

### III – Propriétés physiques de l'air – Diagramme de l'air humide

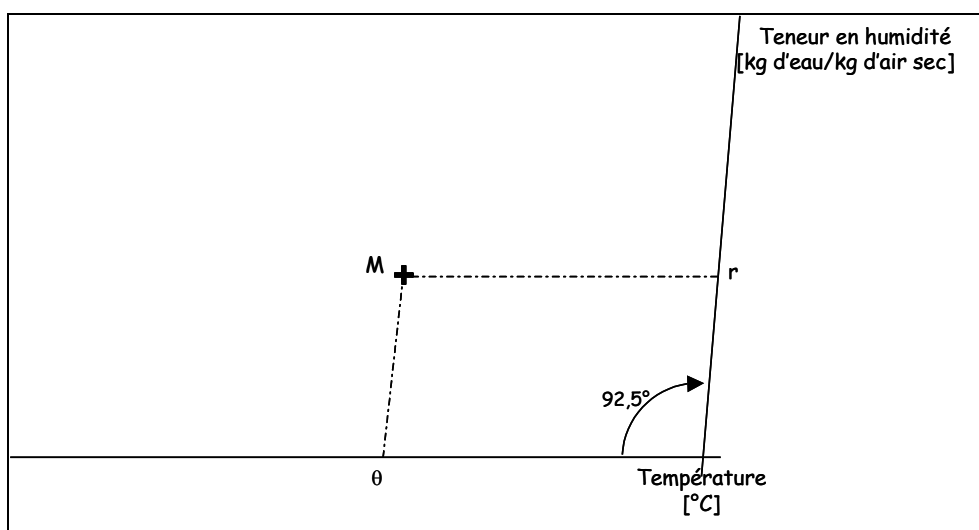
#### → Construction du diagramme de l'air humide

Le diagramme de l'air humide que nous allons étudier est fourni en annexe. Pour le rendre plus compréhensible, nous allons étudier chacun des paramètres que l'on peut lire sur ce diagramme.

#### 1. Les deux axes

Ce diagramme admet deux axes de coordonnées obliques dont l'angle a été choisi pour une meilleure utilisation et lecture du diagramme (compte tenu des relations entre paramètres).

On peut lire la température sèche  $\theta_s$  en abscisse et la teneur en humidité  $r$  en ordonnées.



Les deux axes du diagramme de l'air humide

#### Application

Nous allons prendre pour exemple pour la suite du tracé du diagramme de l'air humide un air humide de caractéristiques : .....

## 2. La courbe de saturation

Nous avons vu que la courbe de saturation était la représentation graphique des pressions de vapeur saturante en fonction de la température.

A chaque valeur de  $\theta$  correspond une valeur de  $p_{vs}$  (voir tableau des pressions de vapeur saturante, source : *Le Pohlmann, manuel technique du froid*).

**Tableau 222-4 : Caractéristiques de l'air humide à la pression de 1 000 mbar en fonction de la température et pour une humidité relative de 100 %, donc à saturation.**

$p_{ve, s}$  = pression partielle de la vapeur d'eau,  $x_s$  = humidité absolue,  $h_s$  = enthalpie de la vapeur d'eau,  $\rho$  = masse volumique de l'air humide,  $r$  = chaleur de vaporisation de la vapeur d'eau.

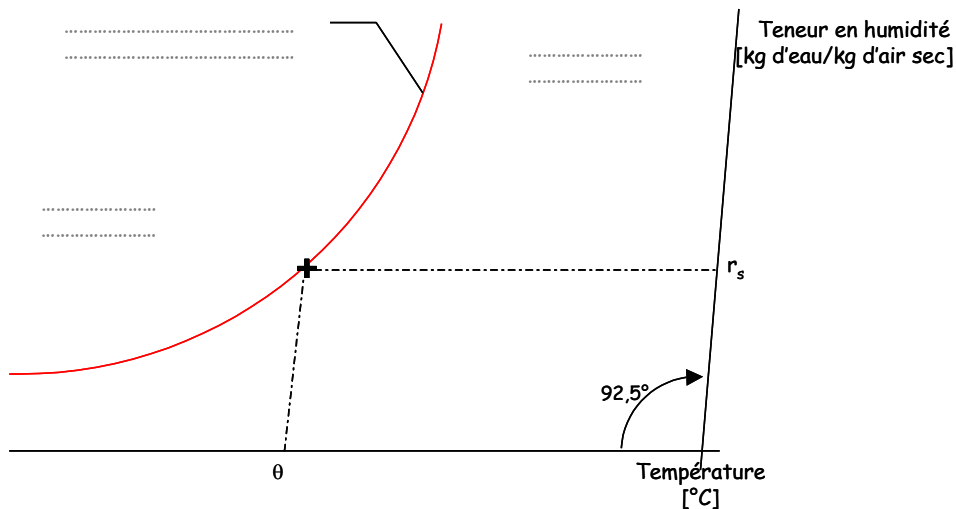
$t$ °C	$p_{ve, s}$ mbar	$x_s$ g/kg	$h_s$ kJ/kg	$\rho$ kg/m³	$r$ kJ/kg	$t$ °C	$p_{ve, s}$ mbar	$x_s$ g/kg	$h_s$ kJ/kg	$\rho$ kg/m³	$r$ kJ/kg
-20	1,03	0,64	-18,5	1,38	2839	30	42,41	27,52	100,5	1,13	2430
-19	1,13	0,71	-17,4	1,37	2839	31	44,91	29,25	106,0	1,13	2427
-18	1,25	0,78	-16,4	1,36	2839	32	47,53	31,07	111,7	1,12	2425
-17	1,37	0,85	-15,0	1,36	2838	33	50,29	32,94	117,6	1,12	2422
-16	1,50	0,94	-13,8	1,35	2838	34	53,18	34,94	123,7	1,11	2420
-15	1,65	1,03	-12,5	1,35	2838	35	56,22	37,05	130,2	1,11	2418
-14	1,81	1,13	-11,3	1,34	2838	36	59,40	39,28	137,0	1,10	2415
-13	1,98	1,23	-10,0	1,34	2838	37	62,74	41,64	144,2	1,10	2413
-12	2,17	1,35	- 8,7	1,33	2837	38	66,24	44,12	151,6	1,09	2411
-11	2,37	1,48	- 7,4	1,33	2837	39	69,91	46,75	159,5	1,08	2408
-10	2,59	1,62	- 6,0	1,32	2837	40	73,75	49,52	167,7	1,08	2406
- 9	2,83	1,77	- 4,6	1,32	2836	41	77,77	52,45	176,4	1,08	2403
- 8	3,09	1,93	- 3,2	1,31	2836	42	81,98	55,54	185,5	1,07	2401
- 7	3,38	2,11	- 1,8	1,31	2836	43	86,39	58,82	195,0	1,07	2398
- 6	3,68	2,30	- 0,3	1,30	2836	44	91,00	62,26	205,0	1,06	2396
- 5	4,01	2,50	+ 1,2	1,30	2835	45	95,82	65,92	218,6	1,05	2394
- 4	4,37	2,73	+ 2,8	1,29	2835	46	100,85	69,76	226,7	1,05	2391
- 3	4,75	2,97	+ 4,4	1,29	2835	47	106,12	73,84	238,4	1,04	2389
- 2	5,17	3,23	+ 6,0	1,28	2834	48	111,62	78,15	250,7	1,04	2386
- 1	5,62	3,52	+ 7,8	1,28	2834	49	117,36	82,70	263,6	1,03	2384
0	6,11	3,82	9,5	1,27	2500	50	123,35	87,52	277,3	1,03	2382
1	6,56	4,11	11,3	1,27	2498	51	128,60	92,62	291,7	1,02	2379
2	7,05	4,42	13,1	1,26	2496	52	136,13	98,01	306,8	1,02	2377
3	7,57	4,75	14,9	1,26	2493	53	142,93	103,73	322,9	1,01	2375
4	8,13	5,10	16,8	1,25	2491	54	150,02	109,80	339,8	1,00	2372
5	8,72	5,47	18,7	1,25	2489	55	157,41	116,19	357,7	1,00	2370
6	9,35	5,87	20,7	1,24	2486	56	165,09	123,00	376,7	0,99	2367
7	10,01	6,29	22,8	1,24	2484	57	173,12	130,23	396,8	0,99	2365
8	10,72	6,74	25,0	1,23	2481	58	181,46	137,89	418,0	0,98	2363
9	11,47	7,22	27,2	1,23	2479	59	190,15	146,04	440,6	0,97	2360
10	12,27	7,73	29,5	1,22	2477	60	199,17	154,72	464,5	0,97	2358
11	13,12	8,27	31,9	1,22	2475	61	208,6	163,95	489,9	0,96	2356
12	14,01	8,84	34,4	1,21	2472	62	218,4	173,80	517,0	0,95	2353
13	15,00	9,45	37,0	1,21	2470	63	228,5	184,22	545,6	0,95	2350
14	15,97	10,10	39,5	1,21	2468	64	239,1	195,55	576,4	0,94	2348
15	17,04	10,78	42,3	1,20	2465	65	250,10	207,44	609,2	0,93	2345
16	18,17	11,51	45,2	1,20	2463	66	261,5	220,13	643,9	0,93	2343
17	19,36	12,28	48,2	1,19	2460	67	273,3	233,92	681,5	0,92	2341
18	20,62	13,10	51,3	1,19	2458	68	285,6	248,66	721,7	0,91	2338
19	21,96	13,97	54,5	1,18	2456	69	298,3	264,42	764,6	0,90	2336
20	23,37	14,88	57,9	1,18	2453	70	311,6	281,54	811,1	0,90	2333
21	24,85	15,85	61,4	1,17	2451	71	325,3	299,89	861,0	0,89	2331
22	26,42	16,88	65,0	1,17	2448	72	339,6	319,85	915,1	0,88	2328
23	28,08	17,97	68,8	1,16	2446	73	354,3	341,30	973,3	0,87	2326
24	29,82	19,12	72,8	1,16	2444	74	385,5	364,67	1036,6	0,86	2323
25	31,67	20,34	76,9	1,15	2441	75	385,50	390,20	1105,7	0,85	2320
26	33,60	21,63	81,3	1,15	2439	80	473,60	559,61	1563,0	0,81	2309
27	35,64	22,99	85,8	1,14	2437	85	578,00	851,90	2351,0	0,76	2295
28	37,78	24,42	90,5	1,14	2434	90	701,10	1459,00	3983,0	0,70	2282
29	40,04	25,94	95,4	1,14	2432	95	845,20	3396,00	9190,0	0,64	2269
						100	1013,00			0,60	2257

Or on peut mettre en place une relation entre la teneur en eau à la saturation  $r_s$  et  $p_{vs}$  :

$$r_s = 0,622 \times \frac{p_{vs}}{p - p_{vs}}$$

Donc, on peut tracer  $r_s$  en fonction de  $\theta$ .

On obtient la courbe de saturation illustrée sur le graphique suivant :



### La courbe de saturation

La courbe de saturation partage le diagramme de l'air humide en deux régions :

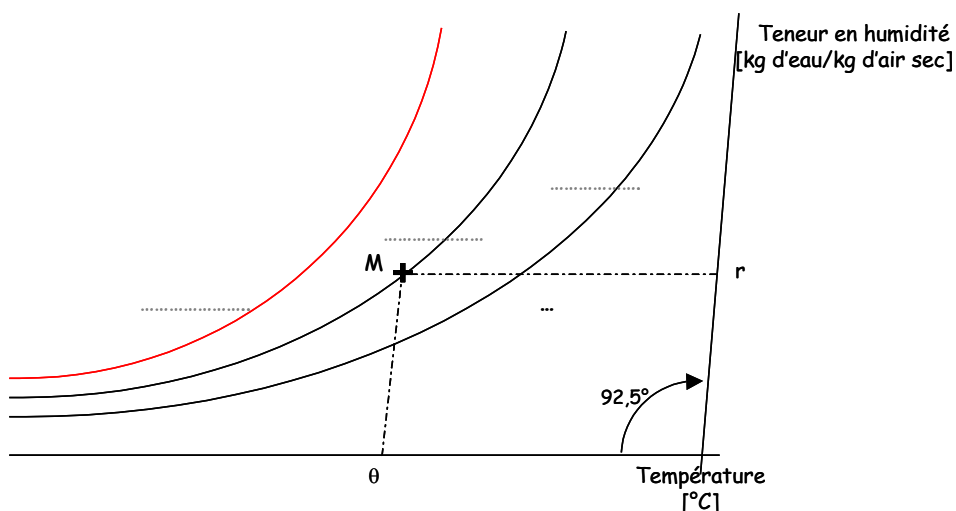
- Au dessus de cette courbe l'air humide est sursaturé, c'est-à-dire que l'on a de l'air sec + de la vapeur d'eau saturante + de l'eau liquide,
- Au dessous de cette courbe, l'air humide est non saturé, c'est-à-dire que l'on a de l'air sec + de la vapeur d'eau non saturée,
- Sur la courbe de saturation, on a de l'air sec + de la vapeur saturante.

Cette courbe de saturation correspond en fait à  $\varphi$  ou HR = 100 % (puisque  $p_v = p_{vs}$  sur cette courbe).

### 3. La lecture des autres caractéristiques

#### 3.1. L'humidité relative

Les courbes d'égales humidité relative adoptent la même forme que la courbe de saturation.

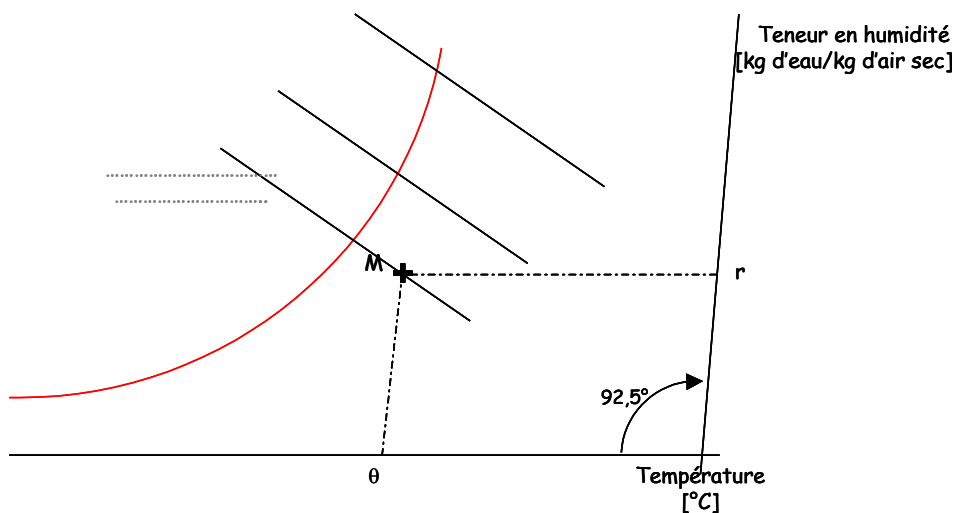


Les courbes d'égales humidité relative  $HR = \varphi$

Application : .....

#### 3.2. L'enthalpie spécifique

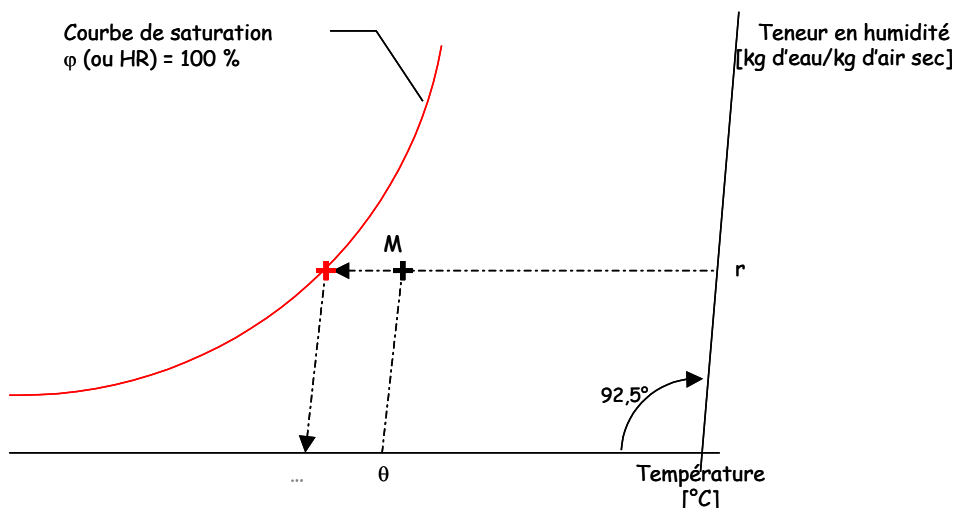
On peut assimiler les isenthalpes à des droites.



Les isenthalpes  $h$

Application : .....

### 3.3. La température de rosée

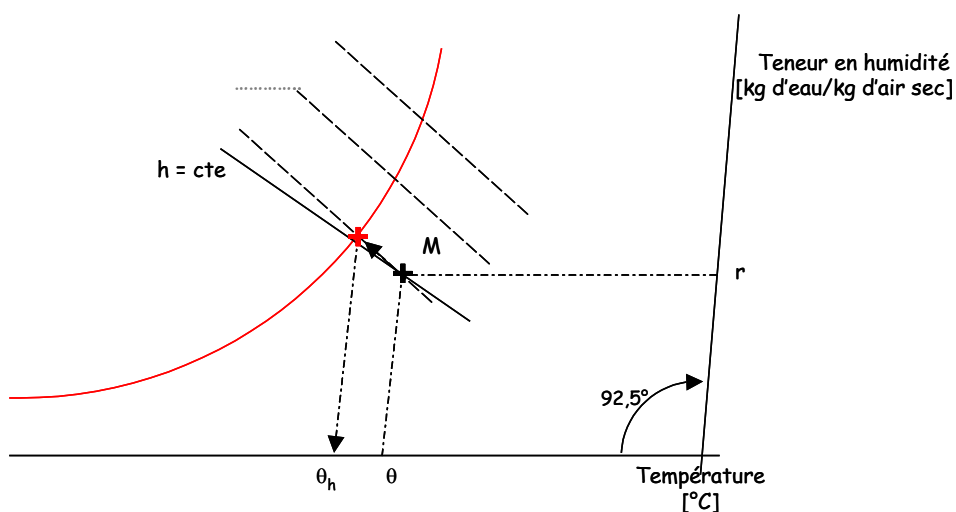


#### La température de rosée.

**Application :** .....

### 3.4. La température humide

Les lignes d'égale température humide sont des droites dont la pente est sensiblement la même que celle des isenthalpes. On les confond d'ailleurs souvent avec les isenthalpes.



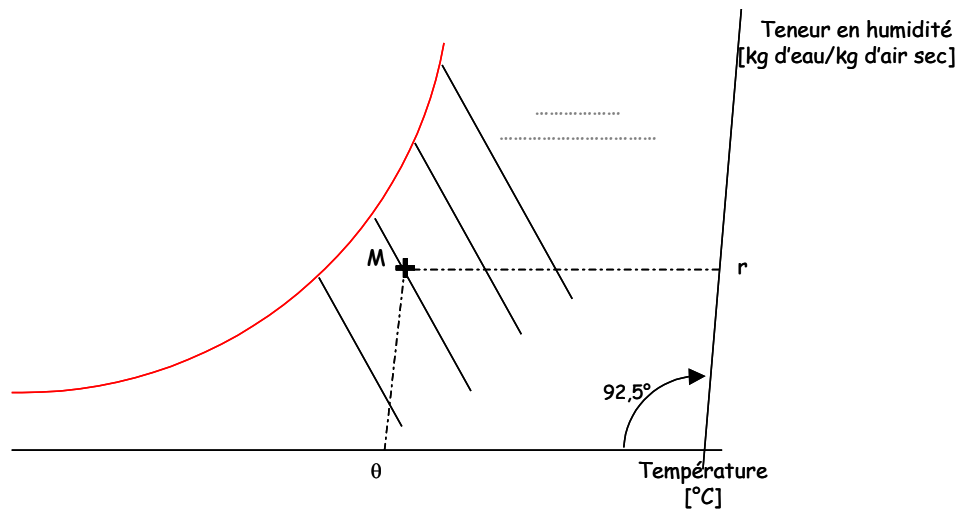
#### La température humide

**Application :** .....

**Remarque :** on a bien  $\theta_h > \theta_r$ .

### 3.5. Le volume spécifique

Enfin, on peut également avoir accès sur ce diagramme au volume spécifique. Les isochores ont la forme de droites représentées sur le schéma suivant :



Les isochores  $v$

Application : .....

### 4. En résumé

