

Les objets très lointains

Lorsque les étoiles sont proches il est possible de mesurer la distance qui nous en sépare par une méthode dite abusivement directe, la trigonométrie, qui permet de déduire les distances à partir des angles.

Lorsque les étoiles sont trop éloignées les angles sont si petits que l'erreur instrumentale est supérieure à l'angle mesuré, il est alors possible d'estimer la distance à partir du degré d'extinction de la lumière de l'astre.

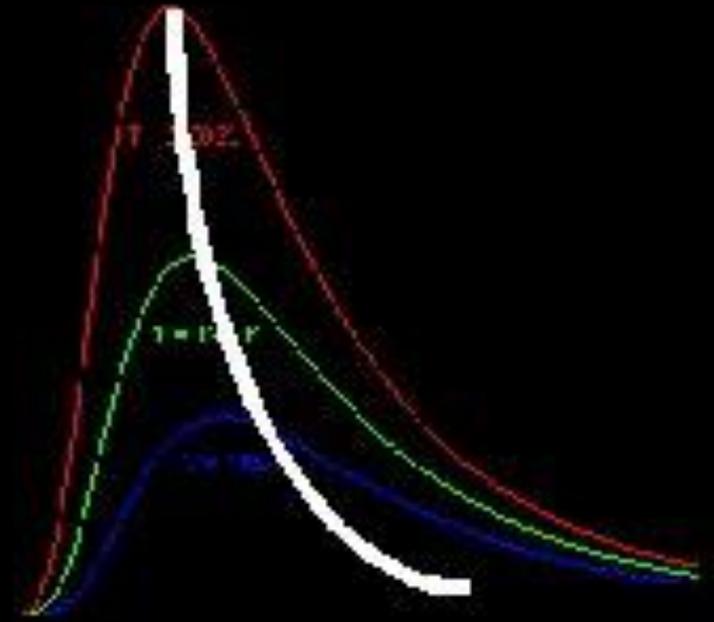
Mais lorsque la lumière elle-même de l'étoile est impossible à isoler de celle des étoiles voisines comment faire ?

Les étoiles pulsantes

Les étoiles ne se caractérisent pas que par leur masse et leur couleur mais aussi par des instabilités sur divers critères,

sans compter les fausses pulsantes qui sont des binaires à éclipse





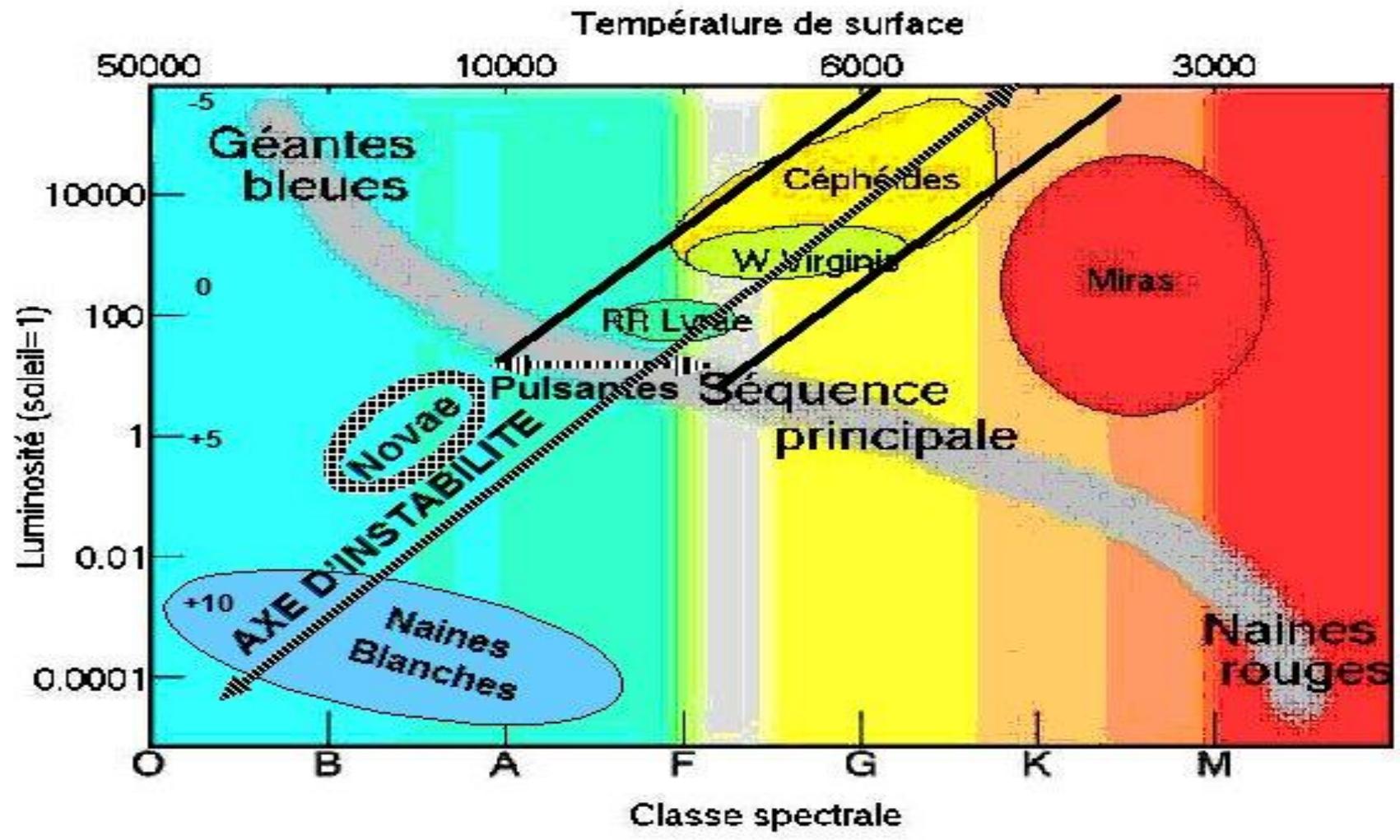
Toutes les étoiles sont pulsantes sur un ou plusieurs critères.

Le Soleil par exemple connaît une inversion de son champ magnétique tous les 11 ans.

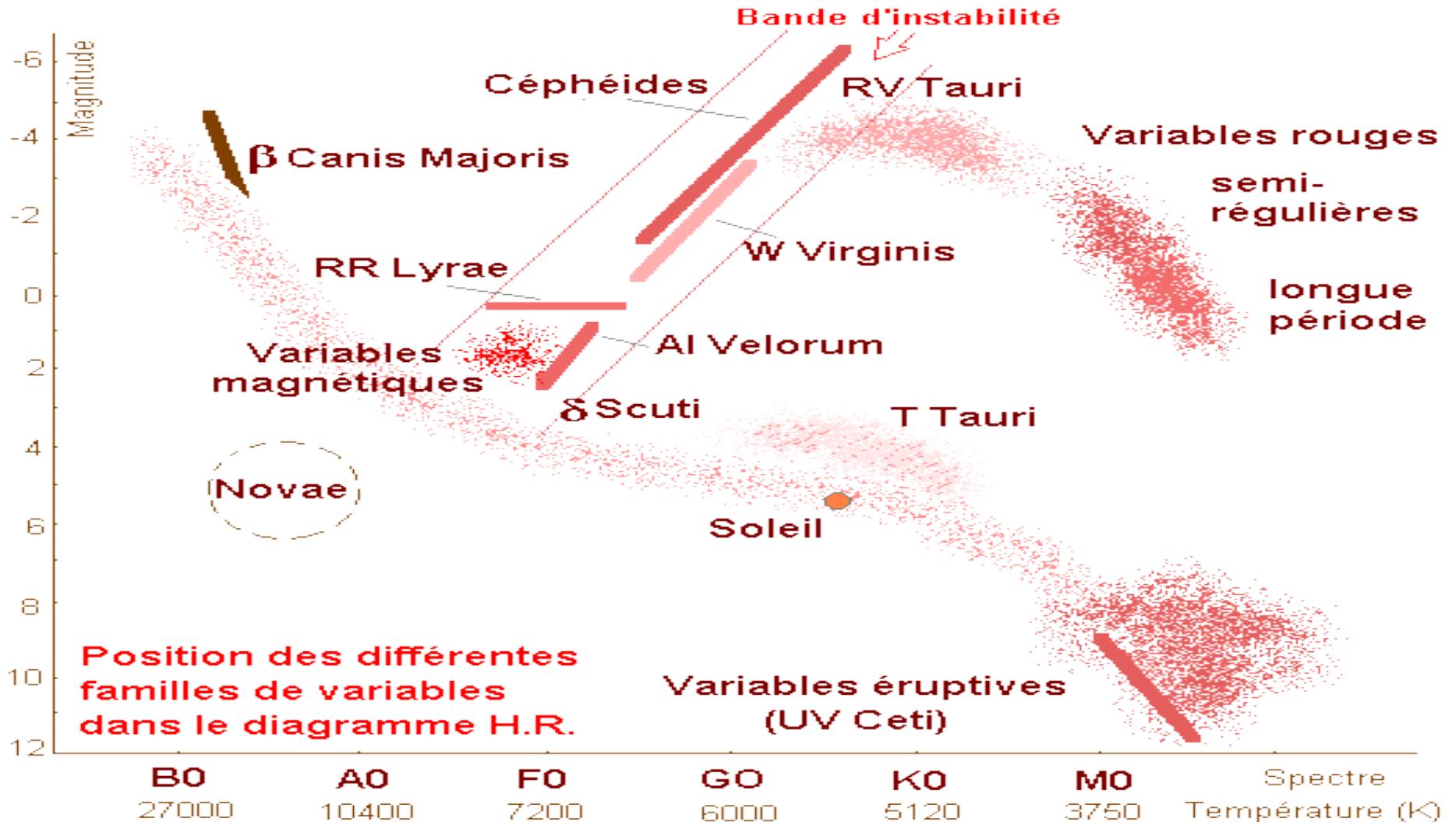
Ce qui change est aussi bien la luminosité que le volume de l'étoile ou encore sa température ou son magnétisme.

Certaines étoiles varient selon une période régulière et selon des critères observables depuis la Terre

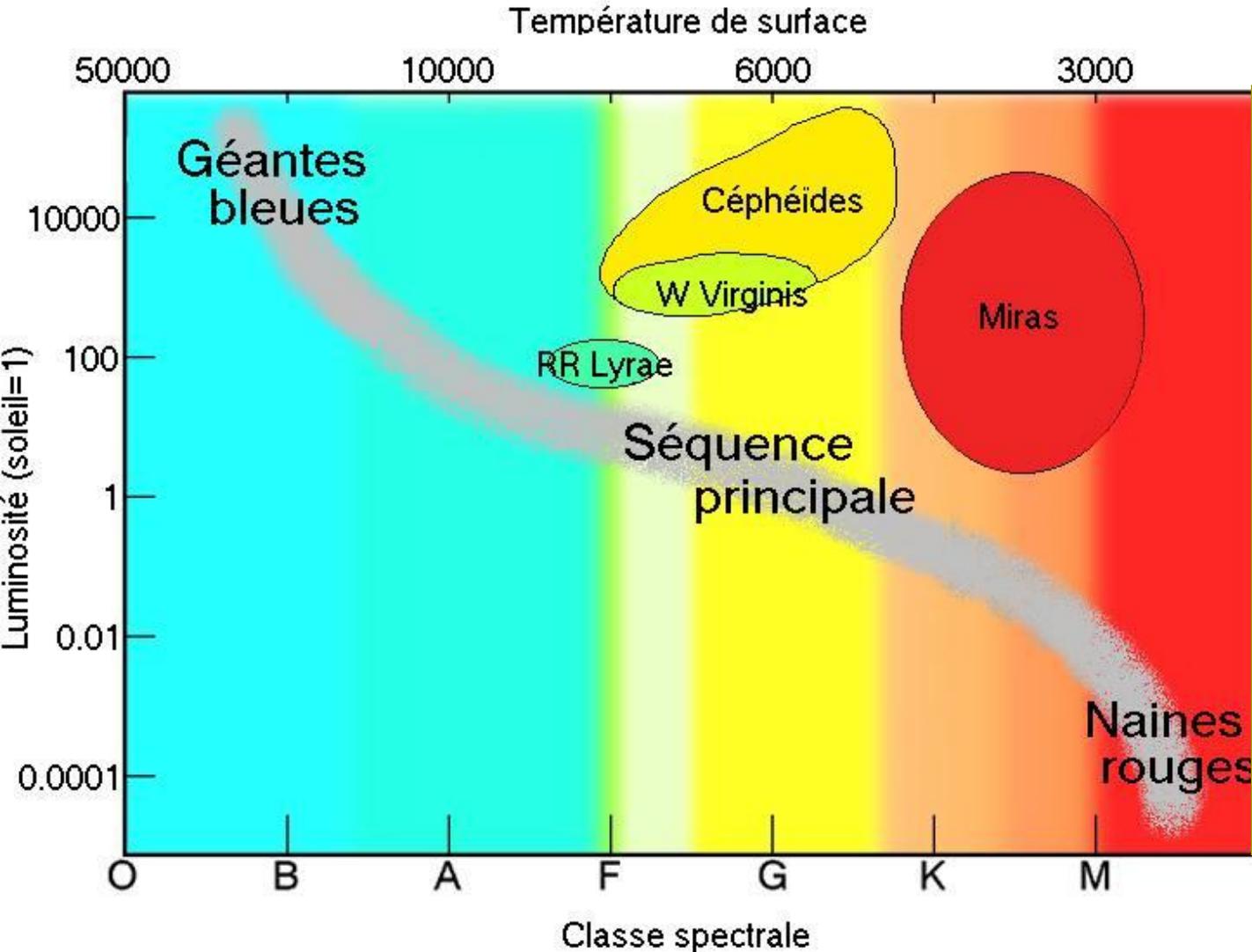
Une famille transversale du diagramme HR regroupe toutes les étoiles instables



Parmi les régulières nous trouvons plusieurs sortes d'étoiles



Certaines présentent un intérêt particulier comme chandelles fiables



**Ce sont les
RR Lyrae
et
surtout,
les
Céphéides**

**Une découverte remarquable faite
en 1912 par Henrietta Leavitt**

**Dans une petite galaxie assez proche
de la voie lactée dont elle est satellite,
le petit nuage de Magellan, H. Leavitt
constata que la luminosité de certaines
étoiles changeait de façon régulière et
que cette variation de luminosité et le
temps écoulé entre deux maxima
consécutifs étaient corrélés.**

Les Céphéides de Magellan

- L'étoile δ Cephei est typique de ce phénomène. Sa période est de 5,37 jours, son spectre varie de F5 à G2 et sa température de surface passe de 4 990 K à 5 680 K.

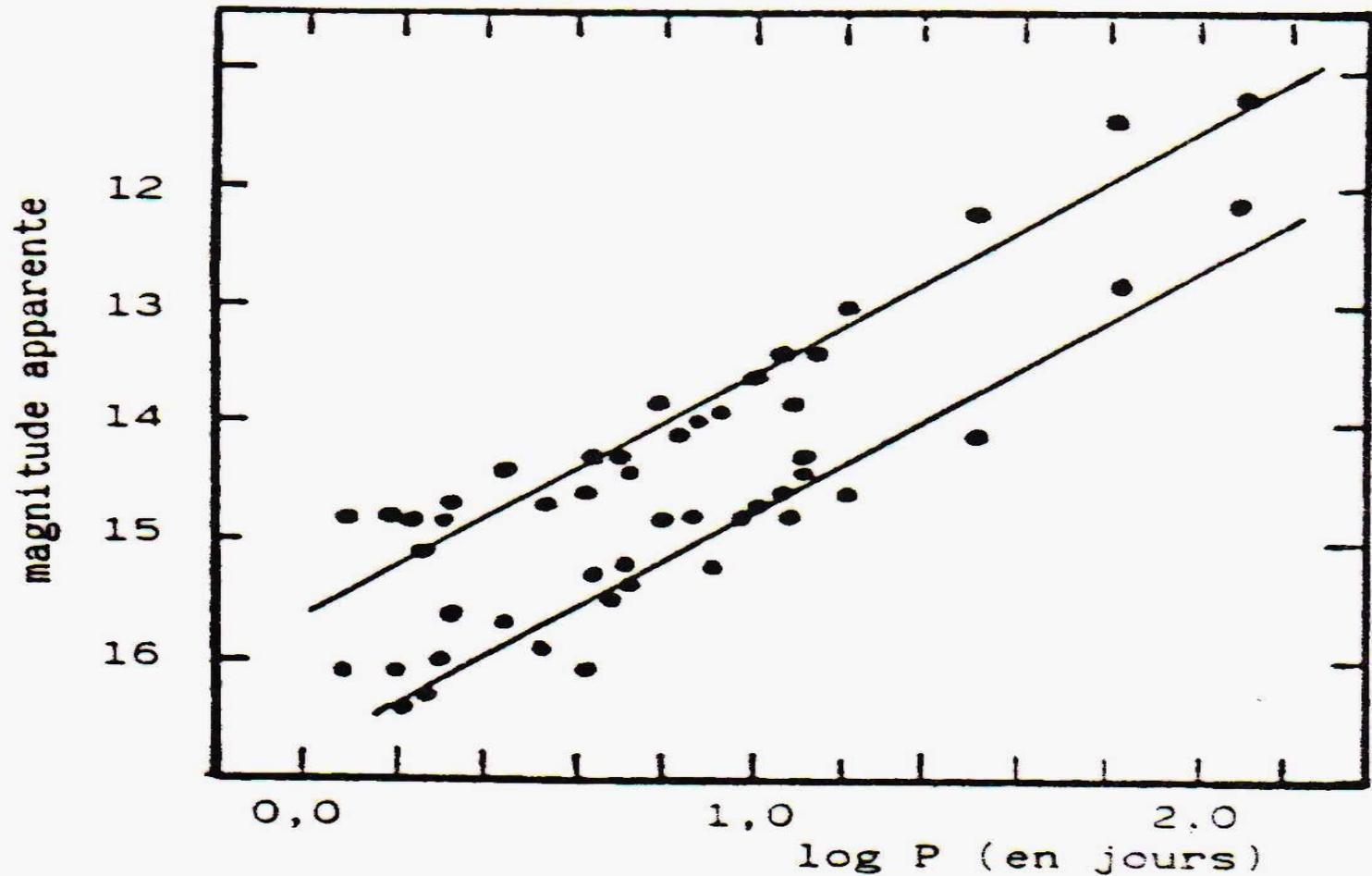
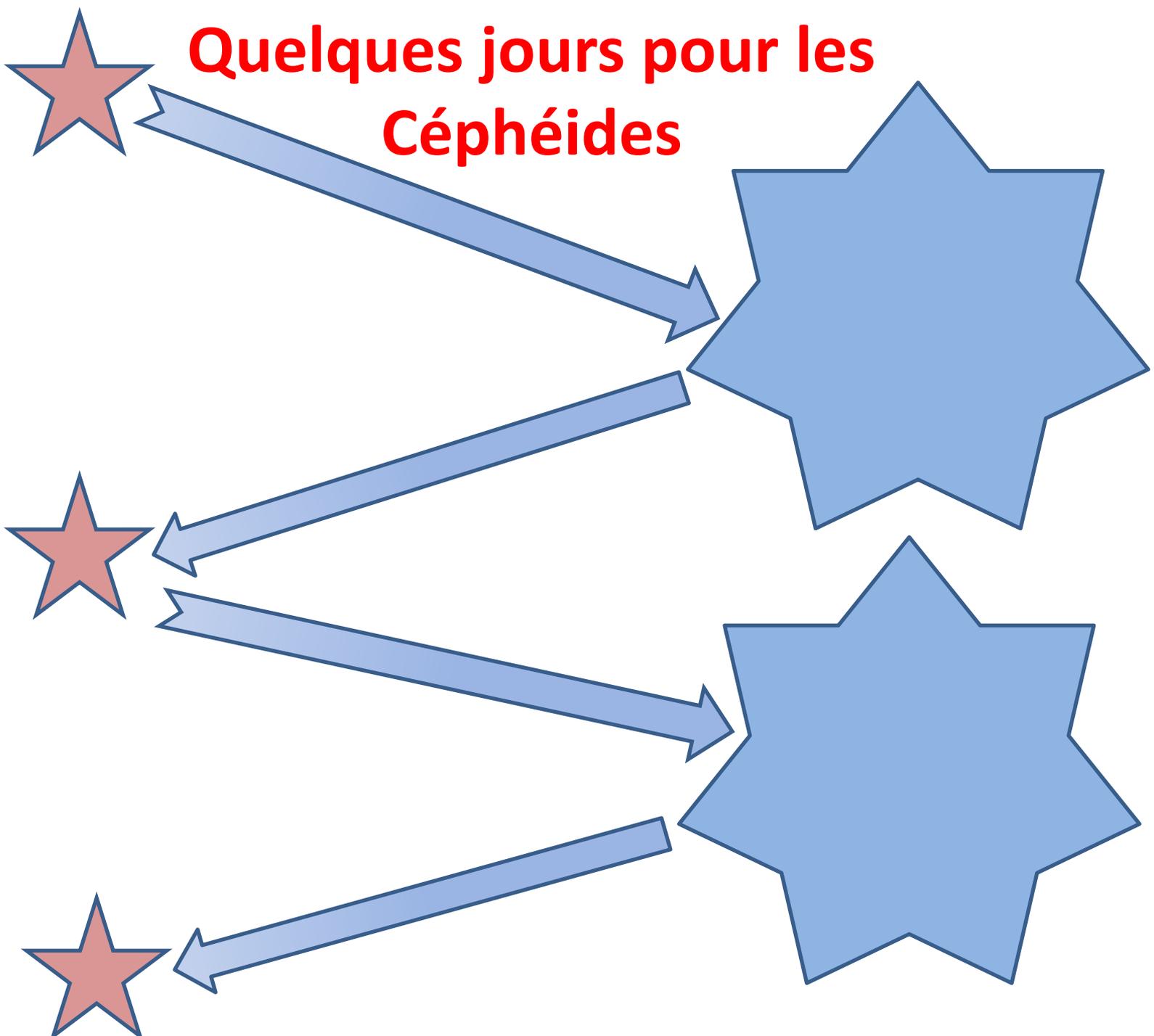


Figure XIII-8- La relation "Période - Luminosité" découverte par H.Leavitt pour 25 céphéides du Petit Nuage de Magellan.

**Quelques jours pour les
Céphéides**



Calcul de la magnitude M d'une Céphéide de période P

- l'expression de la magnitude absolue moyenne $\langle M \rangle$ d'une Céphéide de période P est

$$\langle M \rangle = a \log P + b$$

a est une constante dépendant du type de céphéide.

b est la constante de calibration de la relation

En pratique, on utilise 3 couples de valeurs dans les domaines de lumière :

bleue (B), visible (V) et proche (IR).

La faible précision des calibrations menées par Hertzprung en 1913 et Shapley en 1918 ne permettait pas d'utiliser la relation au-delà de 4 MPC.

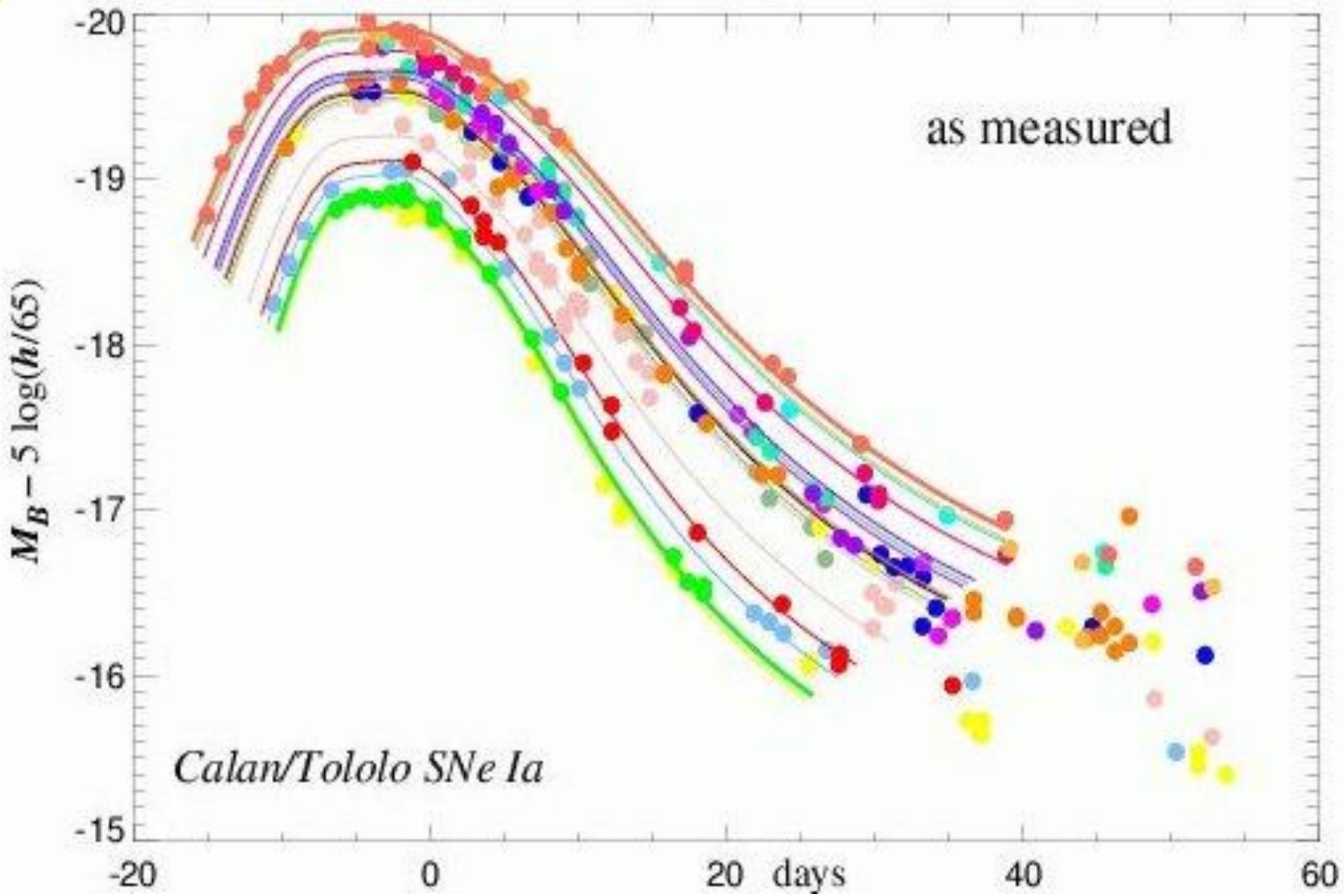
En déterminant directement les distances des céphéides galactiques par leur parallaxe géométriques, les mesure réalisées par Hipparcos ont permis de multiplier cette distance par 5

Au-delà de 20 parsecs

les supernovæ de type Ia ont une magnitude absolue très bien déterminée. Elles sont parfaitement identifiable par la forme de leur courbe de lumière.

Elles permettent de déterminer les distances à des échelles extragalactiques.

Courbes observées de plusieurs SN1A



Lorsque même une supernovae n'est plus visible

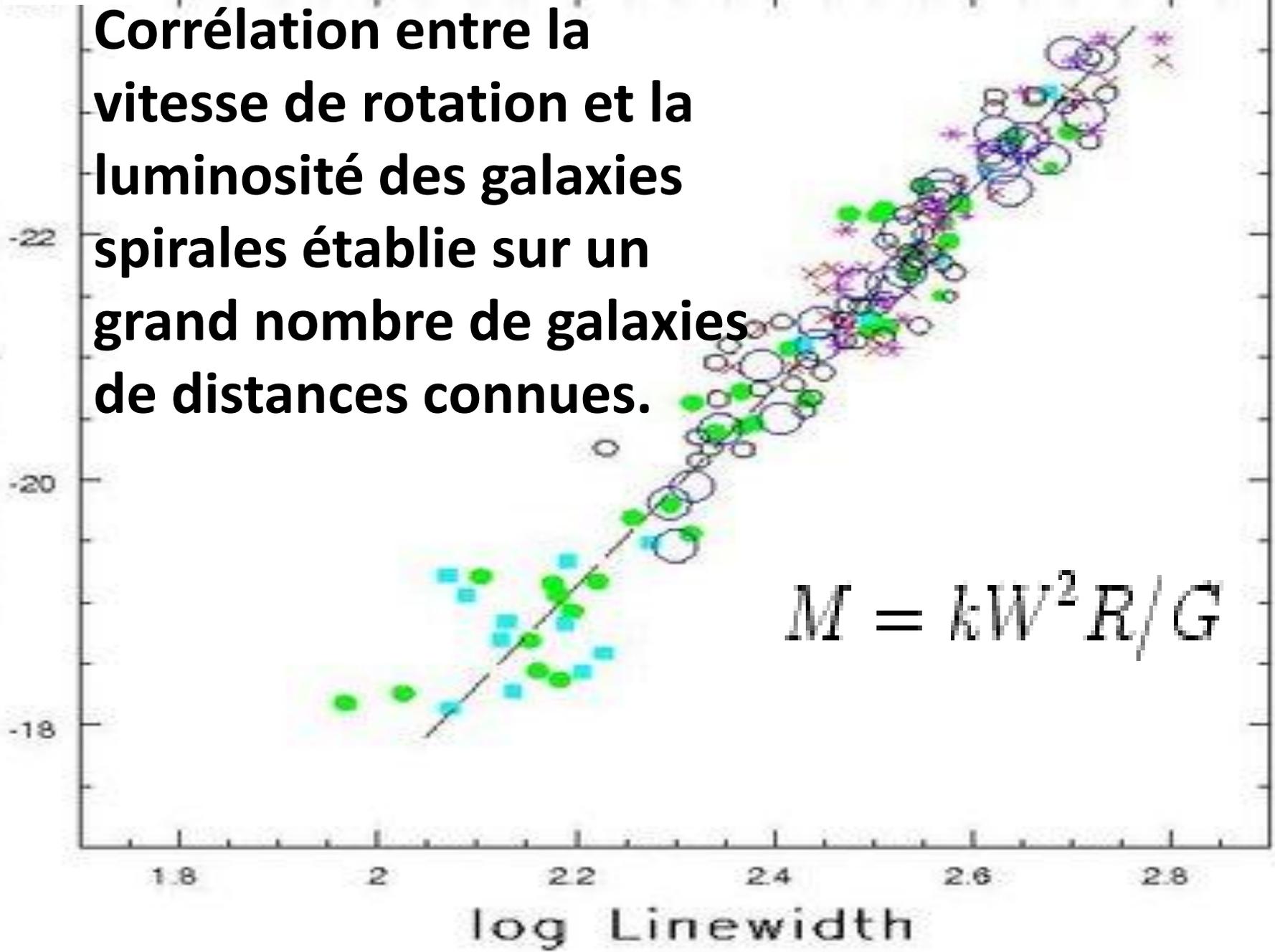
La Loi de Tully-Fisher, une relation empirique établie entre la luminosité intrinsèque d'une galaxie spirale (proportionnelle à sa masse stellaire) et l'amplitude de sa courbe de rotation. Cette relation a été publiée en février 1977 par R. Brent Tully et J. Richard Fisher.

La vitesse de rotation de la galaxie est elle-même aisément mesurable par effet Doppler

$M = kW^2 R/G$

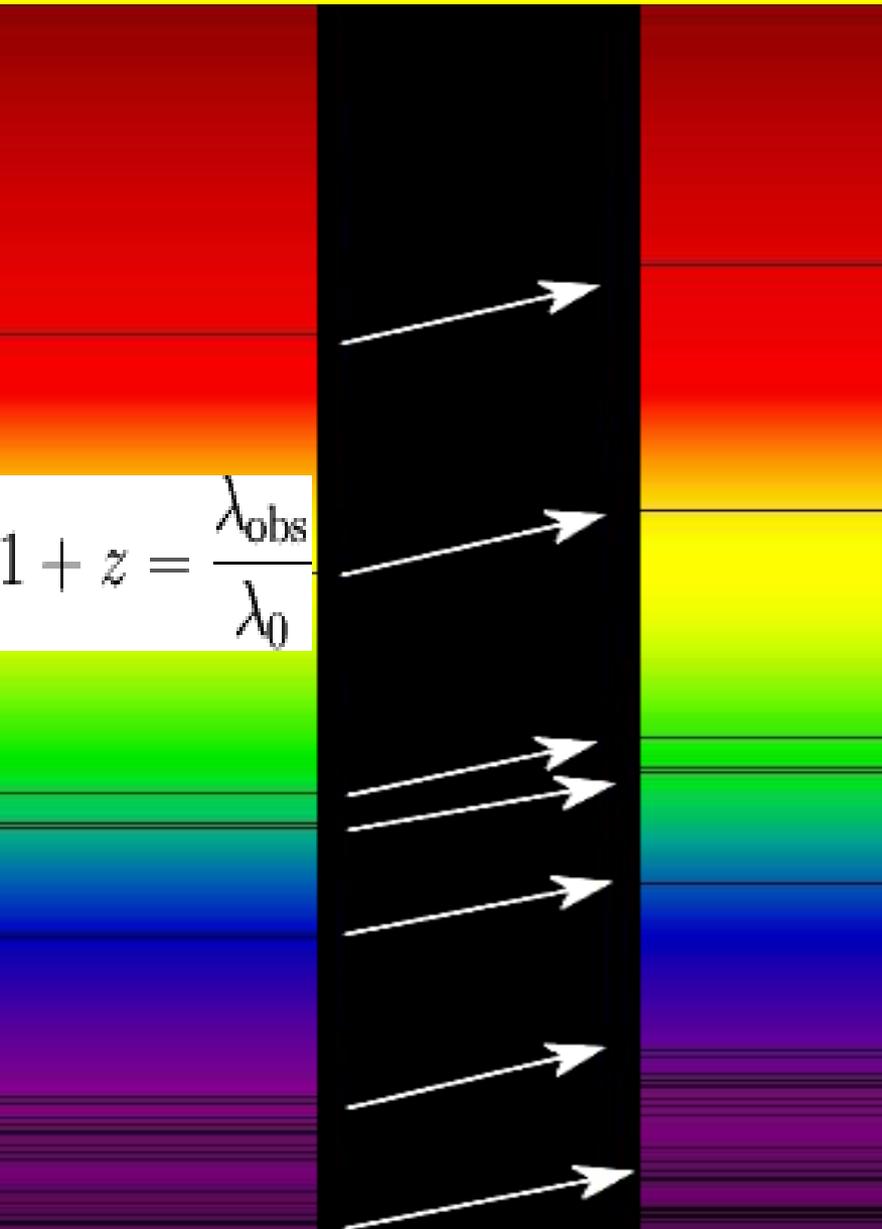
Corrélation entre la vitesse de rotation et la luminosité des galaxies spirales établie sur un grand nombre de galaxies de distances connues.

I band Magnitude



$$M = kW^2 R/G$$

Enfin, aux confins de l'Univers Z



Un des effets remarquables de l'expansion de l'Univers est d'allonger les longueurs d'ondes. *Ceci se traduit par un décalage des raies spectrales d'autant plus grand que la source de la lumière est elle-même éloignée.*

En observant ce décalage pour des galaxies situées au-delà de l'amas local dont les galaxies tendent à se rapprochées les unes des autres, on peut estimer leur distance selon des formulations assez complexes et dépendant du modèle cosmologique choisi.

C'est plus un outil d'estimation de l'âge de l'Univers que de mesure de distances.

**Merci de votre attention,
Peut-être des questions ?**