



# Guide détaillé

## Présentation du système NINOX



Prérequis :  
Aucun



Matériel nécessaire :  
Aucun

Si vous lisez ce guide détaillé, cela signifie sûrement que vous êtes intéressé.e par le prêt d'un système NINOX pour mesurer et caractériser le phénomène de pollution lumineuse autour de votre établissement.

Il existe plusieurs systèmes de mesure listés sur la page web de ce projet. Dans la suite de ce guide détaillé, le système NINOX sera décrit ainsi que les mesures qu'il effectue afin de vérifier que ce capteur réponde à vos besoins.

La première partie de ce guide répondra à la question suivante : pourquoi a-t-on besoin d'un système de mesure de la pollution lumineuse ?

### 1. Pourquoi étudier la pollution lumineuse ?

La pollution lumineuse correspond à la présence excessive et gênante de lumière artificielle durant la nuit. Ce phénomène a des impacts importants sur tous les êtres vivants (surmortalité des insectes et de certains mammifères, dérèglement du cycle de vie des végétaux, perturbation du rythme de vie des humains, ...).

Par conséquent, il est primordial de disposer d'un système capable de quantifier la pollution lumineuse d'un site donné et d'étudier l'impact des mesures qui peuvent être prises pour limiter ce phénomène.

C'est avec cet objectif que la plateforme **NINOX** a été créée afin de proposer un système mesurant la luminosité du fond de ciel nocturne de façon autonome sur de longues périodes et cela, qu'importe les conditions météorologiques afin de déterminer l'intensité de la pollution lumineuse autour d'un site donné.

## 2. Que mesure le système NINOX ?

### 2.1. La luminosité du fond de ciel

Comme indiqué précédemment, le NINOX mesure et enregistre la **luminosité du fond de ciel nocturne** (ou *Night Sky Brightness* en anglais, abrégé en **NSB**).

La luminosité du fond de ciel nocturne correspond, comme son nom l'indique, à la quantité de lumière émise par le ciel nocturne en direction de la Terre. Les contributions sont nombreuses : étoiles, planètes, Voie lactée, Lune, et bien sûr, avec une contribution plus ou moins importante selon les sites, la pollution lumineuse (éclairage public, véhicules, panneaux publicitaires, ...).

Le NSB est mesuré en **mag / arcsec<sup>2</sup>** (en toutes lettres cela donne : magnitude par seconde d'arc au carré).

Ces unités représentent celle d'une brillance de surface : c'est la quantité d'énergie lumineuse reçue par seconde (un flux) et par unité d'angle solide.

L'utilité de cette grandeur est qu'elle permet des comparaisons visuelles : on peut facilement distinguer la différence de luminosité entre deux étoiles et la brillance reflète physiquement cette différence.

Ici, et par convention quand on parle de pollution lumineuse, les unités sont donc mag / arcsec<sup>2</sup> mais les mesures peuvent aussi être converties en cd / m<sup>2</sup> pour obtenir des unités du système international. Avec ces unités SI, il est un peu plus facile de comprendre ce que représente la brillance : la candela mesure l'intensité lumineuse dans une direction donnée, qui est normalisé en divisant par la surface d'observation.

En lien avec l'aspect astronomique de la pollution lumineuse (pour comparer la luminosité des objets célestes avec celle de la pollution lumineuse), les cd / m<sup>2</sup> sont remplacés par des mag/arcsec<sup>2</sup>.

### 2.2. La magnitude

La magnitude est, en astronomie, une mesure, sans unité (car calculée à partir d'un logarithme), de la luminosité (ou luminance) d'un objet céleste.

La luminosité correspond à la puissance du rayonnement lumineux frappant une surface perpendiculaire à sa direction. Son unité est le watt par mètre carré (W/m<sup>2</sup>). C'est cette grandeur que mesure en pratique le capteur utilisé dans le système NINOX, détaillé dans une section suivante.

Pour calculer la magnitude (apparente ou relative), il faut tout d'abord fixer une source lumineuse de référence (les scientifiques ont commencé avec une étoile, aujourd'hui des sources plus constantes sont utilisées) pour définir l'origine de l'échelle. Ensuite, il faut utiliser la formule suivante :

$$m - m_{ref} = -2.5 \log_{10}\left(\frac{L}{L_{ref}}\right)$$

Où  $m$  et  $m_{ref}$  sont respectivement la magnitude à déterminer et celle de référence et  $L$  et  $L_{ref}$  sont les luminosités mesurées et de références.

Pour simplifier les calculs, les scientifiques utilisent une source lumineuse de magnitude nulle et dont la luminosité est connue.

Ainsi, lorsque  $L = 10 * L_{ref}$  par exemple, alors  $m = m_{ref} - 2.5$ . Autrement dit, lorsque la luminosité est multipliée par 10, la magnitude diminue de 2,5.

Par conséquent, il est tout à fait possible (et très courant) de calculer des magnitudes négatives pour les astres très lumineux. Et, au contraire, d'avoir des valeurs élevées et positives (supérieures à 15) pour les astres les moins brillants.

Pour donner des exemples, la magnitude(apparente) du Soleil est de de -26,74, celle de la pleine lune -12,9 et celle de l'étoile Vega vaut 0,03 (anciennement 0 ;00).

Une dernière précision concernant la magnitude : ici nous parlons de magnitude apparente. Il existe en effet deux magnitudes différentes : la magnitude apparente et la magnitude absolue.

La magnitude apparente reflète la magnitude d'une source lumineuse telle qu'observée par nos yeux.

La magnitude absolue est une rectification de la magnitude apparente, prenant en compte la distance entre l'observateur et la source lumineuse. Ainsi, la magnitude absolue correspond à la magnitude apparente d'une source lumineuse si elle était placée à une distance de 10 parsecs (32,6 années-lumière) de l'observateur.

Ces deux grandeurs sont similaires, si bien qu'en connaissant la distance entre l'observateur et la source lumineuse, il est possible de passer de l'une à l'autre.

Dans l'étude de la pollution lumineuse, comme la source de lumière observée est le fond du ciel nocturne, la magnitude apparente est suffisante pour les raisonnements.

### 2.3. La seconde d'arc au carré

La seconde d'arc est une unité angulaire utilisée pour représenter des petits angles.

Pour la définir, prenons un angle d'un degré. En le divisant en soixante sous-divisions régulières, nous obtenons la minute d'arc. En divisant une minute d'arc en soixante nouvelles sous-divisions, nous obtenons des secondes d'arc.

Par conséquent, une seconde d'arc correspond à un angle d'un degré divisé en 3 600 sous-divisions.

Une visualisation possible est la suivante : une seconde d'arc correspond à la taille observée d'une pièce de 1 centime placée à 4 kilomètres de l'observateur.

Tableau récapitulatif :

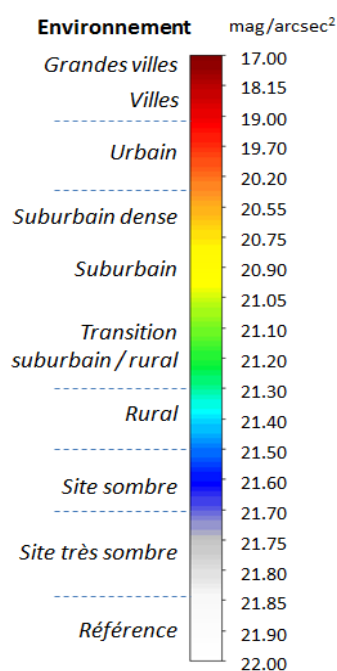
Unité de mesure	Symbole	Valeur en degré
1 degré	°	1°
1 minute d'arc	'	$\frac{1}{60}^{\circ} \approx 0.0167^{\circ}$
1 seconde d'arc	"	$\frac{1'}{60} = \frac{1}{3600}^{\circ} \approx 0.000278^{\circ}$

Ici la seconde d'arc au carré représente la surface du ciel couverte par un angle d'une seconde d'arc.

Au final, la valeur de NSB fournit un indicateur important pour déterminer la qualité d'un ciel nocturne : nous avons vu qu'une source lumineuse de magnitude 10 par exemple est plus lumineuse qu'une source de magnitude 13. Par conséquent, en plaçant les deux sources à proximité, il sera impossible de distinguer la source de magnitude 13, noyée dans la lumière émise par la source de magnitude 10.

Cela se retrouve avec la pollution lumineuse et le NSB mesurés : toutes les sources lumineuses du ciel nocturne dont la magnitude est supérieure à la valeur de NSB ne seront pas visibles.

## 2.4. Récapitulatif de la grandeur relevée



Finalement, les différentes valeurs de NSB mesurées peuvent être synthétisées sous forme d'une échelle de couleur.

Les ciels les plus pollués sont situés vers le haut de cette échelle (les rouges les plus foncés) et les plus purs, sans pollution lumineuse vers le bas (bleu foncé voire blanc).

Figure 1 : Échelle de couleur et correspondance NSB / lieu d'observation

Il est aussi à noter un phénomène intéressant, rendu observable grâce à l'utilisation de l'échelle logarithmique :

**Une petite variation de la valeur de NSB a des effets plus importants sur des ciels de faible brillance (couleur blanc / bleue) que sur les ciels de forte brillance (couleur jaune / rouge).**

### 3. Mais au final, qu'est-ce que le système NINOX ?

Depuis le début de ce guide, nous parlons de « système » NINOX et non pas de « capteur ».

En effet, NINOX n'est pas seulement un capteur, c'est un ensemble de composants fonctionnant de pairs afin de mesurer la luminosité du ciel nocturne (le NSB).

Le NINOX embarque plusieurs composants :

- Un capteur de type **Sky Quality Meter (SQM)**. C'est un photomètre qui réalise en pratique la mesure de la luminance du ciel. Une ouverture étanche est présente sur la NINOX pour permettre à ce capteur de récolter la lumière émise par le ciel nocturne ;
- Un module GPS (et son antenne) permettant à tout instant de transmettre sa position ainsi que la date et l'heure au NINOX ;
- Une horloge intégrée qui fournit également la date en redondance ;
- Un module Wifi pour permettre à l'utilisateur de se connecter au réseau Wifi généré par la NINOX afin de la configurer et de récupérer les mesures stockées dans sa mémoire interne ;
- Un microcontrôleur (Raspberry Pi) qui permet de rendre autonome le fonctionnement et la prise de mesure du NINOX.

Avec à ces composants, NINOX est un système autonome. Grâce à la position GPS ou à l'horloge intégrée, NINOX peut calculer l'heure de coucher et de lever du soleil. Ainsi, avant cette première heure, le système est passif et ne réalise aucune mesure. Dès que le soleil est couché (en réalité, dès qu'il se situe à plus de 8° sous l'horizon), NINOX passe en mode acquisition de mesures. Toutes les minutes, une valeur de NSB est mesurée puis stockée dans la mémoire du système. Enfin, lorsque le soleil repasse au-dessus de 8° en fin de nuit, la prise de mesure s'arrête.

Ce système permet donc d'automatiser les mesures de NSB et cela qu'importe les conditions météorologiques.

Un dernier composant est la prise d'alimentation. NINOX peut être relié directement au secteur, assurant une alimentation en continu et donc une prise de mesure sur une très longue période. Une batterie externe peut aussi être utilisée. À titre d'exemple, une batterie d'une capacité de 25 000 mAh peut alimenter le système durant une semaine.

Pour plus d'informations sur la NINOX, vous pouvez vous référer au manuel d'utilisation présent sur le site de [DarkSkyLab](https://www.darkskylab.com). Dans la rubrique métrologie, choisir le manuel d'utilisation de **NINOX Z2**.

#### 4. Et maintenant ?

Une fois ce guide détaillé de présentation du système NINOX lu, vous pouvez, si vous le souhaitez, demander un prêt d'un système NINOX afin de l'utiliser dans un projet d'étude de la pollution lumineuse.

Dans ce cas, vous pouvez également trouver sur la page web associée à ce projet, des informations complémentaires comme des fiches pratiques ou d'autres guides détaillés.

Si vous êtes en possession d'un NINOX, vous pouvez continuer par la lecture de la fiche pratique et du guide détaillé intitulés « **Installation du NINOX** ».