	13,7	57	134,6	76	170	338	299	570	1058									
—223	—370		—13,3	8	46,4	14,3	58	136,4	83	180	356	304	580	1076									
—218	—360		—12,7	9	48,2	14,8	59	138,2	88	190	374	310	590	1094									
—212	—350		—12,2	10	50,0	15,6	60	140,0	93	200	392	315	600	1112									
—207	—340		—11,6	11	51,8	16,1	61	141,8	99	210	410	321	610	1130									
—201	—330		—11,1	12	53,6	16,6	62	143,6	100	212	413	326	620	1148									
—196	—320		—10,5	13	55,4	17,1	63	145,4	104	220	428	332	630	1166									
—190	—310		—10,0	14	57,2	17,7	64	147,2	110	230	446	338	640	1184									
—184	—300		—9,4	15	59,0	18,2	65	149,0	115	240	464	343	650	1202									
—179	—290		—8,8	16	60,8	18,8	66	150,8	121	250	482	349	660	1220									
—178	—280		—8,3	17	62,6	19,3	67	152,6	127	260	500	354	670	1238									
—169	—273	—459,4	—7,7	18	64,4	19,9	68	154,4	132	270	518	360	680	1256									
—168	—270	—454	—7,2	19	66,2	20,4	69	156,2	138	280	536	365	690	1274									
—162	—260	—436	—6,6	20	68,0	21,0	70	158,0	143	290	554	371	700	1292									
—157	—250	—418	—6,1	21	69,8	21,5	71	159,8	149	300	572	376	710	1310									
—151	—240	—400	—5,5	22	71,6	22,2	72	161,6	154	310	590	382	720	1328									
—146	—230	—382	—5,0	23	73,4	22,7	73	163,4	160	320	608	387	730	1346									
—140	—220	—364	—4,4	24	75,2	23,3	74	165,2	165	330	626	393	740	1364									
—134	—210	—346	—3,9	25	77,0	23,8	75	167,0	171	340	644	399	750	1382									
—129	—200	—328	—3,3	26	78,8	24,4	76	168,8	177	350	662	404	760	1400									
—123	—190	—310	—2,8	27	80,6	25,0	77	170,6	182	360	680	410	770	1418									
—118	—180	—292	—2,2	28	82,4	25,5	78	172,4	188	370	698	415	780	1436									
—112	—170	—274	—1,6	29	84,2	26,2	79	174,2	193	380	716	421	790	1454									
—107	—160	—256	—1,1	30	86,0	26,8	80	176,0	199	390	734	426	800	1472									
—101	—150	—238	—0,6	31	87,8	27,3	81	177,8	204	400	752	432	810	1490									
—96	—140	—220	0	32	89,6	27,7	82	179,6	210	410	770	438	820	1508									
—90	—130	—202	0,5	33	91,4	28,2	83	181,4	215	420	788	443	830	1526									
—84	—120	—184	1,1	34	93,2	28,8	84	183,2	221	430	806	449	840	1544									
—79	—110	—166	1,6	35	95,0	29,3	85	185,0	226	440	824	454	850	1562									
—73	—100	—148	2,2	36	96,8	29,9	86	186,8	232	450	842	460	860	1580									
—68	—90	—130	2,7	37	98,6	30,4	87	188,6	238	460	860	465	870	1598									
—62	—80	—112	3,3	38	100,4	31,0	88	190,4	243	470	878	471	880	1616									
—57	—70	—94	3,8	39	102,2	31,5	89	192,2	249	480	895	476	890	1634									
—51	—60	—76	4,4	40	104,0	32,1	90	194,0	254	490	914	482	900	1652									
—46	—50	—58	4,9	41	105,8	32,6	91	195,8				487	910	1670									
—40	—40	—40	5,5	42	107,6	33,3	92	197,6				493	920	1688									
—34	—30	—22	6,0	43	109,4	33,8	93	199,4				498	930	1706									
—29	—20	—4	6,6	44	111,2	34,4	94	201,2				504	940	1724									
—23	—10	14	7,1	45	113,0	34,9	95	203,0				510	950	1742									
—17,7	0	32	7,7	46	114,8	35,5	96	204,8				515	960	1760									
			8,2	47	116,6	36,1	97	206,6				520	970	1778									
			8,8	48	118,4	36,6	98	208,4				526	980	1796									
			9,3	49	120,2	37,1	99	210,2				532	990	1814									
			9,9	50	122,0	37,7	100	212,0				538	1000	1832									

°C			°F			°C			°F			°C			°F		
538	1000	1832	815	1500	2732	1093	2000	3632	1371	2500	4532						
543	1010	1850	820	1510	2750	1098	2010	3650	1376	2510	4550						
549	1020	1868	827	1520	2768	1104	2020	3668	1382	2520	4568						
554	1030	1886	831	1530	2786	1109	2030	3686	1387	2530	4586						
560	1040	1904	838	1540	2804	1115	2040	3704	1393	2540	4604						
565	1050	1922	842	1550	2822	1120	2050	3722	1398	2550	4622						
571	1060	1940	849	1560	2840	1126	2060	3740	1404	2560	4640						
576	1070	1958	853	1570	2858	1131	2070	3758	1409	2570	4658						
582	1080	1976	860	1580	2876	1137	2080	3776	1415	2580	4676						
587	1090	1994	864	1590	2894	1142	2090	3794	1420	2590	4694						
593	1100	2012	871	1600	2912	1149	2100	3812	1427	2600	4712						
598	1110	2030	876	1610	2930	1154	2110	3830	1432	2610	4730						
604	1120	2048	882	1620	2948	1160	2120	3848	1438	2620	4748						
609	1130	2066	887	1630	2966	1165	2130	3866	1443	2630	4766						
615	1140	2084	893	1640	2984	1171	2140	3884	1449	2640	4784						
620	1150	2102	898	1650	3002	1176	2150	3902	1454	2650	4802						
626	1160	2120	904	1660	3020	1182	2160	3920	1460	2660	4820						
631	1170	2138	909	1670	3038	1187	2170	3938	1465	2670	4838						
637	1180	2156	915	1680	3056	1193	2180	3956	1471	2680	4856						
642	1190	2174	920	1690	3074	1198	2190	3974	1476	2690	4874						
648	1200	2192	926	1700	3092	1204	2200	3992	1483	2700	4892						
653	1210	2210	931	1710	3110	1209	2210	4010	1488	2710	4910						
659	1220	2228	937	1720	3128	1215	2220	4028	1494	2720	4928						
664	1230	2246	942	1730	3146	1220	2230	4046	1499	2730	4946						
670	1240	2264	948	1740	3164	1226	2240	4064	1505	2740	4964						
675	1250	2282	953	1750	3182	1231	2250	4082	1510	2750	4982						
681	1260	2300	959	1760	3200	1237	2260	4100	1516	2760	5000						
686	1270	2318	964	1770	3218	1242	2270	4118	1521	2770	5018						
692	1280	2336	970	1780	3236	1248	2280	4136	1527	2780	5036						
697	1290	2354	975	1790	3254	1253	2290	4154	1532	2790	5054						
704	1300	2372	981	1800	3272	1259	2300	4172	1538	2800	5072						
708	1310	2390	986	1810	3290	1264	2310	4190	1543	2810	5090						
715	1320	2408	992	1820	3308	1270	2320	4208	1549	2820	5108						
719	1330	2426	997	1830	3326	1275	2330	4226	1554	2830	5126						
726	1340	2444	1003	1840	3344	1281	2340	4244	1560	2840	5144						
734	1350	2462	1008	1850	3362	1286	2350	4262	1565	2850	5162						
737	1360	2480	1014	1860	3380	1292	2360	4280	1571	2860	5180						
741	1370	2498	1019	1870	3398	1297	2370	4298	1576	2870	5198						
748	1380	2516	1025	1880	3416	1303	2380	4316	1582	2880	5216						
752	1390	2534	1030	1890	3434	1308	2390	4334	1587	2890	5234						
760	1400	2552	1036	1900	3452	1315	2400	4352	1593	2900	5252						
765	1410	2570	1041	1910	3470	1320	2410	4370	1598	2910	5270						
771	1420	2588	1047	1920	3488	1326	2420	4388	1604	2920	5288						
776	1430	2606	1052	1930	3506	1331	2430	4406	1609	2930	5306						
782	1440	2624	1058	1940	3524	1337	2440	4424	1615	2940	5324						
787	1450	2642	1063	1950	3542	1342	2450	4442	1620	2950	5342						
793	1460	2660	1069	1960	3560	1348	2460	4460	1626	2960	5360						
798	1470	2678	1074	1970	3578	1353	2470	4478	1631	2970	5378						
804	1480	2696	1080	1980	3596	1359	2480	4496	1637	2980	5396						
809	1490	2714	1085	1990	3614	1364	2490	4514	1642	2990	5414						
			1093	2000	3632				1649	3000	5432						

**table 8 :
travail et quantité de chaleur**

UNITES	kcal	Joule	kWh	Btu
1 kcal =	1	4.186,8	$1,163 \times 10^{-3}$	3,97
1 joule =	$2,39 \times 10^{-4}$	1	$2,778 \times 10^{-7}$	$9,48 \times 10^{-4}$
1 kWh =	860	$3,6 \times 10^6$	1	3.416
1 Btu =	0,252	1.055	$2,93 \times 10^{-4}$	1

- Btu = British thermal unit.
- kWh = kilowatt.heure.

**table 9 :
puissance**

UNITES	W	kcal/h	kgm/s	CH.
1 watt =	1	0,86	0,10197	0,00136
1 kcal/h =	1,163	1	0,107	$1,58.10^{-3}$
1 kgm/s =	9,807	9,345	1	$1,53.10^{-2}$
1 cheval vapeur	735,5	632,6	75	1

**table 10 :
conductivité thermique**

UNITES	kcal/m.h. °C	Watt/m. °C	Btu/ft.h. °F	Btu in/ft². h. °F
1 kcal/m.h. °C =	1	1,163	0,672	8,06
1 Watt/m. °C =	0,86	1	0,579	6,94
1 Btu/ft.h. °F =	1,49	1,73	1	12
1 Btu in/ft².h. °F =	0,124	0,144	$8,33 \times 10^{-2}$	1

**table 11 :
densité de flux thermique**

UNITES	kcal/m².h. °C	Watt/m². °C	Btu/ft².h. °F	Btu/in².h. °F
1 kcal/m².h. °C =	1	1,16	0,205	$1,423 \times 10^{-3}$
1 Watt/m². °C =	0,86	1	0,1764	$1,225 \times 10^{-4}$
1 Btu/ft².h. °F =	4,882	5,681	1	$6,944 \times 10^{-3}$
1 Btu/in².h. °F =	703,07	812,3	144	1

table 12
correspondance des diamètres
des tubes "pétrole"

Ø NOMINAL	Ø EXTERIEUR	
	pouces	mm
1/8	0,405	10,29
1/4	0,540	13,72
3/8	0,675	17,14
1/2	0,840	21,34
3/4	1,050	26,67
1	1,315	33,40
1 1/4	1,343	42,20
1 1/2	1,900	48,26
2	2,375	60,32
2 1/2	2,875	73,00
3	3,500	88,90
3 1/2	4,000	101,60
4	4,500	114,30
5	5,562	141,30
6	6,625	168,30
8	8,625	219,10
10	10,750	273,10
12	12,750	323,80
14	14	355,60
16	16	406,40
18	18	457,20
20	20	508,00
24	24	609,60
26	26	660,40
28	28	711,20
30	30	762,00
32	32	812,80
34	34	863,60
36	36	914,40

échanges superficiels

voir doc. technique 4-T-1201.

coefficient d'échange par convection :

- Air calme

- parois planes
 $h_c = A (t_{se} - t_a)^{0,25}$

voir document 4-T-1201,
formule (7).

A est égal à :

1,59 pour échanges horizon-
taux,
1,33 pour échanges verticaux
de haut en bas,
2,15 pour échanges verticaux
de bas en haut.

La table 13 donne les va-
leurs de $(t_{se} - t_a)^{0,25}$.

- tuyauterie

$$h_c = 1,13 \left(\frac{t_{se} - t_a}{D} \right)^{0,25}$$

voir document 4-T-1201,
formule (8).

La table 14 donne les va-
leurs de $1,13 \left(\frac{t_{se} - t_a}{D} \right)^{0,25}$

- Action du vent

La table 15 donne les valeurs
expérimentales de NUSSELT

de " h_c " en fonction de la vi-
tesse du vent.

coefficient d'échange par rayonnement:

La table 16 donne les valeurs
de " h_r " pour un certain nom-

bre de températures.

déperditions des tuyauteries nues :

- Air calme

L'abaque de Wrede permet
la lecture directe des pertes

thermiques.
voir page 13

- Action du vent

$$q = h_e (t_i - t_a) \pi d$$

Les valeurs de " h_e " sont don-

nées par l'addition des chiffres
lus sur les tables 15 et 16.

déperditions des tuyauteries isolées :

Formule simplifiée :

$$q = \frac{2 \pi \lambda (t_i - t_a)}{L \frac{D}{d}}$$

Voir document 4-T-1201,
formule (17).

La table 17 donne les valeurs
de $L \frac{D}{d}$

La table 18 donne les valeurs
de $\frac{2 \pi}{L \frac{D}{d}}$

déperditions des accessoires : brides, vannes, etc.

Ces déperditions s'expriment
commodément en longueurs
supplémentaires de tuyaute-
ries. La table 19 donne un cer-

tain nombre d'estimations de
longueurs équivalentes. Elle
est extraite de la norme alle-
mande V.D.I. 2055.

voir doc. technique 4-T-1201.

table 13

valeurs de $(t_{se} - t_a)^{0,25}$

Δt	$(\Delta t)^{0,25}$	Δt	$(\Delta t)^{0,25}$	Δt	$(\Delta t)^{0,25}$
1	1,00	28	2,30	55	2,72
2	1,19	29	2,32	56	2,74
3	1,32	30	2,34	57	2,75
4	1,41	31	2,36	58	2,76
5	1,50	32	2,38	59	2,77
6	1,57	33	2,40	60	2,78
7	1,63	34	2,42	61	2,79
8	1,68	35	2,43	62	2,81
9	1,73	36	2,45	63	2,82
10	1,78	37	2,47	64	2,83
11	1,82	38	2,48	65	2,84
12	1,86	39	2,50	66	2,85
13	1,90	40	2,52	67	2,86
14	1,93	41	2,53	68	2,87
15	1,97	42	2,55	69	2,88
16	2,00	43	2,56	70	2,89
17	2,03	44	2,57	71	2,90
18	2,06	45	2,59	72	2,91
19	2,09	46	2,61	73	2,92
20	2,12	47	2,62	74	2,93
21	2,14	48	2,63	75	2,94
22	2,17	49	2,65	76	2,95
23	2,19	50	2,66	77	2,96
24	2,21	51	2,67	78	2,97
25	2,24	52	2,68	79	2,98
26	2,26	53	2,70	80	2,99
27	2,28	54	2,71		

table 14

valeurs de $hc = 1,13 \left(\frac{t_{se} - t_a}{D} \right)^{0,25}$

$\varnothing \backslash \Delta T$	10	20	30	40	50	60
21	5,66	6,73	7,44	8,00	8,41	8,85
34	4,68	5,56	6,16	6,62	6,96	7,32
44,5	4,37	5,20	5,76	6,19	6,51	6,85
49	4,27	5,07	5,62	6,03	6,34	6,68
60	4,06	4,83	5,34	5,74	6,04	6,35
70	3,81	4,65	5,14	5,53	5,81	6,12
89	3,68	4,38	4,84	5,20	5,47	5,76
102	3,56	4,23	4,68	5,03	5,28	5,57
114	3,46	4,16	4,55	4,89	5,14	5,41
127	3,67	4,00	4,43	4,76	5,00	5,27
140	3,29	3,91	4,32	4,65	4,89	5,14
165	3,15	3,75	4,16	4,46	4,69	4,94
216	2,95	3,51	3,88	4,17	4,38	4,61
267	2,80	3,33	3,68	3,95	4,16	4,38
318	2,69	3,18	3,52	3,78	3,99	4,19
368	2,57	3,07	3,40	3,65	3,84	4,04

table 15

VALEUR DU COEFFICIENT h_c POUR UNE VITESSE DU VENT					
Diamètre extérieur de la tuyauterie en m	1 m/s	2 m/s	5 m/s	10 m/s	25 m/s
0,026	17,9	24,5	39,8	63	115
0,052	11,9	17,4	31,0	50	93
0,076	9,9	15,0	27,3	43,8	83
0,102	8,8	13,5	24,8	40,2	76
0,152	7,5	11,7	21,9	35,5	68
0,203	6,8	10,7	20,1	32,6	63
0,300	5,7	9,1	17,3	28,1	55
0,500	4,9	7,9	14,9	24,3	47,4
$\geq 0,700$	4,3	7,1	13,3	21,9	42,7

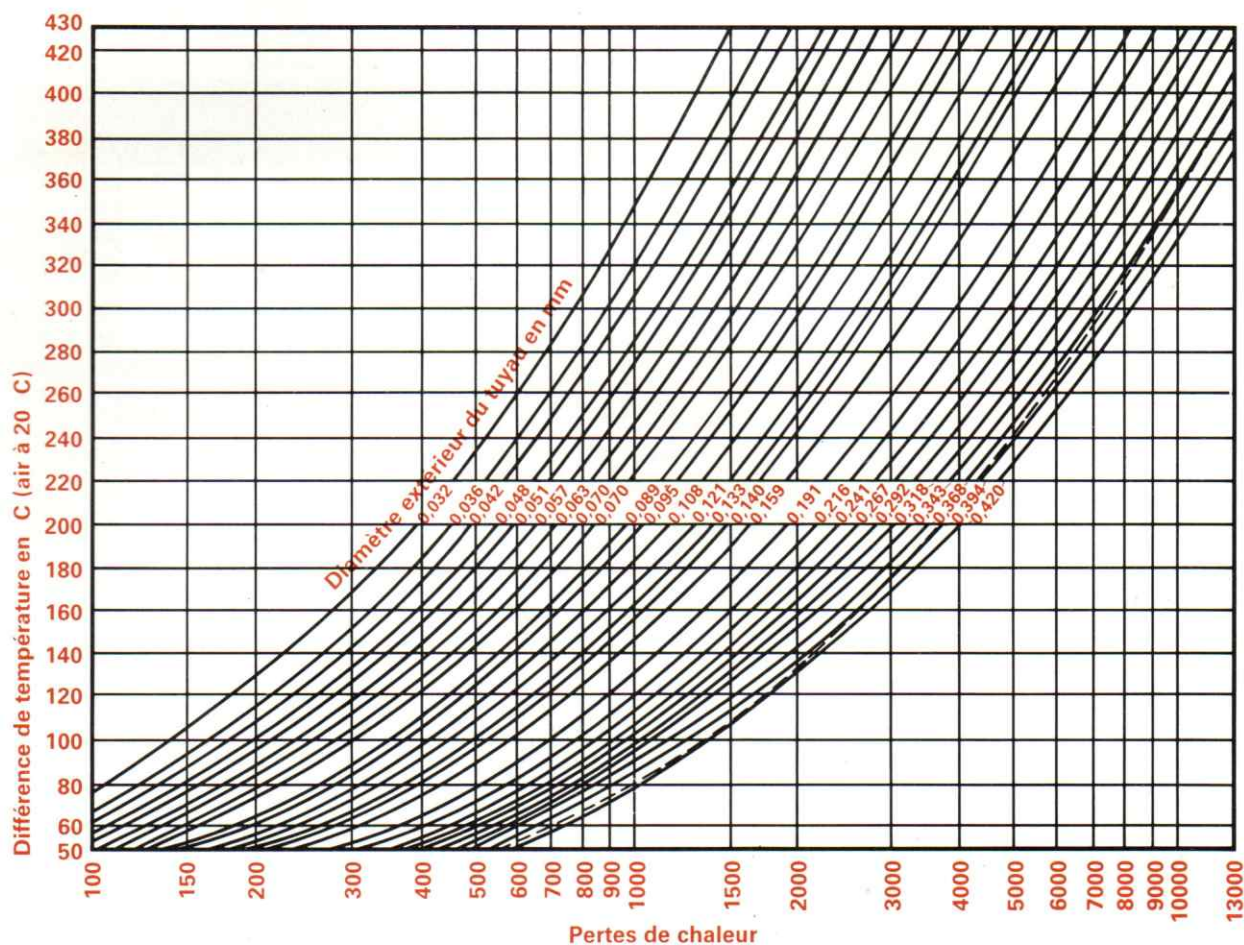
La vitesse moyenne du vent de 2 m/sec correspond à la simple exposition à l'air libre. La valeur de 25 m/sec est rarement atteinte et ne doit être utilisée que dans le cas d'une exposition particulièrement défavorable, bord de la mer, ou montagne par exemple.

table 16

VALEUR DU COEFFICIENT h_r kcal/m ² .h. °C pour une température de l'air de :						
Température de la surface émettant de la chaleur en °C	0°		20°		40°	
	C = 4,0	C = 4,6	C = 4,0	C = 4,6	C = 4,0	C = 4,6
0	3,2	3,7				
20	3,6	4,2	4,0	4,6		
40	4,0	4,6	4,4	5,1	4,9	5,7
60	4,5	5,2	4,9	5,7	5,4	6,2
80	5,0	5,8	5,4	6,3	5,9	6,8
100	5,5	6,2	6,0	6,9	6,5	7,5
150	7,0	8,1	7,6	8,7	8,2	9,4
200	8,9	10,2	9,4	10,9	10,0	11,5
250	11,1	12,7	11,7	13,5	12,4	14,3
300	13,6	15,7	14,4	16,6	15,2	17,5
350	16,6	19,1	17,4	20,0	18,1	20,9
400	20,0	22,9	20,8	24,0	21,7	25,0
450	23,7	27,3	24,6	28,3	25,6	29,5
500	28,1	34,2	29,2	33,5	30,2	35,2

La valeur de la constante de rayonnement C varie de 4 à 4,6 valeur de rayonnement normal du corps gris.

abaque de Wrede



nota :

L'abaque de Wrede permet de déterminer par simple lecture les déperditions des tuyauteries nues lorsque la température de l'air ambiant est à + 20 °C et que sa vitesse est inférieure à 2 m/s.

Si l'air ambiant est à une température différente de 20 °C on pourra utiliser malgré tout les valeurs données par l'abaque de Wrede en les multipliant par le coefficient correcteur donné par la table ci-dessous :

Température de l'air ambiant	Différence de température entre le fluide et l'air ambiant (°C)			
	50	100	200	400
°C				
- 10	0,87	0,87	0,88	0,89
0	0,91	0,91	0,91	0,92
+ 10	0,95	0,95	0,96	0,97
+ 30	1,05	1,05	1,05	1,04
+ 40	1,10	1,10	1,09	1,08

table 17 valeurs de $L \frac{D}{d}$

Epaisseurs Ø int.	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
17	1,371	1,509	1,740								
21	1,218	1,350	1,406								
27	1,047	1,169	1,376								
34	0,904	1,017	1,211								
38	0,840	0,947	1,133								
42	0,784	0,887	1,066								
49	0,703	0,799	0,968	1,112							
57	0,630	0,719	0,887	1,033							
60	0,606	0,693	0,847	0,980	1,099						
63,5	0,582	0,670	0,820	0,951	1,066	1,170					
70	0,539	0,619	0,762	0,887	0,999	1,099					
76	0,506	0,581	0,719	0,840	0,948	1,045					
83	0,472	0,543	0,675	0,790	0,895	0,988	1,075				
89	0,439	0,515	0,641	0,752	0,853	0,945	1,020	1,100			
95	0,423	0,490	0,612	0,720	0,817	0,906	0,987	1,060			
102	0,399	0,462	0,579	0,683	0,778	0,864	0,943	1,017	1,085		
108	0,380	0,442	0,554	0,655	0,748	0,831	0,909	0,981	1,048		
114	0,372	0,422	0,531	0,629	0,719	0,801	0,877	0,948	1,013	1,075	
121	0,346	0,402	0,508	0,602	0,689	0,768	0,843	0,911	0,976	1,036	1,093
127	0,332	0,387	0,489	0,580	0,665	0,743	0,815	0,883	0,946	1,005	1,061
133	0,319	0,372	0,471	0,561	0,643	0,718	0,790	0,856	0,917	0,976	1,031
140	0,302	0,357	0,451	0,539	0,619	0,693	0,762	0,827	0,887	0,944	0,999
152	0,285	0,332	0,422	0,506	0,582	0,653	0,719	0,781	0,839	0,895	0,948
160	0,272	0,318	0,405	0,485	0,560	0,628	0,693	0,753	0,811	0,865	0,916
165	0,263	0,310	0,395	0,473	0,546	0,615	0,678	0,737	0,794	0,847	0,898
168	0,260	0,305	0,389	0,467	0,538	0,606	0,670	0,728	0,784	0,837	0,888
174		0,296	0,378	0,454	0,525	0,590	0,652	0,710	0,765	0,817	0,867
178		0,291	0,372	0,447	0,515	0,580	0,642	0,698	0,753	0,804	0,853
191		0,274	0,351	0,422	0,488	0,549	0,609	0,664	0,718	0,766	0,813
194		0,269	0,345	0,415	0,482	0,543	0,602	0,657	0,694	0,758	0,805
203		0,259	0,332	0,400	0,466	0,525	0,581	0,635	0,685	0,734	0,780
210		0,253	0,322	0,390	0,451	0,510	0,566	0,619	0,669	0,717	0,762
214		0,247	0,318	0,382	0,445	0,503	0,559	0,610	0,660	0,707	0,751
219		0,242	0,311	0,376	0,437	0,495	0,548	0,600	0,648	0,695	0,740
223		0,239	0,307	0,371	0,431	0,488	0,540	0,591	0,641	0,686	0,730
241		0,223	0,287	0,348	0,405	0,458	0,509	0,558	0,604	0,649	0,693
244,5			0,283	0,344	0,400	0,452	0,504	0,551	0,598	0,642	0,684
252			0,276	0,334	0,389	0,442	0,492	0,538	0,585	0,627	0,669
267			0,262	0,318	0,372	0,422	0,469	0,515	0,560	0,601	0,642
273,5			0,256	0,311	0,365	0,413	0,460	0,506	0,548	0,590	0,629
292			0,243	0,295	0,345	0,394	0,437	0,479	0,519	0,562	0,600
305				0,284	0,331	0,378	0,422	0,464	0,504	0,542	0,581
318				0,274	0,320	0,365	0,407	0,447	0,488	0,526	0,562
324				0,270	0,315	0,359	0,402	0,442	0,480	0,519	0,554
356				0,247	0,290	0,331	0,372	0,408	0,446	0,481	0,515
368				0,240	0,283	0,322	0,361	0,399	0,434	0,469	0,502
406				0,219	0,260	0,296	0,332	0,367	0,400	0,433	0,465
419				0,215	0,252	0,287	0,323	0,358	0,390	0,422	0,453

table 18

valeurs de $\frac{2\pi}{L} \frac{D}{d}$

Epaisseurs Ø int.	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
17	4,58	4,16	3,61								
21	5,16	4,65	4,47								
27	6,00	5,37	4,56								
34	6,95	6,18	5,18								
38	7,48	6,63	5,54								
42	8,01	7,08	5,89								
49	8,94	7,86	6,49	5,65							
57	9,90	8,73	7,08	6,20							
60	10,36	9,06	7,41	6,41	5,71						
63,5	10,79	9,37	7,66	6,61	5,89	5,37					
70	11,66	10,15	8,24	7,08	6,28	5,68					
76	12,42	10,81	8,74	7,48	6,62	6,01					
83	13,31	11,57	9,31	7,95	7,02	6,36	5,84				
89	14,31	12,20	9,80	8,36	7,37	6,65	6,16	5,71			
95	14,85	12,82	10,26	8,73	7,69	6,94	6,37	5,93			
102	15,75	13,60	10,85	9,20	8,07	7,27	6,66	6,18	5,79		
108	16,53	14,21	11,34	9,59	8,40	7,56	6,91	6,40	6,00		
114	16,89	14,89	11,83	9,98	8,74	7,84	7,16	6,63	6,20	5,84	
121	18,16	15,63	12,37	10,43	9,12	8,18	7,45	6,90	6,44	6,06	5,75
127	18,92	16,23	12,84	10,83	9,45	8,45	7,71	7,11	6,64	6,25	5,92
133	19,63	16,89	13,34	11,20	9,77	8,75	7,95	7,34	6,85	6,44	6,07
140	20,80	17,65	13,89	11,66	10,15	9,06	8,24	7,60	7,08	6,65	6,29
152	22,05	18,92	14,89	12,42	10,80	9,62	8,73	8,04	7,49	7,02	6,63
160	23,10	19,76	15,51	12,96	11,22	10,00	9,07	8,34	7,75	7,26	6,86
165	23,89	20,27	15,91	13,28	11,51	10,22	9,27	8,53	7,91	7,42	7,00
168	24,17	20,60	16,15	13,45	11,68	10,37	9,38	8,63	8,01	7,51	7,08
174		21,23	16,62	13,84	11,97	10,65	9,64	8,85	8,21	7,69	7,25
178		21,59	16,89	14,06	12,20	10,83	9,79	9,00	8,34	7,81	7,37
191		22,93	17,90	14,89	12,87	11,44	10,31	9,46	8,75	8,20	7,71
194		23,36	18,21	15,14	13,04	11,57	10,44	9,56	9,05	8,29	7,80
203		24,26	18,92	15,71	13,48	11,97	10,81	9,89	9,17	8,56	8,06
210		24,83	19,51	16,11	13,93	12,32	11,10	10,15	9,39	8,76	8,25
214		25,44	19,76	16,45	14,12	12,49	11,24	10,30	9,52	8,89	8,37
219		25,96	20,20	16,71	14,38	12,69	11,47	10,47	9,70	9,04	8,49
223		26,29	20,47	16,94	14,58	12,88	11,64	10,63	9,80	9,16	8,61
241		28,17	21,89	18,05	15,51	13,71	12,34	11,26	10,40	9,69	9,09
244,5			22,20	18,26	15,71	13,90	12,47	11,40	10,51	9,79	9,19
252			22,77	18,81	16,15	14,22	12,77	11,68	10,74	10,02	9,39
267			23,98	19,62	16,89	14,88	13,40	12,20	11,22	10,54	9,80
273,5			24,54	20,20	17,21	15,21	13,66	12,42	11,47	10,65	9,99
292			25,86	21,30	18,21	15,95	14,38	13,12	12,11	11,18	10,47
305				22,12	18,98	16,62	14,89	13,54	12,46	11,57	10,83
318				22,93	19,63	17,21	15,44	14,06	12,88	11,95	11,18
324				23,27	19,95	17,50	15,63	14,22	13,09	12,11	11,34
356				25,44	21,67	18,98	16,89	15,40	14,09	13,06	12,20
368				26,18	22,26	19,50	17,40	15,77	14,46	13,40	12,50
406				28,69	24,17	21,23	18,92	17,12	15,71	14,51	13,51
419				29,22	24,93	21,89	19,45	17,55	16,11	14,89	13,87

table 19

Degré d'isolation de l'accessoire		Ø intérieur du tuyau (mm)	Longueur équivalente en mètres de tuyau isolé pour une température de la tuyauterie de :	
			100 °C	400 °C
LOCAL FERME	NU	100	6	16
		500	9	26
	1/4 nu 3/4 isolé	100	2,5	5,0
	1/4 nu 3/4 isolé	500	3,0	7,5
	1/3 nu 2/3 isolé	100	3,0	6,0
	1/3 nu 2/3 isolé	500	4,0	10,0
A L'AIR LIBRE	NU	100	15	22
		500	19	32
	1/4 nu 3/4 isolé	100	4,5	6,0
	1/4 nu 3/4 isolé	500	6,0	8,5
	1/3 nu 2/3 isolé	100	6,0	8,0
	1/3 nu 2/3 isolé	500	7,0	11,0

renseignements utiles

Dans les pages suivantes on trouvera les tableaux fournissant les valeurs les plus utilisées dans les calculs de déperditions.

table 20

surfaces extérieures des tuyauteries isolées
(en m²) par mètre de tuyauterie

Epaisseurs Ø int.	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
17	0,210	0,242	0,305								
21	0,223	0,254	0,317								
27	0,242	0,273	0,336								
34	0,264	0,295	0,358								
38	0,276	0,308	0,371								
42	0,289	0,320	0,383								
49	0,311	0,342	0,405	0,468							
57	0,336	0,368	0,430	0,493							
60	0,346	0,377	0,440	0,503	0,565						
63,5	0,357	0,388	0,451	0,514	0,576	0,639					
70	0,377	0,408	0,471	0,534	0,597	0,660					
76	0,396	0,427	0,490	0,553	0,616	0,678					
83	0,418	0,449	0,512	0,575	0,638	0,701	0,763				
89	0,437	0,468	0,531	0,594	0,657	0,719	0,782	0,845			
95	0,456	0,487	0,550	0,613	0,675	0,738	0,811	0,864			
102	0,478	0,509	0,572	0,635	0,697	0,760	0,823	0,886	0,949		
108	0,496	0,528	0,591	0,653	0,716	0,779	0,842	0,905	0,968		
114	0,515	0,547	0,609	0,672	0,735	0,798	0,861	0,924	0,986	1,049	
121	0,537	0,569	0,631	0,694	0,757	0,820	0,883	0,946	1,008	1,071	1,134
127	0,556	0,587	0,650	0,713	0,776	0,839	0,902	0,964	1,027	1,090	1,153
133	0,575	0,606	0,669	0,732	0,795	0,858	0,920	0,983	1,046	1,109	1,172
140	0,597	0,628	0,691	0,754	0,817	0,880	0,942	1,005	1,068	1,131	1,194
152	0,635	0,666	0,729	0,792	0,855	0,917	0,980	1,049	1,105	1,169	1,232
160	0,660	0,691	0,754	0,817	0,889	0,942	1,005	1,068	1,131	1,194	1,257
165	0,675	0,707	0,770	0,833	0,895	0,958	1,021	1,084	1,147	1,210	1,272
168	0,685	0,716	0,779	0,842	0,905	0,968	1,030	1,093	1,156	1,219	1,282
174		0,735	0,798	0,861	0,924	0,986	1,049	1,112	1,175	1,238	1,301
178		0,748	0,811	0,873	0,936	0,999	1,061	1,125	1,188	1,250	1,313
191		0,789	0,851	0,914	0,977	1,040	1,103	1,166	1,228	1,291	1,354
194		0,798	0,861	0,924	0,986	1,049	1,112	1,175	1,238	1,301	1,363
203		0,826	0,889	0,952	1,015	1,078	1,140	1,203	1,266	1,329	1,392
210		0,848	0,911	0,974	1,037	1,100	1,162	1,225	1,288	1,351	1,414
214		0,861	0,924	0,986	1,049	1,112	1,175	1,238	1,301	1,363	1,426
219		0,877	0,939	1,002	1,065	1,128	1,191	1,253	1,316	1,379	1,442
223		0,889	0,952	1,015	1,078	1,140	1,203	1,266	1,329	1,392	1,455
241		0,946	1,008	1,071	1,134	1,197	1,260	1,323	1,385	1,448	1,511
244,5			1,019	1,082	1,145	1,208	1,271	1,334	1,396	1,459	1,522
252			1,043	1,106	1,169	1,232	1,294	1,357	1,420	1,483	1,546
267			1,090	1,153	1,216	1,279	1,341	1,404	1,467	1,530	1,593
273,5			1,111	1,173	1,232	1,299	1,362	1,425	1,488	1,550	1,613
292				1,232	1,294	1,357	1,420	1,483	1,546	1,608	1,671
305				1,272	1,335	1,398	1,461	1,524	1,587	1,649	1,712
318				1,313	1,376	1,439	1,502	1,565	1,627	1,690	1,753
324				1,332	1,395	1,458	1,521	1,583	1,646	1,709	1,772
356				1,433	1,495	1,558	1,621	1,684	1,747	1,810	1,872
368				1,470	1,533	1,596	1,659	1,722	1,784	1,847	1,910
406				1,590	1,652	1,715	1,778	1,841	1,904	1,967	2,029
419				1,630	1,693	1,756	1,819	1,882	1,945	2,007	2,070

table 21

volume des isolants par mètre
linéaire de tuyauterie en dm³

Epaisseurs Ø int.	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
17	3,299	4,430	7,163								
21	3,613	4,807	7,465								
27	4,084	5,372	8,149								
34	4,634	6,032	9,299								
38	4,948	6,409	9,802								
42	5,262	6,786	10,304								
49	5,812	7,446	11,182	15,551							
57	6,440	8,200	12,189	16,807							
60	6,670	8,452	12,566	17,279	22,620						
63,5	6,950	8,812	13,006	17,828	23,279	29,358					
70	7,461	9,425	13,823	18,850	24,504	30,788					
76	7,933	9,990	14,577	19,792	25,635	32,107					
83	8,482	10,650	15,457	20,892	26,955	33,646	40,966				
89	8,954	11,215	16,211	21,834	28,086	34,966	42,474	50,611			
95	9,425	11,781	16,965	22,777	29,217	36,286	43,983	52,308			
102	9,975	12,441	17,844	23,876	30,536	37,825	45,742	54,287	63,460		
108	10,446	13,006	18,598	24,819	31,667	39,114	47,250	55,983	65,345		
114	10,917	13,572	19,352	25,761	32,798	40,464	48,758	57,680	67,230	77,409	
121	11,467	14,231	20,232	26,860	34,118	42,053	50,517	59,659	69,429	79,828	90,86
127	11,938	14,797	20,986	27,803	35,249	43,521	52,224	61,345	71,304	81,901	93,12
133	12,409	15,362	21,740	28,748	36,380	44,652	53,533	63,052	73,200	83,975	95,38
140	12,959	16,022	22,619	29,845	37,699	46,181	55,992	65,031	75,398	86,393	98,02
152	13,902	17,153	24,128	31,730	39,961	48,820	58,308	68,424	79,168	90,541	102,54
160	14,530	17,907	25,133	32,987	41,469	50,580	60,319	70,686	81,680	93,304	135,42
165	14,923	18,738	25,761	33,772	42,412	51,679	61,575	72,100	83,253	95,040	107,44
168	15,158	18,661	26,138	34,243	42,977	52,339	62,330	72,948	84,195	96,073	108,57
174		19,227	26,892	35,186	44,108	53,658	63,837	74,644	86,079	98,14	110,83
178		19,604	27,395	35,184	44,862	54,538	64,842	75,775	87,335	99,52	112,34
191		20,829	29,028	37,856	47,312	57,397	68,110	79,451	91,42	104,02	117,25
194		21,112	29,405	38,328	47,878	58,057	68,864	80,299	92,36	105,05	118,37
203		21,960	30,536	39,741	49,574	60,036	71,126	82,845	95,20	107,76	121,76
210		22,620	31,466	40,841	50,894	61,575	72,885	84,82	97,39	110,58	124,40
214		22,997	31,919	41,469	51,648	62,455	73,890	85,95	98,64	111,96	125,91
219		23,468	32,547	42,259	52,590	63,555	75,147	87,37	100,22	114,69	127,80
223		23,845	33,050	42,883	53,344	64,434	76,152	88,50	101,47	115,06	129,30
241		25,544	35,312	45,720	56,737	68,392	80,670	93,58	107,13	121,29	136,19
244,5			35,752	46,260	57,397	69,164	81,554	94,58	108,31	122,47	137,40
252			36,694	47,438	58,811	70,811	83,441	96,69	110,58	125,09	140,24
267			38,579	49,794	61,638	74,110	87,211	100,94	115,30	130,28	145,90
273,5			39,180	50,599	62,640	75,315	88,620	102,55	117,12	132,31	148,05
292			41,721	53,721	66,351	79,608	93,494	108,00	123,15	138,92	155,32
305				55,763	68,801	82,466	96,761	111,69	127,24	143,42	160,22
318				57,805	71,251	85,325	100,028	115,36	131,32	147,91	165,12
324				58,748	72,382	86,645	101,536	117,05	133,20	149,98	167,38
356				63,375	78,414	93,683	109,579	126,10	143,25	161,04	179,45
368				65,659	80,676	96,321	112,594	129,50	147,07	165,19	183,97
406				71,630	87,840	104,68	122,15	140,24	158,97	178,97	198,30
419				73,670	90,280	107,53	125,41	143,91	163,04	182,80	203,19

table 22 coefficients de conductivité (λ)
des réfractaires et des semi-réfractaires
(valeurs exprimées en 1/1000 de kcal/m.h. °C)

	Température moyenne dans le matériau (°C)													
	MAX.	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°
Béton SECAR CHAMOTTE	1300 °C		700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250
Béton SECAR SILIMANITE	1550 °C		700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250
Béton LAFARGE CHAMOTTE	1200 °C	820	830	840	850	866	872	878	884	890	897	904	915	
Béton LAFARGE VERMICULITE	1080 °C	170	172	174	176	178	180	182	184	186	188			
CHAMOTTE à 30 % Al ₂ O ₃					690	710	730	770	810	840	820	860	900	940
CHAMOTTE à 40 % Al ₂ O ₃											870	910	950	990
NEWTHERM EXTRA	1000 °C	48	53	66	77	90	<u>104</u>	<u>120</u>	<u>138</u>	<u>158</u>				
FIREBAKING	1000 °C	83	89	94	100	107	114	<u>122</u>	<u>130</u>	<u>140</u>	<u>150</u>			
AMIANTE PROJETEE	500 °C	43	50	57	65									
DIATOMITE, densité 0,4	800 °C	86	100	113	127	141	155	170						
0,5	800 °C	96	110	124	138	152	166	180						
0,6	900 °C	111	120	129	144	159	173	188						
0,8	900 °C	150	159	168	177	186	195	204						
PYRO ISOL	1300 °C	109	120	134	149	165	182	200	219	240	262	<u>286</u>	<u>312</u>	
KAYLO	650 °C	46	57	69										
KAYLO 20	1000 °C	54	65	77	88	99	110	121	132					

NOTA : Les valeurs soulignées sont des valeurs extrapolées.

table 23
logarithmes népériens des nombres de 0,300 à 4

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,30	1,204	1,201	1,197	1,194	1,190	1,187	1,184	1,181	1,178	1,174
0,31	1,171	1,168	1,165	1,162	1,158	1,155	1,152	1,149	1,146	1,143
0,32	1,139	1,136	1,133	1,130	1,127	1,124	1,121	1,118	1,115	1,112
0,33	1,109	1,106	1,103	1,100	1,097	1,094	1,091	1,088	1,085	1,082
0,34	1,079	1,076	1,073	1,070	1,067	1,064	1,061	1,058	1,056	1,053
0,35	1,050	1,047	1,044	1,041	1,038	1,036	1,033	1,030	1,027	1,024
0,36	1,022	1,019	1,016	1,013	1,011	1,008	1,005	1,002	1,000	0,997
0,37	0,994	0,992	0,989	0,986	0,984	0,981	0,978	0,976	0,973	0,970
0,38	0,968	0,965	0,962	0,960	0,957	0,955	0,952	0,949	0,947	0,944
0,39	0,942	0,939	0,937	0,934	0,931	0,929	0,926	0,923	0,921	0,919
0,40	0,916	0,914	0,911	0,909	0,906	0,904	0,901	0,899	0,896	0,894
0,41	0,892	0,889	0,887	0,884	0,882	0,879	0,877	0,875	0,872	0,870
0,42	0,868	0,865	0,863	0,860	0,858	0,856	0,853	0,851	0,849	0,846
0,43	0,844	0,842	0,839	0,837	0,835	0,832	0,830	0,828	0,826	0,823
0,44	0,821	0,819	0,816	0,814	0,812	0,810	0,807	0,805	0,803	0,801
0,45	0,799	0,796	0,794	0,792	0,790	0,787	0,785	0,783	0,781	0,779
0,46	0,777	0,774	0,772	0,770	0,768	0,766	0,764	0,761	0,759	0,757
0,47	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,744	0,742	0,740	0,738	0,736
0,48	0,734	0,732	0,730	0,728	0,726	0,724	0,722	0,720	0,717	0,715
0,49	0,713	0,711	0,709	0,707	0,705	0,703	0,701	0,699	0,697	0,695
0,50	0,693	0,691	0,689	0,687	0,685	0,683	0,681	0,679	0,677	0,675
0,51	0,673	0,671	0,669	0,667	0,666	0,664	0,662	0,660	0,658	0,656
0,52	0,654	0,652	0,650	0,648	0,646	0,644	0,642	0,641	0,639	0,637
0,53	0,635	0,633	0,631	0,629	0,627	0,625	0,624	0,622	0,620	0,618
0,54	0,616	0,614	0,612	0,611	0,609	0,607	0,605	0,603	0,601	0,600
0,55	0,598	0,596	0,594	0,592	0,591	0,589	0,589	0,585	0,583	0,582
0,56	0,580	0,578	0,576	0,574	0,573	0,571	0,569	0,567	0,566	0,564
0,57	0,562	0,560	0,559	0,557	0,555	0,553	0,552	0,550	0,548	0,546
0,58	0,545	0,543	0,541	0,540	0,538	0,536	0,534	0,533	0,531	0,529
0,59	0,528	0,526	0,524	0,523	0,521	0,519	0,518	0,516	0,514	0,513

table 23 (suite) logarithmes népériens

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,60	0,511	0,509	0,508	0,506	0,504	0,503	0,501	0,499	0,498	0,496
0,61	0,494	0,493	0,491	0,489	0,488	0,486	0,485	0,483	0,481	0,480
0,62	0,478	0,476	0,475	0,473	0,472	0,470	0,468	0,467	0,465	0,464
0,63	0,462	0,460	0,459	0,457	0,456	0,454	0,453	0,451	0,449	0,448
0,64	0,446	0,445	0,443	0,442	0,440	0,439	0,437	0,435	0,434	0,432
0,65	0,431	0,429	0,428	0,426	0,425	0,423	0,422	0,420	0,419	0,417
0,66	0,416	0,414	0,412	0,411	0,409	0,408	0,406	0,405	0,403	0,402
0,67	0,400	0,399	0,398	0,396	0,394	0,393	0,392	0,390	0,389	0,387
0,68	0,386	0,384	0,383	0,381	0,380	0,378	0,377	0,375	0,374	0,373
0,69	0,371	0,370	0,368	0,367	0,365	0,364	0,362	0,361	0,360	0,358
0,70	0,357	0,355	0,354	0,352	0,351	0,350	0,348	0,347	0,345	0,344
0,71	0,343	0,341	0,340	0,338	0,337	0,335	0,334	0,333	0,331	0,330
0,72	0,329	0,327	0,325	0,324	0,323	0,322	0,320	0,319	0,317	0,316
0,73	0,315	0,313	0,312	0,311	0,309	0,308	0,307	0,305	0,304	0,302
0,74	0,301	0,300	0,298	0,297	0,296	0,294	0,293	0,292	0,290	0,289
0,75	0,288	0,286	0,285	0,284	0,282	0,281	0,280	0,278	0,277	0,276
0,76	0,275	0,273	0,272	0,271	0,269	0,268	0,267	0,265	0,264	0,263
0,77	0,261	0,260	0,259	0,257	0,256	0,255	0,254	0,252	0,251	0,250
0,78	0,248	0,247	0,246	0,245	0,243	0,242	0,241	0,240	0,238	0,237
0,79	0,236	0,234	0,233	0,232	0,231	0,229	0,228	0,227	0,226	0,224
0,80	0,2231	0,2219	0,2207	0,2194	0,2182	0,2169	0,2157	0,2144	0,2132	0,2120
0,81	0,2107	0,2095	0,2083	0,2070	0,2058	0,2046	0,2034	0,2021	0,2009	0,1997
0,82	0,1985	0,1972	0,1960	0,1948	0,1936	0,1924	0,1912	0,1900	0,1888	0,1875
0,83	0,1863	0,1851	0,1839	0,1827	0,1815	0,1803	0,1791	0,1779	0,1767	0,1756
0,84	0,1744	0,1732	0,1720	0,1708	0,1696	0,1684	0,1672	0,1661	0,1649	0,1637
0,85	0,1625	0,1614	0,1602	0,1590	0,1578	0,1567	0,1555	0,1543	0,1532	0,1520
0,86	0,1508	0,1497	0,1486	0,1474	0,1462	0,1450	0,1439	0,1427	0,1416	0,1404
0,87	0,1393	0,1381	0,1370	0,1358	0,1347	0,1335	0,1324	0,1313	0,1301	0,1290
0,88	0,1278	0,1267	0,1256	0,1244	0,1233	0,1222	0,1210	0,1199	0,1188	0,1177
0,89	0,1165	0,1154	0,1143	0,1132	0,1121	0,1109	0,1098	0,1087	0,1076	0,1065
0,90	0,1054	0,1043	0,1032	0,1020	0,1009	0,0998	0,0987	0,0976	0,0965	0,0954
0,91	0,0943	0,0932	0,0921	0,0910	0,0899	0,0888	0,0877	0,0867	0,0856	0,0845
0,92	0,0834	0,0823	0,0812	0,0801	0,0791	0,0780	0,0769	0,0758	0,0747	0,0737
0,93	0,0726	0,0715	0,0704	0,0694	0,0683	0,0672	0,0661	0,0651	0,0640	0,0629
1,0	0,0000	0,00995	0,01980	0,0296	0,0392	0,0488	0,0583	0,0677	0,0770	0,0862
1,1	0,0953	0,1044	0,1133	0,1222	0,1310	0,1398	0,1484	0,1570	0,1655	0,1740
1,2	0,1823	0,1906	0,1989	0,207	0,215	0,223	0,231	0,239	0,247	0,255
1,3	0,262	0,270	0,278	0,285	0,293	0,300	0,307	0,315	0,322	0,329
1,4	0,336	0,344	0,351	0,358	0,365	0,372	0,378	0,385	0,392	0,399
1,5	0,405	0,412	0,419	0,425	0,432	0,438	0,445	0,451	0,457	0,464
1,6	0,470	0,476	0,482	0,489	0,495	0,501	0,507	0,513	0,519	0,525
1,7	0,531	0,536	0,542	0,548	0,554	0,560	0,565	0,571	0,577	0,582
1,8	0,588	0,593	0,599	0,604	0,610	0,615	0,621	0,626	0,631	0,637
1,9	0,642	0,647	0,652	0,658	0,663	0,668	0,673	0,678	0,683	0,688
2,0	0,693	0,698	0,703	0,708	0,713	0,718	0,723	0,728	0,732	0,737
2,1	0,742	0,747	0,751	0,756	0,761	0,765	0,770	0,775	0,779	0,784
2,2	0,788	0,793	0,797	0,802	0,806	0,811	0,815	0,820	0,824	0,829
2,3	0,833	0,837	0,842	0,846	0,850	0,854	0,859	0,863	0,867	0,871
2,4	0,875	0,880	0,884	0,888	0,892	0,896	0,900	0,904	0,908	0,912
2,5	0,916	0,920	0,924	0,928	0,932	0,936	0,940	0,944	0,948	0,952
2,6	0,956	0,959	0,963	0,967	0,971	0,975	0,978	0,982	0,986	0,989
2,7	0,993	0,997	1,001	1,004	1,008	1,012	1,015	1,019	1,022	1,026
2,8	1,030	1,033	1,037	1,040	1,044	1,047	1,051	1,054	1,058	1,061
2,9	1,065	1,068	1,072	1,075	1,078	1,082	1,085	1,089	1,092	1,095
3,0	1,099	1,102	1,105	1,109	1,112	1,115	1,118	1,122	1,125	1,128
3,1	1,131	1,135	1,138	1,141	1,144	1,147	1,151	1,154	1,157	1,160
3,2	1,163	1,166	1,169	1,172	1,176	1,179	1,182	1,185	1,188	1,191
3,3	1,194	1,197	1,200	1,203	1,206	1,209	1,212	1,215	1,218	1,221
3,4	1,224	1,227	1,230	1,233	1,235	1,238	1,241	1,244	1,247	1,250
3,5	1,253	1,256	1,258	1,261	1,264	1,267	1,270	1,273	1,275	1,278
3,6	1,281	1,284	1,286	1,289	1,292	1,295	1,297	1,300	1,303	1,306
3,7	1,308	1,311	1,314	1,316	1,319	1,322	1,324	1,327	1,330	1,332
3,8	1,335	1,338	1,340	1,343	1,345	1,348	1,351	1,353	1,356	1,358
3,9	1,361	1,364	1,366	1,369	1,371	1,374	1,376	1,379	1,381	1,384
4,0	1,386	1,389	1,391	1,394	1,396	1,399	1,401	1,404	1,406	1,409

ISOVER

SAINT-GOBAIN



ISOVER est membre du
Centre d'Etudes et de Recherches des Fibres
Isolantes Minérales.

Boite Postale 124
62, Boulevard Victor-Hugo
92 - NEUILLY-SUR-SEINE
Téléphone : 637-10-00