

Boudry

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADICPODOUME

Laboratoire de Bioclimatologie

Programme Hewlett - Packard

Météorologie Pg n° 002

DETERMINATION DE LA TENSION DE VAPEUR SATURANTE DE L'EAU
ET DE LA PENTE A LA COURBE DE TENSION DE VAPEUR SATURANTE

par

M. ELDIN

G. GOSSE

21 JUL 1974

O. R. S. 7.08.1973

Collection de Référence

no B6866 Agr.

Météorologie Pg n° 002

Détermination de la tension de vapeur saturante de l'eau et de la pente à la courbe de tension de vapeur saturante.

Paramètres calculés :

- Tension de vapeur saturante au dessus de l'eau par les formules de Goff - Gratch et de Tétens.

- Pente à la courbe de tension de vapeur saturante au dessus de l'eau par les formules de Goff - Gratch et de Tétens.

Domaine d'utilisation du programme :

La formule de Goff - Gratch est utilisable pour des températures allant de -50°C à 100°C. La formule de Tétens est utilisable de 0 à 100°C mais avec une précision moindre pour les températures élevées.

Principe du calcul :

Suite à la 12e Conférence des directeurs de l'O.M.M. (Washington 1947), la formule de Goff - Gratch a été adoptée pour le calcul de la pression de vapeur saturante au dessus de l'eau et de la glace.

- Tension de vapeur saturante au dessus de l'eau :

$$\log_{10} e_w = - 7,90298 \left(\frac{T_s}{T} - 1 \right) + 5,02808 \log_{10} \frac{T_s}{T} \\ - 1,3816 \cdot 10^{-7} \cdot (10^{11,344} \left(1 - \frac{T}{T_s} \right) - 1) \\ + 8,1328 \cdot 10^{-3} \cdot (10^{-3,49149 \cdot \frac{T_s}{T}} - 1) + \log_{10} e_{ws}$$

avec T température absolue en degré Kelvin

T_s température d'ébullition de l'eau T_s = 373,16°

e_w tension de vapeur saturante en millibars.

e_{ws} tension de vapeur saturante au point d'ébullition

e_{ws} = 1013,246 mb.

Météorologie Pg n° 002

- Pour obtenir la pente à la courbe de tension de vapeur saturante, il suffit de dériver la formule de Goff-Gratch par rapport à la température :

$$\text{Soit } P_w = \frac{de_w}{dt} = \frac{e_w}{T^2} \left[6790,5 - 5,02808 T + 4916,8 \cdot 10^{-0,0304 T} T^2 + 174209 \cdot 10^{-\frac{1302,88}{T}} \right]$$

Ces formules de Goff-Gratch, assez lourdes à manipuler, peuvent être remplacées par des formules plus simples dans la plupart des applications météorologiques. C'est le cas de la formule de Tétens:

$$e_w = 6.11.10 \frac{7,5 t}{237,3 + t}$$

avec t, température en degrés Celsius

e_w, tension de vapeur saturante en millibars.

$$\text{D'où } P_w = \frac{de_w}{dt} = \frac{25039}{(237,3 + t)^2} \cdot 10 \frac{7,5 t}{237,3 + t}$$

= Comparaison des résultats des deux formules entre 0 et 60° C =

T°	TETENS		GOFF-GRATCH		$\frac{e^T - e^G}{e^G}$	$\left \frac{\frac{de^T}{dT} - \frac{de^G}{dT}}{\frac{de^G}{dT}} \right $
	e ^T	de ^T /dT	e ^G	de ^G /dT		
0°	6,1100	0,4447	6,2078	0,4438	36.10 ⁻⁵	< 0,4 ‰
10	12,2833	0,8231	12,2723	0,8223	49.10 ⁻⁵	< 0,5 ‰
20	23,3894	1,4478	23,3729	1,4477	71.10 ⁻⁵	# 0,7 ‰
30	42,4416	2,4343	42,4303	2,4354	27.10 ⁻⁵	< 0,3 ‰
40	73,7738	3,9317	73,7774	3,9331	+ 5.10 ⁻⁵	= 0,05 ‰
50	123,3949	6,1264	123,3951	6,1228	+ 0,2.10 ⁻⁵	= 0,002 ‰
60	199,3718	9,2439	199,2602	9,2216	55.10 ⁻⁵	< 0,6 ‰
					< 1 ‰	< 1 ‰
					entre 0 et 60° C	entre 10 et 50° C

Météorologie Pg n° 002

Pour les applications où la précision de la formule de Tétens suffit, on aura intérêt à utiliser cette formule qui est d'un encombrement en mémoire très inférieure à celle de Goff - Gratch.

Référence :

R.J. List 1968 Smithsonian meteorological tables pp 350 - 372.

• Equipement nécessaire :

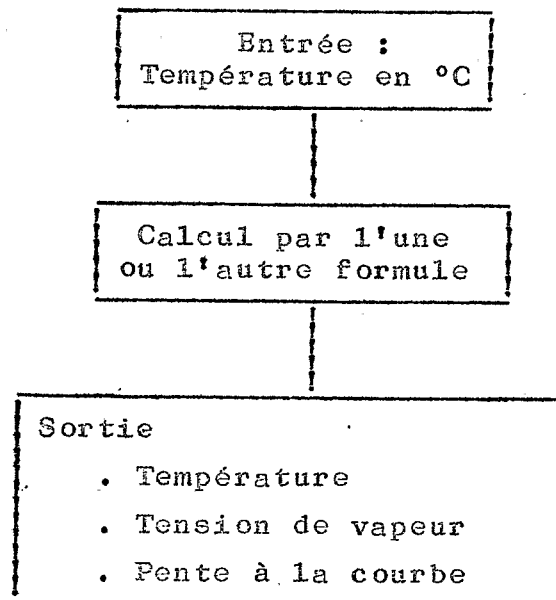
H.P. 9800 B et imprimante.

• Organigramme du programme.

Le programme n° 002 se présente sous forme de 2 programmes totalement indépendants :

- Calcul de la tension et de la pente par la formule de Goff - Gratch.

- Calcul de la tension et de la pente par la formule de Tétens.



• Programme test :

t = 40°C - Formule de Goff - Gratch
 e = 73,777 , p = 3,933
 - Formule de Tétens,
 e = 73,774 p = 3,932

. Mode d'utilisation du programme.

Step 1 END

Step 2 Entrée : t en degrés Celsius en x

Step 3 Continue

Sortie z \longrightarrow Pente à la courbe en $\text{mb} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

 y \longrightarrow tension de vapeur saturante en mb

 x \longrightarrow température. en $^\circ\text{C}$.

Le programme revient automatiquement au Step n°2, il suffit alors de rentrer en x la nouvelle température.

Titre Calcul de e^w et e^i par la formule de Tetens

P	touche	Affichage			P	touche	Affichage			P	touche	Affichage		
		x	y	z			x	y	z			x	y	z
+ 00	↑		t		+ 30	.				0				
1	↑				1	0				1				
2	2				2	7				2				
3	3				3	X				3				
4	7				4	F				4				
5	.				5	Roll↑				5				
6	3				6	END	t	ew	ew	6				
7	+				7					7				
8	↓				8					8				
9	÷				9					9				
0	7				0					0				
1	.				1					1				
2	5				2					2				
3	X				3					3				
4	X				4					4				
5	5				5					5				
6	X				6					6				
+ 10	1				0					0				
1	0				1					1				
2	ln x				2					2				
3	X				3					3				
4	↓				4					4				
5	e^x				5					5				
6	↑				6					6				
7	0				7					7				
8	.				8					8				
9	1				9					9				
0	1				0					0				
1	X				1					1				
2	X				2					2				
3	Y →				3					3				
4	F				4					4				
+ 20	2				0					0				
1	3				1					1				
2	7				2					2				
3	.				3					3				
4	3				4					4				
5	Roll↑				5					5				
6	+				6					6				
7	Roll↓				7					7				
8	÷				8					8				
9	÷				9					9				
0	4				0					0				
1	0				1					1				
2	9				2					2				
3	8				3					3				
4	8				4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
0					0					0				

Stockage

ew

7
6
5
4
3
2
1
0

Tableau Calcul de e_w et e'_w par la formule de Goff-Gratch

N°	touche	Affichage			N°	touche	Affichage			N°	touche	Affichage		
		x	y	z			x	y	z			x	y	z
+00	↑	t			+30	↓				+60	.			
1	2				1	+				1	4			
2	↑				2	1				2	9			
3	3				3	↑				3	1			
4	.				4	e				4	4			
5	1				5	÷				5	9			
6	6				6	1				6	Ch sgn			
7	+				7	x → y				7	x			
8	y →				8	-				8	1			
9	F				9	1				9	0			
a	3				a	1				a	ln x			
b	↑				b	.				b	x			
c	3				c	3				c	↓			
d	.				d	4				d	e ²			
+10	1				+40	4				+70	↑			
1	6				1	X				1	1			
2	x → y				2	1				2	-			
3	÷				3	0				3	8			
4	y →				4	ln x				4	.			
5	e				5	x				5	1			
6	1				6	↓				6	3			
7	-				7	e ²				7	2			
8	7				8	↑				8	8			
9	.				9	1				9	Ent. Exp			
a	9				a	-				a	3			
b	0				b	1				b	Ch Sgn			
c	2				c	.				c	x			
d	9				d	3				d	↓			
+20	8				0	8								
1	Ch. Sgn				1	1								
2	x				2	6								
3	e				3	Ent. Exp								
4	Log x				4	7								
5	↑				5	Ch. Sgn								
6	5				6	x								
7	.				7	↓								
8	0				8	-								
9	2				9	e								
a	8				a	↑								
b	0				b	1								
c	8				c	-								
d	x				d	3								

Stockage

T
Ts/T. pour ew

Titre Calcul de e_w et de e_w^i par la formule de Goff-Gratch

e ^w	Touche	Affichage			e ^w	Touche	Affichage			e ^w	Touche	Affichage		
		x	y	z			x	y	z			x	y	z
+80	+				+b0	9				-00	7			
1	1				1	X				1	9			
2	0				2	.				2	0			
3	1				3	0				3	.			
4	3				4	3				4	5			
5	.				5	0				5	+			
6	2				6	4				6	e			
7	4				7	Ch. Sgn				7	X			
8	6				8	↑				8	F			
9	Log x				9	F				9	÷			
a	+				a	X				a	÷			
b	1				b	1				b	↑			
c	0				c	0				c	2			
d	Ln x				d	Ln x				d	7			
+90	X				+C0	X				0	3			
1	↓				1	↓				1	.			
2	e ^x				2	e ^x				2	1			
3	x →				3	↑				3	6			
4	e				4	4				4	-			
5	1				5	9				5	e			
6	3				6	1				6	x ↔ y			
7	0				7	6				7	END	t	e ^w	e ^w
8	2				8	.				8				
9	.				9	8				9				
a	8				a	X				a				
b	8				b	F				b				
c	Ch. Sgn				c	X				c				
d	↑				d	X				d				
+a0	F				+d0	Roll ↓								
1	÷				1	+				1	t			
2	1				2	5				2	e ^w			
3	0				3	.				3				
4	Ln x				4	0				4				
5	X				5	2				5				
6	↓				6	8				6				
7	e ^x				7	0				7				
8	↑				8	8				8				
9	1				9	Roll ↑				9				
a	7				a	X				a				
b	4				b	Roll ↓				b				
c	2				c	-				c				
d	0				d	6				d				