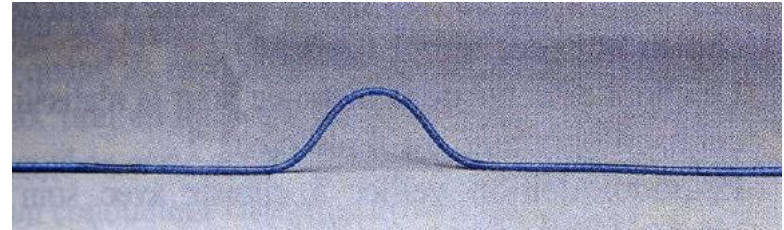
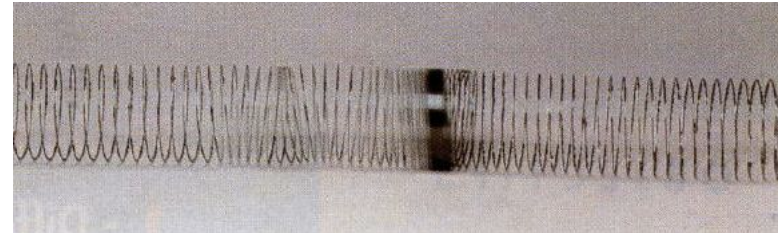


## Ondes mécaniques et électromagnétiques

1

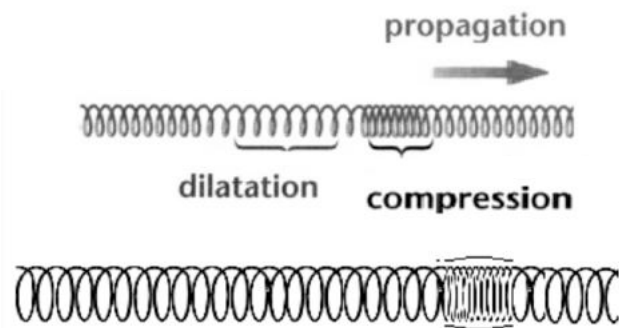


Propagation d'une onde de déformation le long d'une corde

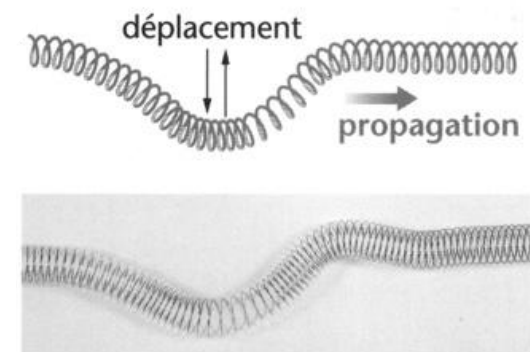


Propagation d'une onde de déformation le long d'un ressort

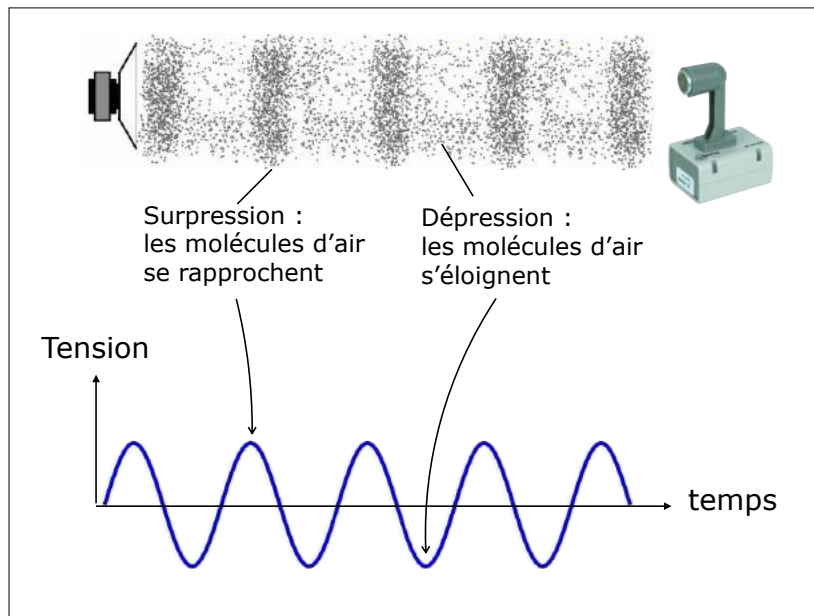
2



3

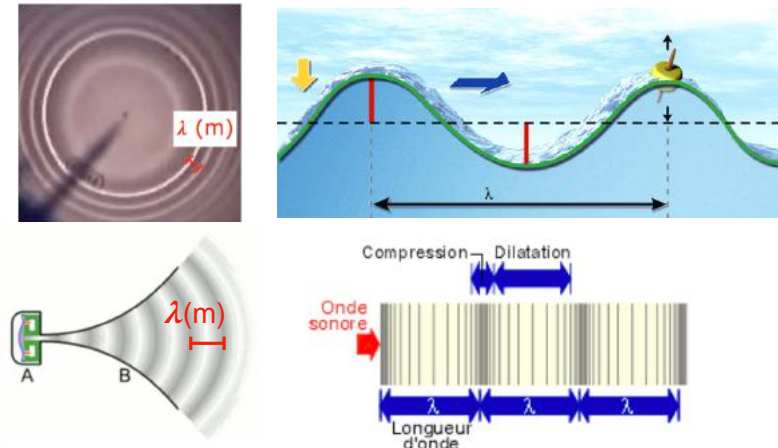


4



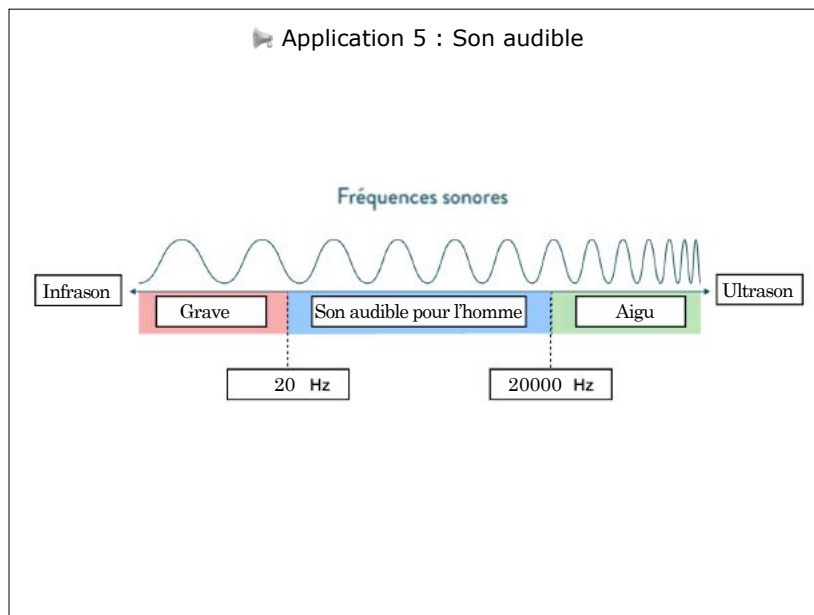
5

La **longueur d'onde**  $\lambda$  est la **plus petite distance** entre deux points de l'espace qui se trouvent dans le même état vibratoire.



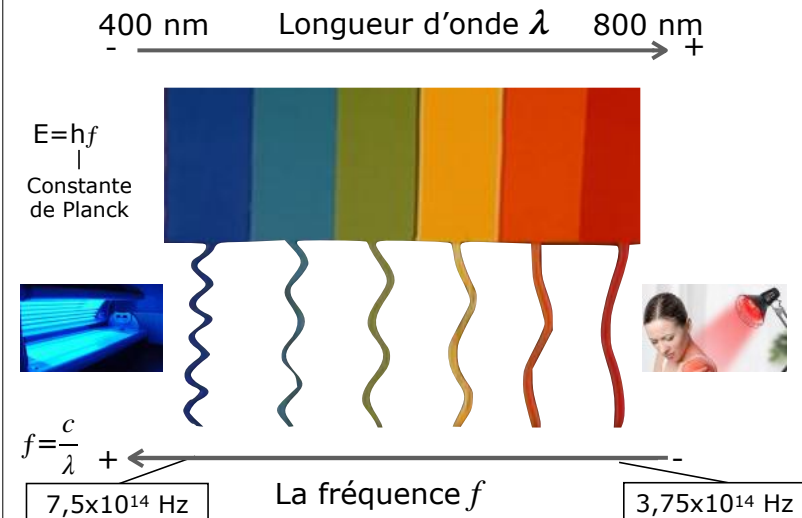
6

### Application 5 : Son audible



7

### Ondes électromagnétiques (domaine visible)



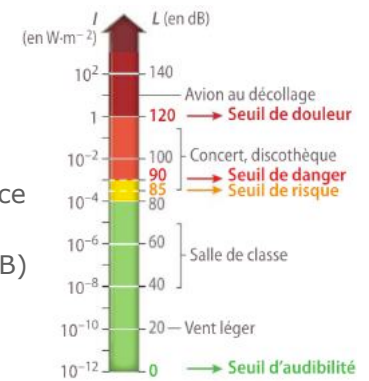
8

## Onde sonore

9

## Echelle de son perçu : niveau sonore (dB)

$$L(\text{dB}) = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$



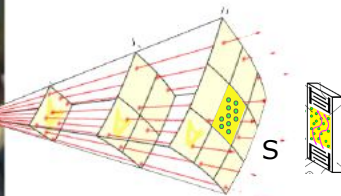
$I$  : intensité sonore en  $\text{W.m}^{-2}$

$I_0$  : intensité sonore de référence

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$L$  : niveau sonore en décibel (dB)

10



Puissance acoustique de la source :  $P$  (en watt)



Aire d'une sphère  $4\pi R^2$

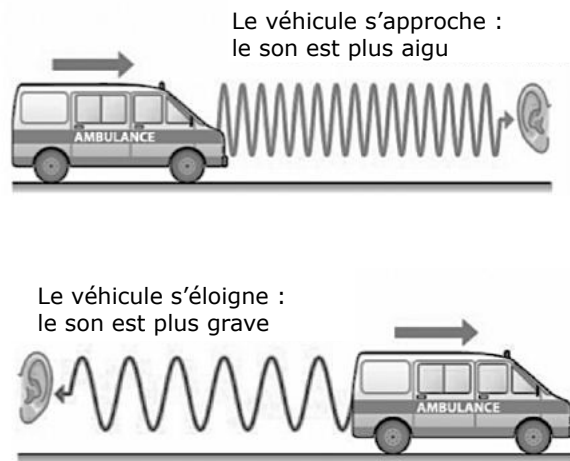
| Aire<br>(en $\text{m}^2$ ) |                   | Puissance (en W)         |
|----------------------------|-------------------|--------------------------|
| Source ponctuelle          | $\leftrightarrow$ | $P$                      |
| $4\pi R^2$                 | $\leftrightarrow$ | $P$                      |
| $S=1$                      | $\leftrightarrow$ | $\frac{P}{4\pi R^2} = I$ |

Puissance collectée par  
unité de surface de récepteur  
Intensité sonore

11

## Effet Doppler

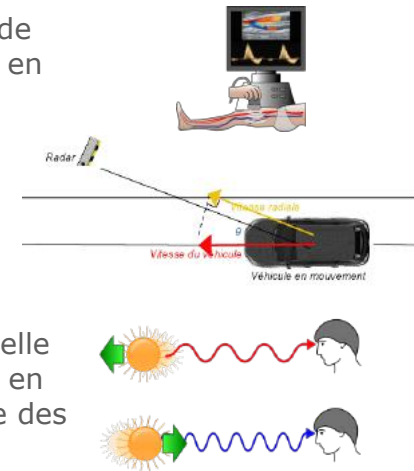
12



13

## Exemples de l'effet Doppler

- Mesure de la vitesse de l'écoulement sanguin en échographie Doppler
- Mesure de la vitesse d'un véhicule par radar autoroutier
- Mesure de la vitesse radiale d'une étoile : elle peut être déterminée en observant le décalage des raies spectrales de la lumière qu'elle émet



14

### L'effet Doppler pour détecter des exoplanètes

La technique de détection d'une exoplanète grâce à l'effet Doppler ne se base pas sur l'observation directe de la planète, mais sur la conséquence de son existence sur le mouvement de l'étoile autour de laquelle elle gravite : un mouvement périodique de son centre. Pour que la perturbation soit détectable, l'exoplanète doit être suffisamment massive et proche de son étoile pour pouvoir en modifier le mouvement de manière significative. C'est pour cette raison que les premières exoplanètes furent classées dans la catégorie des « Jupiter chauds » ou « Pégasides », du nom de la première planète de ce type découverte autour de 51 Pegasi.

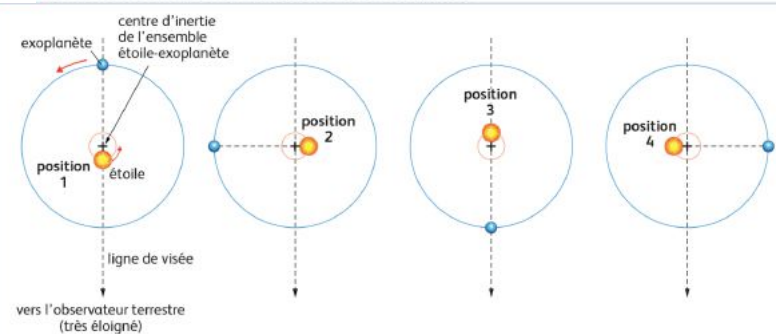
Le 23 août 2016, Proxima b a été découverte en utilisant la même méthode de détection appelée « méthode des vitesses radiales ». Cette exoplanète gravite autour de Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche de nous, à une distance de 4,2 années-lumière « seulement ». Si la masse de Proxima b est proche de celle de la Terre (à peine 1,3 fois plus élevée), elle est par contre vingt fois plus proche de son étoile que la Terre ne l'est du Soleil.



Vue d'artiste de l'exoplanète Proxima b.

15

### Mouvement d'une étoile en interaction avec une exoplanète

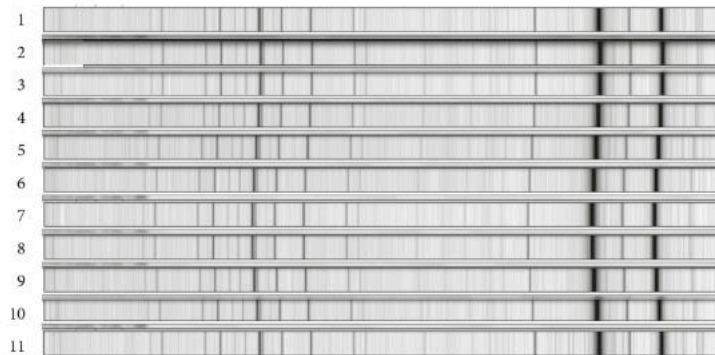


Sur les schémas ci-dessus, des positions particulières d'une étoile en interaction avec une planète ont été représentées. Pour simplifier, l'étoile, la planète et l'observateur ont été placés dans un même plan.

16



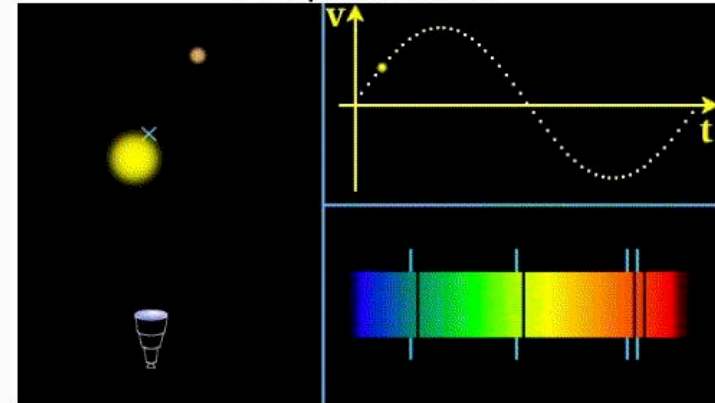
### Exemples de spectres de lumière issue d'une étoile



Ces spectres sont ceux de la lumière d'une étoile autour de laquelle gravite une exoplanète.  
L'intervalle de temps moyen séparant deux spectres consécutifs est approximativement d'une journée.

17

### Principe de la méthode



Effet Doppler sur la lumière provenant d'une étoile perturbée par une planète. La lumière est décalée vers le bleu (courtes longueurs d'onde) lorsque l'étoile se rapproche de nous, et vers le rouge quand elle s'éloigne. La courbe en haut à droite donne la courbe de vitesse radiale de l'étoile que l'on peut déduire de son décalage Doppler.

**Crédit :** Observatoire de Paris/ASM Emmanuel Pécontal

18

## Découvert d'exoplanète



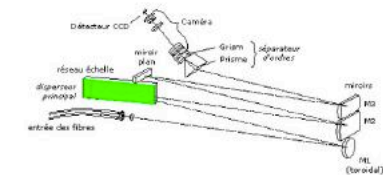
**Prix Nobel** de physique 2019

Didier Queloz

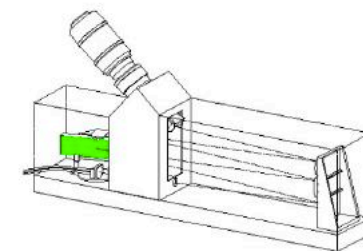
Michel Mayor

19

## Spectrographe ELODIE

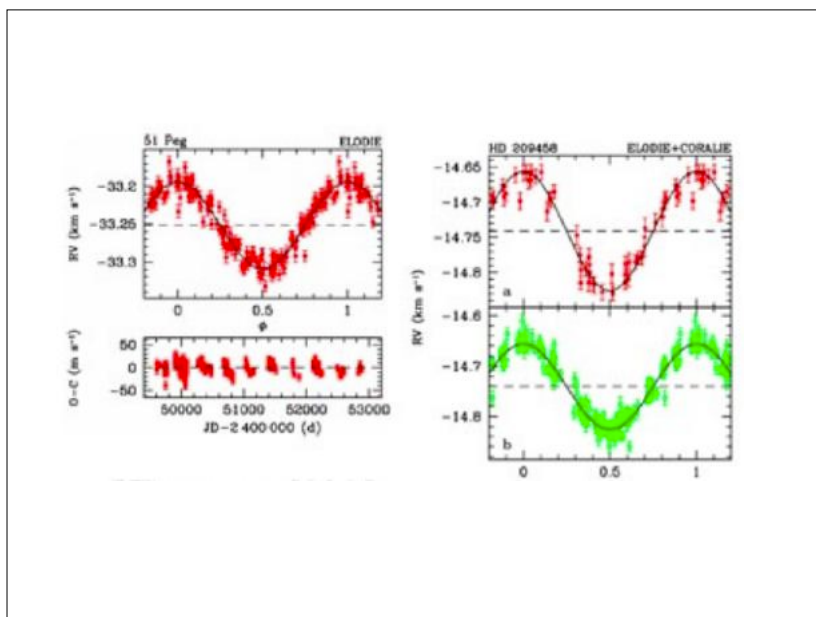


**ELODIE : Schema optique**



**ELODIE : Vue en perspective**

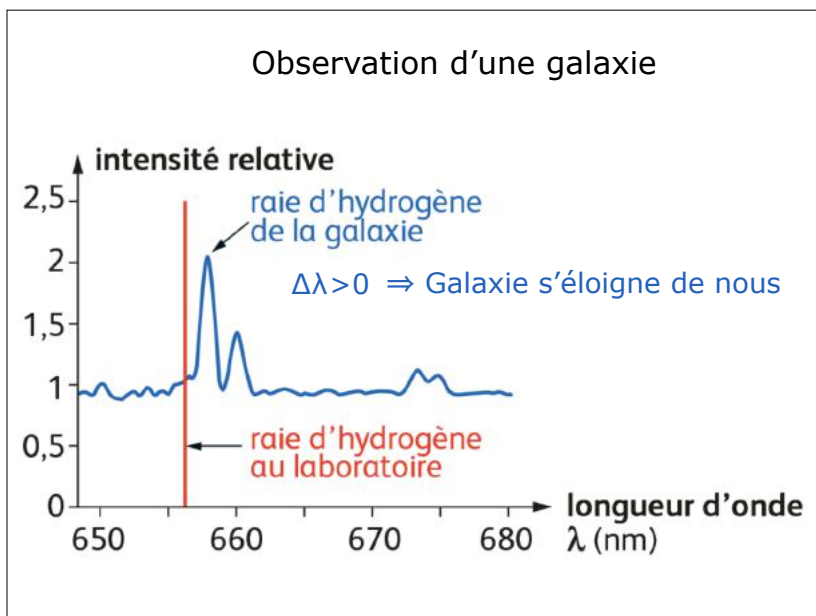
20



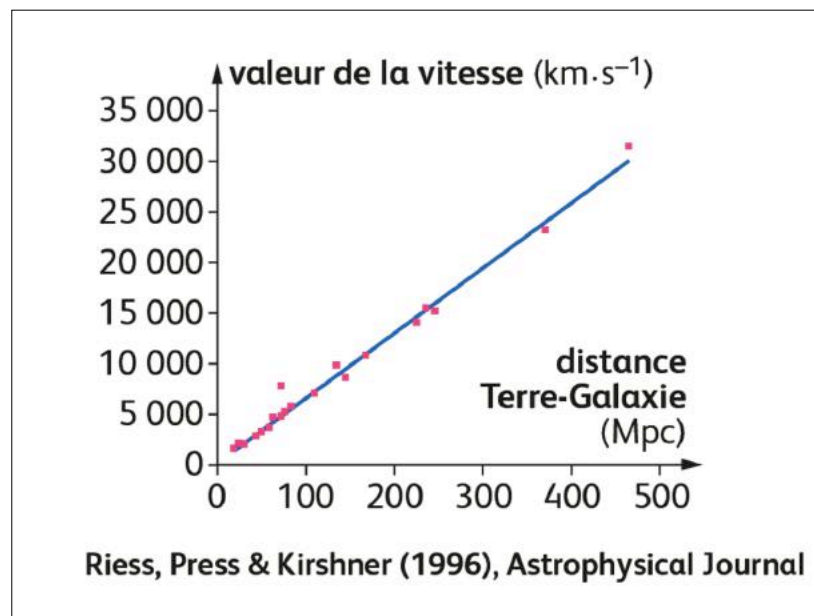
21



22



23



24

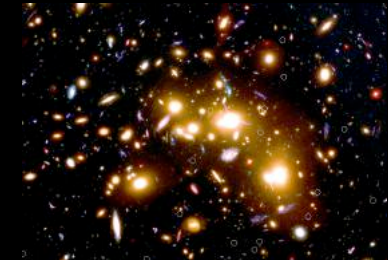


25

## Observations du télescope spatial Hubble



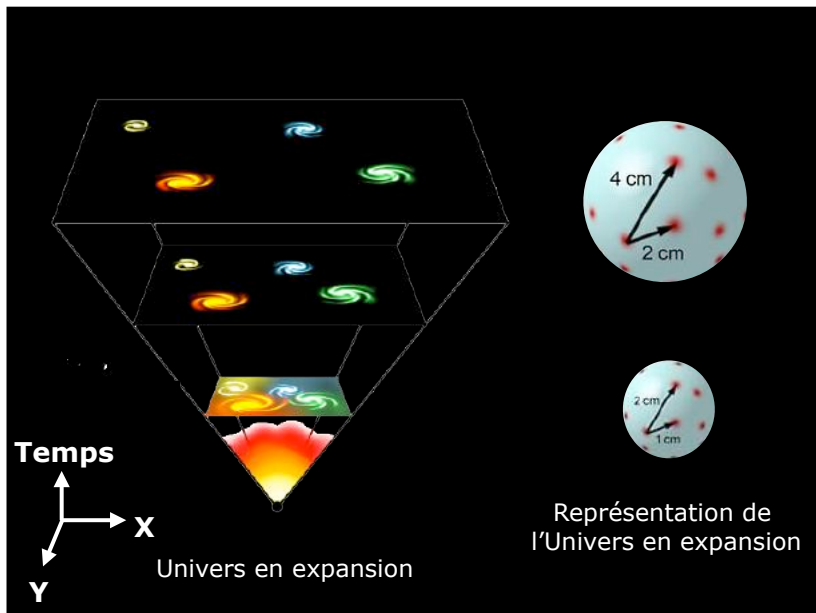
Galaxies M84, M86 et M87  
~48 à 72 millions d' a.l.



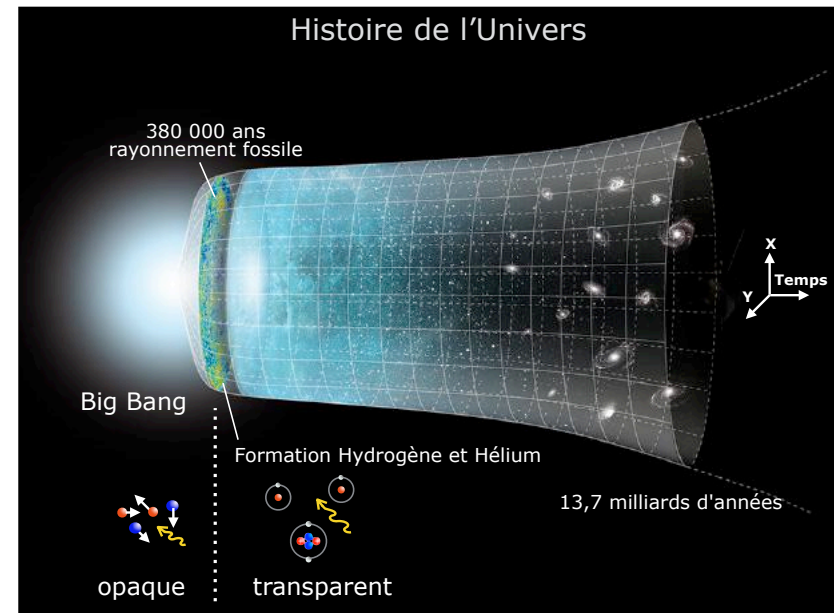
Hubble champ ultra-profond  
~12 milliards d' a.l.

Les galaxies lointaines sont « plus » rouges et plus proches

26



27



28



## Diffraction

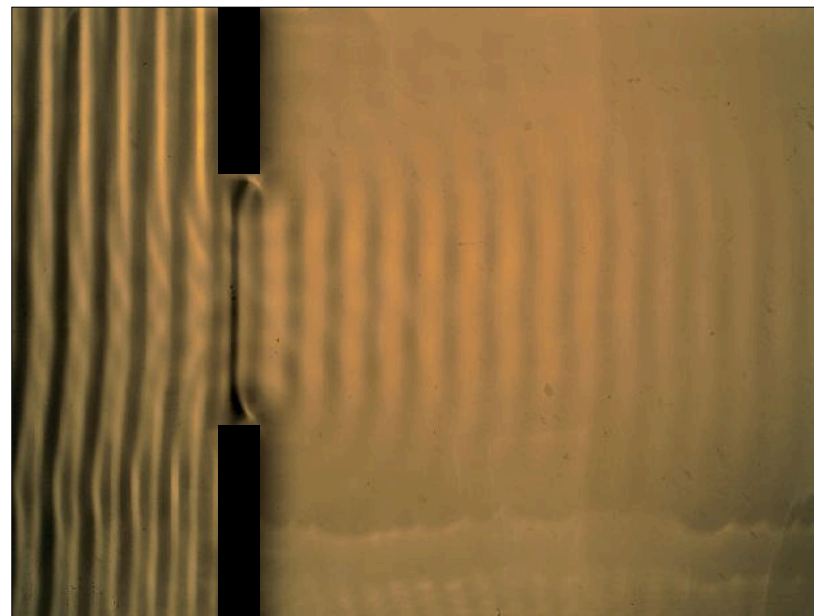
29



30

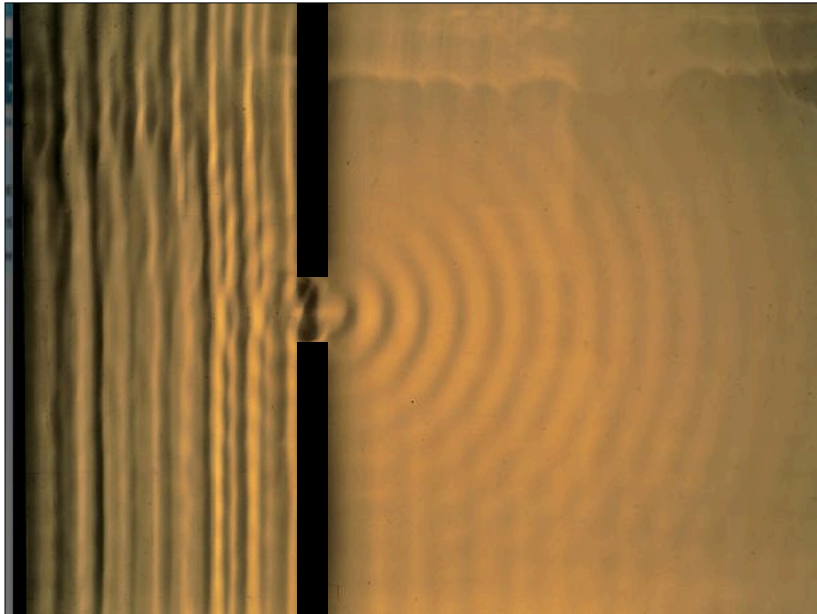


31

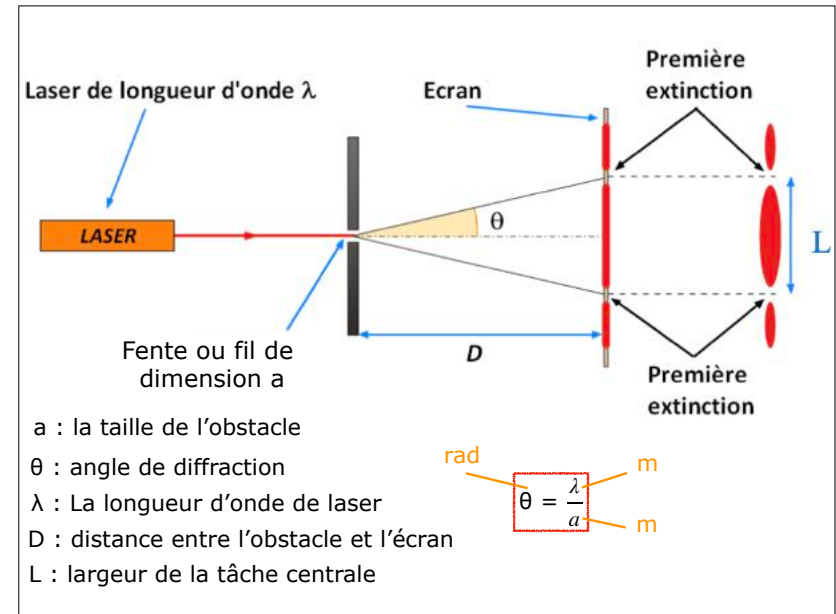


32

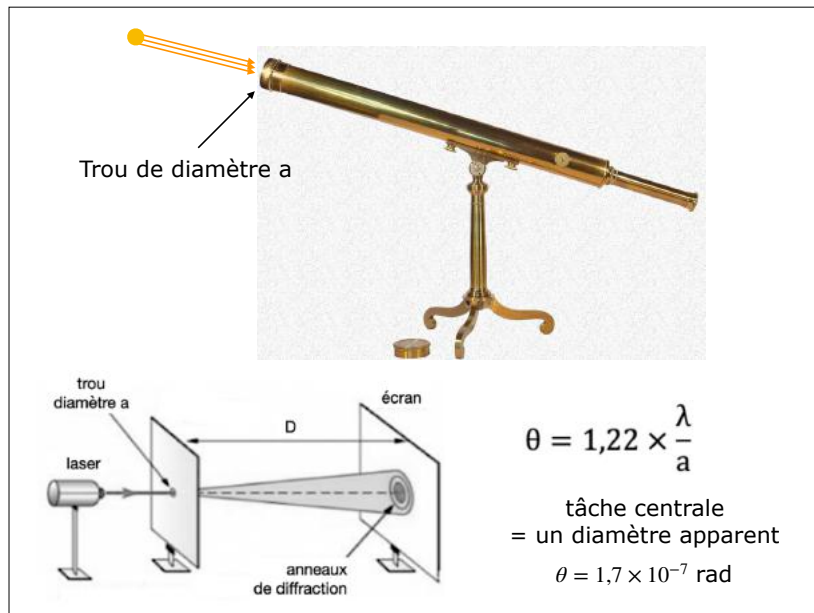




33



34

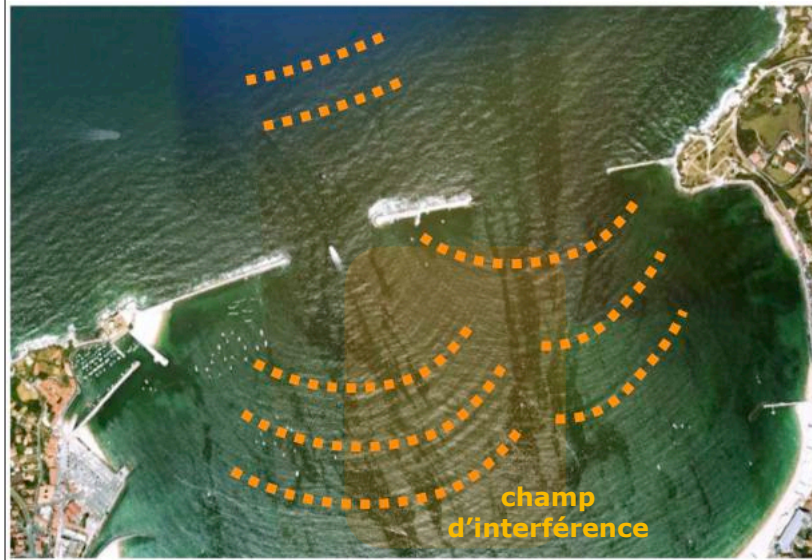


35

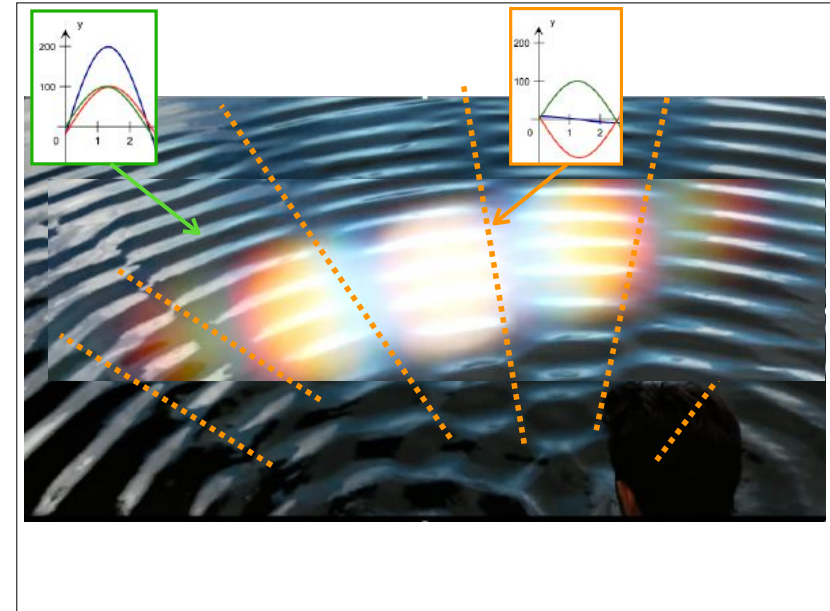
## Interférence en lumière monochromatique

36

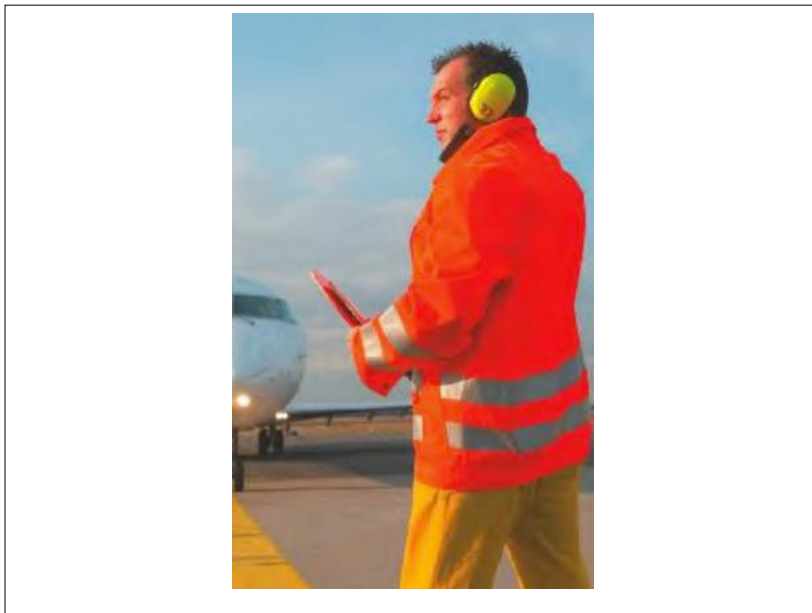
Application 13 – Identification d'une zone d'interférences



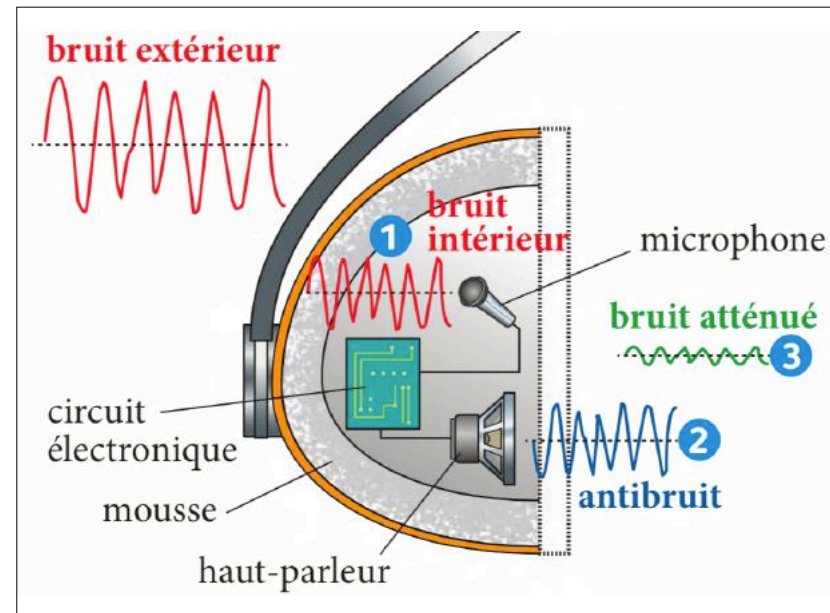
37



38

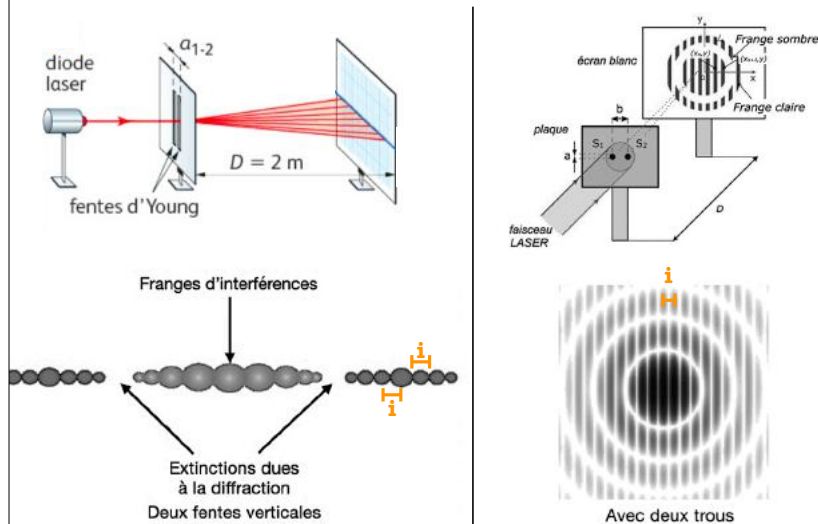


39



40

## Franges d'interférence - interfrange $i$

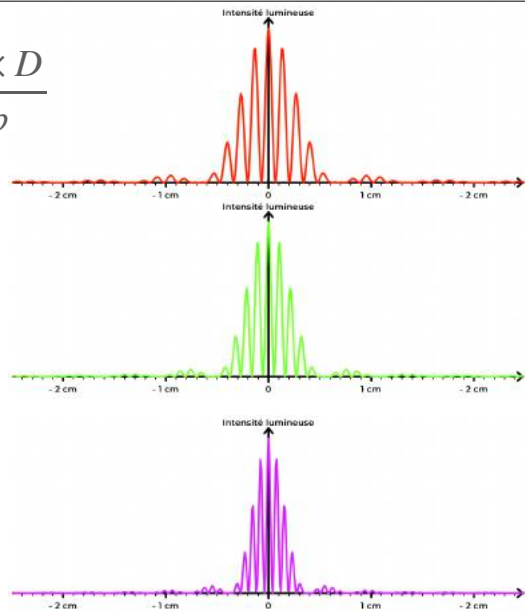


41

## Interférence en lumière polychromatique

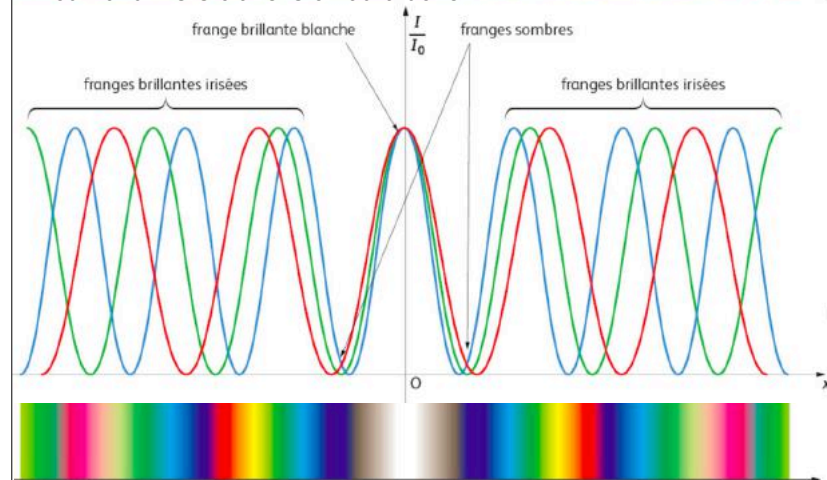
42

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}$$



43

Pour la lumière blanche on aura donc



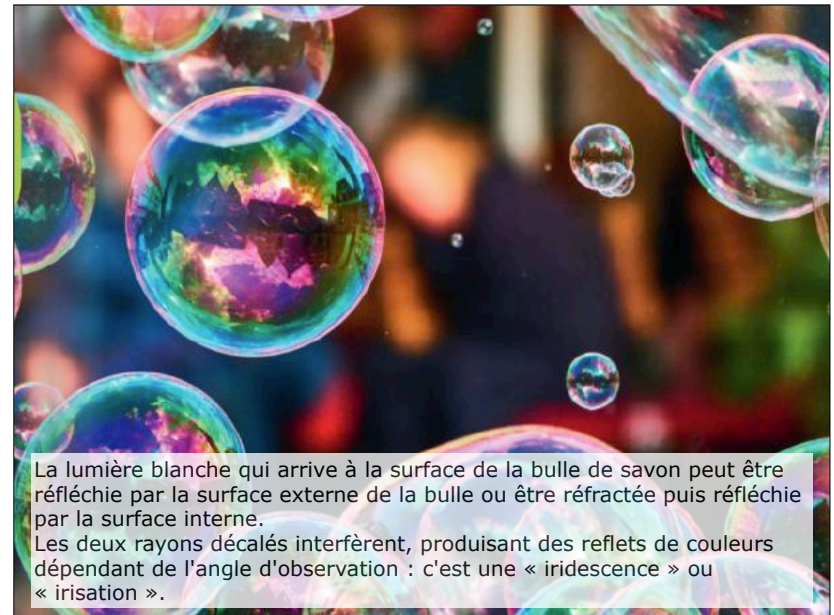
44



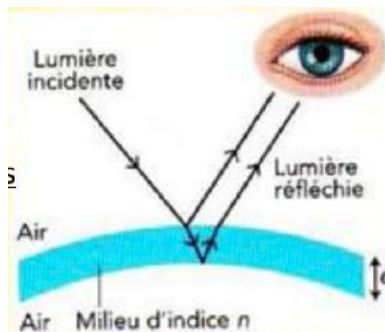
## Franges d'interférence de la lumière blanche



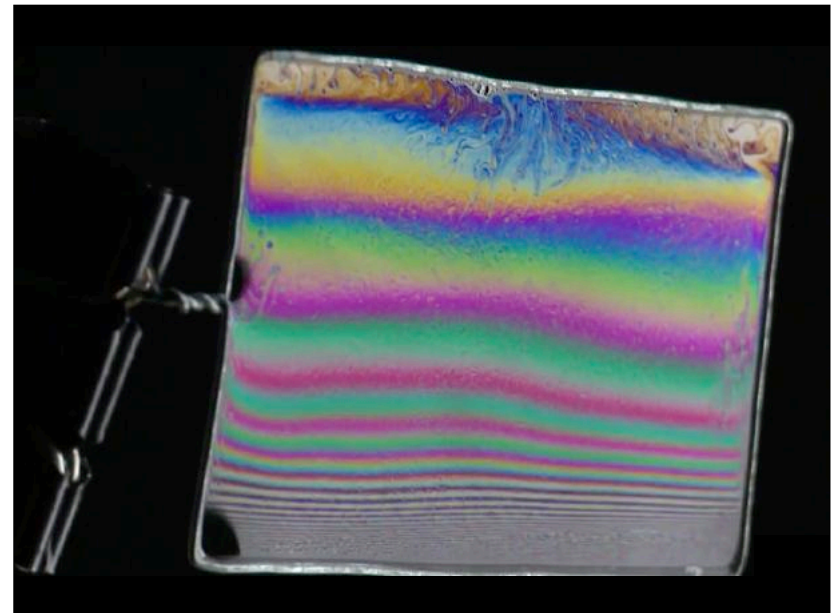
45



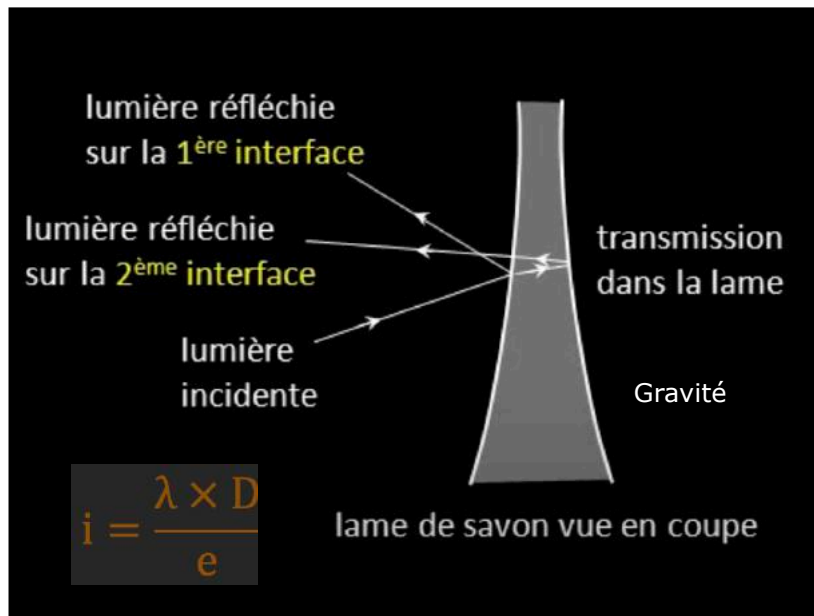
46



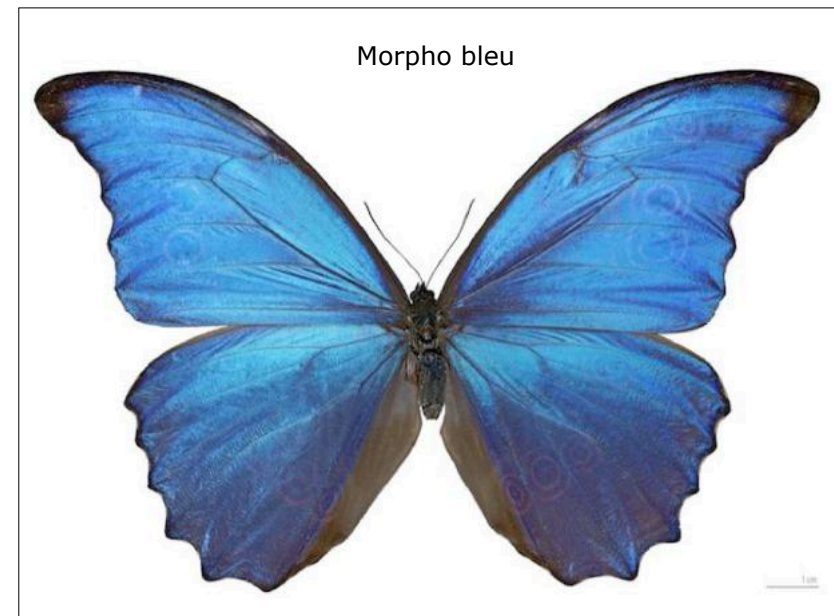
47



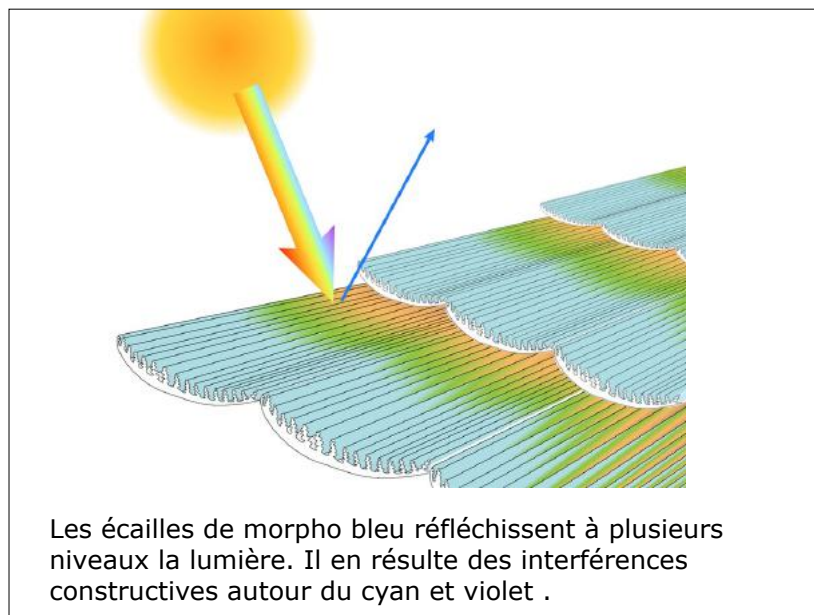
48



49



50



51