

# VISITE PÉDAGOGIQUE D'AMAS DE GALAXIES AVEC UN TÉLESCOPE ÉLECTRONIQUE DE 100 MM OU VOIR AU-DELÀ DE LANIAKEA !

Pierre Le Fur, Toulon

Les images astronomiques impressionnantes obtenues par le James Webb Space Telescope inondent les revues et ouvrages d'astronomie. Elles touchent directement le grand public mais aussi nos élèves. Parallèlement, en établissant les catalogues «cosmic flows», les astrophysiciens nous font découvrir la structure de l'Univers : notre superamas de galaxies « Laniakea » [1] et sa périphérie en 2014, puis en 2023 « Ho'oleilana », vestige d'une oscillation acoustique baryonique née lors du Big Bang [2].

Peut-on initier nos élèves à l'observation des amas de galaxies, de leurs constituants ou même de leurs structures ? Peut-on montrer à des jeunes curieux du ciel la position de ces objets par rapport aux cartes extragalactiques récemment établies, leur montrant par-là même notre position dans l'Univers ?

Il y a encore quelques années, cela semblait totalement inaccessible : il aurait fallu mettre à leur disposition un télescope puissant d'au moins 300 mm de diamètre placé dans un site élevé, à l'abri de toute lumière parasite. Puis, il aurait été nécessaire d'initier les plus « performants »

à la manipulation de l'instrument, puis au traitement des images...

Je vous propose d'essayer de vous convaincre que ce temps est révolu. Observer l'« infini » est désormais à portée de téléphone portable ou de tablette, en zone urbaine, sans aucune connaissances en astronomie, et encore moins en traitement d'images : ce changement radical vient de l'utilisation des révolutionnaires télescopes électroniques notés dans la suite e-télescopes (ici l'eVscope 1 d'Unistellar®). Avec un diamètre de 100 mm seulement, des élèves ou des membres de club peuvent obtenir directement des images traitées de certains amas de galaxies, le télescope se dirigeant seul dans les constellations vers la cible désignée par son numéro NGC, sans mise en station équatoriale préalable. Certes, les résultats obtenus seront des miniatures de galaxies mais riches d'informations décryptables dès la fin de l'observation. Avant de partir en exploration extragalactique, munissons-nous d'une carte simplifiée de notre environnement et découvrons « Laniakea » : voir figure 1- ci-dessous.

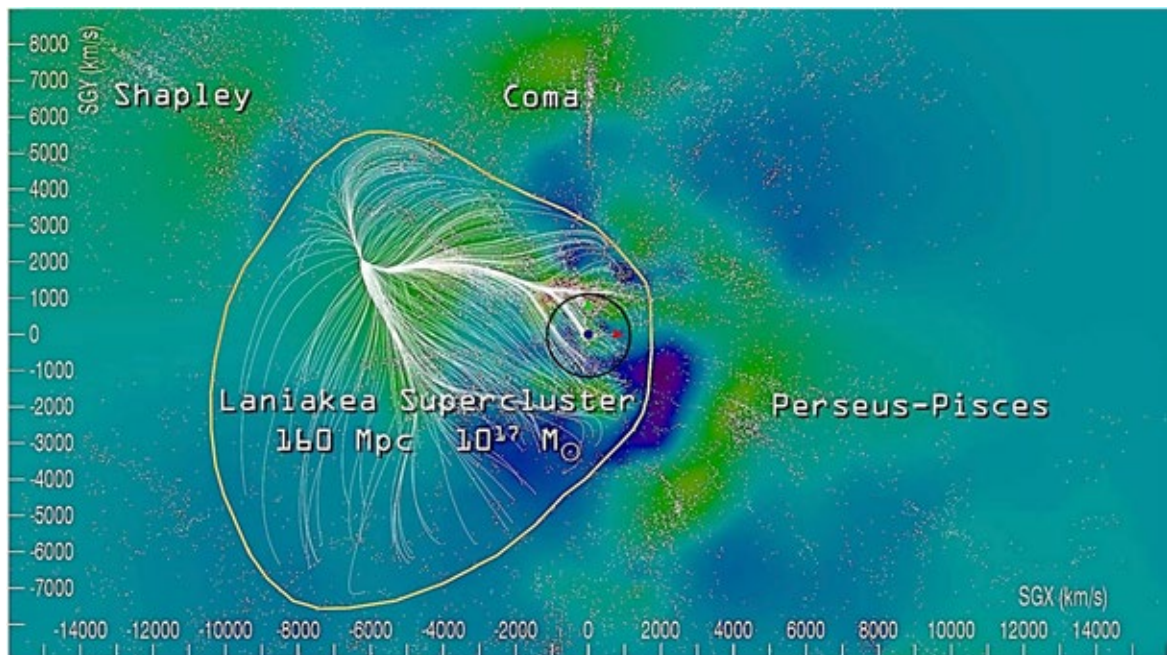


Fig.1. Carte originale parue dans la revue Nature dans l'article « The Laniakea super-cluster of galaxies » Auteurs : R. Brent Tully, Hélène Courtois, Yehuda Hoffman & Daniel Pomarède [1]. Le nom de « Laniakea » signifie « paradis incommensurable » en hawaïen : Brent Tully appartient à l'université d'Hawaï.

Échelle en composantes [SGX, SGY] de vitesse d'expansion de l'Univers : 2 000 km/s correspond à une distance d'environ 93 millions d'années-lumière soit près de 930 fois le diamètre de notre galaxie la Voie lactée (distance notée  $d = 93 \text{ Mal}$ , dépendant du choix de la valeur de la constante de Hubble-Lemaître  $H_0$  car  $d = V(\text{SG..})/H_0$ , dans la suite  $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$ ). Notre galaxie est située au centre, point bleu foncé de coordonnées [0,0]. Le triangle rouge n'est qu'une marque du repère supergalactique (direction SGX, pointée vers Cassiopee). Le cercle noir centré sur la Voie lactée a un rayon de 50 Mal.

Ce plan est une vue dans le plan supergalactique (plan en coupe des superamas) : chaque point blanc est une galaxie. Les couleurs bleu-vert-rouge représentent la densité en galaxies : en rouge, forte densité en galaxies ; en vert densité moyenne et en bleu sombre, zones quasi vides. De nombreuses galaxies se trouvent à proximité de ce plan, néanmoins seule une vue en trois dimensions peut s'approcher plus complètement de la réalité. Ce travail en 3D a été pleinement réalisé par les auteurs de l'étude [1], [3].

Les traits blancs correspondent aux lignes de courants de galaxies qui se meuvent sous l'action de la gravitation due aux galaxies elles-mêmes et surtout à l'invisible matière noire. La zone entourée appelée Superamas Laniakea contient  $10^{17}$  masses solaires soit des dizaines de milliers de galaxies toutes liées par gravitation qui s'écoulent sur des millions d'années-lumière et convergent vers un point appelé « grand attracteur » situé dans ce superamas en haut à gauche. La taille de Laniakea approche 160 mégaparsecs soit 520 Mal. L'ensemble est à envisager en

trois dimensions. Trois autres superamas l'entourent, dont Perseus, Pisces et Coma. Shapley n'est pas observable depuis nos latitudes terrestres moyennes nord.

Intéressons-nous à ces trois objets situés hors de notre superamas Laniakea : l'amas de galaxies Abell 426 et le groupe compact « quintette de Stephan » dans le superamas Perseus-Pisces puis l'amas Abell 1656 dans le superamas Coma.

L'amas de Persée ou Abell 426 constitue une sorte de « grumeau » dans le superamas Perseus-Pisces. Son observation est possible le soir en automne dans la constellation de Persée, tout près de la célèbre étoile variable Algol. Malgré sa distance fabuleuse de 240 Mal, soit dix fois plus loin que la galaxie des Chiens de chasse M 51, il reste détectable sur les images obtenues en ville avec l'e-télescope voir figure 3. Une quarantaine de galaxies visibles occupent une surface presque identique à celle de la pleine Lune. Wikipédia indique qu'il y a au total environ 190 galaxies dans Abell 426, à comparer au

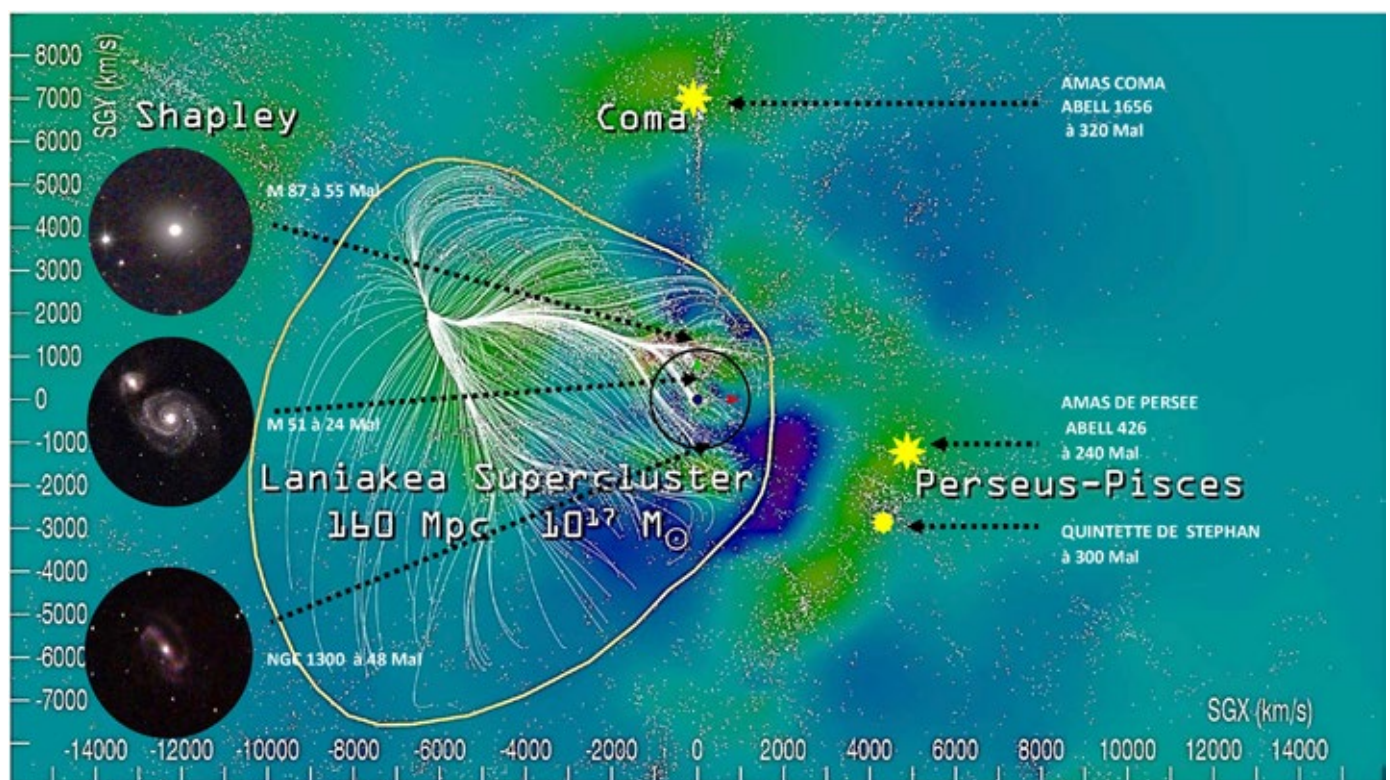


Fig.2. Carte originale précédente utilisée pour placer trois galaxies classiques c'est à dire usuellement observées par les amateurs ; les trois célèbres galaxies « proches » de la Voie lactée , la spirale des Chiens de chasse M 51, la géante elliptique M 87 connue pour son célèbre trou noir central M 87\* et la galaxie spirale barrée de grand style NGC 1300. Si M 87 appartient quasiment au plan, M 51 est légèrement « au-dessus » du plan vers le lecteur et NGC 1300 « en-dessous », par delà la feuille.(Images eVscope 1, auteur). Toutes les trois sont piégées dans les courants gravitationnels de Laniakea.

Les trois groupes ou amas de galaxies étudiés dans ce texte apparaissent en jaune sur ce même plan. Leurs positions indiquent clairement qu'ils n'appartiennent pas à notre superamas Laniakea, contrairement aux trois galaxies individuelles précédentes. Ces symboles jaunes représentent leurs projections dans le plan. Abell 1656 et Abell 426 appartiennent pratiquement au plan, à environ 1 000 km/s près. Le quintette de Stephan a, lui, une côte positive de 3 900 km/s donc « au-dessus » du plan, vers le lecteur.

millier du superamas Perseus-Pisces.

Si l'amas est parfaitement visible dans son ensemble, l'e-télescope met aussi en évidence des particularités de certaines galaxies. Tout d'abord la géante lenticulaire

NGC 1275, 2,5 fois plus grande que la Voie lactée soit 250 000 al, se fait remarquer par des nodosités lumineuses entourant le bulbe central. L'observation comparée avec celle effectuée par le Hubble Space Telescope prouve





Fig.3. Abell 426 (240 Mal) centré sur la galaxie NGC 1275, hauteur au-dessus de l'horizon environ 50° (Champ 37'× 39'). Intégration automatique de 63 min, eVscope-1 (10 cm de diamètre), depuis un jardin dans la ville de Toulon avec pollution lumineuse (mag limite à l'œil nu 3 à 3,5). Tout un chacun peut obtenir sans aucune difficulté ce type de résultat (auteur). La nébulosité entourant certains points lumineux signe la présence des galaxies. On peut en compter environ 30 au premier regard sur l'agrandissement de cette portion d'image. Le site Aladin Lite de l'université de Strasbourg permet l'identification de certaines d'entre elles : <https://aladin.cds.unistra.fr/AladinLite/>

que ce ne sont pas des artefacts instrumentaux du petit télescope électronique, voir figure 4. En effet cette

radio-galaxie très active expulse violemment des gaz et de la poussière, sous l'action de son très actif trou noir

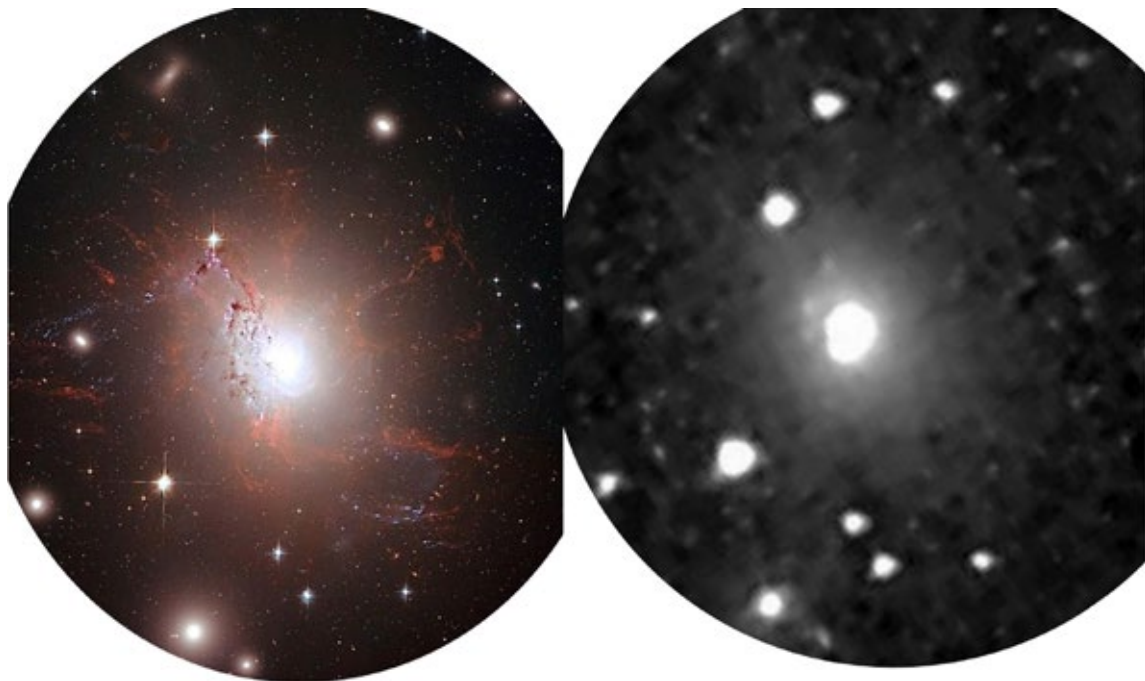


Fig.4. NGC 1275, à gauche, l'image très détaillée obtenue par le Hubble ST (NASA/ESA). À droite agrandissement de l'image précédente (eVscope 1) autour de NGC 1275. La correspondance entre les positions des étoiles de premier plan de notre galaxie permet d'établir une comparaison solide. Les nodosités situées dans le quart supérieur gauche du bulbe galactique (image de notre e-télescope) coïncident bien avec la zone perturbée pleine de poussières et d'étoiles en formation mise en évidence par le HST. N'oublions pas que cet objet de taille 250 000 al est situé à 240 Mal ! Ici, l'e-télescope a une résolution géométrique de 1,15" d'arc par pixel et les étoiles les plus faibles qu'il a enregistrées atteignent une magnitude supérieure à 17 (voir AladinLite). (auteur).



central supermassif (galaxie dite de Seyfert).  
 D'autre part la comparaison avec un cliché récent pris par le satellite européen Euclid (ESA) permet de retrouver

la trace de galaxies spirales et de constater qu'elles se trouvent plutôt vers la périphérie de l'amas dont le cœur est occupé par des géantes elliptiques (figure 3). C'est le

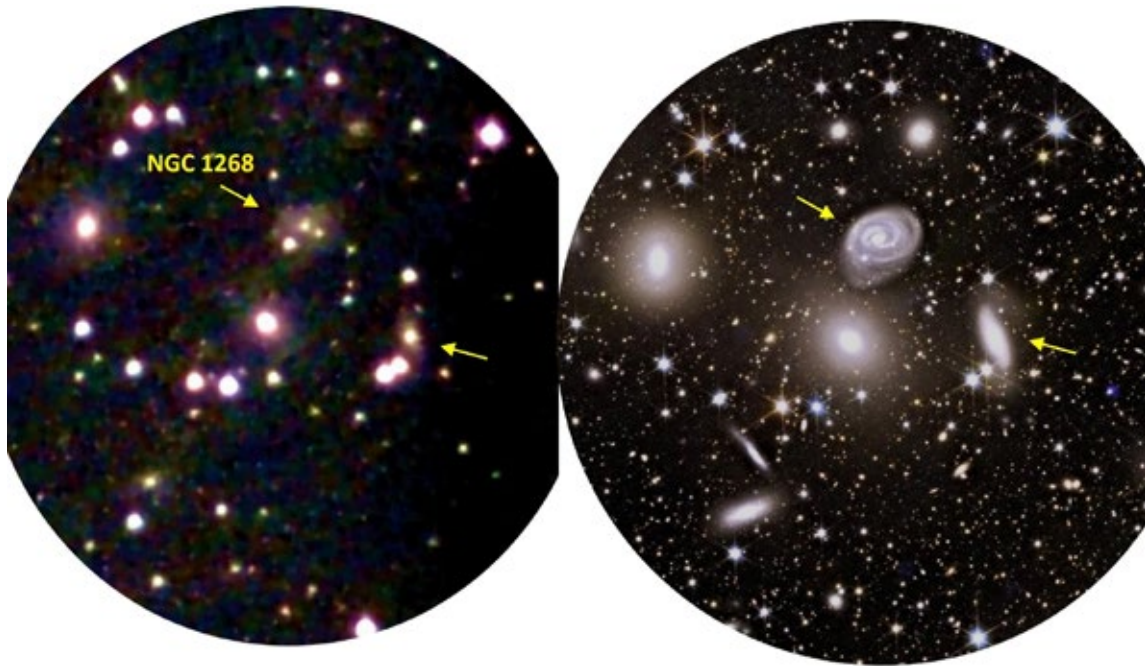


Fig.5. Dans Abell 426, région de NGC 1268, à droite par le satellite Euclid (publiée le 7 novembre 2023 par l'ESA) et à gauche agrandissement de l'image de la figure 3. Notons que l'utilisation de l'infrarouge par le satellite européen fait ressortir ces galaxies lointaines par rapport aux étoiles de notre galaxie, situées au premier plan à quelques centaines ou milliers d'années-lumière seulement. Les flèches jaunes pointent deux galaxies non elliptiques. En réalité NGC 1268 est sur la bordure avant de cet amas de Persée, à « seulement » 150 Mal de notre galaxie.  
 Crédit : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre (CEA Paris-Saclay), G. Anselmi.

cas pour NGC 1268 présentée figure 5.  
 On peut continuer à explorer le superamas Perseus-Pisces en quittant Abell 426 pour prendre le chemin du célèbre quintette de Stephan distant de 300 Mal cette fois. Il est aussi repérable le soir en automne mais dans la constellation de Pégase. Pour certains télescopes électroniques, il faut parfois introduire ses coordonnées ascension droite/déclinaison pour le viser. Sinon, on dirige le télescope vers NGC 7320.  
 Cette fois ce n'est qu'un groupe de quelques galaxies

apparemment en interaction dont on va fixer une « miniature » sur l'écran. Ces objets appartiennent aux flots gravitationnels de Perseus-Pisces dans une région dense (non figurés en lignes blanches sur la carte, figures 1 et 2). Comme précédemment un immense vide le sépare de Laniakea représenté en bleu foncé sur les mêmes figures. Sur les cinq galaxies du groupe, l'image obtenue en augmentant le contraste des couleurs montre une galaxie plus bleutée et plus grande que les quatre autres : c'est NGC 7320 (voir figure 6).

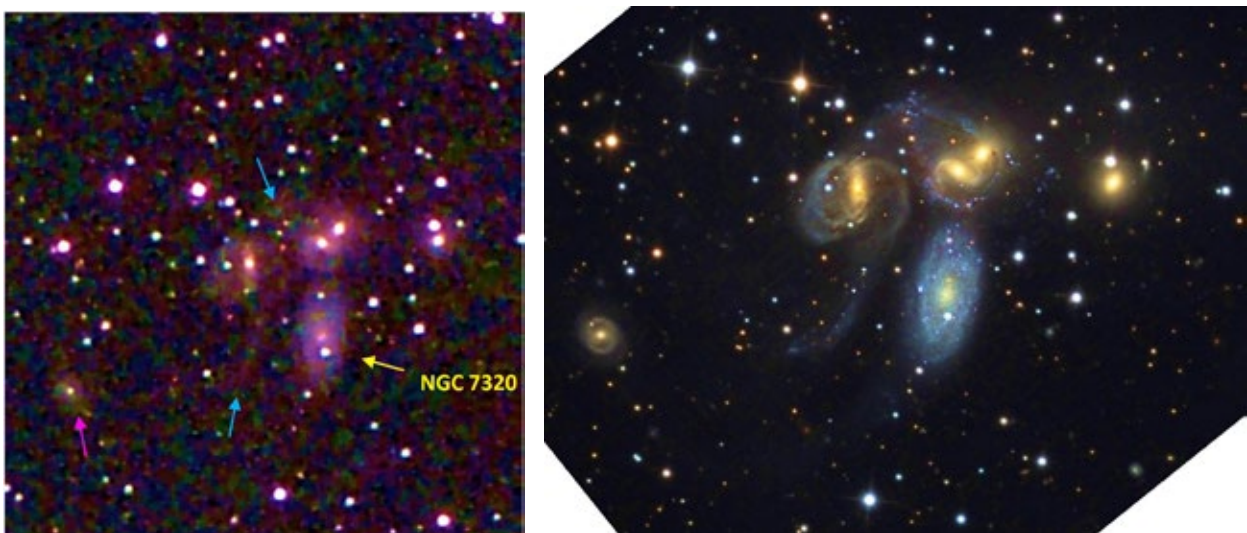


Fig.6. Quintette de Stephan (300 Mal) ; à gauche, image pixélisée car fortement agrandie prise à l'eVscope 1 (10 cm de diamètre), champ 10'× 8', contraste de couleur augmenté, avec un temps d'intégration de 53 min en ville de Toulon toujours avec forte pollution lumineuse ; à droite, pour comparaison, image réalisée avec un télescope de 80 cm de diamètre (Wikipédia - JSchulmann555). Les flèches bleues signent la présence des ponts de matière. La flèche violette vise la petite galaxie NGC 7320c située à 270 Mal.



Son noyau apparaît plus réduit que ceux des quatre « compagnes » situées au-dessus. En réalité NGC 7320 n'est pas liée gravitationnellement avec les autres car elle se trouve dans Laniakea à 22 Mal seulement. C'est donc une galaxie en réalité plus petite que les autres située en avant plan. Sa teinte bleutée correspond sans doute à une forte densité en étoiles jeunes.

Les queues de marées gravitationnelles sont perceptibles, en particulier entre NGC 7319 et le couple serré 7318 (a) et (b), voir la flèche bleue du haut. 7320c, située à 270 Mal donc à l'avant vers l'observateur, subit les actions de gravitation du « quintette », NGC 7320 exclue bien sûr, voir la flèche violette.

**On voit tout l'intérêt pédagogique de ces observations :** repérer les objets sur la carte du ciel, réaliser l'observation, identifier les galaxies sur l'image obtenue avec le site Aladin-Lite de l'observatoire de Strasbourg

<https://aladin.cds.unistra.fr/Aladin-Lite/>, trouver une image de référence réalisée par un télescope spatial ou un grand télescope, déterminer la position de ces objets dans les superamas en utilisant distances et coordonnées super-galactiques obtenues sur le site de la NASA-IPAC data base

<https://ned.ipac.caltech.edu/>, repérer les interactions éventuelles et les galaxies actives à l'aide de Wikipédia, apprendre à reconnaître les types de galaxies, etc.

Pour terminer cette visite de « l'infini » pour le néophyte, toutefois 40 fois moins « infini » que celui accessible au télescope JWST, visitons brièvement l'amas « Coma » ou Abell 1656 situé cette fois dans le superamas du même nom. Il peut être observé dans la constellation de la Chevelure de Bérénice (Coma Berenices en latin), le soir au printemps. L'e-télescope vise NGC 4889, immense galaxie elliptique située vers le centre d'Abell 1656 à quelque 320 Mal !

Ces petits télescopes électroniques ouvrent donc les portes de l'Univers aux élèves et étudiants, sans perdre de temps en mise en place ou traitements informatiques divers, en limitant largement les contraintes de pollution lumineuse. Ils fournissent un accès direct aux questions astrophysiques posées par les images obtenues. Des objets extrêmement lointains deviennent accessibles à tous, portant les limites de notre « regard » jusqu'au

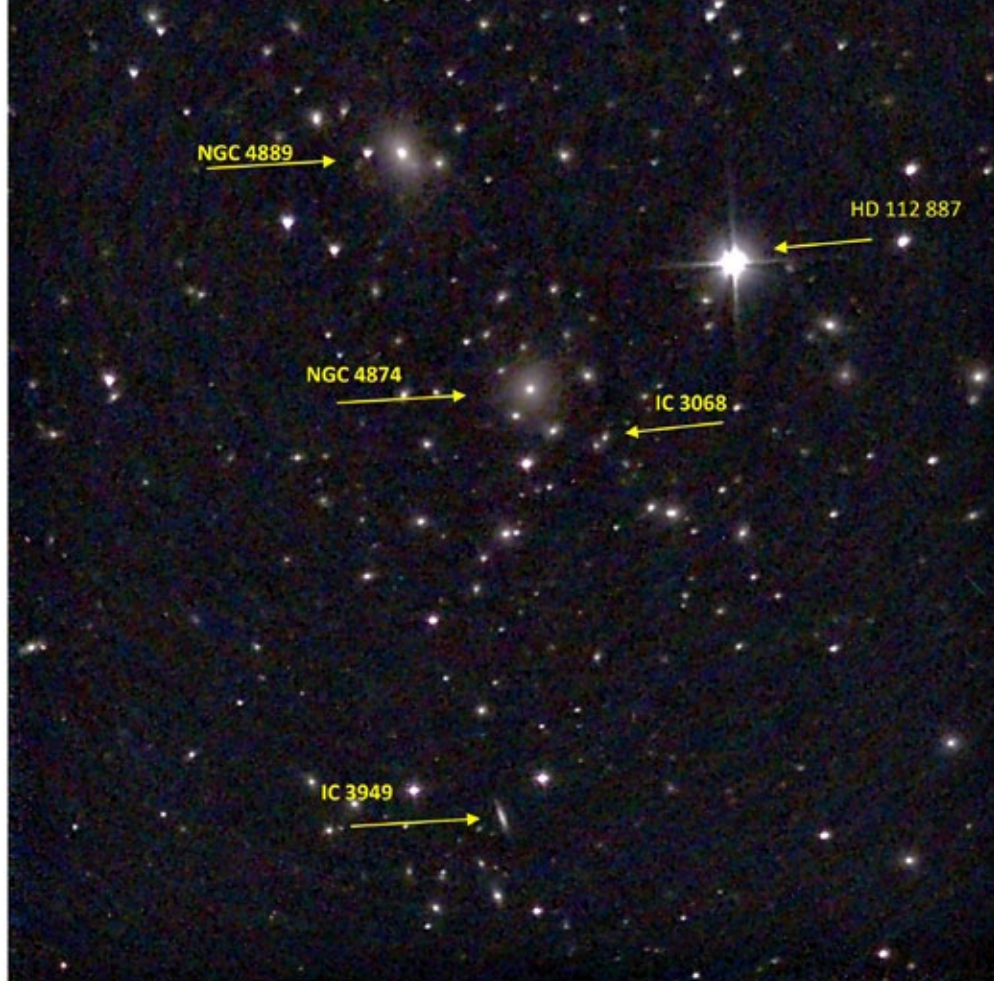


Fig.7. Amas Coma ou Abell 1656 (320 Mal) ; image obtenue avec un eVscope 1, temps d'intégration 15 min seulement par un ciel de bord de mer (Plouhinec-Audierne 29) exempt de lumières parasites pour lequel la magnitude visuelle limite atteint environ 6. La profondeur de champ est incroyable : l'étoile HD 112 887 balise le premier plan à 270 al et la galaxie IC 3068 place le fond de décor à 550 Mal, au-delà du superamas COMA ! Là encore les grandes galaxies elliptiques occupent le cœur de l'amas (4889, 4874) et des spirales s'observent en périphérie comme IC 3949 à 350 Mal. La plupart des points lumineux sont des galaxies et non des étoiles comme le montre une comparaison avec une observation aux grands télescopes professionnels. À noter, un léger défaut d'alignement des miroirs a conduit à un astigmatisme perceptible en bord de champ.

demi-milliard d'années-lumière ! À condition quand même d'éviter de placer le télescope à moins de 20 m d'un lampadaire...

[1] « The Laniakea super cluster of galaxies ». Auteurs : R. Brent Tully, Hélène Courtois, Yehuda Hoffman & Daniel Pomarède. *Nature* volume 513, pages 71–73 (2014).

[2] R.B. Tully, C.Howlett and D. Pomarède, *The Astrophysical journal* 954, 169 (2023). Voir aussi le numéro 187, de la revue de la SAF *L'Astronomie* p 32 (novembre 2024).

#### **Bibliographie accessible à tous sur le site du CLEA**

INRP - CLEA - Archives (clea-astro.eu).

[3] CC n° 164, hiver 2018 :

Laniakea, l'Univers en trois dimensions, par D. Pomarède et H. Courtois, p 24, figure 2.

[4] Cahiers Clairaut n° 159, automne 2017 :

a- La vie des galaxies par Françoise Combes p 12.

b- Les galaxies, histoire des découvertes par Pierre Causeret p 18.

c- Les galaxies actives, par Suzy Collin-Zahn p 21.

d- Activités sur le thème des galaxies, par Henri Faivre p 27.

e- Une photo de galaxie par des collégiens, par Jean Michel Vienney p 30.