

Compter les flocons de neige qui tombent

10 février 2013 (v2) – Hervé Dole

Que faire un dimanche après-midi glacial d'hiver alors que la neige tombe, mais que la température de 3C empêche celle-ci de rester et d'ainsi s'amuser en famille à faire des bonhommes de neige ou des batailles ? Pas grand chose (une fois les bons petits plats préparés), alors je me suis dit que j'allais compter les flocons de neige qui tombent. J'aurais pu passer des heures à les regarder tomber, mais mon esprit scientifique m'a suggéré de vraiment les compter, durant une courte durée et sur une petite surface, puis d'extrapoler ces mesures. Récit d'un dimanche après-midi à compter la neige.

1. Protocole et mesures

1.1 idée générale

L'idée est de placer une surface mesurable sous la neige durant une courte durée pour estimer le nombre de flocons y tombant. Par multiplication, on pourra avoir ensuite le nombre de flocons tombant par mètre carré et par seconde.

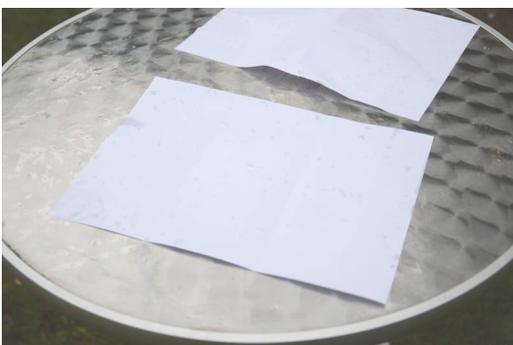
1.2 table de jardin

La première idée est de sortir une petite table de jardin et de compter les flocons dessus. Les flocons sont bien visibles... mais il s'avère impossible de les compter, tellement il en tombe par seconde ! Il faut donc trouver une autre surface, plus petite.



1.3 feuille A4 sur table de jardin

Une feuille blanche A4 fera l'affaire. Elle a l'avantage en outre de ne pas faire fondre directement les flocons, de sorte que je puisse compter les flocons *après* le temps d'exposition à la chute de neige. C'est un peu comme une plaque photo que l'on exposerait, non pas aux photons, mais aux flocons. Je lance le chronomètre pour une minute. Tout se déroule bien. Jusqu'à ce coup de vent destructeur qui a fait échouer cette tentative de comptage.



1.4 autre feuille A4 vers 13h

Je retente la mesure avec une seconde feuille, préalablement fixée sur la table. Je décide d'écourter le temps d'exposition à 30 secondes. Tout se déroule bien jusqu'au bout. J'emporte délicatement la feuille à l'intérieur et compte, sur un tiers de sa surface seulement, les flocons et les gouttelettes.



Feuille exposée durant 30 secondes.

Au final, j'ai exposé la feuille durant 30 secondes, et me suis empressé de la rentrer une fois le temps écoulé. J'ai alors photographié la feuille, puis ai compté les gouttelettes sur un tiers de la surface. J'en ai compté approximativement 150.

Je n'ai pas vraiment mesuré les incertitudes, mais je peux les estimer grossièrement à une dizaine ou une vingtaine : pour faire simple, je prendrai donc 15, qui a le bon goût de faire 10% de la mesure. (on est bien au delà de la statistique Poissonnienne, qui nous aurait donné racine de 150 sur 150 = 8%).

J'ai en outre fait l'hypothèse que chaque flocon donnait une gouttelette, aussi petite soit t-elle ; cette hypothèse semble raisonnable, vu le peu de temps écoulé entre l'exposition et le comptage (typiquement 1 minute à une température de 3C).

1.5 autre mesure vers 17h

J'effectue une autre mesure vers 17h, alors que l'intensité de la chute de neige augmente. Je mesure environ 100 flocons sur un demi tiers de A4, i.e. un sixième.

2. Résultats

2.1 nombre de flocons par mètre carré

150 +/- 15 flocons sur 1/3 de A4 se convertit donc en $(150 \pm 15) / 0.0203 = 7390 \pm 739$ flocons /m² durant 30 secondes, puisque une feuille A4 mesure 0.21 x 0.29 m² = 0.0609 m², donc un tiers de feuille A4 mesure : 0.0203 m².

Lorsque l'intensité augmente vers 17h, on obtient $100/[0.0203/2] = 9850$ flocons/m², soit environ 10000 flocons/m².

2.2 taux de chute de flocons par mètre carré et par seconde

On peut vouloir convertir cette valeur en flocons/m²/s afin d'avoir un « taux de chute de flocons », qui s'exprimerait en nombre de flocons par mètre carré par seconde.

Taux = $(7390 \pm 739)/30$ (puisque mesuré pendant 30 secondes) flocons/m²/s

Soit taux = 246 +/- 25 flocons/m²/s.

Pour simplifier, nous arrondons la valeur à 250, ce qui donne finalement :

Taux de chute de neige = 250 +/- 25 flocons / m² / s à 13h
et = ~330 flocons / m² / s à 17h.

2.3 nombre de flocons tombés

En estimant la durée de la chute de neige ce dimanche 10 février à Orsay à 6 heures (de 11h à 17h), on arrive à : $250 \pm 25 * 6h * 3600s =$

$(5.4 \pm 0.3) \times 10^6$: soit 5.4 millions de flocons /m² durant 6h (en négligeant l'intensification des chutes en fin d'après-midi).

2.4 masse d'eau dans les flocons

Poursuivant notre approche simpliste en ordre de grandeurs (aussi connue sous le nom de « vache sphérique de l'astrophysicien), nous pouvons vouloir estimer la masse des flocons de neige. Comme les

flocons sur la feuille de papier ont le bon goût de fondre et de se transformer en gouttelette, il suffit d'estimer la masse des gouttelettes.

Plus facile à dire qu'à faire. Il y a plusieurs tailles de flocons, et en ce dimanche d'hiver je n'ai pas envie d'éplucher la littérature scientifique pour trouver la fonction de masse (ou de taille) des flocons de neige. Si les flocons se comportent comme les étoiles, les galaxies, et plein d'autres systèmes physiques, il existe une taille caractéristique (aussi appelée « coude » dans les fonctions de masse par exemple) qui permet de simplifier les calculs et de ne pas calculer d'intégrale (car au dessus de cette valeur il y a moins d'occurrences de plus grande valeur, et en dessous plus d'occurrences de petite valeur, donc les contributions à l'intégrale sont à peu près les mêmes).

J'estime donc à l'œil la taille de gouttelette caractéristique : diamètre 1 mm. C'est vraiment approximatif.

Le volume de cette gouttelette est de $\frac{3}{4}\pi r^3$ donc $\frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.5)^3 = 1.69 \text{ mm}^3$ (soit $1.69 \times 10^{-9} \text{ m}^3$). Avec une densité de 1 kg/m^3 de l'eau, on obtiendrait donc **$1.69 \times 10^{-6} \text{ g}$ pour un flocon**.

Le taux de chute de flocons se convertirait donc en masse de neige de **$4.2 \times 10^{-4} \text{ g / m}^2 / \text{s}$** .

2.5 autres possibilités

Il serait possible d'estimer le nombre total de flocons tombés sur un territoire (une ville par exemple, u un département).

Il serait en principe possible aussi d'estimer aussi la masse totale de neige tombée, en regardant par exemple les données radar (zones en bleu, vers 14h):

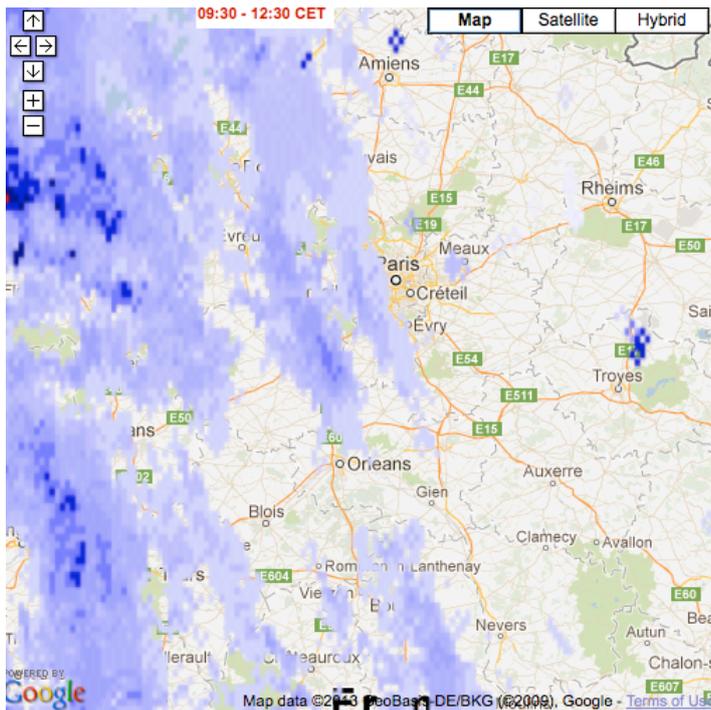


image radar de <http://www.meteox.com>

3. Conclusions, perspectives

Avec plusieurs millions de flocons par mètre carré en quelques heures (et typiquement $300 \text{ flocons / m}^2 / \text{s}$), les chiffres deviennent vite astronomiques. Il est intéressant de noter qu'avec une mesure rudimentaire et quelques multiplications, on peut estimer les ordres de grandeurs de manière simple et amusante.

Pour des prochaines mesures, mieux vaudra disposer d'une feuille préalablement quadrillée de carrés de par exemple $5 \times 5 \text{ cm}$ pour faciliter le comptage. En famille, on pourra se répartir le comptage d'un carré différent. Un exemple est proposé en annexe ci-après.

A une prochaine intempérie pour d'autres estimations !

Mesure du taux de chute de flocons de neige.
Exposer cette feuille pendant 30 secondes aux flocons,
puis compter le nombre de flocons tombés dans un carré.
Mesurer la surface du carré (proche de 25 cm²).

