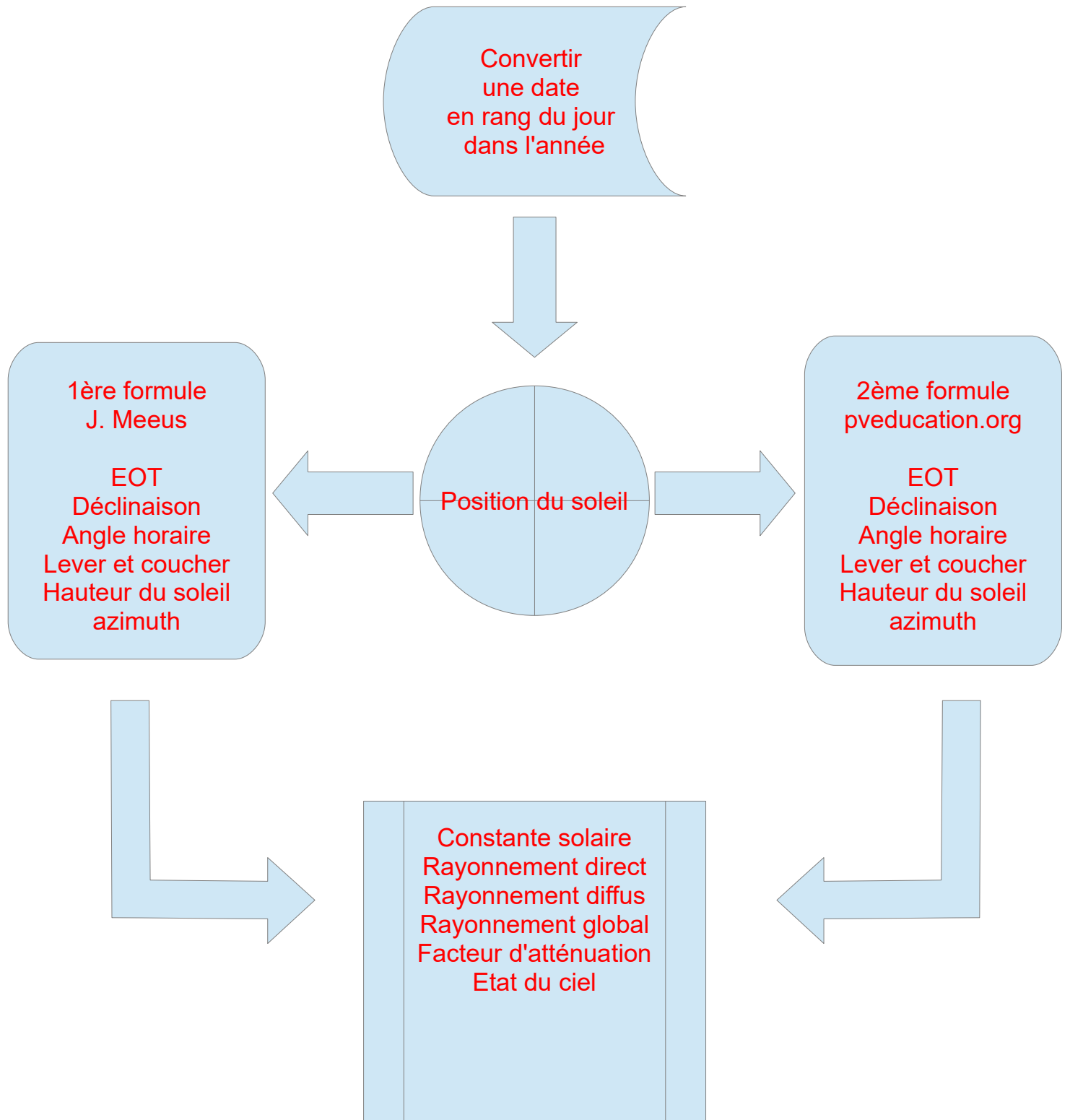


Algorithme



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

$$N1 = \text{floor} ((M * 275) / 9)$$

$$N2 = \text{floor} ((M + 9) / 12)$$

$$K = 1 + \text{floor} ((A - 4 * \text{Ent} (A / 4) + 2) / 3)$$

(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** :

$$M = 357 + 0.9856 * j$$

$$C = 1.914 * \sin(M) + 0.02 * \sin(M);$$

$$L = 280 + C + 0.9856 * j$$

$$R = -2.465 * \sin(2 * L) + 0.053 * \sin(4 * L)$$

$$EOT = (C + R) * 4/60 = (C + R) * 1/15 \text{ (en heures décimales)}$$

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 :

$$\delta = \text{asin}(0.39774 * \sin(L))$$

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

Angle horaire (Ho):

$$\cos(Ho) = -0,011454 - (\sin(\varphi) * \sin(\delta) - \cos(\varphi) * \cos(\delta))$$

Passage au méridien en **heures décimales**

$$TC = \text{longitude} * 4/60 = \text{longitude} * 1/15 \text{ (en heures décimales)}$$

$$\text{Passage au méridien} = 12 - TC + EOT$$

Soleil (en **heures décimales**) :

$$\text{Lever} = 12 - 1/15 * \text{acos}(-0.01454 - \sin(\varphi) * \sin(\delta) / \cos(\varphi) * \cos(\delta)) - TC + EOT$$

$$\text{Coucher} = 12 + 1/15 * \text{acos}(-0.01454 - \sin(\varphi) * \sin(\delta) / \cos(\varphi) * \cos(\delta)) - TC + EOT$$

$$\text{Durée du jour} = 2 * 1/15 * \text{acos}(\sin(\varphi) * \sin(\delta) / \cos(\varphi) * \cos(\delta))$$

Azimut : en **radians**

$$\text{Azimut} = \arccos\left(\frac{\cos(\varphi) * \sin(\delta) - \sin(\varphi) * \cos(\delta) * \cos(\text{HRA})}{\cos(\alpha)}\right)$$

Crépuscule :

$$\text{civil} = \text{remplacer } -0.01454 \text{ par } 0.105 = \sin(-6^\circ)$$

$$\text{nautique} = \text{remplacer } -0.01454 \text{ par } 0.208 = \sin(-12^\circ)$$

$$\text{astronomique} = \text{remplacer } -0.01454 \text{ par } 0.309 = \sin(-18^\circ)$$

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 H_0 .

Position solaire :

2ème formule : www.pveducation.org

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

$$B = 360/365 * (j-81) \text{ (en degrés décimaux)}$$

$$\text{EOT} = (9.87 * \sin(2B) - 7.53 * \cos(B) - 1.5 * \sin(B)) / 60$$

Déclinaison :

$$\delta = 0,39774 * \sin(B)$$

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

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

$$\text{LT} = \text{temps local} = \text{heures décimales}$$

$$\text{TC} = \text{longitude} * 4/60 = \text{longitude} * 1/15 \text{ (en heures décimales)}$$

$$\text{LST} = \text{LT} + \text{TC} - \text{EOT}$$

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

$$\text{HRA} = 15 * (\text{LST} - 12)$$

Hauteur du soleil en **radians** :

$$\alpha = \arcsin(\sin(\varphi) * \sin(\delta) + \cos(\varphi) * \cos(\delta) * \cos(\text{HRA}))$$

$$\text{azi} = \arccos\left(\frac{\cos(\varphi) * \sin(\delta) - \sin(\varphi) * \cos(\delta) * \cos(\text{HRA})}{\cos(\alpha)}\right)$$

Rayonnement solaire :

Constante solaire :

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

$$S_{\text{constante}} = 1367 * (1 + 0,0334 * \cos(360 * (j - 2,7206) / 365,25)), \text{ en } W/m^2$$

$S_{\text{constante}}$ = 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

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

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

$$\tau = \text{transmittance atmosphérique (Campbell)} = 0.25 + 0.55 = 0.8$$

$$M = \text{masse optique de l'atmosphère} = (Pa/Po) * Mo$$

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 = $90^\circ - \alpha$

α = hauteur du soleil

$$= 90 - \varphi + \delta$$

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

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 = ciel 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)

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

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

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

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

Autres méthodes :

Transmissivité en fonction de la fraction de nuages (Burrige 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

% soleil		Nébulosité	Ensoleillement	Explication
0		Couvert Pas de soleil	Pas de soleil	Couche nuageuse compacte sans précipitations
0		Très nuageux	Pas de soleil	Couche nuageuse compacte avec des précipitations
10		Nuageux à couvert	Pratiquement pas de soleil	Couche nuageuse pratiquement comble avec seulement quelques trouées, sans précipitations
30	10	Nuageux, souvent très nuageux	Peu de soleil	Couche nuageuse avec quelques trouées
50	20	Peu nuageux, nébulosité changeante, passages nuageux	En partie ensoleillé	Ciel en partie recouvert de nuages
70	50	Passages nuageux	Assez ensoleillé	Caractère du temps agréable
90	70	Beau, parfois des passages nuageux, nuages d'altitude	En général ensoleillé, bien ensoleillé	Peu ou pas de nuages significatifs
90	100	clair	Ensoleillé	pratiquement dégagé
50	20	Eclaircies	En partie ensoleillé	Trouées dans une couche nuageuse
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 N_s 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 N_h 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 céleste.

Passons aux exemples :

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

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

La nébulosité N_h 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

$N_s=6$ pour les Ac, $N_s=7$ pour les Ci

$N_h=6$ (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

$N_s=8$ pour le Cs

$N_h=0$

$N=8$

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 SKy Clear = ciel clair) ou **CAVOK** (de Ceiling and Visibilty OK) pour 0 octa

FEW (de FEW = peu) pour 1 à 2 octas - **SCT** (de SCaTtered = épars) pour 3 à 4 octas

BKN (de BroKeN = fragmenté) pour 5 à 7 octas - **OVC** (de OVerCast = couvert) pour 8 octas

Pour plus d'exemples et d'explications : <http://aerodidact.enm.meteo.fr/nbulosit.html>