

# Andromeda in 3D

*Begeleiding: Sébastien Viaene*

*Ook geschikt voor een  
educationele master*

Het Andromedastelsel, onze dichtste buur, biedt geweldige inzage in een volwassen sterrenstelsel. De structuur van sterren, gas en stof is veel gemakkelijker te bestuderen dan in onze eigen Melkweg. Aan de hand van de nieuwste data en krachtige simulaties krijgen we langzaam inzicht in de interne structuur van Andromeda. In dit project zal de student een volledig consistent 3D model van sterren, stof en gas opbouwen aan de hand van beelden van verschillende ruimtetelescopen. We gaan op zoek naar variaties in de interne energiehuishouding en naar de gemiddelde leeftijd van fotonen in een sterrenstelsel. Er is ook een unieke kans om dit onderzoek aan het brede publiek te communiceren aan de hand van 3D virtual-reality animaties en fly-by's.

# Stralingsoverdracht op een grafische kaart

*Begeleiding: Wouter Dobbels, Peter Camps*



Het licht dat we van een galaxie waarnemen, volgt geen recht pad naar ons, maar wordt door stof verstrooid en geabsorbeerd. Dit kunnen we simuleren met een stralingsoverdrachtcode. Binnen de sterrenkunde bestaan er enkele zulke codes (zoals SKIRT), maar deze werken enkel op traditionele processoren (CPU).

Het doel van deze thesis is om stralingsoverdracht ook beschikbaar te maken op een grafische kaart (GPU). Mits goede parallelisatie kan dit de berekeningen vele malen versnellen. We vertrekken van een eenvoudige stralingsoverdrachtcode (in C++), en deze wordt aangepast om op een GPU te werken. Dit kan aan de hand van CUDA (geen voorgaande kennis vereist). Verschillende implementaties kunnen vergeleken en gebenchmarkt worden. We beginnen met een constante stofdichtheid, maar naarmate de thesis vordert kunnen we de code uitbreiden tot een meer realistische aanname.



# Vernietigen van ruimtestof door energetische straling



*Begeleiding: Peter Camps, Maarten Baes*

*Mobiliteit: Bezoek mogelijk aan het observatorium in Belgrado, Servië.*

Om het stralingsveld in astrofysische systemen met de computer na te bootsen is een goed model voor de ruimtelijke distributie van interstellair stof van groot belang. In sommige omgevingen, zoals vlak bij een jonge ster of in de buurt van een actieve galactische kern (AGN), worden stofdeeltjes vernietigd door de krachtige straling. De stofvrije zone hangt af van de eigenschappen van de stralingsbron en van het stof; grotere stofdeeltjes kunnen bijvoorbeeld langer overleven dan kleine. Het doel van dit project is om enkele modellen voor stofvernietiging op te stellen en in te bouwen in onze code voor het simuleren van stralingsoverdracht in sterrenstelsels, en na te gaan wat de effecten zijn op de resultaten van de simulaties.


# Van stoflichtkracht naar gasmassa

*Begeleiding: Ana Trčka, Maarten Baes*

Moleculair waterstof is een belangrijk onderdeel van het interstellair medium, waaruit sterren gevormd worden. Het is echter moeilijk te observeren aangezien  $H_2$  bijna geen licht uitstraalt. Een manier om toch de  $H_2$ -massa te schatten is door gebruik te maken van de CO-molecule. Het is echter niet mogelijk om de CO-lijn te observeren voor duizenden galaxieën op hoge roodverschuiving. In deze thesis testen we een sneller alternatief: we maken gebruik van de lange golflengtes (stofcontinuüm) om de  $H_2$ -massa's te schatten op hoge roodverschuiving. Hierbij maken we gebruik van de EAGLE kosmologische simulaties. Via stralingsoverdracht zijn de nodige fluxen van deze gesimuleerde galaxieën beschikbaar. We zullen een  $H_2$ -fractie voor alle EAGLE galaxieën bepalen, en die vergelijken met de massa die we uit de fluxen schatten. De volgende stap is dan om deze methode op echte galaxieën te testen.



# De organisatie van gas en stervorming door stellaire balken



*Begeleiding: Sharon Meidt*

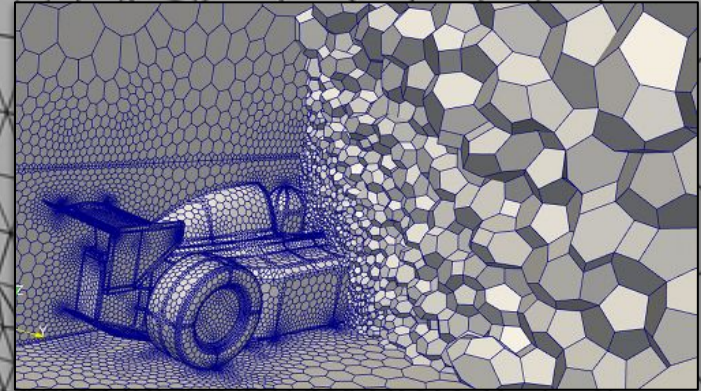
*Mobiliteit: Bezoek aan ESO (Garching) mogelijk*

*Ook geschikt voor een educationele master*

De Melkweg herbergt een grote balk van sterren die de huidige verdeling van sterren, gas en stof organiseert. De balk heeft een grote invloed op het gasreservoir waaruit nieuwe sterren worden gevormd. Op die manier regelen balken ook waar en in welke mate sterrenstelsels groeien door stervorming. Ongeveer 75% van de nabijgelegen sterrenstelsels bevatten zo een balk. Om hun invloed op stervorming beter te begrijpen is het essentieel om op hoge resolutie te kijken naar de beweging van gas in balken. In dit project zal de student de morfologische eigenschappen van balken vergelijken met de lokale beweging van gas in een groep nabijgelegen sterrenstelsels. Dit maakt deel uit van de grensverleggende nieuwe metingen met het ALMA observatorium door de PHANGS samenwerking. De student zal de kans krijgen om zijn/haar inzichten te delen met het brede publiek, door de bewegingsinformatie in deze nieuwe dataset te visualiseren.

# Stralingsoverdracht op een ongestructureerd tetrahedron rooster

Begeleiding: Peter Camps, Maarten Baes



Om de interactie tussen straling en materie te modelleren, maken sterrenkundigen meestal gebruik van Monte Carlo stralingsoverdrachtcodes. Dit zijn numerieke codes waarbij een gigantisch aantal fotonen individueel wordt gevolgd doorheen het systeem onder studie. Hierbij wordt dit systeem opgedeeld in vele kleine cellen. Meestal gebruikt men hiervoor een regulier of een octree rooster, maar soms zijn onregelmatige roosters meer aangewezen. Het doel van dit project is om te achterhalen hoe fotonen efficiënt kunnen propageren doorheen een ongestructureerd tetrahedronrooster (een rooster waarbij alle cellen tetrahedra zijn), en de voor- en nadelen van zulke roosters voor stralingsoverdrachtsimulaties te onderzoeken.



# Sterrenstof in balkspiraalstelsels



*Begeleiding: Sébastien Viaene, Sharon Meidt*

*Mobiliteit: een bezoek aan ESO  
(Garching) is aangewezen*

Interstellair stof zorgt ervoor dat sterlicht wordt verduisterd en roder wordt. Het verschil tussen het uitgestuurde en geobserveerde sterlicht is golflengte-afhankelijk. Door metingen van deze attenuatie kan men inzicht krijgen in de 3D verdeling van het stof, en de samenstelling van de stofkorrels. Dat is dan weer van cruciaal belang om de vorming van nieuwe sterren te begrijpen in functie van het soort sterrenstelsel. Op nieuwe beelden van de MUSE spectrograaf is te zien hoe de oude balken gelardeerd zijn met donkere stofbanden. Het is onduidelijk of de balk stof en gas kanaliseert naar het centrale zwarte gat, of dit net verhindert naar het centrum te bewegen. Het doel van dit project is om nauwkeurig de attenuatie in kaart te brengen in deze sterrenstelsels. De student kan verder de link tussen stof en gas onderzoeken aan de hand van de PHANGS dataset om zo de evolutie van balken in sterrenstelsels beter te begrijpen.

# Stofeigenschappen schatten met machine learning

*Begeleiding: Wouter Dobbels, Maarten Baes*

*Mobiliteit: mogelijk te combineren met een stage bij Deloitte*

Om stofeigenschappen zoals temperatuur en massa te bepalen heeft men ver-infrarooddata nodig. Deze is echter voor veel galaxieën niet beschikbaar, en momenteel zijn er geen operationele ver-infrarood ruimtetelescopen. Voor veel galaxieën kunnen we dus geen directe schatting maken van de stofeigenschappen. Wel weten we dat het stof sterk samenhangt met de metalliciteit van het gas. Die metalliciteit is te verkrijgen via de emissielijnen in een optisch spectrum. Het zou dus in principe ook mogelijk moeten zijn om de stofeigenschappen te voorspellen uit een optisch spectrum. Aangezien dit verband op dit moment nog niet te modelleren valt gebruiken we machine learning technieken. We leren dus een optimaal verband tussen de input (optisch spectrum) en output (stofeigenschappen) aan. We kunnen dan ook onderzoeken welke golflengten (emissielijnen) het meeste invloed hebben op de voorspelling.



# Stochastische opwarming van interstellair stof

*Begeleiding: Peter Camps, Maarten Baes*

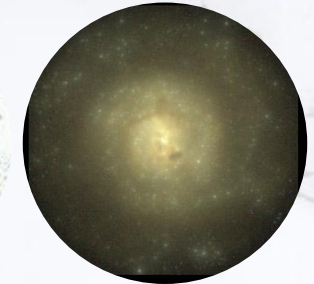
*Mobiliteit: een bezoek aan  
het IAS (Parijs) is mogelijk*

Eén enkel energetisch foton kan een klein interstellair stofdeeltje opwarmen tot ver boven de “evenwichtstemperatuur”, waarna het stofdeeltje langzaam afkoelt door infrarode fotonen uit te zenden. Om het emissiespectrum van een stofwolk te berekenen, moeten we de waarschijnlijkheidsverdeling bepalen van de temperatuur van de verschillende stofdeeltjes, in functie van het stralingsveld waaraan het stof blootgesteld is. Om de rekentijd te beperken veronderstellen codes die stralingsoverdracht simuleren tot hiertoe dat een stofdeeltje afkoelt in kleine stappen. Maar deze benadering is niet altijd gerechtvaardigd. Het doel van dit project is om een (gekende) nauwkeurigere methode te implementeren en te onderzoeken in welke gevallen de benaderende methode aanvaardbare resultaten produceert, en wanneer niet.

# Een EAGLE in de zoo

*Begeleiding: Ana Trčka, Maarten Baes*

*Ook geschikt voor een  
educatieve master*



EAGLE is één van de meest geavanceerde kosmologische simulaties waarbij sterrenstelsels gesimuleerd worden vanaf het begin van het Heelal tot vandaag. Eén van de meest fundamentele vergelijkingspunten met het echte Heelal is uiteraard de morfologie van sterrenstelsels. Ondanks verdienstelijke pogingen tot automatische classificatie, blijkt dat het menselijke brein, en dan in het bijzonder de menselijke gave tot patroonherkenning, moeilijk te overtreffen is. Het doel van deze masterproef is om een deel van de EAGLE sterrenstelsels te classificeren zoals het Galaxy Zoo project. Eerst zal de student de gesimuleerde EAGLE beelden zo realistisch mogelijk maken, onder andere door er achtergrondruis aan toe te voegen. Daarna kunnen ze worden voorgelegd aan een groep vrijwilligers, waarbij verschillende middelbare scholen zullen worden ingeschakeld. Hoe goed weerspiegelt EAGLE het echte Universum?



# Metalliciteit schatten met machine learning



*Begeleiding: Wouter Dobbels, Maarten Baes*

*Mobiliteit: mogelijk te combineren met een stage bij Deloitte*

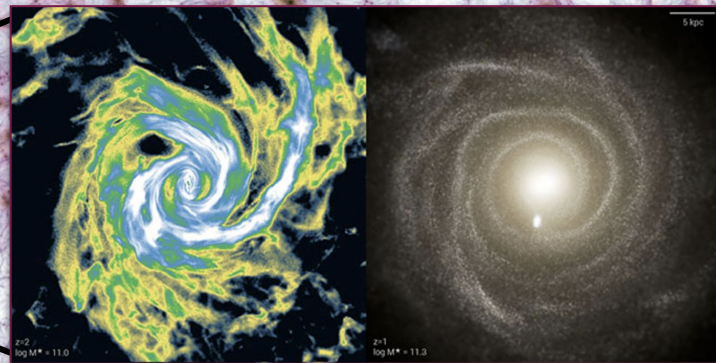
De metalliciteit van interstellair gas wordt typisch gemeten aan de hand van enkele emissielijnen. Daarvoor heeft men echter spectroscopie nodig, wat observationeel moeilijker te verkrijgen is dan breedbandmetingen. Voor veel galaxieën, vooral op hogere roodverschuiving, hebben we dus geen spectroscopie. Het doel van deze thesis is om een machine learning algoritme te trainen dat de metalliciteit voorspelt aan de hand van enkele breedbandmetingen (zonder spectroscopie). Dit werd al gedaan, gebruik makende van 5 optische banden (Acquaviva 2015), maar in deze thesis maken we gebruik van ultraviolet tot ver-infrarood data. Deze zijn recent beschikbaar geworden dankzij de GAMA survey. Vooral het ver-infrarood lijkt een veelbelovende bijdrage, aangezien dit afkomstig is van het stof, dat op zijn beurt sterk samenhangt met de metalliciteit van het gas. Het doel is om deze hypothese ook na te gaan, door te onderzoeken welke banden de sterkste invloed hebben op de voorspellingen.



# Panchromatische beelden van IllustrisTNG sterrenstelsels

*Begeleiding: Peter Camps, Maarten Baes*

*Mobiliteit: Bezoek aan Heidelberg is mogelijk*



Kosmologische hydrodynamische simulaties zijn een belangrijk hulpmiddel om de fysica van sterrenstelsels te begrijpen, en gedurende de laatste jaren zijn deze simulaties steeds krachtiger geworden. Om deze simulaties te ijken moeten ze vergeleken worden met waarnemingen, en dat is geen sinecure. De UGent groep is gespecialiseerd in het creëren van artificiële waarnemingen van sterrenstelsels uit hydrodynamische simulaties, gaande van het UV tot het mm gebied. Het doel van dit thesisproject is om panchromatische beelden te genereren voor stelsels uit de IllustrisTNG simulatie, waarschijnlijk de meest geavanceerde simulatie in zijn soort. Deze artificiële data kunnen dan worden vergeleken met verschillende waarnemingen, en zo kan getest worden of IllustrisTNG een realistisch beeld geeft van ons Universum.



# Deprojectie van spiraalgalaxieën



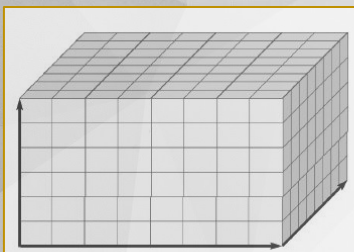
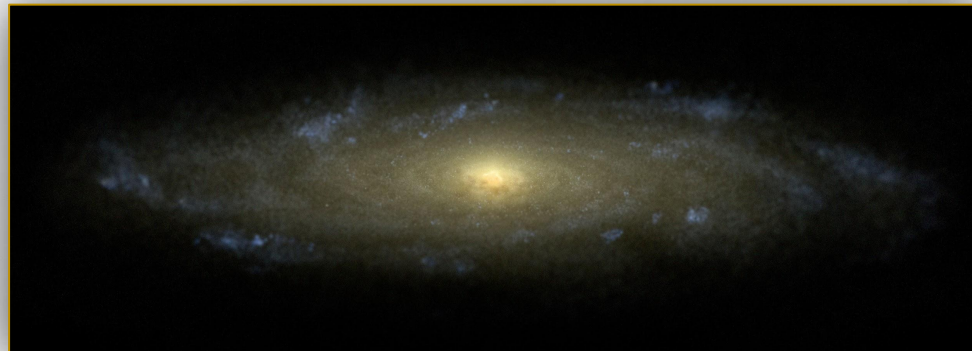
*Begeleiding: Wouter Dobbels, Maarten Baes*

*Ook geschikt voor een  
educatieve master*

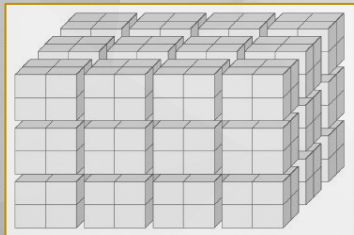
In spiraalgalaxieën bevindt de meeste materie zich in een schijf (het vlak van de galaxie). Wanneer we een galaxie waarnemen, zien we enkel een 2D projectie, die natuurlijk niet altijd gealigneerd is met de galaxieschijf. Om de 3D structuur te achterhalen moeten we enkele aannames doen. Een veelgebruikte benadering is die van een oneindig dunne schijf, maar dit leidt tot onnauwkeurigheden en een slechtere resolutie. Uit studies van edge-on galaxieën weten we dat spiraalgalaxieën vaak een exponentieel verticaal profiel volgen. Het doel van deze thesis is om die aanname te gebruiken om spiraalgalaxieën te deprojecteren. Dit is te formuleren als een optimalisatieprobleem: de projectie van het te optimaliseren intrinsiek profiel (een matrixvermenigvuldiging) moet overeenkomen met observaties. Het probleem wordt moeilijker gemaakt door ruis op de pixels. In het kader van deze thesis wordt ook onderzocht of een aanpassing van het optimalisatiecriterium de problemen met ruis kan oplossen.

# Domeindecompositie & stralingsoverdracht op supercomputers

*Begeleiding: Peter Camps, Dries Van De Putte*



Volledige domein



Processor decompositie

Om de interactie tussen straling en materie te modelleren gebruiken sterrenkundigen meestal de Monte Carlo techniek, waarbij een gigantisch aantal fotonen individueel wordt gevolgd doorheen het ruimtelijk domein, dat opgedeeld is in een groot aantal cellen. Zolang het volledige model in het geheugen van elk proces past, is het niet zo moeilijk om deze berekening te verdelen over een groot aantal cores op een supercomputer. Om écht grote modellen te kunnen behandelen, moet het ruimtelijk domein evenwel verdeeld worden over meerdere processen. Fotonen moeten dan bij elke “grens” tussen processen onderling doorgegeven worden. Het doel van dit project is om een prototype te ontwikkelen met ruimtelijke domeindecompositie en de hiermee verbonden extra communicatietijd te onderzoeken.