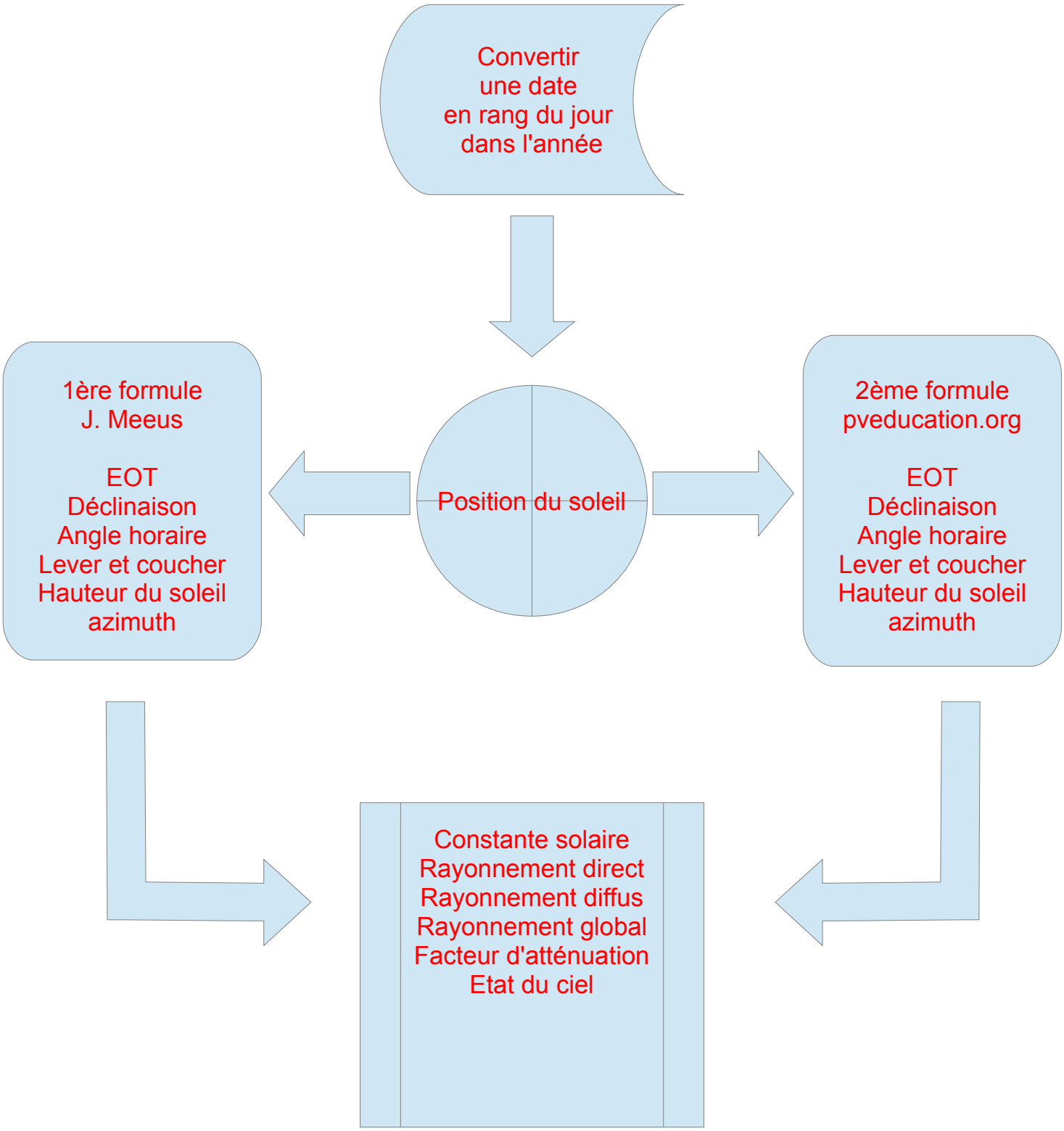
Algorithme


Convertir
une date
en rang du jour
dans l'année
1ère formule
J. Meeus
EOT
Déclinaison
Angle horaire
Lever et coucher
Hauteur du soleil
azimuth
Position du soleil
2ème formule
pveducation.org
EOT
Déclinaison
Angle horaire
Lever et coucher
Hauteur du soleil
azimuth
Constante solaire
Rayonnement direct
Rayonnement diffus
Rayonnement global
Facteur d'atténuation
Etat du ciel

FORMULAIRE

==========

Convertir une date en rang du jour dans l'année :

Formules : J.Meeus : Astronomical Algorithms. William-Bell Inc., 1991

D : jour du mois M : mois A : année

N1 = floor ((M* 275) / 9)
N2 = floor ((M + 9) / 12)
K = 1 +floor ((A - 4 * Ent (A / 4) + 2) / 3)
(K=2 pour une année commune et K=1 pour une bissextile)

Le rang du jour est donné par :
N = N1 - N2*K + D -30

==========

Position solaire :

1ère formule : J.Meeus : Astronomical Algorithms. William-Bell Inc., 1991

Equation du temps (EOT) en **heures décimales** :

M = 357 + 0.9856 * j
C = 1.914 * sin(M) + 0.02 * sin(M);
L = 280 + C + 0.9856 * j
R = -2.465 * sin(L) + 0.053 * sin(4*L)
EOT = (C + R) * 4/60 = (C + R) * 1/15

j représente le rang du jour dans l'année (1er janvier = 1)
M est l'anomalie moyenne en **degrés décimaux**
C est l'équation du centre (influence de l'ellipticité de l'orbite terrestre) en **degrés décimaux**
L est la longitude vraie du Soleil en **degrés décimaux**
R est la réduction à l'équateur (influence de l'inclinaison de l'axe terrestre) en **degrés décimaux**

Déclinaison :

δ = asin(0.39774*sin(L))
(Ici 0,39774 représente le sinus de l'obliquité de l'écliptiquer év. 01/01/2014)

Angle horaire (Ho):

cos(Ho) = -0,011454 - (sin(φ)* sin(δ) - cos(φ)* cos(δ)

Passage au méridien en **heures décimales**

TC = longitude * 4/60 = longitude * 1/15 (en heures décimales)
Passage au méridien = 12 – TC + EOT

Soleil (en **heures décimales**) :

Lever = 12 – 1/15 * acos(- 0.01454 - sin(φ)* sin(δ) / cos(φ)* cos(δ)) – TC + EOT
Coucher = 12 + 1/15 * acos(- 0.01454 - sin(φ)* sin(δ) / cos(φ)* cos(δ)) – TC + EOT
Durée du jour = 2 * 1/15 * acos(sin(φ)* sin(δ) / cos(φ)* cos(δ))

Azimut : en **radians**

Azimut = acos((cos(φ) * sin(δ) - sin(φ)* cos(δ) * cos(HRA)) / cos(α))

Crépuscule :

civil = remplacer -0.01454 par 0.105 = sin(-6°)

nautique = remplacer -0.01454 par 0.208 = sin(-12°)

astronomique = remplacer -0.01454 par 0.309 = sin(-18°)

Important :

Le Bureau des Longitudes (IMCCE) calcule les heures du lever/coucher du *centre* du Soleil avec une réfraction à l'horizon de 36,6'. Remplacez -0,01454 par -0,01065 dans l'expression de Ho.

==========

Position solaire :

2ème formule : www.pveducation.org

Equation du temps (EOT) en **heures décimales** :

B= 360/365 * (j-81) (en degrés décimaux)

EOT = (9.87 * sin(2B) – 7.53 *cos(B) -1.5 *sin(B)) / 60

Déclinaison :

δ = 0,39774 * sin(B)

(Ici 0,39774 représente le sinus de l'obliquité de l'écliptique rév. 01/01/2014)

Temps solaire local (LST) en **heures décimales** :

LT = temps local = heures décimales

TC = longitude * 4/60 = longitude * 1/15 (en heures décimales)

LST= LT - TC + EOT

Angle horaire (HRA) en **degrés décimaux**:

HRA = 15*(LST-12)

Hauteur du soleil en **radians** :

α = asin(sin(φ)* sin(δ) + cos(φ)* cos(δ)*cos(HRA))

azi = acos((cos(φ) * sin(δ) - sin(φ)* cos(δ) * cos(HRA)) / cos(α))

==========

Rayonnement solaire :

Constante solaire :

Formules : Herve Silve (http://herve.silve.pagesperso-orange.fr/solaire)

$S_{constante}$ = 1367 x (1 + 0,0334 x Cos(360 x (j - 2,7206) / 365,25)), en W/m²

$S_{constante}$ = Constante solaire sur un plan perpendiculaire avant la traversée de l'atmosphère en fonction du jour de l'année.

j = nombre de jours depuis le 1er janvier de l'année en cours (1er janvier =1)

Rayonnement direct, diffus et global
Formules : Benoit et Pierre Beckers

$\mathbf{R_{direct} = S_{constante} * \tau^{M} * Kc * \sin(\alpha)}$

R_{direct} = Rayonnement solaire direct sur un plan horizontal après la traversée de l'atmosphère.

τ = transmittance atmosphérique (Campbell) = 0.25 + 0.55 = 0.8

M = masse optique de l'atmosphère = (Pa/Po) * Mo

Po = pression standard au niveau de la mer = 1013.25hPa

Pa = pression standard an fonction de la hauteur du lieu d'observation (h)

Mo = $\sec(\psi) = 1/\cos(\psi) = 1/\sin(\alpha)$

$Pa/Po = e^{-(h/8200)}$

h = hauteur du lieu d'observation en m

e = 2,7182818284

ψ = angle zénithal = 90° - α

α = hauteur du soleil

$= 90 - \varphi + \delta$

$= \mathrm{asin}(\sin(\delta) * \sin(\varphi) + \cos(\delta) * \cos(\varphi) * \cos(HRA))$

φ = latitude

δ = déclinaison

Facteur d'atténuation des nuages (Kasten et Czeplak - 1980)

$Kc = =(1 – 0.75(N/8)^{3.4})$

N = nébulosité en octas

Pour N=0, Kc = 1 = ciel serein sans nuage
Pour N=1, Kc = 0,9794 = ciel voilé nuages d'altitude
Pour N=2, Kc = 0,9932 = c iel voilé nuages d'altitude
Pour N=3, Kc = 0,9733 = ciel voilé nuages d'altitude
Pour N=4, Kc = 0,9290 = ciel nuageux
Pour N=5, Kc = 0,8483 = ciel nuageux
Pour N=6, Kc = 0,7180 = ciel nuageux
Pour N=7, Kc = 0,5237 = ciel couvert
Pour N=8, Kc = 0,2500 = ciel couvert

(voir annexe 1 : Nébulosité

$\mathbf{R_{diff} = S_{constante} * (0{,}271 – 0{,}294 * \tau^{M}) * Kc * \sin(\alpha)}$

R_{diff}= Rayonnement solaire diffus sur un plan horizontal après la traversée de l'atmosphère avec Kc = 1 = ciel serein sans nuage

$\mathbf{R_{global} = R_{direct} + R_{diff}}$

$\mathbf{R_{global}}$ = Rayonnement solaire diffus sur un plan horizontal après la traversée de l'atmosphère avec Kc = 1 = ciel serein sans nuage

Etude personnelle :

Etat du ciel en fonction du rapport (%) entre rayonnement global mesuré et calculé

octas	% Rm/Rréf		Facteur	appellation	grand public
	max	min	Kc		
0	100,00	99,94	1,0000	Ciel serein	
1	99,94	99,32	0,9994	Ciel peu nuageux à serein	
2	99,32	97,33	0,9932	Ciel peu nuageux	ensoleillé
3	97,33	92,90	0,9733	Ciel nuageux à peu nuageux	
4	92,90	84,81	0,9290	Ciel nuageux	Belles éclaircies
5	84,83	71,80	0,8483	Ciel nuageux à très nuageux	
6	71,80	52,37	0,7180	Ciel très nuageux	Nuages prédominants
7	52,37	25,00	0,5237	Ciel très nuageux à couvert	
8	25,00	0,00	0,2500	Ciel couvert. Invisible ou brouillard	Très nuageux ou couvert

Rm = rayonnememnt solaire global sur un plan horizontal mesuré
Rref = rayonnement solaire global de référence, calculé
si Rm > Rglobal calculé → Rref=Rm
si Rm <= Rglobal calculé → Rref=Rglobal calculé

Pour mémoire :

e = 2,7182818284 5904523536 0287471352 6624977572 47093699959574966967 6277240766 3035354759 4571382178 5251664274…

Longitude = positive à l'est du mérisien d'origine, négative à l'ouest du mérisien d'origine
Latitude = positive au nord de l'équateur, négative au sud de l'équateur

Note importante :

selon l'usage français,
la longitude est comptée négative à l'est du méridien d'origine et positive à l'ouest.

Selon l'UAI,
la longitude est comptée positive à l'est du méridien d'origine et négative à l'ouest.

Nous avons choisi la définition de l'UAI.

==========

Autres méthodes :

Transmissivité en fonction de la fraction de nuages (Burridge et Gadd - 1979)

$\tau = (0.6 + 0.2) * \sin(\alpha) * (1 - \sigma_H) * (1 - \sigma_M) * (1 - \sigma_L)$

σ_H = fraction de ciel couvert de nuages hauts
σ_M = fraction de ciel couvert de nuages moyens
σ_L = fraction de ciel couvert de nuages bas

Méthode suisse

octas	% soleil		Nébulosité	Ensoleillement	Explication
8	0		Couvert Pas de soleil	Pas de soleil	Couche nuageuse compacte sans précipitations
8	0		Très nuageux	Pas de soleil	Couche nuageuse compacte avec des précipitations
7 – 8	10		Nuageux à couvert	Pratiquement pas de soleil	Couche nuageuse pratiquement compte avec seulement quelques trouées, sans précipitations
6 – 8	30	10	Nuageux, souvent très nuageux	Peu de soleil	Couche nuageuse avec quelques trouées
4 – 6	50	20	Peu nuageux, nébulosité changeante, passages nuageux	En partie enso-leillé	Ciel en partie recouvert de nuages
2 – 4	70	50	Passages nuageux	Assez ensoleillé	Caractère du temps agréable
1 – 3	90	70	Beau, parfois des passages nuageux, nuages d'altitude	En général ensoleillé, bien ensoleillé	Peu ou pas de nuages si-gnificatifs
0 – 2	90	100	clair	Ensoleillé	pratiquement dégagé
4 – 6	50	20	Eclaircies	En partie ensoleillé	Trouées dans une couche nuageuse
6 – 7	20	5	Brèves éclaircies	Nuageux	Quelques ou petites trouées dans une couche nuageuse

Annexe 1

NÉBULOSITÉ

La fraction de la voûte céleste occultée en un lieu et à un instant donnés par tout ou partie des nuages est une grandeur mesurable, usuellement évaluée par l'observateur en octas (ou en dixièmes), et qui porte le nom de nébulosité. En l'absence de mention explicite, ce terme équivaut à la nébulosité totale , qui s'applique à l'ensemble des nuages présents dans le ciel au moment de l'évaluation. Il existe aussi des estimations de nébulosité partielle , qui ne prennent en compte que des catégories déterminées de nuages en fonction de telle ou telle caractéristique ou combinaison de caractéristiques : genre, espèce, variété, couche ou étage atmosphérique...

Des dénominations courantes de valeurs ou d'intervalles de valeurs de la nébulosité totale sont associées, non sans une certaine confusion d'ailleurs, à la description de l' état du ciel . Selon les critères les plus fréquemment adoptés, trois types de ciel peuvent de ce point de vue être distingués en priorité

le ciel clair est entièrement ou presque entièrement dégagé de nuages, l'estimation de sa nébulosité étant inférieure à 1 octa ;

le ciel couvert est au contraire entièrement occulté par les nuages, l'estimation de sa nébulosité atteignant 8 octas ;

le ciel nuageux est un ciel dont plus d'une moitié est occultée par les nuages, l'estimation de sa nébulosité dépassant 4 octas sans toutefois atteindre celle d'un ciel couvert.

On peut en outre retenir :

le ciel peu nuageux , que l'on juge largement dégagé malgré la présence effective de nuages, l'estimation de sa nébulosité se situant entre 1 et 3 octas ;

le ciel assez nuageux , que les nuages recouvrent pour moitié, si ce n'est davantage, l'estimation de sa nébulosité allant de 4 à 5 octas ;

le ciel très nuageux , qui est recouvert en grande majorité de nuages, l'estimation de sa nébulosité allant de 6 à 7 octas.

ETAT DU CIEL

Nébulosité en Octas

0/8= Ciel serein
1/8= Ciel peu nuageux à serein
2/8= Ciel peu nuageux variable
3/8= Ciel nuageux à peu nuageux
4/8= Ciel nuageux
5/8= Ciel nuageux à très nuageux abondante
6/8= Ciel très nuageux
7/8= Ciel très nuageux à couvert
8/8= Ciel couvert. Invisible ou brouillard

Une nébulosité Ns est attribuée à chaque couche de nuages dans la limite de trois couches (ou de quatre s'il est observé du cumulonimbus), la deuxième devant comporter au moins 3 octas et la troisième 5 (les Cb sont toujours décrits quelque soit leur nébulosité)

- une nébulosité Nh est attribuée à l'ensemble des nuages bas ou à défaut des nuages moyens s'il n'y a pas de nuages bas
- une nébulosité totale N est attribuée à l'ensemble des nuages occultants le ciel dans la voûte celeste.

Passons aux exemples :

1- Le ciel comporte 1/8 de Cumulus, 4/8 d'Altocumulus et 5/8 de Cirrus :

Il est codé Ns=1 pour les Cu, Ns=4 pour les Ac et Ns =5 pour les Ci

La nébulosité Nh est égale à 1 (nébulosité des nuages bas)

La nébulosité totale N dépend de la façon dont les différents nuages sont agencés dans le ciel, c'est l'observateur qui décide de la valeur à attribuer à N, en tenant compte de l'ensemble des nuages, tous genres confondus. On peut par exemple ici avoir N=7

2- Le ciel comporte 6/8 d'Ac et 7/8 de Ci
Ns=6 pour les Ac, Ns=7 pour les Ci
Nh=6 (nébulosité des nuages moyens car il n'y a pas de nuages bas)
N=7 ou 8

3- Le ciel comporte 8/8 de Cs
Ns=8 pour le Cs
Nh=0
N=8

Précisions complémentaires:
1- sont considérés comme :
- nuages bas : St, Sc, Cu, Cb
- nuages moyens : Ac, As, Ns
- nuages supérieurs : Ci, Cc, Cs

2- Le type de ciel est représenté par le code CL CM CH du code Synop, qui permet entre autres de représenter certaines espèces ou variétés de nuages dans le ciel.

Je ferai le parallèle avec les cartes de nébulosité disponibles sur certains modèles : tu ne te fais pas une idée du temps qu'il va faire en regardant simplement la carte de nébulosité totale, car une nébulosité de 100% peut correspondre à un ciel couvert de nuages épais et opaques comme à voile de Cs ! Il faut regarder la nébulosité des nuages bas, moyens et élevés pour se faire une représentation en 3D de l'aspect du ciel.

Pour mieux représenter l'impression de temps ressentie, l'idéal serait de disposer d'un chiffre indiquant la nébulosité des nuages bas et moyens confondus et d'un autre représentant celle des nuages élevés. Mais ces chiffres n'existent pas en tant que tel dans le code Synop.

Une solution pour créer une carte de nébulosité plus proche du ressenti serait peut-être de réaliser un algorithme plus élaboré que de prendre simplement la nébulosité totale. Pas forcément simple..

Pictogrammes utilisés par les professionnels de la météo pour déterminer la nébulosité en octas : de la valeur 0, ciel sans aucun nuage, à la valeur 8, ciel entièrement couvert. A noter le sigle sans numéro qui signifie *« ciel obscurci ou impossibilité d'évaluer l'étendue des nuages* **».**

Pour le grand public la légende **«** *Ensoleillé ou nuit claire* **»** est associée au symbole « **2 octas** », *« Belles éclaircies »* pour 4 octas, *« Nuages prédominants »* pour 6 octas, *« Très nuageux ou couvert »* pour 8 octas.

Pour parler de la couverture nuageuse, l'aviation utilise des sigles anglais
SKC (de **SK**y **C**lear = ciel clair) ou **CAVOK** (de **C**eiling and **V**isibilty **OK**) pour 0 octa
FEW(de **FEW** = peu) pour 1 à 2 octas - **SCT** (de **SC**a**T**tered = épars) pour 3 à 4 octas
BKN(de **B**ro**K**e**N** = fragmenté) pour 5 à 7 octas - **OVC** (de **OV**er**C**ast = couvert) pour 8 octas
Pour plus d'exemples et d'explications : http://aerodidact.enm.meteo.fr/nbulosit.html