



www.pirineoslanuit.org

LES PYRÉNÉES- LA NUIT

ÉCOLE ÉTOILE

Guide didactique
Première et seconde de Lycée

Interreg
POCTEFA



PLN
PIRINEOS PYRÉNÉES
La Nuit



Les Pyrénées -La Nuit (PLN)

Première et seconde de Lycée.

Loin de nos grandes métropoles, les astres règnent sur l'obscurité de la nuit.

Au creux des vallées pyrénéennes, la voûte céleste découpe la silhouette des montagnes qui s'élèvent encore et toujours vers le ciel.

Depuis ces sommets, les villes lointaines teintent l'horizon de lumières artificielles.

Aide-nous à protéger l'obscurité naturelle de la nuit, à revendiquer un éclairage intelligent pour nos cités et à récupérer ce paysage tellement beau et suggestif comme l'est celui de notre ciel étoilé.

OBJECTIFS

- Connaître l'état actuel de l'obscurité nocturne de notre environnement naturel.
- Identifier l'origine de la dégradation de l'obscurité de la nuit.
- Prendre conscience des conséquences de la pollution subie par notre planète.
- Inclure la contamination lumineuse comme acteur du problème global qui produit le changement climatique.
- Apprendre les causes et les conséquences des grandes extinctions globales.
- Prendre conscience et à partir de là, agir pour atténuer, dans la mesure du possible, les effets du changement climatique.

CONTENUS

- Propagation de la lumière dans l'atmosphère.
- Éclairage et contamination lumineuse.
- La perception de la lumière.
- Le changement climatique.
- Le développement durable.

Notes préliminaires pour le corps enseignant

L'ensemble des activités que nous te présentons dans ce guide didactique prétend aborder quelques-uns des aspects en rapport avec la pollution lumineuse et le changement climatique sans négliger non plus le concept de développement durable.

Ces sujets sont traités dans le documentaire du planétarium «Les Pyrénées. La Nuit.» duquel a émané ce guide didactique. Nous sommes conscients de l'importance de mener à bien la tâche d'enseigner le corpus complet des matières dans le cycle scolaire et des marges très étroites laissées par là-même pour les activités complémentaires. Nous ne prétendons donc pas que tu réalises le guide complet et pour cela, la plupart des activités sont complètement autonomes, elles ne dépendent pas d'autres antérieures ni postérieures. Nonobstant, il nous semble intéressant que tu aies à ta disposition des activités variées en relation avec des événements, des situations ou des problèmes en prise sur l'actualité et qui, dans une grande ou moindre mesure, nous touchent à tous. Nous nous sommes efforcés pour les présenter dans un format accessible aux étudiants de cet âge qui sont pratiquement autonomes à l'heure d'appréhender des textes et des informations qui n'ont pas été adaptés préalablement.

Dans l'ensemble des activités proposées, tu verras qu'elles ne sont pas toutes centrées sur la matière que tu enseignes. C'est voulu; nous désirons avoir une approche interdisciplinaire puisque les problèmes du genre environnemental et, en général, les grands défis de notre société, ne peuvent pas être abordés par un unique point de vue. Les approches transversales, avec une optique différente sont celles qui définissent le mieux les problèmes et c'est la participation de personnes avec une expertise de connaissances diverses que se résout de manière efficace les défis à relever. Pour cela, nous te demandons que, si tu identifies une activité qui pourrait intéresser un des collègues de ton entourage, tu l'en informes afin qu'il puisse décider s'il veut lui consacrer un instant.

Finalement, certaines des activités proposées devront être réalisées, de par leur nature même, en-dehors de l'horaire habituel du centre d'enseignement. Pour réaliser ces activités, il sera nécessaire une autorisation des représentants légaux de chaque élève et la présence de responsables du centre éducatif. Une voie à explorer pour faciliter la réalisation de l'activité pourrait être de profiter d'un voyage d'études ou d'organiser une excursion qui inclurait une activité nocturne comme partie intégrante de celle-ci.

Si les étudiants de votre groupe sont des personnes adultes, beaucoup de ces inconvénients sont inexistantes. Merci d'avoir consacré une partie de votre temps à ces propositions d'activités.

Depuis l'équipe pédagogique du Planétarium de Pampelune nous espérons qu'elles puissent t'être utiles. Si tu as quelques doutes ou questions, n'hésite pas à te mettre en contact avec nous à travers nos canaux de communication habituels:

Téléphone: [+34 948 262 628](tel:+34948262628)

Courriel électronique: escuela@pamplonetario.org

Web: <https://www.pamplonetario.org/>

ACTIVITÉ PRÉALABLE:Débat initial sur la contamination lumineuse	6
1. Qu'est-ce que c'est que la contamination lumineuse.....	7
2. Types de lumière.....	10
3. L'éclairage de ton environnement.....	13
4. Lumière et santé.....	18
5. La perception des couleurs.....	20
6. La lumière et les animaux nocturnes.....	22
7. Activisme.....	28
8. Vu depuis l'Espace.....	29
9. Vu depuis la Terre.....	30
10. La septième extinction.....	34
11. Notre changement climatique.....	35
12. Méga-constellations de satellites.....	37
13. Débat sur l'éclairage et la contamination lumineuse.....	40

La pollution due à lumière artificielle, la contamination lumineuse, a un rythme de croissance mondial de 2% annuel. À la différence d'autres types de contaminants comme les chimiques, plomb, soufre et amiantes, la production de photons artificiels augmente chaque année et ce spécialement dans les pays les plus développés. En conséquence, la propriété la plus caractéristique de la nuit, l'obscurité, a disparu de nos villes et de l'horizon des paysages nocturnes.

La contamination lumineuse n'empêche pas seulement que les astronomes voient les étoiles, cela n'est pas un problème exclusif de l'astronomie. C'est quelque chose qui nous touche à tous et à toi aussi. Nous savons que notre santé est altérée par la présence de lumière pendant la nuit (spécialement par la lumière bleue mais pas exclusivement). Beaucoup d'espèces végétales et animales, surtout les insectes, voient leurs comportements modifiés et donc leur survie est en jeu dû à la présence de lumière artificielle nocturne. En plus, la production d'énergie électrique pour alimenter l'éclairage, la fabrication, l'installation et la maintenance de ces éléments contaminent la planète et consomment un pourcentage élevé du budget de nos administrations.

Pour toutes ces raisons, il ne faut pas considérer la contamination lumineuse comme un problème d'astronomes ou des amants du ciel. Il s'agit d'un problème qui nous concerne tous, qu'il nous faut connaître et entre tous affronter.

DÉBAT initial sur la contamination lumineuse.



Avant de commencer, il serait intéressant de créer un débat de groupe sur les idées préconçues et ce que nous connaissons ou croyons connaître sur ce type de pollution. Le professeur sera également le modérateur et pourrait formuler des questions du genre:

- Qu'entend-tu par contamination lumineuse ?
- Quelle est la cause de ce type de contamination?
- Quelles conséquences provoque la contamination lumineuse?
- Quels sont les collectifs humains touchés?
- Affecte-t'elle à d'autres êtres vivants ou bien la lumière artificielle est-elle inoffensive pour l'environnement?
- Quelles formes de contamination lumineuse connais-tu?
- Comment penses-tu qu'elle pourrait être minimisée?
- Comment l'éliminer?
- Quelles mesures défendrais-tu pour contrôler la contamination lumineuse?

Après la visite au planétarium et la réalisation de quelques activités proposées dans ce guide didactique, nous vous proposons à nouveau d'aborder le débat. Pour mettre en évidence les concepts assimilés et la nouvelle information acquise, nous identifierons les aspects suivants: Quelles questions ont maintenant une réponse différente de celles du premier jour, quelles sont celles qui méritent d'être contemplées depuis un autre point de vue, quelles nouvelles questions apparaissent dans le débat, jusqu'à quel point le groupe est-il compromis avec les mesures qui pourraient limiter la contamination lumineuse, comment se perçoit ce type de contamination dans le cadre des changements que l'activité humaine impose à notre planète, etc...

Il pourrait être intéressant d'enregistrer une vidéo de la rencontre initiale pour que les élèves voient comment a évolué leur perception par rapport au sujet. Dans les points qui sont détectés comme ayant évolués de manière évidente et généralisée, nous recommandons visionner l'enregistrement initial.

Il est probable que, sur ces questions de la contamination lumineuse, les connaissances initiales des élèves soient très limitées et que l'évolution sur ce sujet soit notable. Il pourrait être intéressant aussi de faire la même expérience sur le thème du changement climatique et de faire un suivi de l'évolution du point de vue de la classe après la réalisation des activités en relation avec le sujet en question. (certaines sont incluses dans ce guide et d'autres sont disponibles dans celui de «[Énergie pour la Vie](#)»)

Qu'est-ce que c'est que la contamination lumineuse?



De notre point de vue, n'importe quelle source de lumière artificielle en action à l'extérieur pendant les heures nocturnes, produit une contamination lumineuse, incluses celles qui sont parfaitement conçues, construites et installées pour remplir leur fonction. Cela se doit à ce que, pour voir les choses, nous avons besoin que la lumière se déplace d'elles jusqu'à nos yeux. Les réverbères projettent leur lumière sur les objets et c'est le reflet de cette source lumineuse sur eux qui nous atteint et nous permet de voir les choses. Mais cette réflexion ne se produit pas exclusivement vers nos yeux mais dans toutes les directions.

C'est pour cela que, même dans un environnement parfaitement illuminé, une lueur par réflexion sera visible et par conséquent, produira une contamination lumineuse. L'objectif

n'est pas de la faire disparaître mais de la minimiser, la maintenir dans des limites raisonnables et ainsi éviter un excès quantitatif. Il nous faut contrôler les zones illuminées de façon directe et le type de lumière utilisée. La caractéristique propre de la contamination lumineuse qui est différente des autres est que le but même d'illuminer est la source du contaminant. La propriété qui veut être modifiée quand on éclaire un espace, l'obscurité, est celle que nous devons protéger en dehors d'elle. Pour cela il est important d'éclairer de manière rationnelle et respectueuse. De plus, la lumière artificielle qui est dirigée vers son objectif consomme de l'énergie et à le même coût que la lumière mal dirigée. Il est donc vital de contrôler la zone à éclairer par les différents systèmes d'éclairage. Afin d'arriver à notre objectif de minimiser la contamination lumineuse, il nous faut gérer les paramètres suivants:

- **INTENSITÉ:** Contrôle de la quantité de lumière qui est émise vers les surfaces qui doivent être éclairées. Définir la quantité minimale qui nous permettrait de voir bien.
- **DIRECTION:** Envoyer la lumière directe seulement aux endroits qui désirent être éclairés en évitant spécialement fenêtres, cours d'eau, mers, zones cultivées et bien sûr aussi le ciel.
- **COULEUR:** Choisir la lumière la moins nocive pour l'environnement et la santé. Comme norme générale, utiliser la lumière aux tons chauds, orange ou ambre en évitant la lumière blanche qui contient un pourcentage élevé de lumière bleue.
- **HORAIRE:** Contrôler l'intensité et la couleur de la lumière en fonction de son besoin sur la voie publique. Éteindre l'éclairage ornemental et publicitaire lorsqu'ils ne sont pas d'utilités.

Nous recommandons la visite aux pages web suivantes, créées par diverses organisations qui défendent la protection de l'obscurité naturelle de la nuit et qui sensibilisent sur la problématique de la contamination lumineuse:

- **Projet européen «Les Pyrénées la Nuit:** <http://pirineoslanuit.org/>
- **Cel Fosc, Association contre la contamination lumineuse:** <https://celfosc.org/>
- **Réseau Espagnol d'études sur la contamination lumineuse:** <https://guaix.fis.ucm.es/reec/>
- **International Dark Sky Association:** <https://www.darksky.org/>
- **Fundación Starlight:** <https://www.fundacionstarlight.org/>
- **Projet européen Stars4ALL:** <https://stars4all.eu/>
- **Projet des Gardiens de la nuit:** <https://www.vigilantesdelanoche.es/>

Nous te présentons à continuation cinq définitions de la «Contamination Lumineuse» publiées par diverses institutions:

“La lueur nocturne ou éclat est produite par la diffusion ou la réflexion de la lumière dans les gaz, aérosols, et particules en suspension dans l’atmosphère, qui altère l’état naturel des heures nocturnes et rendent difficile l’observation astronomique des corps célestes, en distinguant la luminance naturelle, attribuée à la radiation de la source ou des corps célestes et à la luminescence des hautes couches de l’atmosphère, du rayonnement lumineux dû aux sources de lumière installées sur la voie publique.”

Gouvernement d’Espagne, Loi 34/2007, sur la qualité de l’air et la protection de l’atmosphère.

“Terme générique qui reprend la somme de tous les effets négatifs de la lumière artificielle.”

Commission internationale de l’éclairage (CIE), Bureau technique pour la protection du Ciel- Institut d’Astrophysique des Canaries (OTPC).

“Il s’agit de l’émission de flux lumineux de sources artificielles nocturnes en intensités, directions et horaires ou bien gammes de spectres superflus pour réaliser les activités prévues dans la zone à éclairer.”

Cel Fosc. Association contre la Contamination Lumineuse.

“Altération de l’obscurité naturelle de l’environnement nocturne produit par l’émission de lumière artificielle.”

Réseau espagnol d’Études sur la Contamination Lumineuse (REECL).

“La luminosité produite dans le ciel nocturne par la diffusion et réflexion de la lumière dans les gaz, aérosols et particules en suspension dans l’atmosphère procédant, entre autres, des installations de l’éclairage extérieur. Phénomène produit ou bien par émission directe vers le ciel ou bien par réflexion sur les surfaces éclairées.”

Gouvernement d’Espagne. Règlement sur l’efficacité énergétique en matière d’éclairage public. Décret Royal 1890/2008, ITC-EA-03 (RD 1890/2008).

Compare-les. Laquelle te semble-t-elle la plus adéquate pour définir ce phénomène? Pourquoi? Toutes les définitions reprennent les aspects qui rentrent en jeu dans la contamination lumineuse?

Nous te présentons maintenant dix exemples de contamination où la lumière est présente:

1. La lumière de Pampelune qui se voit de nuit depuis la bâtiment de «El Ferial» à Larra 2.
2. Lumière émise par les résidus radioactifs d’une centrale nucléaire.
3. Lumière d’un réverbère qui éclaire directement un fleuve.
4. Lumière d’un autre réverbère qui éclaire directement ta fenêtre.
5. Lumière d’un réverbère qui entre par ta fenêtre après avoir été réfléchié par le sol.
6. Halo lumineux, visible depuis l’extérieur d’une ville hypothétique qui serait parfaitement éclairée selon les critères revendiqués par les associations de défense de la nuit (activistes).
7. Lumière émise par la flamme résiduelle d’une raffinerie de pétrole.
8. Lumière ornementale d’un pont qui éclaire aussi l’eau environnante.
9. Lueur produite par les panneaux publicitaires des commerces.
10. Lumière des villes qui apparaissent sur les photographies des astronautes de la Station Spatiale Internationale (ISS).

Nous allons mettre à l'épreuve la consistance de ces définitions:

Complète le tableau suivant en y indiquant quelles définitions reprises plus haut reprennent chacun de ces cas comme contamination lumineuse.

	Ley 34/2007	CIE - OTPC	Cel Fosc	REECL	RD 1890/2008
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Discutez en classe les résultats de ce tableau.

A la date de rédaction de ce guide (avril 2020), ce décret est en procédure d'être modifié. En s'en tenant exclusivement aux définitions de la RAE (<https://dle.rae.es/>), crée ta propre définition de «contamination lumineuse» et aussi de «contamination lumineuse».

Les deux sont-elles cohérentes? Laquelle des deux décrit le phénomène duquel nous parlons? Tu crois que ces deux expressions expriment le même concept? Pourquoi?



NOTE: Le RD 1890/2008 es la norme de base qui régit l'éclairage nocturne en Espagne. Le texte complet de ce décret royal est disponible dans le Bulletin Officiel de l'État (BOE): <https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>.



Design: Daniel Lisbona Rubira.

Edition: Miguel Ángel Queiruga Dios.

Cette unité didactique est en partage dans les pages web :<https://ibercivis.es/>
<https://ciencia-ciudadana.es/>

Editorial Q. ISBN: 978-84-15575-12-2 publiée sous licence CC BY-SA 4.0 ES.

Le dessin original du spectromètre que nous utilisons lors de cette activité est publié par **Openlab** sur la page web suivante: <https://publiclab.org/>.

Les instructions pour son montage, photographies et le dernier design en date sont en <https://publiclab.org/notes/warren/11-30-2017/build-a-papercraft-spectrometer-for-your-phone-version-2-0>

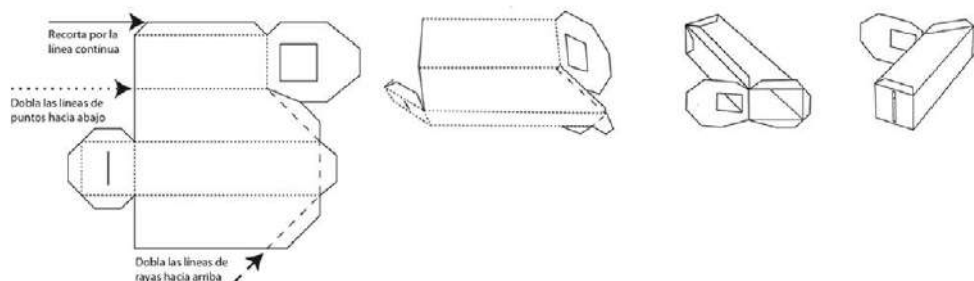
Open Source CERN OHL v1.2

CC-BY-SA 2017 Public Lab contributors

Released under the Open Hardware License, 2017 Public Lab contributors

La lumière blanche est composée en réalité par beaucoup de couleurs différentes. Pour connaître la proportion de chaque couleur de la lumière que nous recevons, c'est-à-dire son spectre, nous avons besoin d'un «spectromètre». Nous pouvons en construire un fait-maison en utilisant une boîte de céréales et un CD. Il existe plusieurs méthodes pour dissocier la lumière blanche en ses divers composants lumineux. Isaac Newton a utilisé un prisme qui profitait de l'indice de réfraction différent du verre pour les couleurs. De cette façon, quand un rayon de lumière qui est composé de plusieurs couleurs le traverse, chaque couleur suit un chemin différent et à la sortie du verre, les couleurs sont ainsi séparées. Nous autres, nous allons profiter d'un autre phénomène pour séparer les couleurs de la lumière: la diffraction à la surface d'un CD. Construit ton propre spectromètre artisanal et prend plusieurs photographies de sources variées pour percevoir les couleurs qui les composent

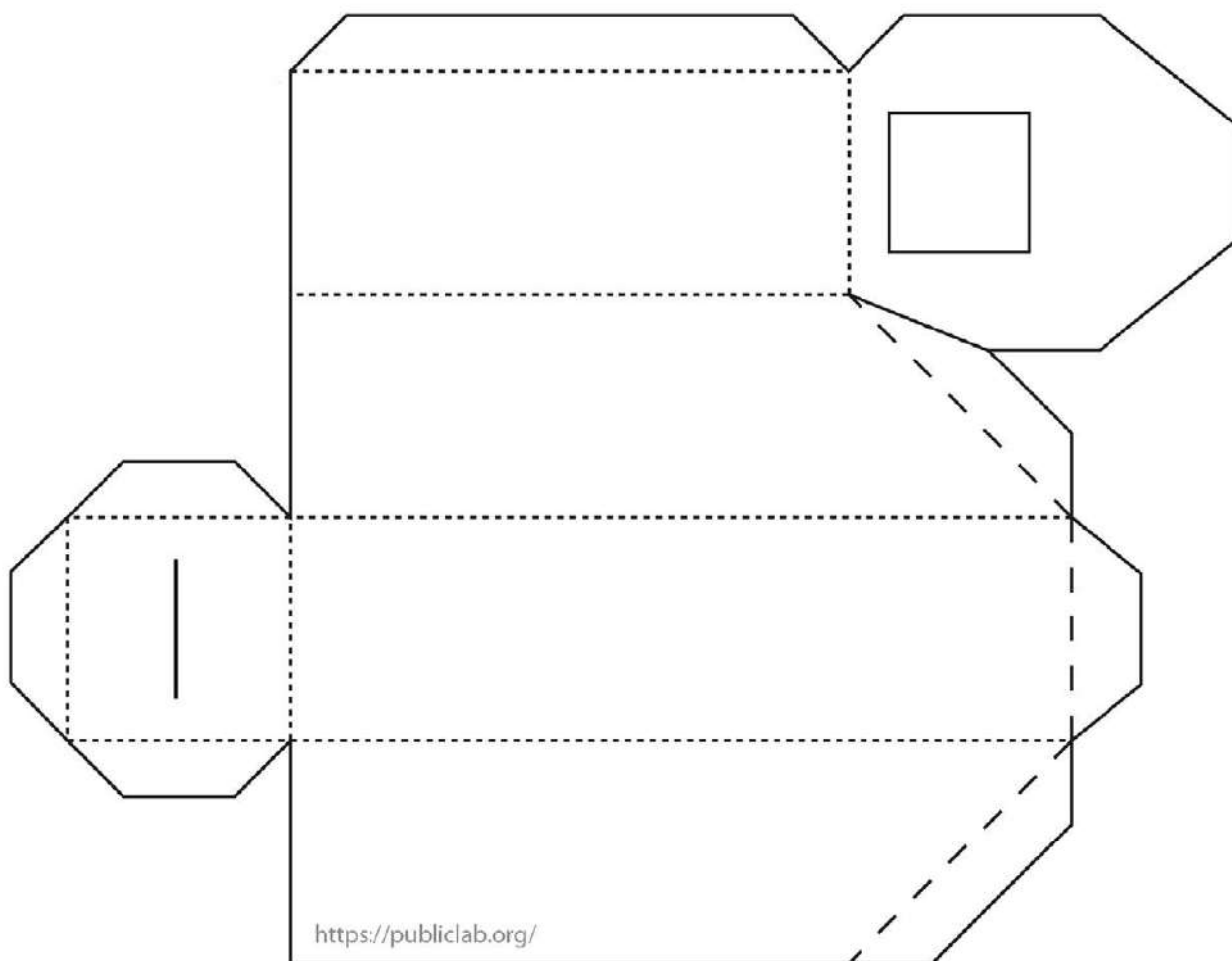
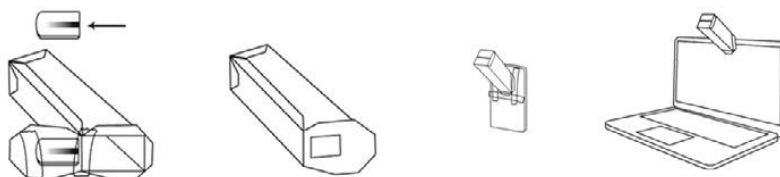
- 1. Découpe la ligne continue, autant le contour comme la fenêtre. Ouvre avec soin la fente à l'aide d'un cutter. Plie les lignes pointillées vers le bas et celles des traits vers le haut pour créer un prisme. Colle tous les onglets sauf ceux de la base de la fenêtre.**



2. Maintenant, il faut y inclure un réseau de diffraction pour que cela fonctionne. On peut le faire avec un CD en y enlevant la couche réfléchissante. Il est important de positionner le réseau avec les sillons en position verticale pour qu'il ait la même direction que la fente.



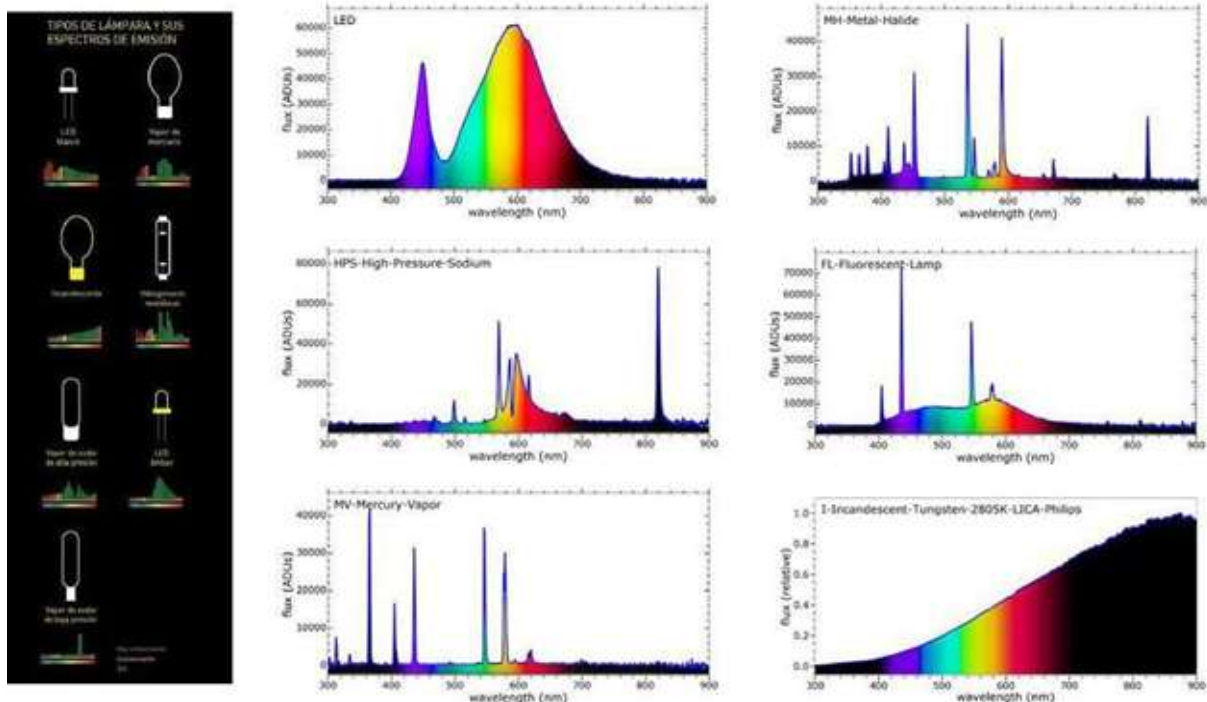
3. On peut ainsi observer les spectres lumineux directement mais pour en faire des photos, il nous faut lui accoupler une caméra. Celle du GSM ou de l'ordinateur portable feront l'affaire.



Une version actualisée de ce spectromètre est disponible sur <https://publiclab.org/wiki/paper-craft-spectrometer>

Quelles sont les couleurs qui composent la lumière blanche? Où as-tu pu observer ces couleurs avant?

A l'aide du spectromètre, prends des photos des lumières dans ta maison et des réverbères de ton quartier et découvre ainsi la composition de chacune d'elles. Tu peux les classer en fonction de la couleur de sa lumière.



Compare tes résultats avec les spectres théoriques pour déterminer le type de lumière que tu as photographiée. En termes de spectre lumineux, laquelle penses-tu est la moins indiquée pour les heures nocturnes? Et la plus indiquée pour éclairer ton bureau pendant la journée

Une manière facile d'obtenir le spectre de l'éclairage public (et de n'importe quelle source lumineuse) est décrite dans le projet de science citoyenne Street spectra, une collaboration entre l'Université Complutense de Madrid et le projet européen **ACTION** dirigé par le professeur Jaime Zamorano (<https://actionproject.eu/>)

Toute l'information sur cette intéressante manière de décrire la composition spectrale de la lumière, tu la retrouveras dans la web du projet: <https://streetspectra.actionproject.eu/>

Nous t'encourageons à collaborer avec **Street spectra** afin d'identifier les sources de lumière qui illuminent nos nuits.



L'éclairage et son entourage



Nous allons réaliser un inventaire des réverbères qui sont installés dans l'entourage de ton centre éducatif ou de ta maison et pour ce faire nous allons utiliser l'application Google Earth.

A chaque réverbère nous allons lui attribuer un identifiant et un nom unique mais nous allons les regrouper par types et localisation. Comme exemple, nous te montrons plus bas le profilage que nous avons fait de l'entourage du Planétarium de Pampelune. Le dossier **«farolas_planetario.kmz»** qui contient toute l'info, tu peux la télécharger de la même page web que ce guide didactique.



Image des réverbères de l'entourage du Planétarium tirée de Google Earth. Nous avons choisi une couleur pour chaque sorte de réverbères et les rues avec un ton différent pour les numéros pairs et impairs des maisons. Le modèle de l'éclairage public piétonnier du parc Yamaguchi est unique.

Nous te recommandons que tu organises les réverbères comme dans cet exemple.

- Un dossier pour ceux qui sont du côté pair et un autre pour les impairs.
- Une couleur distincte pour chaque rue avec des tons différents pour les réverbères de chaque côté .
- Des dossiers différents s'il y a des modèles variés de réverbères dans une même rue.
- Des informations sur cet éclairage dans la partie propriété du dossier (chaque dossier a son propre type de réverbère). Demande au Service correspondant de ta municipalité ou à l'entreprise d'éclairage la marque, le modèle, FSH (Flux de l'Hémisphère Supérieur) des réverbères. Mais également le type et la puissance des lampes installées dans chaque éclairage.

- Reprends également la distance moyenne entre chaque éclairage et ce pour chaque dossier en y ajoutant la hauteur à laquelle se situe l'ampoule. La distance entre les réverbères peut se mesurer à l'aide des outils de Google Earth. La hauteur est une information qui s'obtient du service d'éclairage ou bien d'une mesure directe (estimée) quand la visite du site aura lieu.



Capture d'écran qui permet d'apprécier comment nous avons organisé les données de l'éclairage public autour du Planétarium. Chaque dossier contient la description des éléments qui composent l'éclairage en question (la lampe, l'ampoule d'éclairage, le mât et le bras horizontal), de sa distribution (distance entre les réverbères contigus) et la localisation de chacun d'entre eux.

TÉLÉCHARGE l'application **LightMeter** qui transforme la caméra de ton téléphone portable en un mesureur de lumière: un luxmètre et fais-en un essai à la maison. Tu dois tenir compte que la valeur affichée par l'application est la luminance ou niveau d'illumination de ce qui est compris à l'intérieur du cercle qui apparaît à l'écran. Déplace ce cercle sur d'autres endroits et éléments de la maison et tu verras que la variation est très importante. Pour ce qui est des mesures en rue, nous activerons la caméra selfie puisque c'est la quantité de lumière qui atteint le sol qui nous intéresse.

Avant notre sortie pour prendre les mesures, il faut planifier la façon dont nous allons procéder. En suivant la législation en vigueur (RD 1890/2008 ITEA-07) nous allons construire une grille en rue, avenue où nous allons mesurer. Pour ce faire, nous allons choisir un tronçon droit loin de toutes intersections et qui n'est donc pas contaminé par d'autres sources lumineuses. Les mesures auront lieu dans l'espace compris entre deux réverbères successifs et entre deux consécutifs s'ils sont placés de chaque côté de la rue.

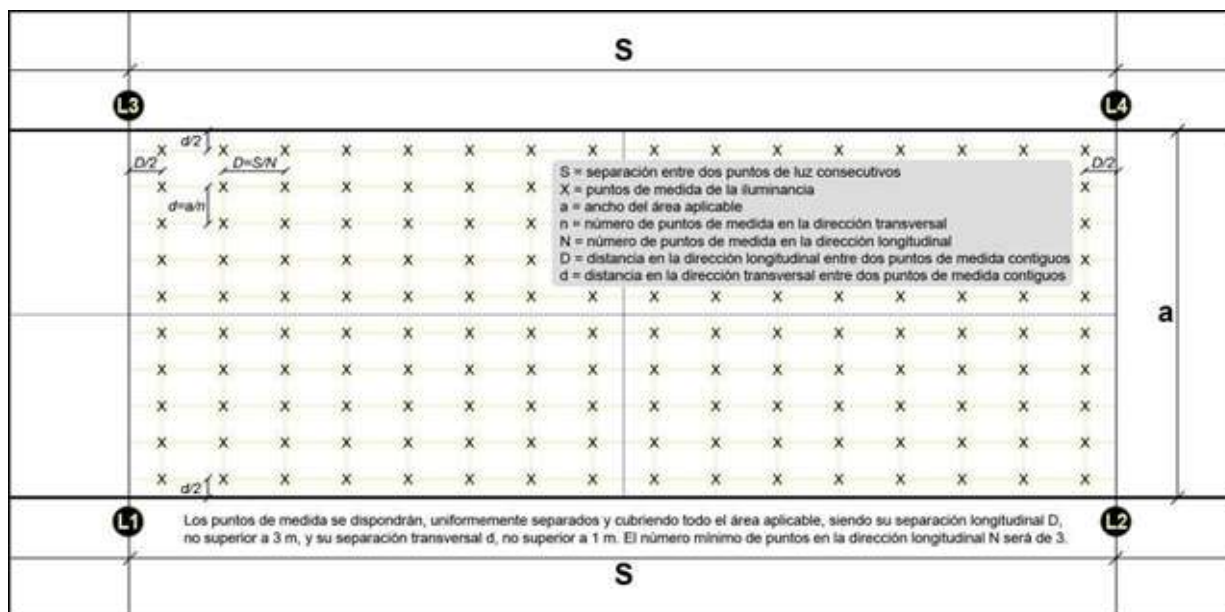
Dans notre exemple, nous pouvons voir que nous avons les trois types de disposition d'éclairage:

- **Unilatérale:** dans les sentiers du Parc Yamaguchi.
- **Bilatérale opposée:** dans l'avenue de Barañain.
- **Bilatérale alternée:** dans la rue Sancho Ramirez.

En plus, dans la rue Acella il y a une disposition bilatérale pour illuminer la chaussée et une autre unilatérale de réverbères piétonniers pour le trottoir des numéros impairs.

Une mention spéciale pour l'illumination de la place Yamaguchi qui est propriété des voisins quoique d'usage public et qui a un éclairage loin d'être conventionnel.

Pour notre mesure nous sélectionnons le tronçon de la rue Sancho Ramírez compris entre les réverbères FSRi006 et FSRd005 (L1 et L4 respectivement dans le tableau suivant).



Grille pour la mesure de la luminance dans la rue Sancho Ramírez. Il s'agit d'une disposition en quinconce et donc nous aurons seulement L1 et L4. Dans ce cas, la distance entre les réverbères contigus est $S=20\text{m}$ et la largeur considérée $a=10\text{m}$. Pour cet exemple, la valeur minimum de N est de 14 et n vaut 10. Nous avons donc sélectionné les valeurs $N=16$ et $n=10$ qui projettent un résultat pour les distances entre les points de mesure: $D=2,5\text{m}$ et $d=1\text{m}$, tous deux sont en concordance avec la législation en vigueur.

Une fois que nous possédons toute l'information dans l'ordinateur et avec notre luxmètre en main, l'heure est arrivée d'aller sur le terrain pour prendre les mesures in situ.

Au tout début de la nuit, quand le ciel est déjà noir et que les réverbères sont allumés, le groupe doit se réunir et faire une reconnaissance visuelle et photographique de toutes les rues qui ont été étudiées.

On vérifie que la distribution des réverbères de chaque rue est en accord avec ce que notre programme contient. Cette étape est nécessaire car il peut y avoir une variation entre la capture des images de Google Earth et le moment des mesures dû à une modification de l'éclairage public.

Pour chaque type de réverbère nous noterons l'information suivante dont nous aurons besoin pour remplir la fiche de chaque dossier ou pour vérifier les estimations réalisées:

- **Hauteur des luminaires.** Aide-toi d'un mesureur de distance au laser pour la trouver.
- **Types de lumière.** Utilise le spectromètre de l'activité antérieure et photographie la lumière émise par chaque luminaire, identifie le type de lampe qu'il contient. Si tu ne disposes pas d'un spectromètre, classe-la dans une des trois catégories suivantes: blanche froide, blanche chaude, orange.
- **Sensation d'éblouissement.** Donne une valeur de 1 à 3 de la gêne que te produit une observation directe du luminaire d'une distance non supérieure à sa hauteur, 1 est un peu désagréable et 3 très gênant. Cette sensation est normalement associée à la présence d'éléments diffuseurs.
- **Distance entre les réverbères contigus.**
- **Largeur des rues.** Prends des photographies du voisinage en choisissant les prises qui représenteraient le mieux la sensation visuelle du moment.

Photographie de même tout ce qui attire ton attention du point de vue lumineux comme:

- Incidence de la lumière directe sur les fenêtres.
- Lumières gênantes et éblouissantes.
- Zones éclairées avec un paramètre qui s'écarte beaucoup de la moyenne établie.
- Éclairage d'ornement ou publicitaire.
- Éclairage de commerces.
- Éclairage de passages piétonniers.

Une fois conclue cette «inspection de terrain», nous allons mesurer avec notre luxmètre les niveaux de la rue en question. Nous vérifions d'abord que le tronçon choisi est adéquat et qu'il n'y a pas de trafic routier. Nous marquons à la craie les points X de notre maillage en nous aidant du mètre-ruban et on se situe sur chaque point avec le téléphone portable, caméra selfie activée. Il faut que le téléphone soit le plus horizontal possible et que notre propre ombre ne se projette pas sur le capteur. On note la valeur obtenue à chaque point (E_i). Il serait intéressant de répéter ces mesures après minuit pour vérifier si la réduction de flux, obligée par la loi pour certaines installations, a été activée.

Calcule la l'Iluminancia media (E_m) de la rue en faisant la moyenne arithmétique de toutes les mesures prises:

$$E_m = \frac{\sum_i E_i}{N_{medidas}}$$

La «**méthode des neuf points**» est une manière simplifiée de mesurer la luminance moyenne dans une rue. Elle peut être consultée sur la ITC-EA07 du RD 1890/2008

Calcule aussi l'**Uniformité moyenne de la luminance** (U_m) qui est le quotient entre la valeur minimum entre la luminance et la luminance moyenne $U_m = E_{min}/E_m$. La valeur maximale de E_m et minimale de U_m est définie dans le RD 1890/2008 pour chaque genre de rue.

L'étude est complétée mais maintenant il nous manque le plus important: essayer qu'elle serve à quelque chose. On peut y arriver si elle se fait connaître, expliquée et publique. Sa répercussion sera d'autant plus grande que le matériel utilisé pour la présenter sera le plus convainquant possible.

Composez un rapport dans lequel vous expliquerez tout le travail réalisé et les conclusions auxquelles vous êtes arrivées. Créez aussi une présentation qui le résume et qui reprend les faits les plus marquants ainsi que les conclusions que vous en avez tirées. Identifiez les points qui génèrent le plus de contamination lumineuse et élaborer une liste de recommandations pour les corriger. Faites arriver votre étude et ses conclusions à la mairie, à la municipalité (et s'il y a un service d'éclairage, à son responsable). N'oubliez pas de le publier dans la page web de votre centre éducatif et si vous pensez que votre travail est excellent, présentez-le aux concours scolaires qui sont lancés chaque année.

Lumière et santé



Te souviens-tu de la dernière fois que tu as pris le soleil à la plage ou à l'ombre sans rien faire d'autre que de te baigner, de lire, ou d'écouter de la musique? Quand tombe la nuit, après avoir dîné, le sommeil prends le dessus. Tu ne comprends pas pourquoi tu es fatigué(e), spécialement si ton activité diurne n'as pas été importante. Tu te glisses entre les draps et tu dors toute la nuit dans l'obscurité totale et au matin suivant tu te réveilles avec une énergie renouvelée.

Nous avons l'habitude d'associer cette expérience avec les vacances, sans le stress de la vie quotidienne. Mais il y a une cause physiologique qui nous aide à que cette époque de l'année nous dormions bien. En été à la plage ou bien à la montagne, il règne un indice de luminosité élevé. Notre organisme réagit à cette exposition en nous gardant éveillés et pour ce faire, inhibe la production de l'hormone de l'obscurité, la mélatonine. Notre corps libère cette hormone quand il détecte l'arrivée de la nuit qui est accompagnée d'une diminution de la lumière ambiante, spécialement de la lumière bleue. Nos senseurs qui indiquent quand il fait jour et quand c'est la nuit sont localisés dans les yeux, dans la rétine. Ce sont des cellules ganglionnaires qui contiennent un composé chimique appelé mélanopsine. Cette molécule a une sensibilité maximale à la lumière comprise entre 460 et 480nm, c'est-à-dire à la lumière de couleur bleue. Ces cellules de la rétine n'ont pas de fonction visuelle, cela veut dire que notre cerveau ne les utilise pas pour former une image de l'extérieur, elles ne servent que pour informer notre corps si c'est le jour ou bien la nuit. Remarquez qu'il est logique que ces cellules aient cette sensibilité élevée à la lumière bleue puisqu'il s'agit précisément de cette caractéristique qui définit la journée, le Soleil est au-dessus de l'horizon et c'est le moment où le ciel se baigne de lumière bleue.

Quand arrive la nuit, les cellules ganglionnaires de la rétine arrêtent de recevoir la lumière bleue produite par le Soleil et notre cerveau (le noyau supra-chiasmatic localisé dans l'hypothalamus) donne l'ordre à notre glande pinéale de sécréter la mélatonine. Cette hormone de l'obscurité est responsable de la sensation du sommeil. Ce qui se passe, c'est qu'il existe un effet de rebond, c'est-à-dire que plus il est inhibé de jour, plus fort il se manifeste de nuit. Pour cela même nous avons tellement sommeil et nous dormons si bien quand nous allons à la plage, à la montagne en vacances. De plus, la mélatonine est un antioxydant à large spectre qui aide les cellules à éliminer les résidus de l'activité diurne et prévient par là l'apparition de maladies.

En définitif, il est important que nous donnions à notre corps l'opportunité de libérer la mélatonine la nuit venue et pour cela il serait idéal de suivre le modèle à continuation: s'exposer à la lumière naturelle pendant la journée et être dans l'obscurité pendant la nuit.

NOTE: Le prix Nobel de Médecine et Physiologie 2017 a été donné de manière conjointe aux scientifiques Jeffrey C.Hall, Michael Rosbach et Michael W.Young « pour ses découvertes des mécanismes moléculaires qui contrôlent le rythme circadien ». Ce travail remarquable s'ajoute aux évidences scientifiques qui confirment l'importance de la lumière et de l'obscurité naturelle dans nos vies.



Suis-tu ce modèle quotidiennement? Penses-tu que c'est une bonne idée d'aller te coucher avec le GSM ou la tablette et de les utiliser au lit? Pourquoi?

Dans l'activité numéro 2 nous avons vu le spectre, c'est-à-dire la proportion des différentes couleurs qu'ont les lumières émises par des lampes différentes. Pourquoi penses-tu que nous recommandons des lumières chaudes et ténues pour la nuit? Crois-tu que nous ayons de l'antipathie à la lumière blanche et que pour cela nous voulons la rejeter? Ou bien, au contraire, existe-t-il des raisons physiques et physiologiques qui justifient notre recommandation?

Quand tu éteins la lumière de ta chambre et que le volet est levé, entre-t-il beaucoup de lumière de la rue? Pourrais-tu te déplacer dans ta chambre seulement grâce à cette lumière?

Est-ce qu'il y a un éclairage public qui déverse sa lumière directement par ta fenêtre et inonde l'intérieur de ta chambre? Si c'est le cas, tu souffres une intrusion lumineuse d'un niveau probablement inacceptable. L'intrusion lumineuse est une forme de contamination lumineuse due à une installation déficiente et/ou bien à un mauvais design des réverbères. La loi limite la quantité de lumière qui peut frapper ta fenêtre (1) et il existe au moins un cas où un juge a donné la raison à une personne qui a été touchée par l'intrusion lumineuse due à l'éclairage public(2),(3). Si c'est ton cas, informes-en ta mairie ou ta municipalité parce que tu as le droit d'avoir de l'obscurité à l'intérieur de ton logement. Mais avant, nous allons voir si tu es en condition de présenter une réclamation. Pour cela, nous allons mesurer la quantité de lumière qui entre dans ta chambre ou ton salon avec la App que nous avons utilisée lors de l'activité numéro 2: Light Meter qui mesure l'intensité lumineuse en lux ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}^2 = 1 \text{ cd/sr/m}^2$).

Situe la caméra du téléphone à la fenêtre en position verticale et lis la valeur donnée par l'App. Déplace maintenant le dispositif à plusieurs points de la fenêtre en prenant toujours notes des résultats. Choisis celle d'entre elles qui représente le mieux la moyenne. Si ta maison est dans un noyau urbain et de commerces en grand nombre (zones E4), la luminance verticale maximale admise est de 25 lux. Si tu vis dans une zone urbaine résidentielle (zones E3), cette valeur est de 10 lux. Pour les zones périphériques et rurales (zones E2), le maximum est de 5 lux. Le cas des observatoires astronomiques et parcs naturels donne (Zones E1) 2 lux.

Dans le cas où cette mesure moyenne est supérieure à la valeur maximale permise par la législation, tu pourrais te tourner vers ta mairie, ta municipalité ou l'entité responsable de cet éclairage pour demander une solution à ce problème. Dans le cas où il te font la sourde oreille, rappelle-toi que le silence administratif joue en ta faveur. Si la réponse est défavorable étudie la possibilité d'entreprendre les actions que tu considères opportunes dans le cadre de la législation en vigueur.

Lisez cet article (en anglais) et commentez-le en classe: <https://www.darksky.org/nobel-prize-awarded-for-discovery-of-molecular-mechanisms-controlling-the-circadian-rhythm/>

(1) Point 2 de la ITC-EA-03 Lueur nocturne et lumière intrusive ou dérangeante, du RD 1890/2008.

(2) Jugement 00227/2017 du Jugement Administratif du litige N.2 de LOGROÑO.

(3) Jugement N° 139/208 du Tribunal Supérieur de Justice de La Rioja, salle du Contentieux Administratif. Recours d'Appellation n°: 26/2018



La perception de la couleur

Dans le programme audiovisuel de dôme complet «Les Pyrénées-La Nuit», on propose une expérience sur la coupole qui parle de la perception de la couleur qui nous entoure. Dans cette expérience nous voyons que la couleur ou l'aspect selon lequel nous voyons les choses dépend de la lumière qui les illumine. Nous allons répéter cette expérience en classe en construisant un dispositif (ou plusieurs) qui nous permet de contrôler la couleur de la lumière.

Matériels nécessaires.

- Une boîte à chaussures (avec le couvercle).
- Une lampe de poche à lumière blanche.
- Des filtres de couleur (papier cellophane).
- Rouleau adhésif isolant noir (celui qu'utilise les électriciens)
- Un cutter.
- Feutrine noire mate.
- Colle adhésive.
- Papier pelure ou bien du polyméthacrylate diffuseur blanc.

Commençons par recouvrir complètement l'intérieur de notre boîte à chaussures avec la feutrine noire. Vérifions si la boîte ferme correctement.

Nous allons faire un orifice au centre d'une des faces qui fera office de viseur.

Nous allons faire un orifice au centre d'une des faces qui fera office de viseur.

Sur la même face, nous ouvrons un autre trou pour permettre à la lumière de la lampe de poche d'y pénétrer. On couvre ce trou face interne avec le diffuseur de manière à ce que la lumière soit la plus diffuse possible à l'intérieur de la boîte. On couvre cet orifice à l'extérieur avec le filtre de couleur rouge (si nous utilisons le papier cellophane, il faut le plier en plusieurs couches pour que la lumière la traverse efficacement). Situé maintenant sur la face opposée aux orifices une carte de couleurs, la photo d'un arc-en-ciel ou même dessine des bandes des sept couleurs de base.

Allume la lampe et observe comment se voient les couleurs. Change le filtre rouge pour un vert et observe à nouveau. Répète cette opération avec les autres filtres de couleur dont tu disposes.

Introduit maintenant différents éléments aux couleurs caractéristiques: une poire, une pomme, une mandarine, une banane, un kiwi, une tomate mûre, une feuille de chou rouge, une reproduction du drapeau européen. Observe-les avec les différents filtres de couleur.

Comme tu l'auras observé, l'aspect des choses se modifie de manière importante en fonction de la lumière qui les éclaire.

Le système de vision que nous possédons est un résultat de l'évolution et elle a favorisé les espèces qui mettent à profit la partie du spectre qui est la plus abondante dans son environnement. Donc à cette lumière qui inonde la journée et à laquelle est sensible nos yeux nous l'appelons la lumière visible.

Il existe deux facteurs qui font que cette lumière est la plus intéressante pour la majeure partie des espèces qui peuplent la Terre:

- Le Soleil, la principale source de lumière sur Terre, émet la plus grande quantité d'énergie dans la partie visible du spectre.
- L'atmosphère terrestre est très transparente à la lumière visible.

Comme cette lumière est composée de différentes couleurs (longitudes d'onde), elle est omniprésente dans notre environnement.

Les choses que nous voyons de couleur rouge absorbent toutes les couleurs et reflètent justement le rouge. Mais si une tomate mûre, au lieu d'être illuminée par la lumière solaire ou bien par la lumière blanche qui contient toutes les couleurs, est éclairée avec une lumière de composante bleue, comment crois-tu qu'elle se verra? Fais un essai dans ta boîte. Pourquoi se voit-elle ainsi? Comment se voit le drapeau européen éclairé par une lumière rouge? Et si nous éclairons avec la même couleur que celles des étoiles du drapeau?

Dans la vie réelle, les choses ne sont généralement pas monochromes, la lumière non plus et pour cela, nous pouvons apprécier les contours ou les volumes des objets et ce y compris quand ils sont éclairés avec des sources lumineuses qu'ils ne peuvent pas refléter totalement. La tonalité et l'aspect changent quand le ton de la lumière utilisée est différent. C'est ce qui se passe quand nous voyons le paysage, ou même notre propre visage illuminé par un coucher de Soleil: tout se perçoit «plus chaud, plus rougeâtre» parce que l'atmosphère de la Terre a filtré la lumière solaire éliminant la couleur violette, bleue, cyan et il reste donc juste la lumière de longueur d'ondes les plus longues (les couleurs «les plus chaudes»).

Pendant la nuit, en absence de soleil, nos yeux ne distinguent pas les couleurs dans des conditions de faible luminosité. Pour voir les couleurs des choses comme pendant la journée nous devons éclairer avec la lumière blanche (celle qui émule le mieux la solaire) et avec une puissance suffisante pour que les cônes soient activés - les cellules de la rétine qui sont aptes à capter les couleurs-.

En prenant en compte ce que nous avons vu dans l'activité antérieure et la façon dont les couleurs se comportent en fonction du type de lumière qui entre en jeu.

Comment penses-tu que devrait être l'éclairage de nos rues? Quelles couleurs choisirais-tu pour la lumière des réverbères? Pourquoi? Crois-tu que c'est une bonne idée d'illuminer la nuit en essayant de reproduire les conditions lumineuses du jour? Es-tu à faveur de transformer la nuit en jour? Quelles seraient les conséquences de développer des systèmes

d'éclairage avec ce critère? Discutez-le en classe.

NOTE: Cette activité se complémente avec l'activité n°1 du guide didactique de Deep Sky que tu peux télécharger dans la section correspondante à cette session dans la web: Planétarium de Pamplona.



La lumière et les espèces d'habitudes nocturnes



Pendant des millions d'années la vie a évolué sur cette planète en s'adaptant aux cycles naturels de la lumière et de l'obscurité. La variation entre le niveau de lumière ambiante entre un jour d'été ensoleillé et une nuit étoilée sans Lune atteint presque les 10 ordres de magnitudes, ce qui revient à dire qu'elle varie de plus de mil millions de lux. Une différence si énorme dans les conditions naturelles de luminosité favorise nécessairement le développement de stratégies d'adaptation très efficaces. L'évolution a favorisé les espèces qui répondent de manière logarithmique à l'intensité de la lumière que reçoit ses photorécepteurs. C'est le cas du système de vision des êtres humains et de celui de nombreuses espèces. Même ainsi, l'espèce humaine est essentiellement diurne; la nuit nous pouvons voir mais c'est de jour que nous percevons l'information visuelle utile de notre entourage et qui nous permet de réaliser nos activités.

Comme ce qui se passe avec les humains, d'autres espèces sont actives principalement pendant les heures diurnes et pour cela, en contrepartie l'évolution en a favorisé d'autres avec succès qui sont actives quand tombe la nuit. Quand les grands prédateurs dorment, il s'ouvre un espace pour que ses proies potentielles sortent et effectuent leurs fonctions vitales. Chez ces espèces d'animaux, la mélatonine, au lieu d'induire le sommeil et le repos, elle provoque l'effet contraire, c'est-à-dire l'activation de l'organisme.

Les espèces aux habitudes nocturnes disposent d'un système de vision extraordinairement sensible aux conditions de très basses intensités. Elles se sont adaptées aux conditions d'obscurité naturelle de la nuit dont les niveaux de lumière varient entre 1 lux (nuit de pleine lune) et 0,00005 lux (nuit étoilée). Dans cette plage de lumière, elles voient bien et obtiennent un avantage face aux animaux diurnes qui, en général, ont une vision beaucoup plus déficiente dans ces conditions.

Les espèces aux habitudes nocturnes disposent d'un système de vision extraordinairement sensible aux conditions de très basses intensités. Elles se sont adaptées aux conditions d'obscurité naturelle de la nuit dont les niveaux de lumière varient entre 1 lux (nuit de pleine lune) et 0,00005 lux (nuit étoilée). Dans cette plage de lumière, elles voient bien et obtiennent un avantage face aux animaux diurnes qui, en général, ont une vision beaucoup plus déficiente dans ces conditions.

Les scientifiques ont décrits une multitude d'espèces dont le comportement a été touché et par là-même la survie de son genre est menacée par la présence de lumière artificielle dans son entourage proche ou moins proche et dans les franges qu'elles ont besoin d'utiliser pour leurs migrations, leurs nourritures ou encore leurs reproductions.

Visite la section sur la vie sauvage de la web de la **International Dark Sky Association**: <https://www.darksky.org/category/light-pollution-2/wildlife/>

Rédige une liste des espèces menacées par la contamination lumineuse. Écris aussi une phrase pour chacune d'entre elles qui décrit une des formes de la lumière artificielle qui affecte les individus de cette espèce.

Partout à travers le monde, des études se réalisent sur la façon dont la lumière artificielle affecte pendant la nuit à diverses espèces d'êtres vivants: insectes, plantes, amphibiens, mammifères... à tous, d'une manière ou d'une autre la perte de l'obscurité de la nuit nous touche.

Nous allons diviser la classe en plusieurs groupes. Chaque groupe recherchera des informations sur comment affecte la lumière artificielle les êtres vivants repris à continuation. Nous vous conseillons de rechercher en anglais puisque c'est le langage de prédilection des publications scientifiques. Nous vous proposons plus bas un exemple de sources d'informations de qualité pour chaque cas.

- **Insectes pollinisateurs:** <https://www.darksky.org/pollinators-switch-street-lights-off-at-midnight-to-help-moths-and-nocturnal-wildlife/>
- **Oisillons de puffins cendrés et de pétrels lors de leurs premiers vols hors du nid depuis les montagnes intérieures des Îles Canaries jusqu'à l'océan** http://www.ebd.csic.es/Airam/pdf/Rodriguez_2017_Telesforo_Bravo.pdf
- **Oiseaux migrateurs d'Amérique du Nord qui transitent les grandes villes ponctuées de gratte-ciels illuminés:** <https://phys.org/news/2018-01-pollution-lures-birds-urban-areas.html>
- **Des bébés de tortues marine lors du premier trajet du nid à la clarté océane:** <https://conserve-turtles.org/information-sea-turtles-threats-artificial-lighting/>
- **Éclosions des éphémères à Tudela (Navarre):** https://www.nationalgeographic.com.es/fotografia/foto-del-dia/efimeras-sobre-rio-ebro_11952
- **Insectes:** <https://www.darksky.org/3-insects-affected-by-light-pollution/>



Racontez au reste de la classe quels problèmes rencontrent ces êtres vivants à cause de la lumière que nous, humains, répandons dans nos rues. Utilisez les images qui décrivent ces faits et citez vos sources d'information.

Maintenant, nous allons nous centrer sur deux études qui se réalisent dans le cadre du projet européen «Pyrénées la Nuit», duquel ce guide didactique fait partie intégrante. Ces études sont dirigées par l'entreprise publique du Gouvernement de Navarre GAN-NIK et par l'association française CPIE-65, centrées sur l'évaluation de l'impact des lumières dans les villages des Pyrénées sur les papillons nocturnes et les chauves-souris.

6.1. *Actias isabelae* o *Graellsia isabellae*, la dame de la nuit.



Le terme scientifique pour désigner les papillons nocturnes est celui de mites. Recherche quelques images de ce magnifique papillon et de sa larve et ce à plusieurs stades de son développement.

Dans la page web du Ministère pour la Transition Écologique et le Défi Démographique, tu peux élargir l'information sur cette intéressante espèce:

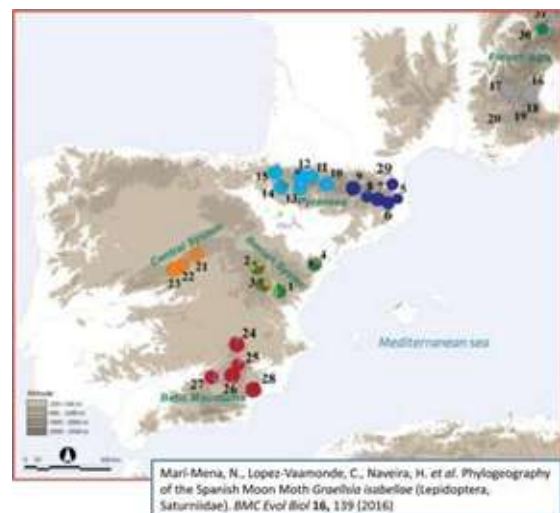
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/_graellsia_isabellae_tcm30-196938.pdf

https://servicio.mapama.gob.es/tienda_portadas/Gratis/g110242.pdf

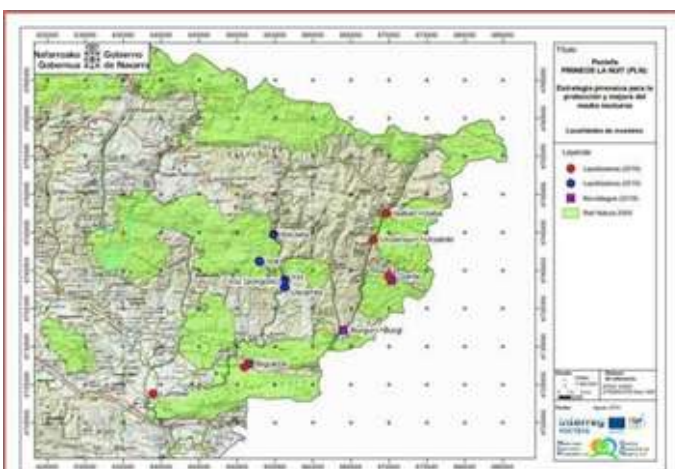
Le papillon isabelle est inclus dans plusieurs listes et catalogues d'espèces protégées:

- **Internationaux:** Annexe III de la Convention de Berne
- **Européens:** Annexe II de la Directive de l'Habitat
- **Au niveau des États:** Liste des Espèces Sylvestres en Régime de Protection Spéciale

Il s'agit d'une espèce protégée qui vit exclusivement dans les massifs montagneux du sud-ouest de l'Europe et qui est touchée par la contamination lumineuse, surtout dans les milieux ruraux qui sont son habitat, (pinèdes de pin sylvestre et de pin noir). Les populations les plus importantes de *Graellsia isabellae* sont celles des Pyrénées Catalanes, mais compte aussi celles de l'Oscence et de Navarre ainsi que dans d'autres systèmes montagneux de la péninsule ibérique et des Alpes.



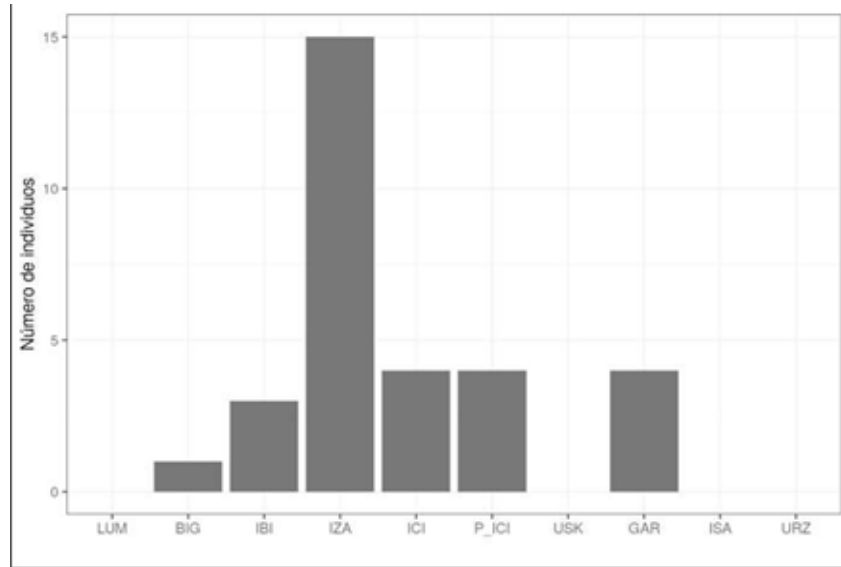
Mari-Mena, N., Lopez-Vaamonde, C., Naveira, H. et al. Phylogeography of the Spanish Moon Moth *Graellsia isabellae* (Lepidoptera, Saturniidae). *BMC Evol Biol* 16, 139 (2016)



Les études réalisées en Navarre se sont centrées sur les populations du Nord-Est qui englobent les vallées de Salazar, Roncal et Lumbier. Ces études ont mis en évidence l'attraction qu'exerce la lumière de ces réverbères sur les exemplaires de ce papillon. Surtout les luminaires qui utilisent la vapeur de mercure et les halogénures métalliques. Cette recherche n'est pas terminée et on continue à enquêter les

différentes sensibilités des mites à la lumière de différentes sources: vapeur de sodium à haute pression, halogénures métalliques céramiques et LED PC-Ambre, toutes sont installées dans différentes localités de la zone.

Dans ce graphique est représenté le nombre de captures dans les différentes localités où se sont installées les pièges. A noter la commune de Iza, proche de Izi et Ibilcieta mais avec un éclairage distinct. À Iza, les lampes des réverbères sont de vapeur de mercure.



La détection des exemplaires s'opère par capture dans les pièges créés à cet effet.



Pièges pour mesurer la capacité d'attirer les insectes des différents réverbères en service. Le type de lumière émise conditionne sa capacité pour attraper les insectes nocturnes, il faut prendre en compte également la localisation, la puissance et le design des luminaires



Intérieur d'un piège avec plusieurs exemplaires. Dans le coin supérieur gauche, cachées par des emballages d'œufs pour sa protection, on peut observer quelques *Actias Isabellae*.

Un des résultats préliminaires de cette étude s'oriente vers les différents types de lumière qui attirent de manière variable à ces insectes nocturnes. On voit que, après avoir analysé 1.854 exemplaires d'insectes nocturnes (82% lépidoptères et 13% de coléoptères) pendant les saisons 2018 et 2019, on a pu vérifier la forte attraction provoquée par les lampes à vapeur de mercure

comparée au reste de typologie. Aussi que, contrairement à ce que l'on espérait, l'absence de différences significatives sur le niveau d'attraction entre les lampes d'halogénures métalliques, LED blanc et vapeur de sodium. On a pu cependant confirmer la forte attraction qu'exerce les halogénures métalliques sur les coléoptères. Dans cette étude, on reprend le danger de certains types de lampes qui provoquent la mort d'exemplaires par abrasion et aussi l'effet indirect qu'occasionne ces réverbères sur l'augmentation du taux de capture par les chauves-souris. Nous voyons aussi que certaines espèces de mites ne se voient pas fortement attirées par les lumières, de sorte que l'impact sur ces populations est mineur.

C'est le cas d'une autre espèce menacée comme le *Proserpinus proserpina* associé à la végétation de berges et qui n'est apparue dans aucun piège. Les papillons isabelles volent de nuit entre fin avril et début juin.

C'est tout un spectacle que de les voir dans leur habitat et nous croyons que la meilleure activité qui puisse se proposer est d'organiser une excursion dans ces endroits des Pyrénées qui inclurait une nuit pour les observer. Tu peux en profiter aussi pour observer les étoiles. Mets-toi en contact avec les services de tourisme du Roncal ou de Ochagavía qui peuvent t'offrir les informations pour t'organiser.

6.1. Les inquiètes chauves-souris.

Élabore un texte commenté dans le style de celui que tu vas devoir présenter lors de la EvAU (Évaluation en Espagne) du document suivant:

Peu d'animaux représentent aussi bien la nuit comme les connues et pas toujours bien considérées chauves-souris. Ces petits mammifères volants de mœurs nocturnes ont survolé nos cieux pendant la nuit depuis des millions d'années. L'avènement de l'éclairage public a fait varier ses comportements et comme ce qui se passe avec le reste des espèces, ils essaient de s'adapter aux changements que nous lui imposons. Il y a catalogué plus de 1.000 espèces de chiroptères (chauve-souris) qui sont distribuées pratiquement sur tout le globe, colonisant tous les écosystèmes. Il s'agit du seul mammifère qui a développé l'aptitude du vol et, à la différence des oiseaux, ils sortent de leurs zones de repos quand le soleil se couche. Pour autant, elles sont actives pendant le crépuscule et les heures nocturnes.

Les chauves-souris n'utilisent pas la lumière pour se guider, son système de vision utilise le son pour générer une image de son environnement et de son contenu. Donc, pour elles, il n'est pas important d'installer peu ou beaucoup de réverbères, si ce n'est que ses proies, les insectes, eux sont sensibles à la lumière et se déplacent de leurs zones habituelles jusqu'aux sources de lumière attirés par la lueur des luminaires.

Ce déplacement des zones de capture favorise à certaines espèces de chauves-souris qui aiment les endroits légèrement éclairés mais cela nuit gravement à d'autres qui ont toujours été dans l'obscurité la plus totale. Cela est dû à ce que la quantité de nourriture disponible dans ces endroits moins éclairés (les insectes) a diminué notablement avec la hausse de la contamination lumineuse.

Le groupe d'études des chauves-souris de GAN-NIK et de CPIE65 est en train d'étudier la façon dont les différents types de lumière artificielle interagissent avec l'activité des diverses espèces de ces magnifiques animaux dans l'environnement rural des Pyrénées Occidentales et dans l'aire du Parc National des Pyrénées françaises.

En Navarre, on a repris l'activité des chauves-souris dans quatre localités pyrénéennes en utilisant des enregistreurs d'ultrasons sous la forme de deux types d'expériences:

- Échantillonnages acoustiques de stations fixes situées dans des endroits éclairés (rues) et sombres (habitats naturels). Les aires éclairées disposaient de quatre types de lampes: Sodium à haute pression, halogénures métalliques céramiques, vapeur de mercure et LED blanc.
- Échantillonnages itinérants sur les routes qui unissent les localités avec stations fixes.

48.714 vols de chauves-souris de 14 taxons différents ont été enregistrés. L'activité moyenne détectée dans les zones illuminées a été très supérieure (128,49 vols par heure d'enregistrement) par rapport à celle des aires plus sombre (6,38 v/h). Ces différences sont similaires dans les quatre localités sous études, indépendamment de son genre d'éclairage.

Six taxons avec une plus grande activité ont été identifiés dans les zones éclairées et six autres dans les plus sombres.

Parmi les espèces qui montrent une activité dans les aires éclairées, on a identifié des différences entre les types d'éclairage. Avec ces données, on peut conclure que l'éclairage public affecte le comportement des chauves-souris en favorisant certaines espèces et en nuisant à d'autres dû aux déplacements des proies en relation avec la lumière artificielle.

De plus, les espèces de chauves-souris les plus menacées sont précisément celles qui ne montrent pas d'activité dans les zones éclairées. Ce résultat prévisible est donc démontré par des données concrètes. Dans les habitats naturels sombres il y a moins de nourriture parce que les insectes y ont été déplacés vers les zones éclairées.





Lors d'une discussion sur la contamination lumineuse, un activiste de l'association Cel Fosc (Ciel Obscur en Catalan) a terminé son exposé sur le message suivant:

• • • • •

“Nous plaidons pour une nouvelle culture de la lumière qui nous permette de conjuguer le meilleur de la technologie avec le respect à l'environnement et aux cycles naturels de notre planète.

Plus de lumière n'implique pas plus de sécurité.

Plus de lumière ne signifie pas plus de progrès mais plus de dépense.

Plus de lumière n'est pas synonyme de voir mieux.

Plus de lumière ne nous fait pas plus riche mais plus pauvre.

...

Plus de lumière n'est pas toujours le mieux.”

• • • • •

Commentez-le en classe.

- Pourquoi pensez-vous que l'on affirme que plus de lumière ne signifie pas plus de sécurité?
- De quels facteurs dépendent la sécurité de nos rues pendant la nuit?
- Quelles raisons poussent à affirmer que si nous injectons plus de lumière dans nos rues nous serons plus pauvres et pas plus riches?
- À quoi fait-il référence quand il nous dit qu'il plaide en faveur d'une nouvelle culture de la lumière?

Depuis l'espace



L'affiche du documentaire du Planétarium «Les Pyrénées-La Nuit» est une image des Pyrénées obtenue le 5 décembre 2017 par l'équipage 53 de la Station Spatiale Internationale quand elle était à 417 kilomètres au-dessus d'une localisation en France proche de Limoges. Dans cette image, on apprécie toute la chaîne montagneuse au moment où elle était libre de nuages. Tu peux télécharger l'image en haute-résolution depuis ce site:

<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS053&roll=E&frame=384280>

Comme tu peux le voir, il existe une multitude de points brillants qui correspondent aux villes et villages. Il semble que l'obscurité des Pyrénées est harcelée par la lumière des villes, aussi bien celles qui sont éloignées comme les noyaux de population situés à l'intérieur de la cordillère.

Identifie les principales populations qui apparaissent sur la photographie (tu pourrais superposer l'image sur une carte).

- Peux-tu identifier ta propre ville?
- Quelle est cette ville qui brille tellement au centre de la Péninsule Ibérique?
- Quelle est celle qui brille le plus sur l'Hexagone?

Nous avons l'habitude de considérer à Jaca comme la capitale des Pyrénées puisque la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP) a son siège dans cette ville d'Aragon. Pourrais-tu l'identifier sur cette image prise depuis l'espace?

Dans l'audiovisuel du Planétarium «Les Pyrénées-La Nuit», il y a une séquence dans laquelle nous faisons un parcours qui passe par plusieurs villes proches des Pyrénées: **San Sebastián, Biarritz, Pau, Toulouse, Gerona, Figueras, Barcelona, Lérida, Zaragoza, Jaca, Tudela y Pamplona.**

Marque sur la photographie des astronautes les villes de cette liste que tu n'avais pas encore localisées.

Localise également les villes importantes comme: **Huesca, Tarbes, Lourdes, Tremp, Sabiñánigo, Sangüesa, Perpignan.** Reconnais-tu **Andorre**, le pays des Pyrénées?

Si tu as aimé cette activité, nous te proposons que tu collabores avec le projet de science citoyenne «Cities at Night» en identifiant les villes que les astronautes ont photographiées depuis l'espace quand la nuit régnait sur ces endroits. Visite la web <https://lostatnight.org/> et suis les instructions. La web du projet (<https://citiesatnight.org/?lang=es>) te donnera beaucoup d'informations sur la contamination lumineuse.



Depuis la terre



Dans la web du projet «Les Pyrénées -La Nuit-» (<http://pirineoslanuit.org/>), il y a une section appelée «Mesurant l'obscurité». Entre dans cette rubrique et attend que se chargent les éléments externes de cette page web (iframes).

Tu verras une carte des Pyrénées apparaître à l'écran avec des repères à différents endroits. Chacune de ces marques correspond à un photomètre TESS-W installé par les membres du projet dans les localisations qui disposent d'alimentation électrique et d'accès à Internet (réseau wi-fi).

Ces photomètres développés par les techniciens espagnols du projet **STARS4ALL** (<https://stars4all.eu/?lang=es>) motorisent continuellement l'obscurité de la nuit. Les données obtenues sont stockées dans un répertoire public nommé Spanish Virtual Observatory accessible à tous les usagers (open data). Ils sont placés sur les toits, balustrades, terrasses, etc... et pointent au zénith avec la visibilité du ciel maximale permise par l'endroit choisi.

Notre idée dans «**Les Pyrénées-La Nuit-**» est de mesurer la situation de l'obscurité du ciel dans différents endroits afin de disposer de données scientifiques (données obtenues avec une instrumentation calibrée) qui nous indiquent la quantité de lumière présente dans le ciel et comment elle évolue en fonction du temps.

Les graphiques que fournissent ces données photométriques sont exprimés en une unité peu commune: mag/arcsec² (magnitude par seconde d'arc au carré), où magnitude est une unité utilisée en Astronomie pour mesurer la quantité de lumière qui est reçue d'un objet. Donc, le photomètre nous indique la quantité de lumière que nous recevons du ciel pour chaque unité de surface de la voûte céleste (seconde d'arc au carré). C'est une mesure de la densité de lumière de la voûte céleste.

Curieusement, plus cette magnitude est petite plus cela signifie que nous recevons de lumière de la source en question. Par exemple, la magnitude du Soleil est $m_{\text{Sol}} = -26,74$ et celle de la Pleine Lune $m_{\text{Pleine Lune}} = -12,6$. L'étoile la plus brillante de la nuit, Sirius, a une magnitude de $m_{\text{Sirio}} = -1,45$ et l'étoile Polaire de $m_{\text{Polaris}} = 1,97$. Les étoiles les plus faibles d'intensité visibles à l'œil nu sont d'une magnitude apparente $m = 6$.

En tenant compte de cela, nous pouvons interpréter ces graphiques comme un mesure de l'obscurité du ciel ainsi quand, à un instant donné, cette valeur est la plus élevée cela implique que le ciel est le plus obscur.

- Peux-tu dire lequel de ces endroits a eu le ciel le plus sombre cette nuit?
- Et lequel a eu le plus de lumière au moment d'obscurité maximale?

La valeur de l'obscurité nocturne est affectée par plusieurs causes, certaines naturelles et d'autres non. Relevons entre les causes naturelles les suivantes:

- **Nuages.** La présence de nuages conditionne fortement les mesures des photomètres. Si nous les prenons depuis la ville, les nuages font que le ciel brille beaucoup plus puisqu'ils reflètent la lumière de l'éclairage et la renvoie vers le sol. Plus les nuages sont bas, plus brille le ciel urbain, Cet effet est spécialement notoire quand il y a du brouillard, c'est-à-dire quand le photomètre est «à l'intérieur» du nuage. A pampelune, par exemple, une nuit de brouillard

affiche des valeurs entre 14 et 15, très en dessous des valeurs pour un ciel étoilé au même endroit.

D'autre part, si le photomètre est situé dans un endroit sombre, sans éclairage, comme c'est le cas pour le refuge de Góriz ou l'édifice d'El Ferrial à Larra, les nuages peuvent produire des effets contraires. S'il y a des nuages bas ou du brouillard, cela bloquera la lumière du ciel étoilé et le photomètre donnera des valeurs d'obscurité supérieures que si le ciel serait dégagé. Mais, si les nuages sont situés en altitude, ils peuvent recevoir la lumière de villes distantes et les refléter vers notre appareil de mesure. Dans ce cas de figure, le ciel sera plus brillant que s'il n'était pas nuageux. Il peut aussi arriver que le point de prise de mesures soit au-dessus des nuages; dans ce cas, les propres nuages masquent les sources de contamination lumineuse et les mesures obtenues reflètent de façon plus fidèle l'éclat naturel du ciel étoilé.

- **La Lune.** La présence de notre satellite dans le ciel apporte une grande quantité de lumière à notre entourage. Évidemment ce n'est pas de la contamination lumineuse puisque la Lune est un astre qui fait partie de l'environnement naturel de la Terre. Mais quand la Lune est présente dans le ciel, surtout lors de la Pleine Lune, on voit moins d'étoiles et le ciel est beaucoup plus brillant que lorsqu'elle reste en dessous de l'horizon. Nous, les astronomes amateurs, avons l'habitude de sortir pour voir les étoiles quand les nuits sont dégagées au moment où la Lune n'est pas au-dessus de l'horizon. Les meilleures nuits d'observation sont toujours celles autour des jours de Nouvelle Lune.
- **La Voie Lactée, Capella et Véga.** Dans les ciels urbains, la contamination lumineuse est si élevée qu'il n'est pas possible de mesurer la faible lumière émise par la Voie Lactée. Pas plus que la présence de deux étoiles pourtant brillantes qui croisent près du zénith, le point le plus haut dans le ciel sous nos latitudes: Capella dans la constellation du Cocher et Véga dans la Lyre. Mais lors des nuits dégagées, sans Lune et en zones sombres, nous pouvons apprécier dans les graphiques la présence de ces objets célestes qui apportent «un extra» de lumière au ciel. Les nuits de fin d'hiver et début de printemps (de février à avril), sans Voie Lactée et sans ces deux étoiles dans le champ de vision des photomètres, sont les plus noires de l'année. En été s'ajoutent l'éclat de Véga et de la Voie Lactée (toutes deux proches sur la voûte céleste) produisant de la sorte des valeurs d'obscurité inférieures lors des nuits dégagées sans Lune. Rappelons que la cause non-naturelle qui augmente la brillance du ciel nocturne est la contamination lumineuse et est produite par l'éclairage artificiel. Sur base des graphiques de cette nuit, pourriez-vous classer les endroits où sont situés les photomètres en suivant le critère de plus à moins de présence de contamination lumineuse? Si cette nuit, tu détectes la présence de nuages locaux, choisis plutôt une nuit dégagée. Le réseau de mesure de l'obscurité que nous avons tissé dans le projet «Les Pyrénées-La Nuit» nous sert à préciser la quantité de lumière artificielle présente dans le ciel à un moment donné en observant principalement au zénith. Au sommet des montagnes, le zénith est pratiquement libre de contamination lumineuse mais si nous regardons vers l'horizon, depuis n'importe quel point des Pyrénées, nous pourrions voir la lueur des lumières des villes au loin. A continuation, nous te montrons quatre panoramiques de 360° obtenues d'endroits élevés des Pyrénées. Pourrais-tu identifier l'origine de la lumière qui apparaît aux différents points de l'horizon? Aide-toi d'un système d'information géographique comme Google Earth pour déterminer les directions des villes les plus importantes qui peuvent teinter de jaune l'horizon de ces endroits. A quelle distance se trouvent t-elles de l'endroit où ont été obtenues ces panoramiques?





Col de Pombie, France, près du Midi d'Ossau, la nuit du 1 au 2 juin 2019. Latitude: $42^{\circ} 49' 45''$ Nord, Longitude: $0^{\circ} 25' 38''$ Ouest.



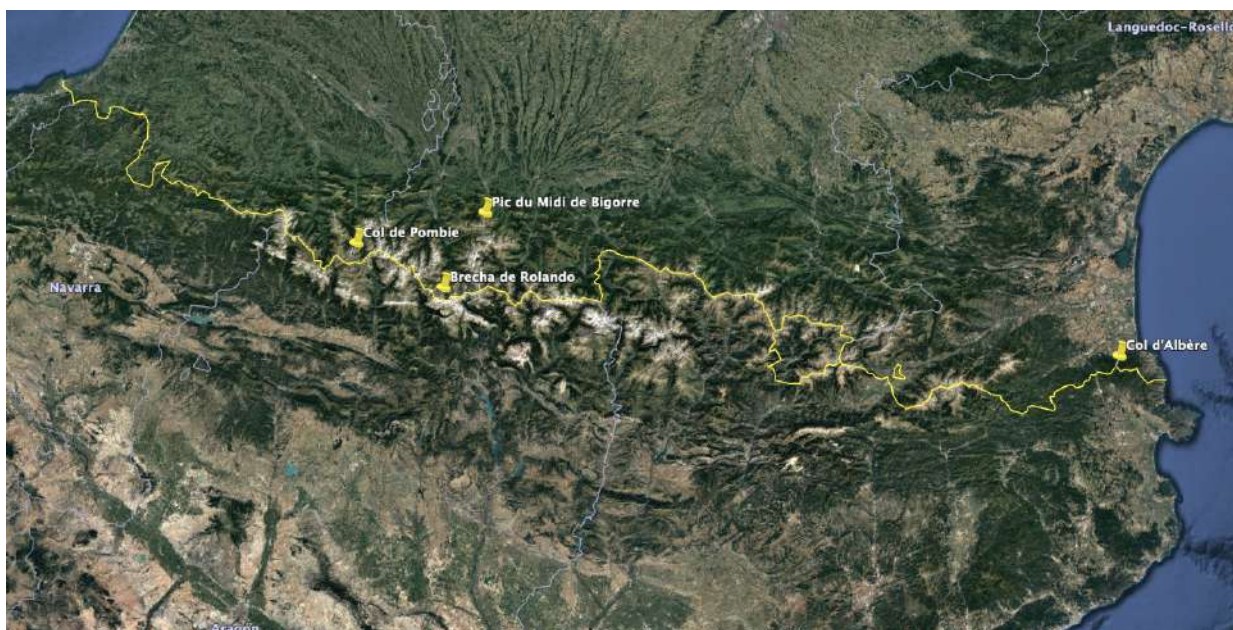
Brèche de Roland, la nuit du 4 au 5 juin 2019. Frontière France-Espagne. Latitude $42^{\circ} 41' 28''$ Nord, Longitude $0^{\circ} 2' 4''$ Ouest



Pic du Midi de Bigorre, France, la nuit du 3 au 4 Septembre 2019. Latitude: $42^{\circ} 56' 11''$ Nord, Longitude: $0^{\circ} 8' 32''$ Est.



Col d'Albère la nuit du 11 au 12 juin 2019. Frontière France-Espagne. Latitude: $42^{\circ} 28' 47''$ Nord, Longitude: $2^{\circ} 56' 43''$ Est.



Carte de Google Earth sur laquelle sont situées les localisations qui ont fourni les quatre images panoramiques antérieures.

Il existe des campagnes de motorisation de l'état du ciel nocturne qui sont actives tout au long de l'année. En général, il s'agit d'activités simples à réaliser et calibrées pour que n'importe quelle personne puisse envoyer ses données. Nous te recommandons deux de ces initiatives qui ne précisent aucune instrumentation et auxquelles tu peux participer avec la condition d'avoir un ciel étoilé au-dessus de toi et en absence de Lune.



Gardiens de la Nuit: <https://vigilantesdelanoche.es/> promue par la Société d'Astronomie de Malaga avec l'appui de la Fédération d'Associations Astronomiques d'Espagne (FAAE), le Réseau Andalou d'Astronomie (RadA), Cel Fosc, Association contre la Contamination Luminique et la Fondation Andalouse pour la Divulgateion de l'Innovation et la Connaissance. DÉCOUVRE

Globe at night: <https://www.globeatnight.org/> est un programme du National Optical Astronomy Observatory, the National Center for Ground-based Nighttime Astronomy aux États-Unis, gérées par la Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), sous l'accord de coopération avec la National Science Foundation.

La sixième extinction



Le nom de cette activité fait référence au titre d'un livre de Richard Leakey et Roger Lewin "The Sixth Extinction. Patterns of life and the future of humankind" de 1996. En espagnol «La sixième extinction» s'est publiée en 1997 par Tusquets Editores S.A dans la collection Metatemas. Nous en recommandons sa lecture (mieux encore dans sa version originale).

Cette œuvre expose une vision globale des grandes extinctions qui se sont passées au cours de l'histoire de la vie sur terre et elle met en perspective le moment que vit notre civilisation en relation avec l'environnement. Malgré les années qui se sont écoulées depuis sa parution, le message, dans son ensemble, reste valide quoique certains doutes émis par Leakey ont été résolus par la science depuis. Malheureusement, les pires pronostics en rapport avec le changement climatique sont confirmés par les dernières études scientifiques dû en grande partie à l'inaction de notre société.

Il existe une multitude de publications, articles, commentaires, blogs, etc... qui nous parlent de ces questions et qui sont disponibles sur Internet. Mais tu dois prendre en compte que tout ce qui est sur Internet n'est pas véridique ou n'est pas expliqué de façon adéquate.

Un concept qui est récurrent au cours de l'histoire de la vie terrestre est celui du **DÉVELOPPEMENT DURABLE**.

Recherche l'information sur son sens en relation avec la biosphère terrestre.

Qu'est-ce qui peut se passer si une espèce se comporte de manière non viable? En plus de pratiques généralisées non viables, que faut-il de plus pour que se produise une extinction globale?

Que s'est-il passé lors des cinq grandes extinctions globales qui sont arrivées sur Terre?

Quelles en ont été les causes? Les conséquences? Crois-tu que cela pourrait se répéter dans le futur?

Quelle est la composition de l'atmosphère terrestre? Cela en a-t'il toujours été ainsi? D'où provient l'oxygène que nous respirons? Et l'ozone de la stratosphère qui nous protège de la radiation ultraviolette du Soleil et qui rend possible la vie à la surface de la Terre comme nous la connaissons aujourd'hui? Penses-tu qu'il peut exister la vie sur Terre sans oxygène (O₂)?

Pourrais-tu citer le nom de quelques êtres vivants actuels qui n'ont pas besoin d'oxygène? En existe-t'ils qui produisent ce gaz comme résultante de son processus vital?

“ÊTRE DURABLE MY FRIEND”



Le changement climatique provoque des altérations substantielles sur la façon dont nous nous comportons et de comment nous comprenons notre relation avec la planète. La personne de **Greta Thunberg** a fait irruption dans le panorama international avec une force extraordinaire en faisant un appel aux dirigeants, jeunes et à la société en général sur l'urgence de prendre des mesures pour pallier les conséquences du changement climatique qui vont vous toucher personnellement, vous, les jeunes. Le mouvement **Fridays for Future** est un souffle d'espérance pour notre espèce.

En organisant la classe par groupes, nous allons réaliser des travaux d'investigations sur les sujets suivants afin de les exposer en classe lors d'une session commune:

- **Greta Thunberg.** Qui est-ce? Pourquoi s'est-elle fait connaître mondialement? Lesquelles de ses interventions mettrais-tu en avant? Pourquoi a-t'elle décidé de ne pas aller en classe les vendredis? Crois-tu que ce qu'elle dit ne plaît pas à certaines personnes qui essaient d'ailleurs de discréditer son image?
- **Fridays for Future.** Que représente ce mouvement? Où a-t'il commencé? Comment s'est-il étendu? Qui en sont les acteurs? Quels secteurs les appuient? Qui crois-tu est dérangé par ces actes d'activisme? Se sont-ils développés des variantes?
- **Histoire du mouvement écologiste.** Premières manifestations sociales pour des thèmes environnementaux. L'apparition de Greenpeace et la réaction des gouvernements, des lobbys économiques, etc... L'entrée en politique du mouvement des verts et l'acceptation de ses postulats de la part des partis politiques traditionnels.
- **L'IPCC.** Qu'est le Panel Intergouvernemental sur le Changement Climatique? Quels sont ceux qui le compose? A-t'il ou a-t'il eu capacité de décision ou juste de conseil? S'agit-il d'un organisme à caractère scientifique ou bien politique?



• **Que font nos gouvernants?** Recherche l'information sur les actions, les plans, les lois, initiatives sur le changement climatique qui sont en route au niveau national, européen et mondial.

• **La décarbonisation de l'économie.** Élabore un rapport sur les implications pour la société de la substitution des sources d'énergie non renouvelables comme le pétrole, charbon, gaz naturel, etc... par des énergies renouvelables. Quelles sources d'énergie devrions-nous utiliser dans un futur proche? Et à moyen terme? Quelles seront les sources d'énergie que la société utilisera quand tes petits-enfants auront ton âge?

Ensuite, avec tout ce matériel recompilé, tu peux ouvrir un débat articulé autour des questions suivantes:

- Que pouvons-nous faire nous autres, à la maison, au centre éducatif, lors de nos loisirs...?
- Quels sont, de manière imminente, les sujets à aborder?
- Comment voyons-nous le futur quotidien en supposant que, dans une vingtaine d'années, auront pratiquement disparu les combustibles fossiles (en particulier le pétrole et une bonne partie de ses dérivés) de notre vie?



Méga-contellations de satellites



La nuit du 1 au 2 juin 2019, pendant que nous photographions les étoiles pour le documentaire full dome «Les Pyrénées-La Nuit-», nous avons été témoins du passage de plusieurs satellites qui voyageaient en vol groupé et qui produisaient des reflets lumineux à intervalles plus ou moins réguliers. Nous passions la nuit au Col de Pombie, près du Midi d'Ossau, en plein Parc National des Pyrénées, en France. Nous avons pu les observer traverser le ciel plusieurs fois après le coucher et avant le lever du Soleil. En ce qui nous concerne, ce fut la première fois que nous avons senti que quelque chose qui nous appartient à tous: la vue du ciel étoilé, pourrait changer pour toujours et pour tous les habitants de la planète. La première mise en orbite de 60 satellites appartenant à la méga-constellation Starlink s'était produite juste quelques jours avant. (voir la vidéo: <https://vimeo.com/338361997>)



Traces des 60 satellites Starlink de l'envoi 6 qui apparaissent sur les photographies astronomiques. Image astronomique prise par Alessandro Garbaro depuis Castano Primo (MI) Italie, le 23 avril 2020. Le point le plus brillant dans la partie inférieure de l'image est l'Étoile Polaire.

Tu sauras certainement que l'entreprise Space X et d'autres importantes du secteur technologique international sont en train d'envoyer des satellites de communication dans l'espace afin de créer des services d'accès à Internet au niveau global. On estime que chaque entreprise qui voudra fournir ces services aura besoin de 42.000 satellites, plus ou moins 20 fois plus que la quantité présente dans l'espace avant le lancement de cette initiative. Cette méga-constellation de satellites se situe en orbite basse et reflète la lumière solaire exactement de la même façon que le font les satellites artificiels qui ont été lancés à l'espace depuis les années 50 du siècle dernier. Ce qui préoccupe la communauté scientifique internationale est que, si ces projets se concrétisent, nous allons voir au fil des années quelques points lumineux qui croisent le ciel se convertir en centaines ou milliers d'entre eux chaque nuit. Et il ne s'agit pas uniquement de satellites que nous autres puissions voir à l'œil nu mais également des grands télescopes qui observent l'Univers et qui vont être surchargés de traces que laissent ces satellites.

Cela peut dégrader complètement le travail de recherche de ces observatoires de premier niveau, en particulier celui avec une instrumentation qui embrasse de grandes aires du ciel comme le Téléscopé Rastreo Simonyi de 8,4 mètres de diamètre. Ce télescope de l'observatoire Vera C. Rubin est en phase finale de construction au sommet de Cerro Pachón au Chili et travaillera avec une caméra CCD de 3.200 millions de pixels, en prenant 1.000 images chaque nuit pendant 10 ans. Ce projet a, entre ses objectifs, celui d'étudier la matière noire et l'énergie sombre de l'Univers, la recherche d'astéroïdes en trajectoire de collision avec la Terre ou encore l'obtention de données pour comprendre la structure et la formation de notre galaxie, la Voie Lactée.

Lis cet article de l'équipe de l'observatoire Vera C. Rubin et commente-le en classe:

<https://www.lsst.org/content/lsst-statement-regarding-increased-deployment-satellite-constellations>

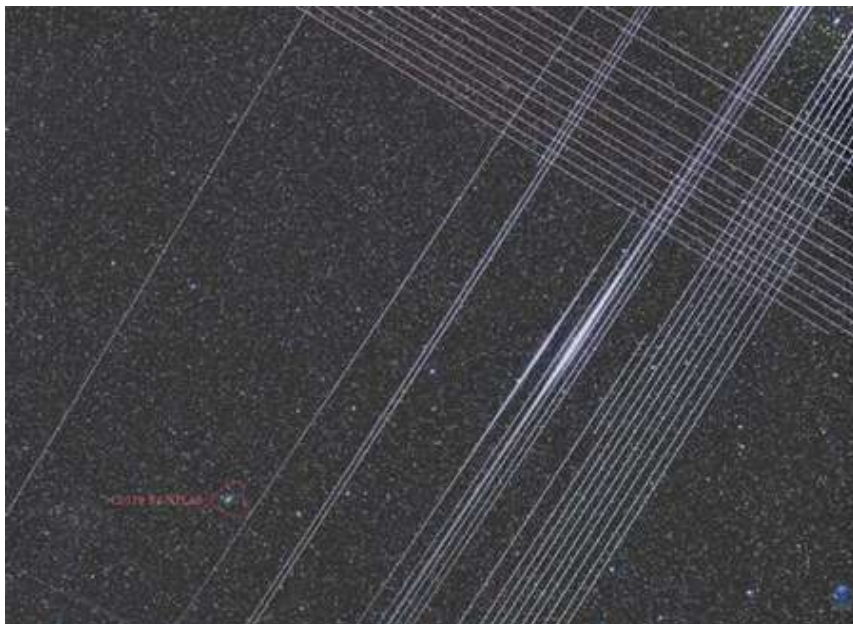


Image de la comète C2019 Y4 ATLAS prise par le fameux astrophotographe et créateur de télescopes télécommandés Zdeněk Bardon la nuit du 19 avril 2020. Le noyau de cette comète s'était fragmenté quelques jours avant et il était donc nécessaire d'obtenir des images prises depuis la Terre pour vérifier son évolution. Cette image représente l'impact terrible qu'à sur l'Astronomie le développement du programme Starlink.

Les responsables de ce centre de recherche ne sont bien sûr pas les seuls à être préoccupés par la dégradation du ciel étoilé que provoquent ces nuages de satellites, toute la communauté scientifique internationale a donné l'alarme sur ce projet. La IAU (sigle en anglais de l'Union Astronomique Internationale) a publié sur sa web une note de presse qui alerte de ce problème: <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau2001/>

En Espagne, l'Association des Astronomes Professionnels (SEA Société Espagnole d'Astronomie) a créé un groupe de travail d'experts en la matière pour étudier les répercussions de ces méga-constellations de satellites et recommander des mesures à prendre en compte par ces différentes organisations. Ce groupe s'appelle **ICOSAEDRO**. Tu peux puiser plus d'infos dans ce lien: <https://www.sea-astronomia.es/grupo-de-trabajo-sea-icosaedro>

En plus des préjudices évidents sur la recherche de l'Univers, ces satellites peuvent altérer le fond déjà- un paysage naturel aussi beau et suggestif comme l'est notre ciel étoilé.

- Crois-tu qu'il est licite qu'une entreprise commerciale altère un paysage naturel?
- Est-ce moralement acceptable?

Si ces services d'accès à Internet qui seront fournis par ces entreprises auront un prix pour les futurs usagers (prix évidemment définis par eux-mêmes)

- Te paraîtrait-il raisonnable qu'ils utilisent ainsi l'Espace, en altérant de la sorte l'aspect du ciel étoilé pour des raisons commerciales?
- Et s'ils nous donneraient un accès libre à ce service, apportant la wi-fi gratuite partout?
- Penses-tu qu'ils auraient dû consulter avant de déployer des dizaines de milliers de satellites? À qui auraient-ils dû demander la permission?

Nous savons que certaines espèces animales s'orientent grâce aux étoiles et identifient le mouvement apparent de ces dernières, d'Est en Ouest, lors de ses migrations saisonnières.

- Que penses-tu que seront ses réactions si, un jour, elles regardent le ciel étoilé et voient que beaucoup de points brillants se déplacent suivant des directions totalement nouvelles, d'Est à Ouest? Du Sud au Nord...? Crois-tu qu'elles sauront où se diriger?

Si les nations mondiales ne se mettent pas d'accord sur l'usage de l'espace, les grandes compagnies se l'approprient et cela dans un but commercial, c'est-à-dire, pour gagner de l'argent. Le commerce et les bénéfices générés ne devraient pas être nuisible à la planète mais donner du travail et permettre développer un projet vital à beaucoup de familles. La question essentielle que nous pose cette exploitation commerciale de l'espace va un pas plus loin:

- Est-il moralement tolérable d'obtenir des bénéfices d'un bien commun, dans ce cas l'espace, qui n'a pas encore de régulation internationale et qui compromet l'activité d'autrui ainsi que l'intégrité d'un paysage naturel?

Et puisque nous y sommes,

- Te paraîtrait-il raisonnable qu'il se crée des constellations de satellites qui formeraient des messages publicitaires avec la lumière reflétée par le Soleil?
- Tu t'imagines un ciel étoilé traversé par le logo du Real Madrid, des Red Sox ou bien du Club de Pétanque Harmonie de Montbau?

Si la chasse est ouverte à l'usage sans discrimination de l'espace à des fins commerciales,

- Où mettrons-nous les limites? Devrions-nous en mettre?
- Est-il licite de dégrader complètement le ciel étoilé pour le bénéfice de quelques-uns?

Plus d'infos sur:

- Eureka, le blog de l'astrophysicien Daniel Marín où tu trouveras des informations de qualité sur les méga-constellations de satellites et sur beaucoup d'autres sujets en relation avec l'espace et l'astrophysique: <https://danielmarin.naukas.com/>
- Article de David Galadí Enriquez, astrophysicien. Observatoire de Calar Alto, Almería: https://www.sea-astronomia.es/sites/default/files/070_galadi_constellationoped_mar20_des.pdf

DÉBAT: éclairage public et contamination lumineuse



Nous allons diviser la classe en trois groupes,

- **Activistes** défenseurs de l'obscurité naturelle de la nuit.
- **Secteur «luminique»** qui a une activité professionnelle dans le domaine de l'éclairage.
- **Administrations** (mairies, communes, régions autonomes, gouvernement de la nation), avec pouvoir légal pour ce qui est de l'éclairage d'espaces publics.

Le ou la professeur sera dans ce cas chargé(e) de modérer le débat.

Le groupe des activistes est composé par les astronomes (amateurs et professionnels), les écologistes, les professionnels de l'environnement, de la biologie, de la santé et les groupes qui défendent la conservation de l'obscurité naturelle de la nuit. Les principaux arguments que défendent ces groupes se centrent autour du contrôle de l'éclairage afin de minimiser les effets de la lumière artificielle nocturne sur notre santé, sur l'environnement et la conservation d'un paysage naturel qui, à son tour, est objet de grandes recherches scientifiques comme l'est la voûte étoilée.

Le secteur luminique peut être représenté par des entreprises du secteur de l'éclairage comme celles qui produisent et distribuent l'énergie électrique, concepteurs d'installations d'éclairage, compagnies de mise en chantier et de maintenance, entreprises de présentation d'études d'impact environnemental, etc... Au sein de ce groupe, on défendra la nécessité d'éclairer les espaces publics pour pouvoir étendre notre activité pendant les heures nocturnes. On y défendra un éclairage de qualité aux niveaux de l'intensité, de l'uniformité, de la fidélité chromatique et du contrôle des installations.

L'administration sera, quant à elle, représentée par la Mairie (mairie conseillée par un édile et par le responsable de l'éclairage), les députés et les départements qui ont des compétences dans le domaine en question: Environnement, Énergie, Administration locale, etc... Les administrations provinciales, régionales et nationales sont les responsables des programmes d'aide aux renouvellements de l'éclairage public. Elles doivent veiller à l'application de la loi et au consensus de tous les secteurs impliqués afin de promouvoir sa mise à niveau ou modification si nécessaire. Ils gèrent donc les fonds économiques de la société en général et se doivent d'être spécialement scrupuleux avec le contrôle des dépenses en la rendant compatible avec les obligations imposées par le cadre normatif en vigueur.

Nous suggérons les points suivants pour le débat:

- Limitations à l'émission de lumière vers le haut (paramètre FHS des luminaires). Le Flux de l'Hémisphère Supérieur est une caractéristique qui indique la proportion de lumière émise directement vers le haut par un luminaire.
- Limitations quant à l'intrusion lumineuse dans les logements.
- Limitations à la quantité de lumière en voies urbaines en fonction de son utilisation.
- Limitations aux phénomènes d'éblouissement (présence d'éléments diffuseurs sur les luminaires).

- Limitations à la quantité de lumière bleue produite par les lampes de l'éclairage.
- Limitations aux horaires d'éclairage de l'illumination ornementale.
- Limitations aux horaires de l'éclairage commercial (rideaux de lumière et vitrines).
- Limitations aux périodes d'allumage des lumières de Noël.
- Éclairage des aires sportives.

La déléguée ou le délégué du cours se chargera des tâches de secrétariat de la réunion en prenant des notes et en exposant lors des dernières minutes de l'activité le résumé des sujets traités et des accords atteints.

OUVRONS LE DÉBAT!

