

# La galaxie d'Andromède



# Andromède, M31, NGC 224.

Type : Galaxie spirale barrée. Elle possède en son centre un trou noir super massif.

Distance par rapport au Soleil : 2,5 millions d'années-lumière.

Magnitude apparente : 3,4.

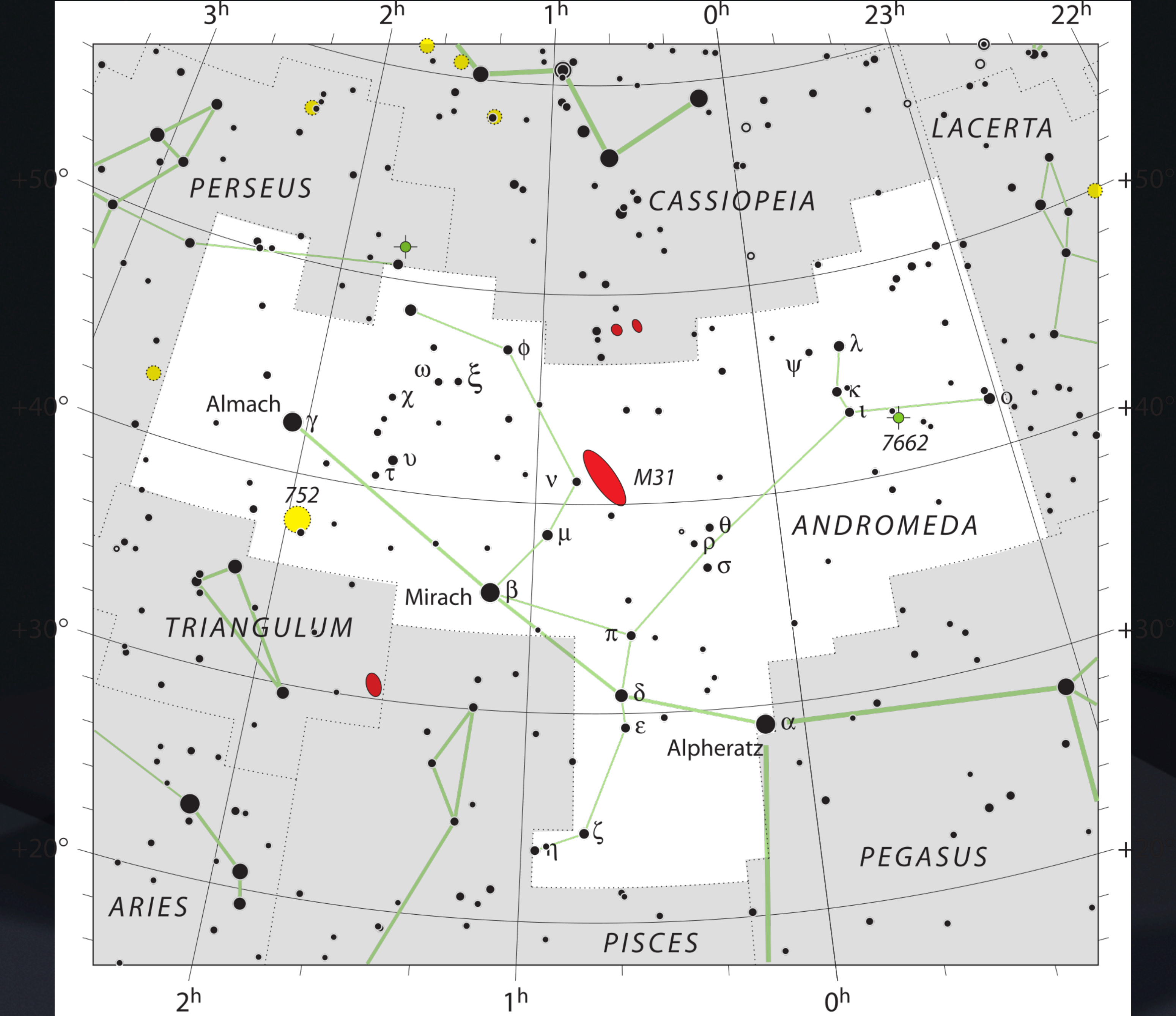
Visibilité : Hémisphère nord – Constellation d'Andromède.

Diamètre apparent :  $3,18^\circ$  (cela correspond à environ 6 fois celui de la pleine Lune).

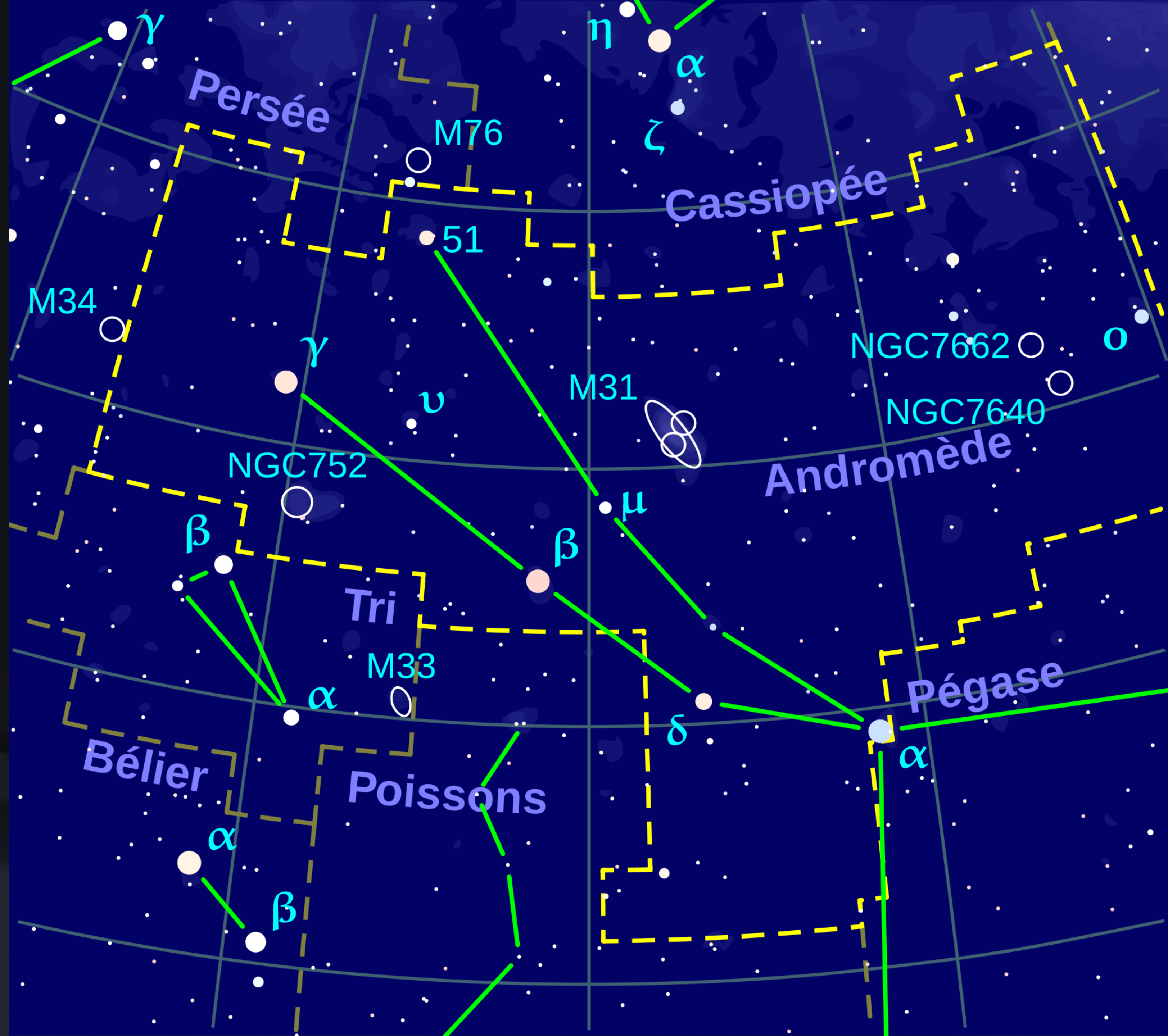
Formation : Collision entre deux galaxies.

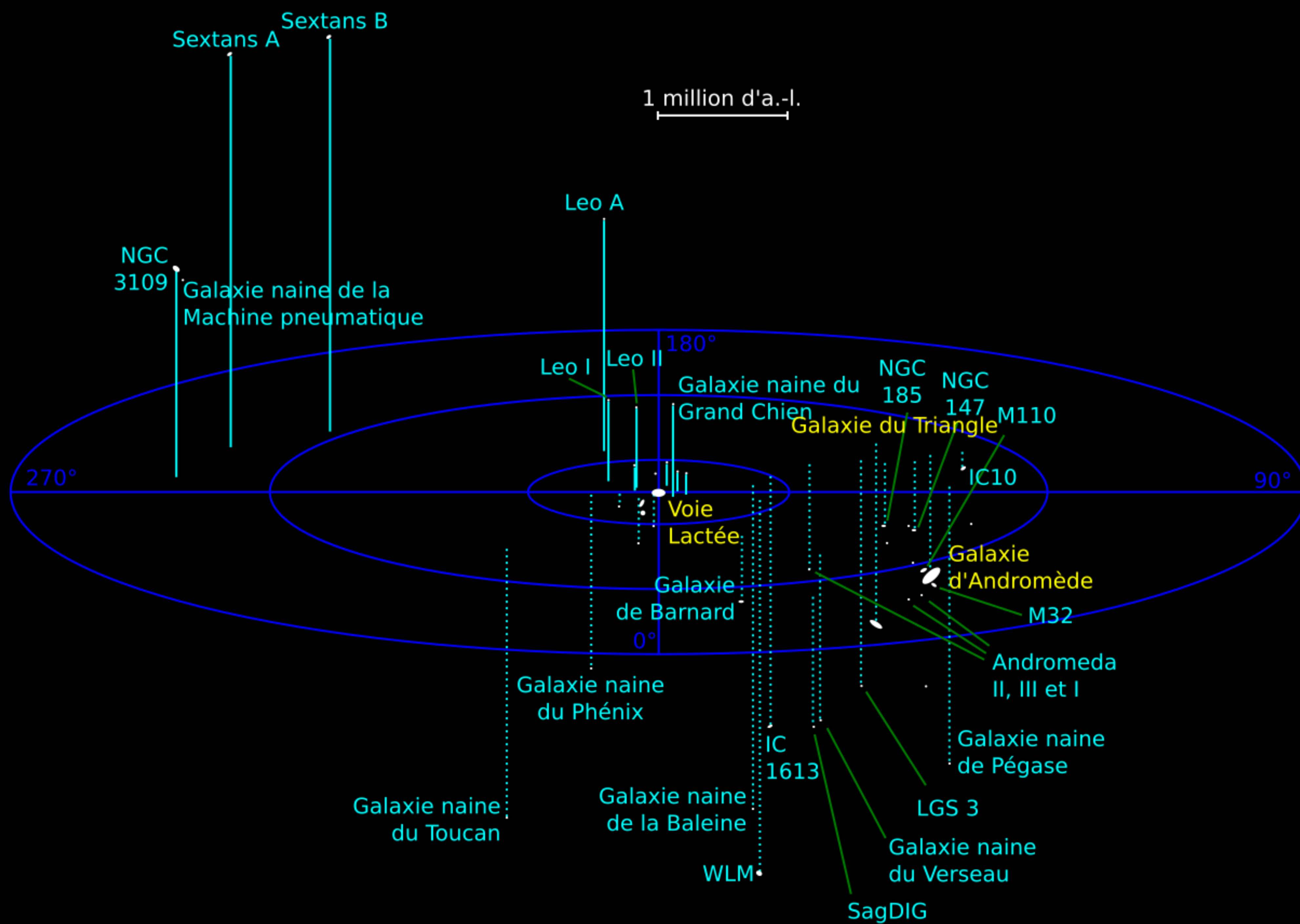
Avenir : Collision avec la Voie lactée dans 3 milliards d'années ?





● 2 ● 3 ● 4 ● 5 ● 6





# Andromède, M31, NGC 224.

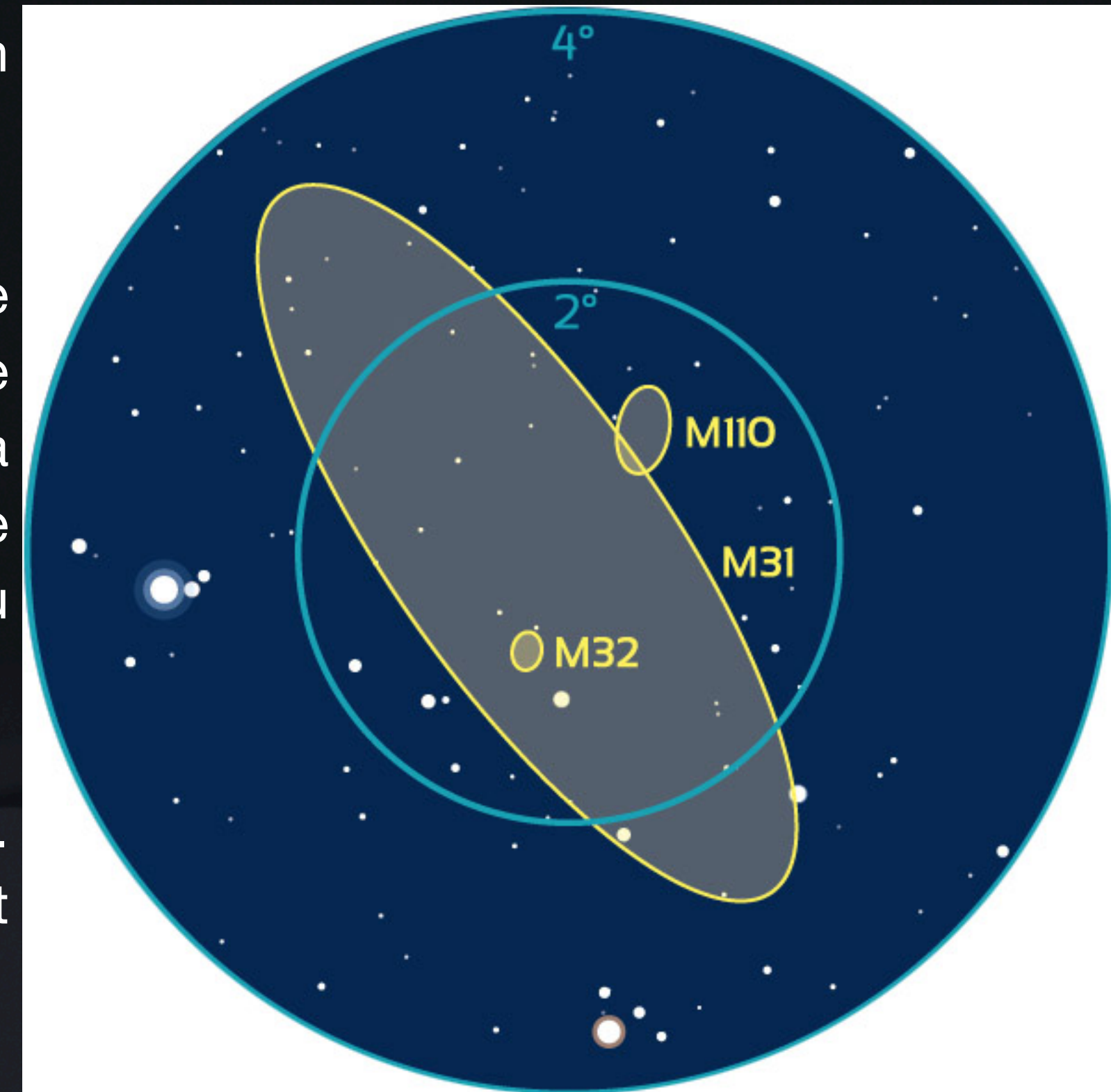
Observation : Repérage aux instruments de M31 et des galaxies satellites M32 et M110 dans Andromède.

Les cercles bleus représentent des champs de 4° (typique d'un chercheur) et 2° (champ d'un oculaire classique grossissant 25 à 30 fois)

- Avec 60 mm de diamètre et un grossissement de 30 fois, M31 montre facilement sa forme ovale et diffuse. On voit surtout sa partie centrale brillante et son noyau ponctuel, mais une observation attentive montre que la galaxie est plus étendue et déborde même du champ ! La galaxie satellite M32 se repère aisément au sud du noyau, à la limite de l'ovale nébuleux de M31 : c'est une petite boule diffuse. Plus faible et plus grande que M32, M110 se situe au nord-ouest, à l'extérieur de M31.

- À 130 mm de diamètre et 30 fois encore, les trois galaxies se repèrent au premier coup d'œil. Les limites de M31 s'étendent largement au-delà de l'oculaire et l'ovale de M110 apparaît bien. Quant à M32, c'est une jolie boule avec un noyau diffus.

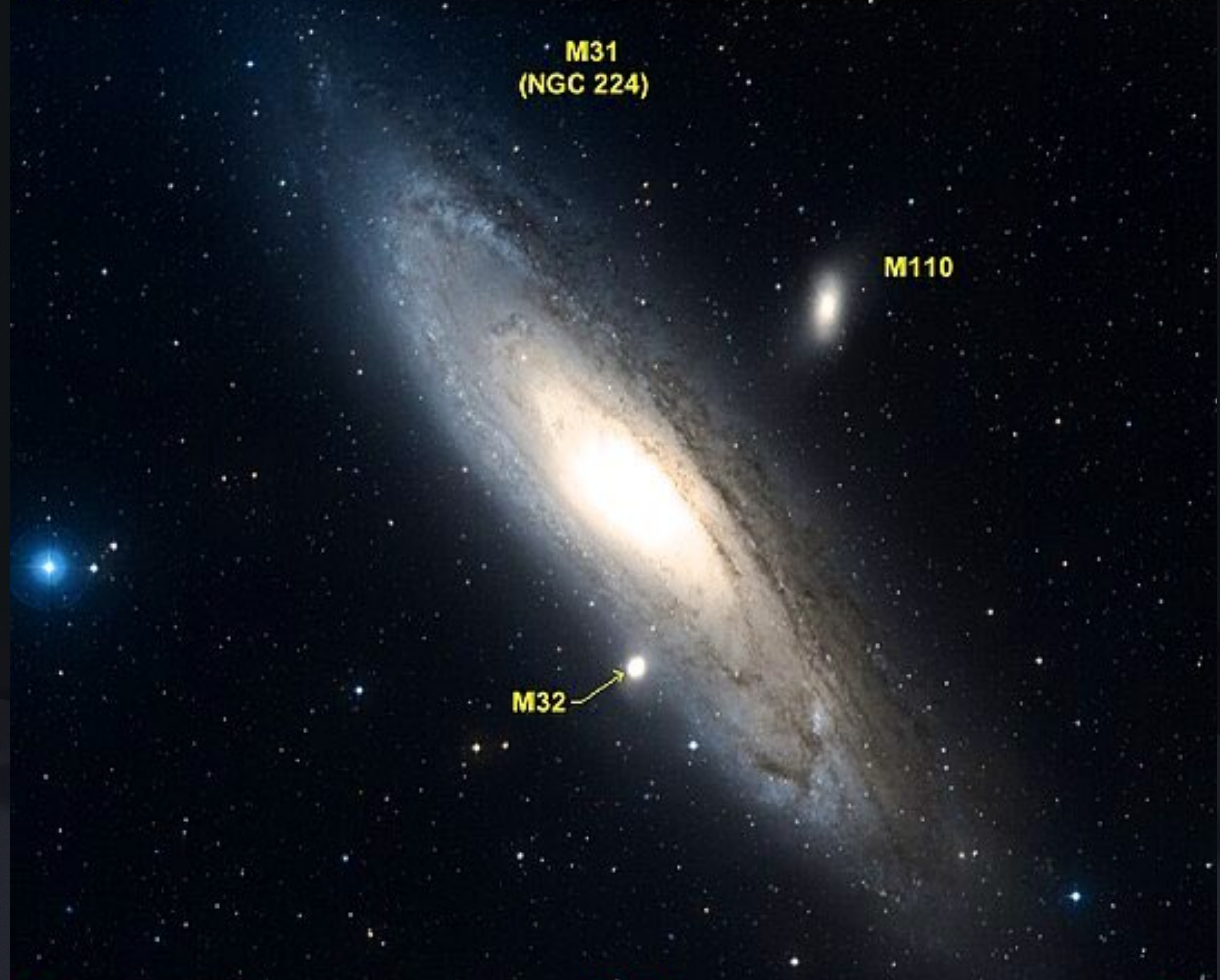
- À 200 mm de diamètre et un grossissement de 50 fois, une bande d'absorption au nord du disque de M31 commence à être perceptible, tout comme le noyau de M110. Le trio galactique est vraiment lumineux et anime tout le champ ! Mieux vaut profiter de cette vision plutôt que d'utiliser un grossissement plus fort qui ne montre pas vraiment de détails supplémentaires.



M31  
(NGC 224)

M110

M32



# Andromède, M31, NGC 224.

## Découverte :

- Andromède a été décrite il y a plus de mille ans par l'astronome persan 'Abd al-Rahmān al-Sūfi (903-986) dans son Traité des étoiles fixes
- Messier attribuait la première description télescopique d'Andromède à l'astronome allemand Simon Marius (1573-1624) , il l'a nommée en 1612;
- l'Italien Giovanni Battista Hodierna la redécouvrit vers 1650 ; le Français Ismaël Bouillaud la décrivit en 1661 tout en citant les observations effectuées au début des années 1500 par un astronome anonyme.
- L'astronome et musicien William Herschel (1738-1822) la considéra comme un « univers-île » voisin qui pourrait être semblable à notre Voie lactée. Andromède était alors généralement désignée comme la « grande nébuleuse d'Andromède ».
- En 1864, les observations spectroscopiques de William Huggins (1824-1910) permettent de distinguer les nébuleuses gazeuses (aux spectres caractéristiques des gaz qui y sont présents) des galaxies aux spectres continus, et en particulier de reconnaître en Andromède une galaxie.

# Andromède, M31, NGC 224.

## Découverte :

- En 1885, l'astronome allemand Ernst Hartwig (1851-1923) observe depuis l'observatoire de Dorpat en Estonie une supernova dans Andromède, qui atteint la magnitude 6 du 17 au 20 août 1885 et décline jusqu'à la magnitude 16 en février 1890. En 1887, les premières photographies de l'astronome amateur britannique Isaac Roberts (1829-1904) permettent de distinguer la structure spirale de M31.
- En 1912, l'astronome américain Vesto Melvin Slipher (1875-1969) parvient le premier à mesurer sa vitesse radiale : Andromède se rapproche de notre système solaire à la vitesse d'environ 300 kilomètres par seconde (km/s). Si l'on tient compte du mouvement du système solaire à l'intérieur de la Voie lactée, cela signifie que les deux galaxies s'approchent l'une de l'autre à une vitesse d'environ 100 km/s. Ce rapprochement de deux galaxies voisines ne contredit pas l'expansion de l'Univers, observé à des échelles plus grandes.
- La nature galactique d'Andromède est définitivement établie par l'étude publiée en 1929 par Edwin Hubble.

# Andromède, M31, NGC 224.

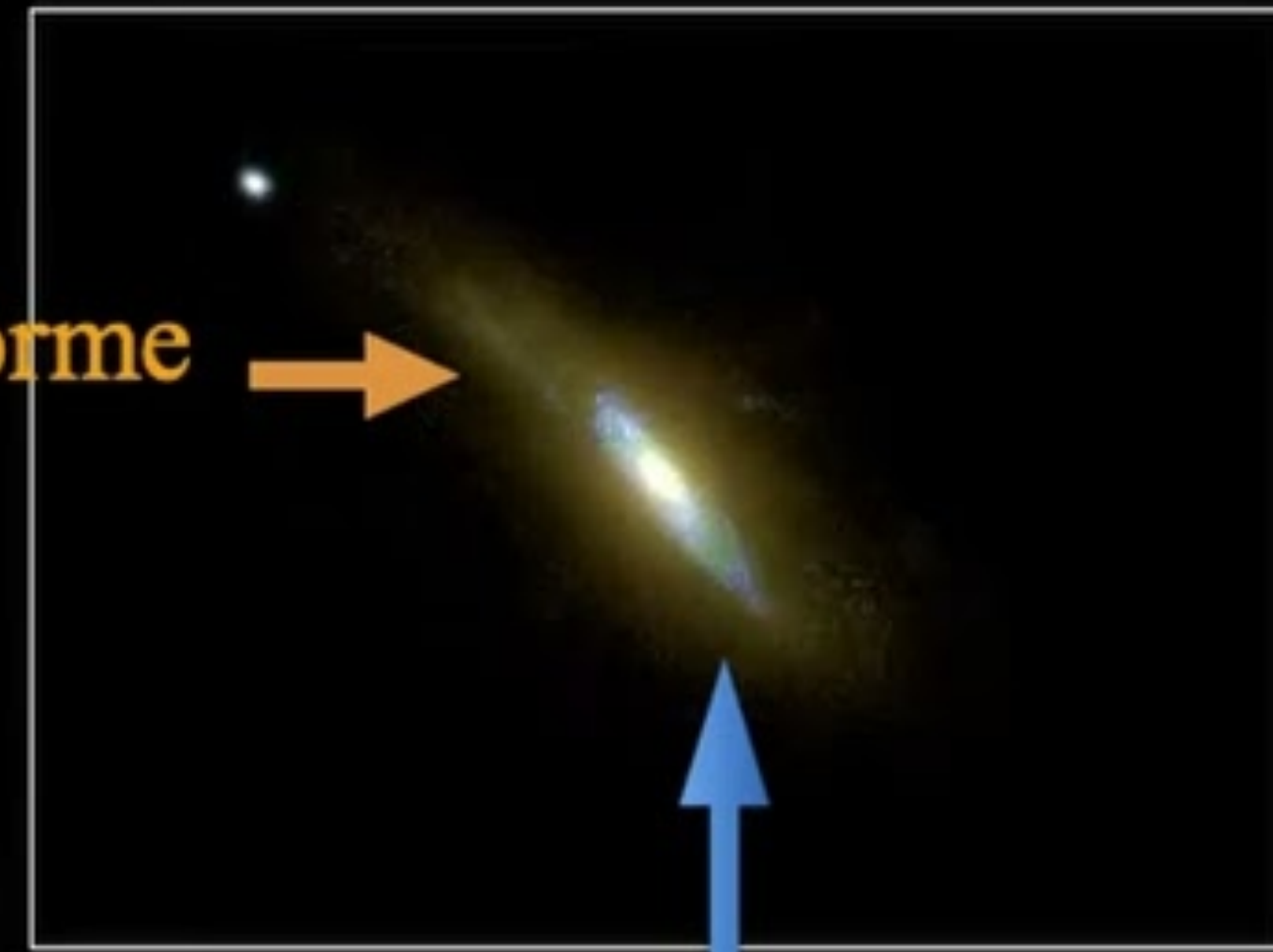
Un peu d'histoire :

- Il y a 7 à 10 milliards d'années, à la place d'Andromède, se trouvaient deux galaxies sur une même trajectoire de rencontre. Les astronomes ont optimisé par simulation les trajectoires des deux galaxies pro-génitrices. Ils ont découvert qu'elles avaient **fusionné il y a 1,8 à 3 milliards d'années**.
- Cette collision a donné naissance à Andromède telle que nous la connaissons. « Nous avons montré que la plus grande des deux galaxies pro-génitrices était environ quatre fois plus massive que la plus petite », précise François Hammer, astronome de l'Observatoire de Paris - PSL, premier coauteur de l'étude.
- La galaxie d'Andromède est **entourée de gaz et d'étoiles** peuplant une région dix fois plus étendue qu'elle même, communément appelée le **halo**.
- Des observations réalisées entre 2008 et 2014 sur le télescope franco-canadien à Hawaii (CFHT) montrent que le halo d'Andromède est peuplé par de gigantesques courants d'étoiles, dont le plus proéminent, s'appelle précisément le « **courant géant d'étoiles** ».
- Le disque géant présente des bords déformés, sur lesquels on retrouve également d'autres structures ayant la forme d'amas diffus ou de coquilles.

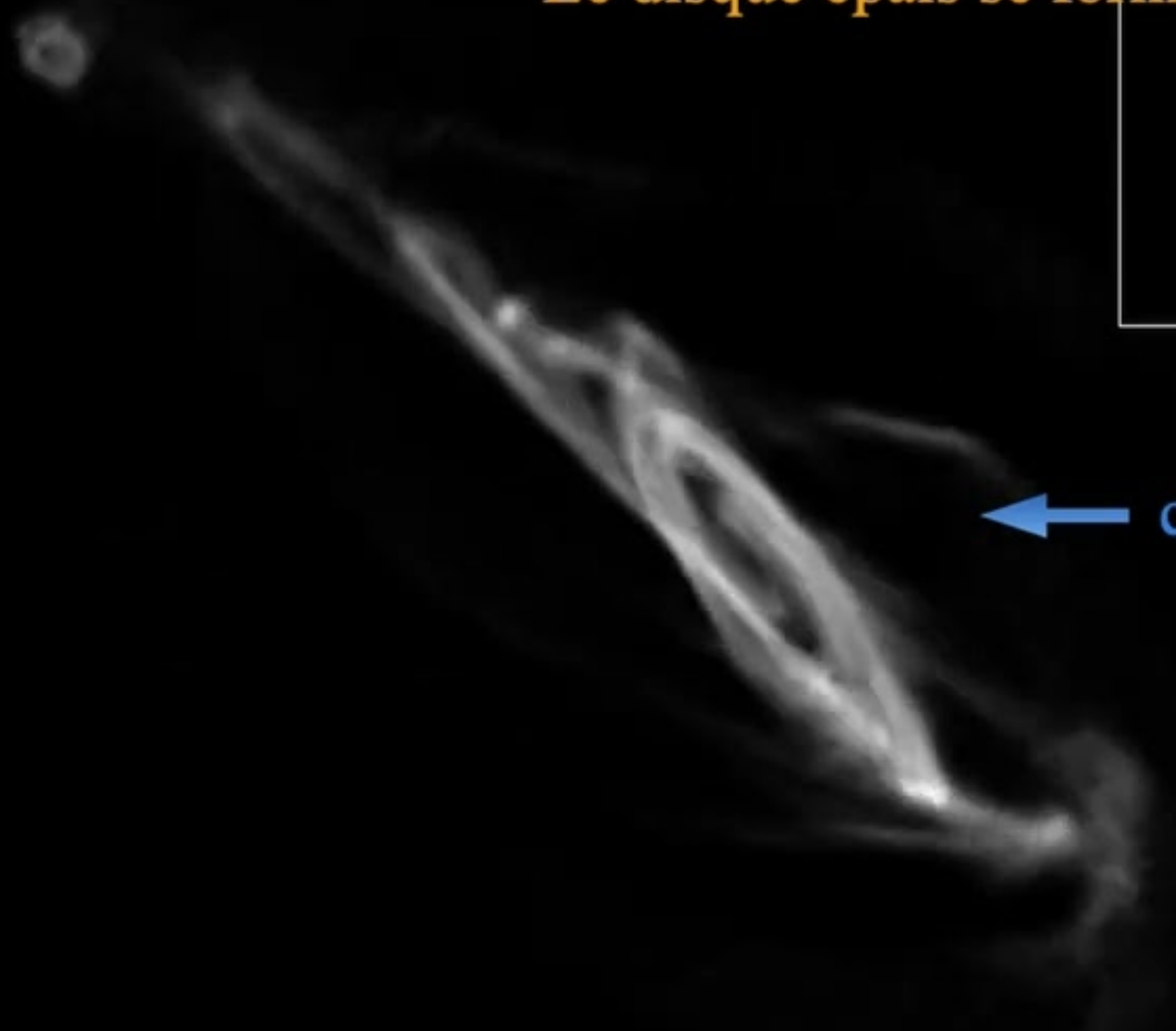
Field= 147 x 110 sq kpc

T= -1.173 Gyr

Le disque épais se forme



Le disque mince et  
celui en gaz HI se forment



# Andromède, M31, NGC 224.

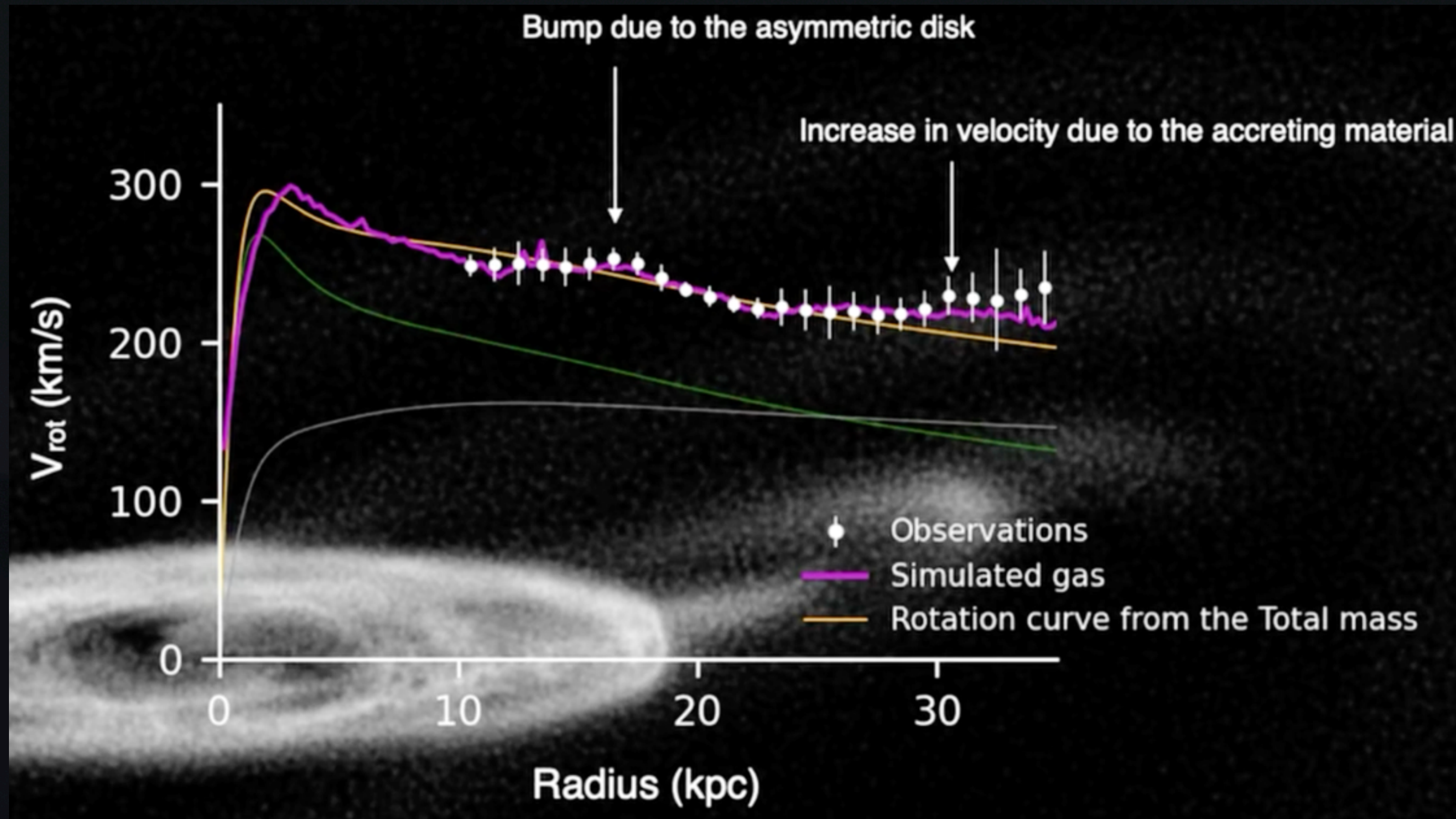
## Avancées scientifiques :

**Courbe de rotation de M31 superposée sur le disque de gaz qui montre la variation de la vitesse de rotation en fonction du rayon.**

Les points correspondent aux observations de la rotation du gaz d'hydrogène neutre, qui sont parfaitement reproduit par les mouvements du gaz simulé (courbe en magenta). Cela montre une première « bosse » qui représente la signature dynamique du disque d'Andromède.

Aux plus grands rayons, il y a une nouvelle croissance de la vitesse, qui est causé par les instabilités gravitationnelles **induites par la collision** qu'a subi Andromède il y a 2,5 milliards d'années.

La courbe orange décrit ce qu'aurait été cette courbe de rotation en l'absence d'instabilité gravitationnelle, et représente la somme des contributions de la matière ordinaire (courbe verte) et sombre (courbe grise).



# Andromède, M31, NGC 224.



## Avancées scientifiques :

En utilisant le modèle dynamique le plus sophistiqué de la galaxie d'Andromède et de son histoire, une équipe dirigée par un astronome du LIRA de l'Observatoire de Paris – PSL et CNRS a démontré que :

- Sa masse était bien plus faible (entre 2 à 4 fois moins) que ce que l'on pensait, impliquant un net déficit de matière sombre par rapport aux prédictions de la cosmologie moderne. L'étude paraît en ligne dans la revue *Astronomy & Astrophysics*, en date du 3 Février 2025.
- Parce qu'elle est notre grande voisine, la galaxie d'Andromède a joué un rôle essentiel en cosmologie. C'est en 1970 que Vera Rubin et ses collaborateurs ont découvert que les nuages de gaz au bord de son disque avaient une vitesse trop grande pour être en équilibre avec la masse en étoiles et en gaz d'Andromède. Cela démontrait la nécessité d'un gigantesque halo massif de matière sombre entourant cette galaxie.

# Andromède, M31, NGC 224.

## Avancées scientifiques :

La réduction de la masse d'Andromède pose une question à la cosmologie moderne.

Pour celle-ci, la matière ordinaire, faite de gaz et d'étoiles, représente moins d'un sixième ( $1/6$ ) du contenu matériel de l'Univers. Avec la nouvelle mesure, c'est un tiers ( $1/3$ ) de la masse d'Andromède qui est constituée de matière ordinaire.

Cela induit une déficience de matière sombre dans la galaxie d'Andromède, à la différence de ce qui avait été établi pour la plupart des grandes galaxies spirales avec leurs courbes de rotation plates.

En résumé, il manque de la masse dans la galaxie où on l'avait identifié pour la première fois. Une contradiction qui pourrait bouleverser les modèles cosmologiques.



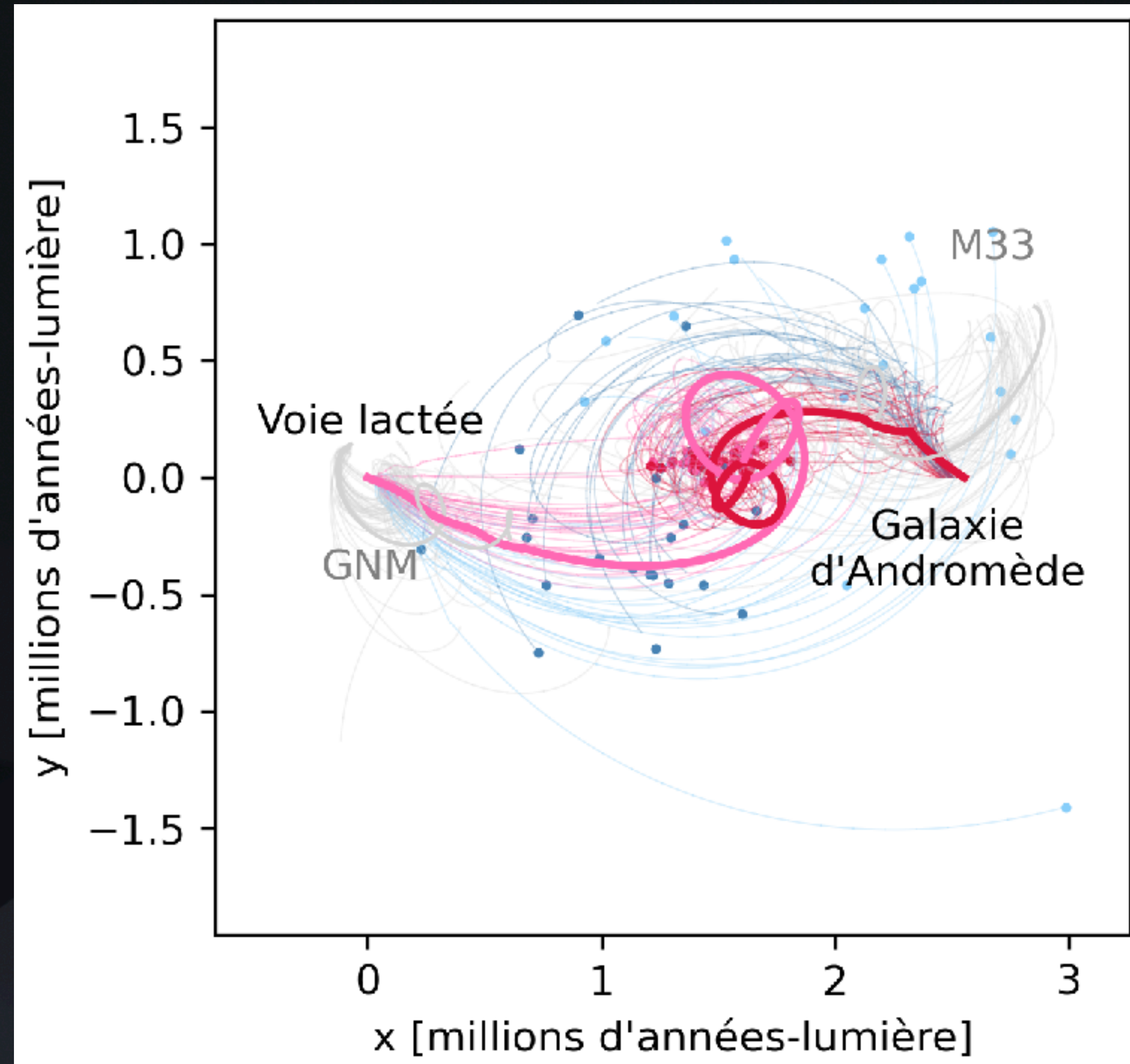
# Andromède, M31, NGC 224.

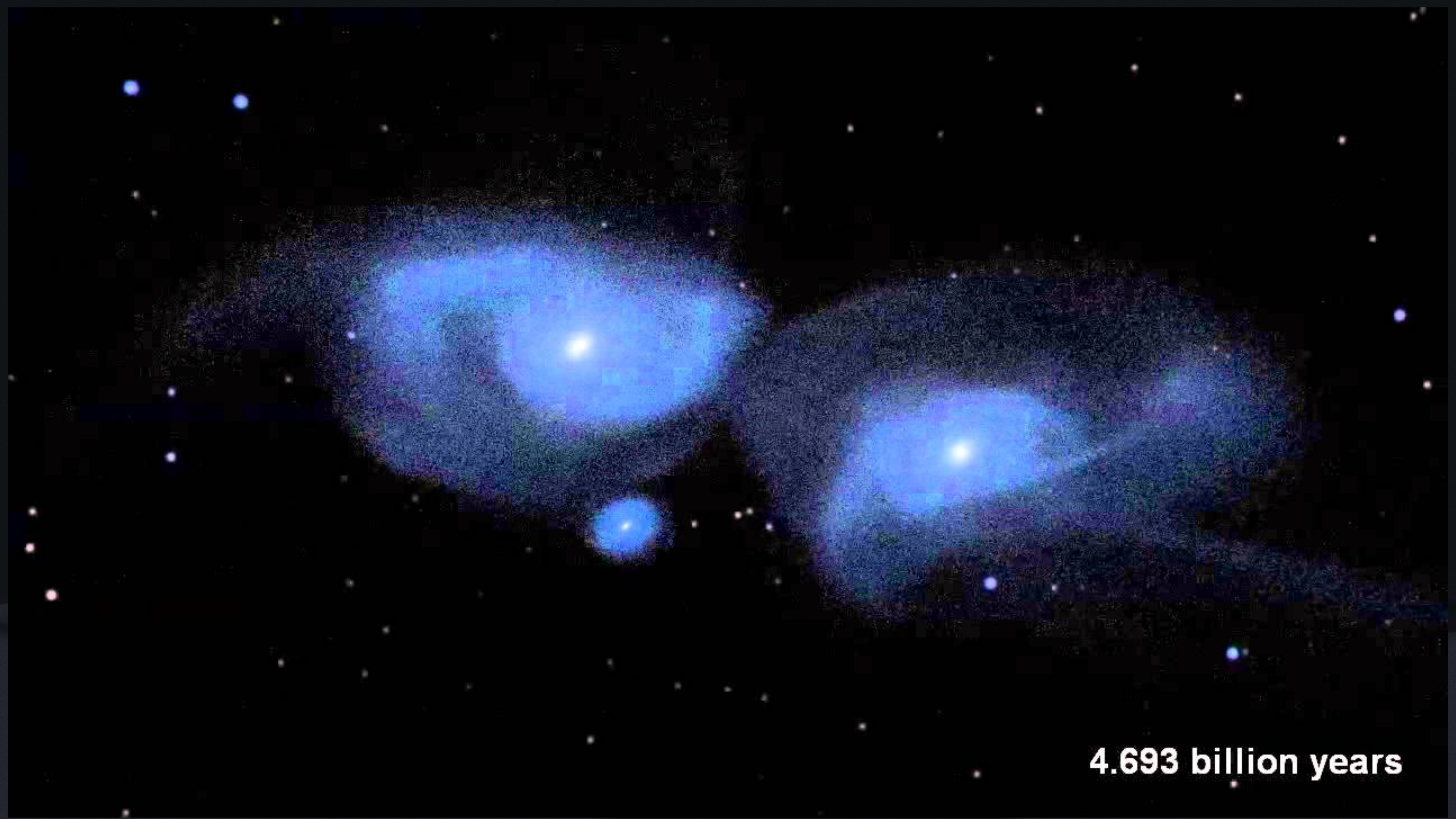
## FUTUR : Nouvelle fusion ?

Si la Voie lactée et Andromède devaient fusionner, ce qui est loin d'être une certitude, la date la plus probable serait dans **7 à 8 milliards d'années**, bien plus tard que ce qui avait été prédit précédemment. « En réalité, c'est cela qui fait la beauté de la recherche scientifique » souligne Jehanne Delhomelle (université de Toulouse)

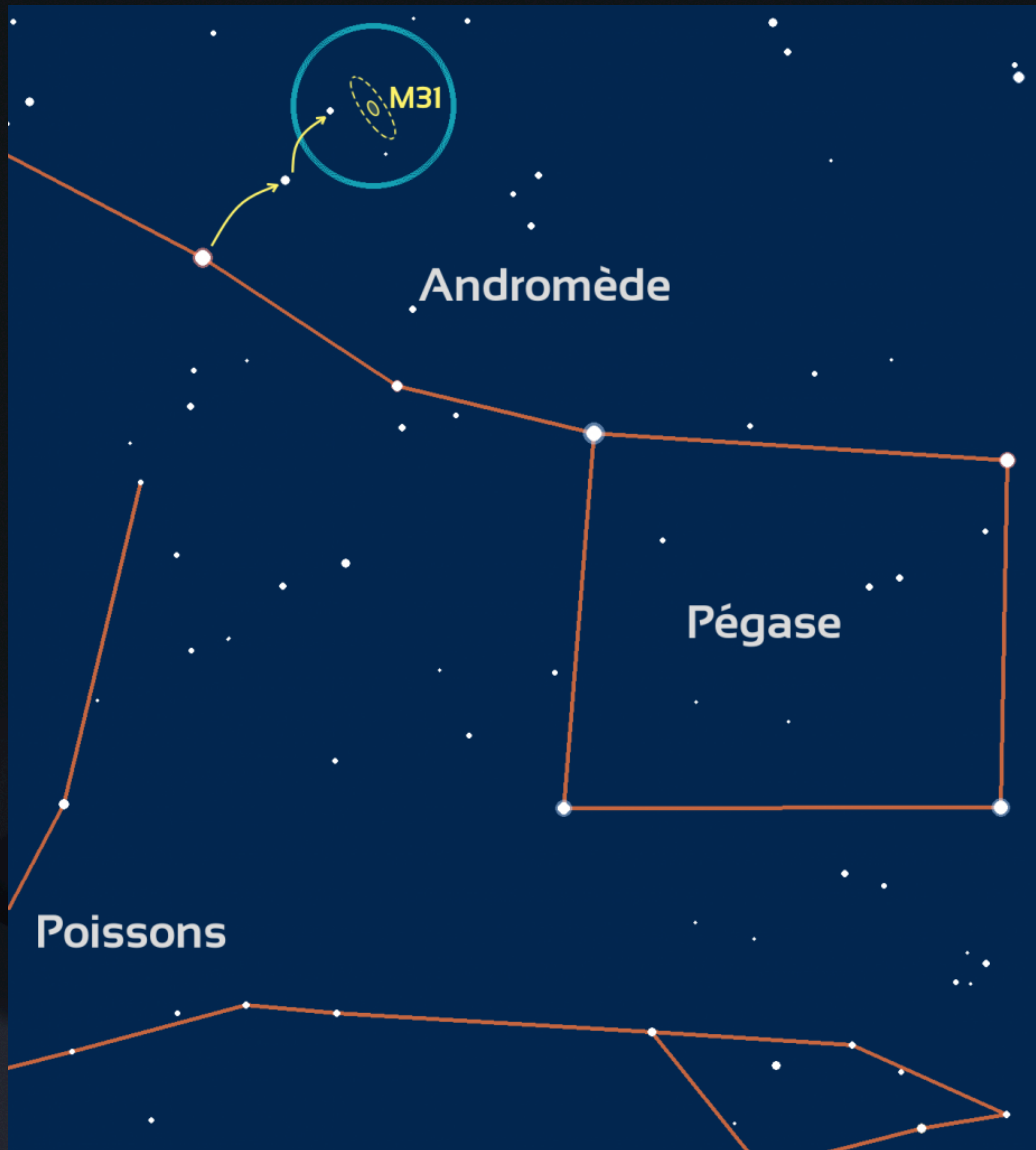
Trajectoires sur 50 simulations de la Voie lactée et d'Andromède, ainsi que celles du Grand Nuage de Magellan (GNM) et de la galaxie du Triangle (M33).

En rouge : les trajectoires où la Voie lactée et Andromède fusionnent. En bleu : où elles s'esquivent.





**4.693 billion years**



Andromède, pour aller plus loin ...

