

# Gwo Lide yo nan Astwonomi

*Yon Definisyon nou Pwopoze pou Edikasyon Fondamantal nan Astwonomi*





# Gwo Lide yo nan Astwonomi

*Yon Definisyon nou Pwopoze pou Edikasyon Fondamantal nan Astwonomi*

## Otè

João Retrê (Institute of Astrophysics and Space Sciences, Pòtigal), Pedro Russo (Leiden University, Netherlands), Hyunju Lee (Smithsonian Science Education Center, USA), Eduardo Penteadó (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Bresil), Saeed Salimpour (Deakin University, Ostrali), Michael Fitzgerald (Edith Cowan University, Ostrali), Jaya Ramchandani (The Story Of Foundation), Markus Pössel (Haus der Astronomie, Germany), Cecilia Scorza (Ludwig Maximilians University of Munich & Haus der Astronomie, Almay), Lars Lindberg Christensen (European Southern Observatory), Erik Arends (Leiden University, Netherlands), Stephen Pompea (NOAO, USA) ak Wouter Schrier (Leiden University, Netherlands)

**Konsepsyon:** Aneta Margraf-Druc (ScienceNow / Leiden University)

**Mizanpaj:** Aneta Margraf-Druc (Science Now/Leiden University), Carmen Müllerthann (Haus der Astronomie/Office of Astronomy for Education) & Aniket Kadu (OAE India/IUCAA)

## Tradiktè

*Tradiktè: Dr Rulx Narcisse (Tradiktè: Dr Rulx Narcisse (Sosyete Ayisyen nan Astwonomi)*

Revizè: Mes e John Masken Larose ak Munde Schneider, astwonòm amatè e etidyan dènye ane jewoloji nan ENGA

**Lisans:** Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



## Remèsiman

Ismael Tereno (Institute of Astrophysics and Space Sciences), Pedro Figueira (Ewopeyen Sid Obsèvatwa), Sérgio Pereira (Institute of Astrophysics and Space Sciences), Monica Bobra (Inivèsite Stanford), Piero Bienvenuti (Università di Padova) ak Roy Bishop (Acadia University) pou kòmantè yo sou vèsyon sa a nan objektif yo. João Retrê rekonèt sipò finansye Portuguese Science and Technology Foundation an nan sibvansyon rechèch IA2017-09-BGCT ak UID / FIS / 04434/2013.

Pedro Russo rekonèt sipò pwojè NAOJ Sokendai „Astronomy Literacy“ kowòdone pa Prof. Doktè Hidehiko Agata. NOAO jere pa Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), Inc anba yon akò koperativ ak Fondasyon Syans Nasyonal la. Nou ta renmen remèsye kominote a pou fidbak yo sou dokiman sa a pandan pwosesis revizyon an.

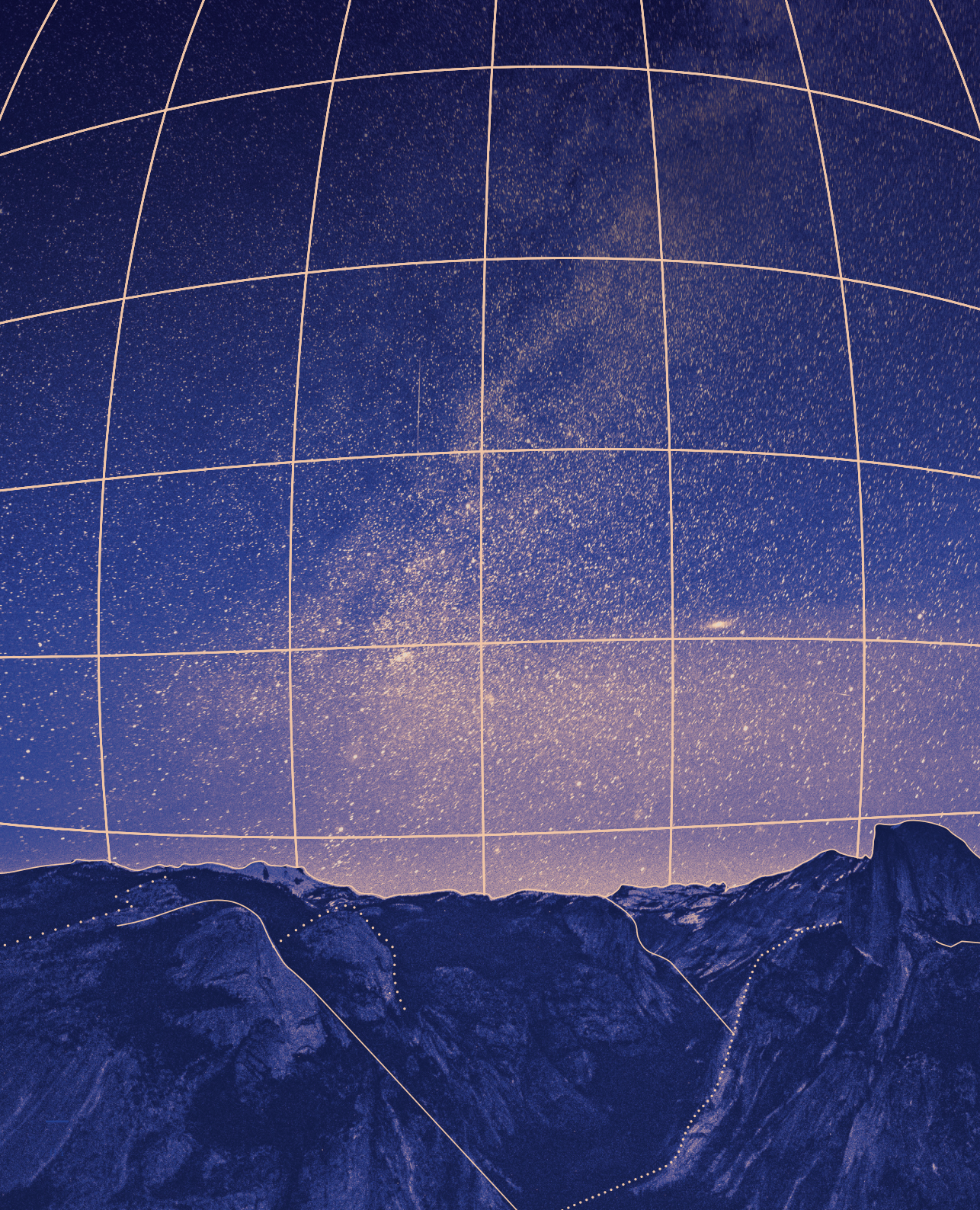
**Astronomy Literacy Goals** se yon pwojè Obsèvatwa Leiden, Inivèsite Leiden (Netherlands) ak Institute of Astrophysics and Space Sciences (Pòtigal) nan kad Komisyon C1 UAI: Working Group on Literacy and Curriculum Development

**IAU Commission C1 Astronomy Education and Development: Prezidan: Paulo Bretones**

IAU C1 Working Group Astronomy Literacy and Curriculum Development

**Gwo Lide nan Atwonomi se yon pwojè de Biwo Astwonomi pou Edikasyon de UAI**





# Tab dè matyè

06	<b>Gwo lide yo</b>
08	<b>Entwodiksyon</b>
10	<b>Yon entwodiksyon tou kout pou kèk nan Gwo Lide Astwonomi an</b>
12	<b>Apèsi sou Gwo lide</b>
18	<i>Astwonomi se youn nan syans yo ki pi ansyen nan istwa moun</i>
22	<i>Nou ka fè eksperyans fenomèn astwonomik nan lavi nou chak jou</i>
26	<i>Syèl nannwit rich e dinamik</i>
30	<i>Astwonomi se yon syans ki etidye objè selès ak fenomèn nan Linivè</i>
34	<i>Astwonomi benefisye ak stimile devlopman teknolojik</i>
38	<i>kosmoloji se syans k ap eksplore tout Linivè an antye</i>
44	<i>Nou tout ap viv sou yon ti planèt nan sistèm solè a</i>
48	<i>Nou tout fèt ak pousyè zetwal</i>
54	<i>Gen dè santèn milya galaksi nan Linivè</i>
60	<i>Nou ka pa poukont nou nan Linivè</i>
64	<i>Nou dwe prezève Latè, sèl kay nou nan Linivè</i>

# Gwo lide yo

1

*Astwonmi se youn nan syans yo ki pi ansyen nan istwa moun*

2

*Nou ka fè eksperyans fenomèn astwonmik nan lavi nou chak jou*

3

*Syèl nannwit rich e dinamik*

4

*Astwonmi se yon syans ki etidye objè selès ak fenomèn nan Linivè*

5

*Astwonmi benefisye ak stimile devlopman teknolojik*

6

*kosmoloji se syans k ap eksplore tout Linivè an antye*

7

*Nou tout ap viv sou yon ti planèt nan sistèm solè a*

8

*Nou tout fèt ak pousyè zetwal*

9

*Gen dè santèn milya galaksi nan Linivè*

10

*Nou ka pa poukont nou nan Linivè*

11

*Nou dwe prezève Latè, sèl kay nou nan Linivè*

# Entwodiksyon

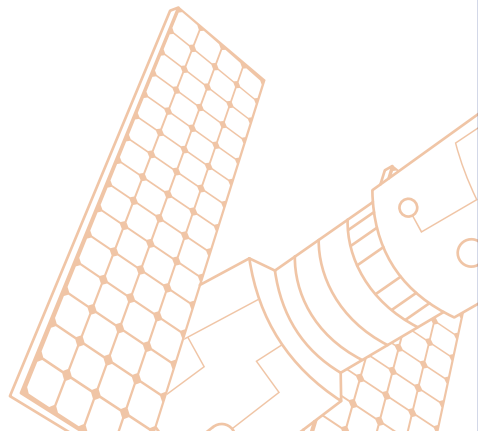
## Astwonomi pou Tout Moun

Sa a se deviz nan Biwo Inyon Astwononik Entènasyonal(UAI) pou Konsyantizasyon Astwononik. Pandan ke „Tout moun“ se yon tèm trè laj pou defini sosyete a ak kominote li yo, „Astwonomi“ kòm yon ansanm konesans anpil tou. Pwojè sa a, „Gwo Lide yo nan Astwonomi“, eksplòre kesyon an: „Kisa yon sitwayen sou planèt Latè ta dwe konnen sou astwonomi?“.

Aprè plizyè diskisyon, reyinyon, atelye, prezantasyon, telekominikasyon ak entèraksyon tèksyèl sou dokiman sa a, nou pwopoze yon seri de „Gwo Lide yo nan Astwonomi“, Yon definisyon yo pwopoze pou ansèyman fondamantal nan Astwonomi . Dokiman sa a etabli „gwo lide yo“ ak sipòte konsèp ke tout sitwayen sou planèt nou an ta dwe konnen sou astwonomi.

Gwo Lide yo nan Astwonomi baze sou pwojè pyonyè 2061 de American Association for the Advancement of Science (AAAS). Pwojè AAAS 2061 a te kòmanse an 1986, ane komèt Halley la te pase tou pre Latè. AAAS te enrige pa sa ki afekte koneksyon timoun yo ak mond natirèl la - timoun ki lè sa a, te fèk antre nan lekòl epi yo pral wè komèt la lè li retounen. Ki chanjman syantifik ak teknolojik yo pral wè tou nan lavi yo? Kijan edikasyon ka prepare yo pou yo bay yon sans a fason mond lan fonksyone; pou yo panse de maniè kritik ak endepandan; ak pou yo mennen yon lavi enteresan, responsab ak pwodiktif nan yon kilti ki de pli zan pli fasone pa syans ak teknoloji? „Gwo Lide yo nan Astwonomi“ tou elaji travay devlope pa lòt disiplin syantifik ak pwojè, sètadi: konesans debaz syantifik, prensip debaz nan syans Latè, konesans debaz nan oseyan yo ak Gwo Lide syans yo.

“ Gwo Lide nan Astwonomi“ prezante onz Gwo Lide epi devlope ide ki pi yo piti ak enfòmasyon adisyonèl. Dokiman sa a fèt pou edikatè ak astwonòm, li se yon dokiman konsèy pou deside ki sijè pou kouvri nan ansèyman yo, sesyon fòmasyon, aktivite konsyantizasyon oswa devlopman resous. Sepandan, li dwe yon dokiman dinamik e nou akeyi kòmantè ak remak nan kominote astwonomi an, kominote edikasyon astwonomi a ak kominote edikasyon syans lan.





# Pwochèn etap yo

Pwochèn etap nou se kontinye devlopman dokiman sa a, pandan n'ap an-treprann yon pwojè rechèch pou valide sistematikman dokiman sa kòm yon reprezantasyon egzat nan sa ke ekspè panse sou edikasyon astwònòmik debaz yo. Lè sa a, nou pral travay sou:

- Devlopman kourikoulòm ki aliyen ak Gwo Lide sa yo
- Devlopman zouti evalyasyon pou Gwo Lide yo
- Gid materyèl pedagojik yo
- Materyèl pèfeksyonman pwofesyonèl pou pwofesè yo
- Rapò règleman

Plan Estratejik 2020-2030 UAI a mete edikasyon astwònòmik nan kè efò mon-

## Prefas

Dr Rulx Narcisse

Tradwi yon dokiman astwònòmik ki gen tous fòs pedagojik sa an Kreyòl Ayisyen se yon bagay ki pral gen anpil enpak sou kominote nou an. Avèk Gwo Lide sa yo ki oganize an 11 pwen yo, tout moun jwenn: edikatè, elèv, etidyan, paran e menm moun ki pa ta apresye a syans.

Lang Kreyòl Ayisyen an pa fasil nan ekriti. Sa te mande anpil rekti, kèk etidyan nan jeoloji te edem anpil nan sa. Evidaman, tankou tout lang, Kreyòl Ayisyen an ap evolye e li gen pou l kite faz apelasyon "kreyòl" la pou li vin "Ayisyen" sèlman, li gen pou li fikse e vin deplizanpli akademik. E tradiksyon liv sa se yon etap nan evolisyon an.

Syans deja difisil pou enpleman nan milye kreyolofòn yo, akòz sipremasi lang kolonial yo ke nou pa fòseman fin byen konprann pou pi fò nan nou, men liv syans sa yo ra anpil nan vrè lang matènèl nou. "Gwo Lide nan Astwònòmik" pral ede nou anpil. Nou pral ka apreande chak nan gwo lide sa yo ke M. Pedro prezante yo, e nap ka dijere yo byen pou sèvel nou, san konplèks.

# Yon entwodiksyon tou kout pou kèk nan Gwo Lide Astwonomi an

pa Pedro Russo

Astwonomi se syans ki etidye orijin ak evolisyon Linivè a ak tout sa li genyen. Definisyon sa sanble senp, men Linivè a se yon gwo kote, plen ak objè selès kaptivan nan tout gwosè, fòm ak laj, ak fenomèn etonan.

Kòm yon pati nan istwa kiltirèl ak syantifik nan limanite, astwonomi te revolisyone plizyè fwa fason nou panse, fason nou wè mond nou an ak plas nou nan gran linivè a. Nan tan lontan, pwogrè nan astwonomi yo te itilize pou aplikasyon pratik tankou mezire tan oswa navige sou gwo oseyan yo. Jodi a, rezilta devlopman syantifik ak teknolojik nan astwonomi, ak lòt bagay ki rapwoche de li, vin esansyèl nan anpil pati nan lavi chak jou nou: òdinatè, satelit kominikasyon, sistèm navigasyon, panno solè, entènèt san fil ak anpil lòt aplikasyon teknolojik.

Tankou nenpòt syans, astwonomi fè pwogrè nan akimilasyon konesans. Pafwa, pwogrè konstan yo akselere gras ak avans rapid nan teknoloji ak panse, tankou lide revolisyonè nan modèl elyosantrik la nan sistèm solè a ak modèl la nan Big Bang nan. Modèl Big Bang nan rakonte istwa evolisyon Linivè. Gen apeprè 14 milya ane de sa, „Linivè a“ ki te fèk fèt la, te enfiniman piti e cho. Ekspansyon sibit ak kontinyèl ak refwadisman ki vin aprè mennen nan fòmasyon blòk konstriksyon fondamantal yo nan patikil atomik ak sibatomik, ki pèmèt fòmasyon galaksi yo, zetwal yo, planèt yo ak evantyèlman lavi. Astwonòm kwè ke, yo baze sou done jouska jodi a, ekspansyon Linivè koze prensipalman pa yon fòm misterye enèji yo rele Enèji Nwa.

Si n ap gade syèl la nan yon lannwit fènwa, nou wè yon bann ki gen limyè travèse syèl la sòti nan yon bò pou rive sou lòt bò. Gwoup sa a ak tout zetwal nou wè nan syèl la fè pati galaksi kote n'ap viv la, Galaksi Vwa Lakte. Galaksi yo gwoupe yo ansanm souvan an filaman e ama: yon gwoup zile ki antoure tèt yo ak yon gwo lanmè vid nan Linivè. Galaksi nou an gen dè santèn de milya de zetwal, Solèy la se sèlman youn pami yo, anonim tankou yon grenn sab sou yon plaj. Zetwal sa yo òbite an amoni, pandan yap swiv lwa natirèl gravite yo, ozalantou mitan galaksi a kote ki gen yon twou nwa kolosal. „Oseyan“ yo rele Linivè a gen anpil lòt zile; nou se sèlman youn nan dè santèn de milya de galaksi ki ladan'l.

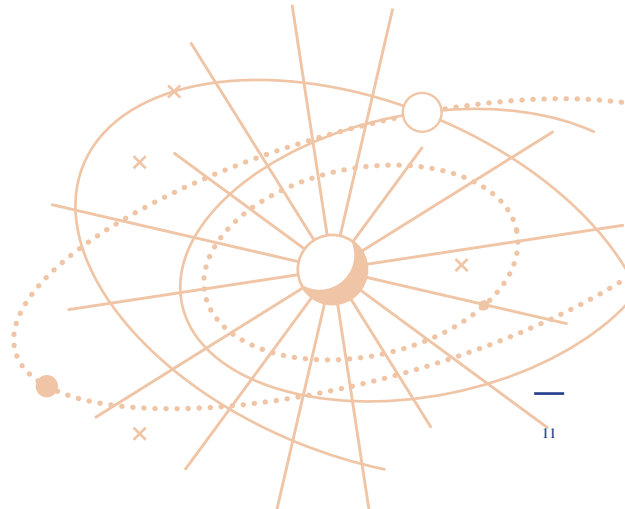
Malgre ke li se yon kalite zetwal relativman mwayèn, Solèy la, jiska dènyèman,

*1. Li te piblye pou la premyè fwa nan yon jounal Pòtigè ki rele Visão, jou ki te 3 janvye 2012*

te jwi yon estati espesyal pou nou menm moun: se te sèl zetwal nou te konnen ki te antoure pa planèt yo. Jodi a, nou konnen dè milye de zetwal ak planèt yo, ki rele ègzoplanèt. Yo estime ke plis pase 20% nan zetwal yo ki sanble ak Solèy nou an gen planèt k ap òbite yo - kèk menm jan ak Latè. Anpil nan planèt sa yo piti e òbit nan yon distans konfòtab de zetwal yo, sa ki pèmèt egzistans dlo likid ak, pa konsekan, pètèt lavi.

Men, ak ki sa linivè a fèt? Bagay sa yo ke nou ka wè - planèt yo, zetwal yo ak galaksi yo - yo tout te fèt ak matyè tankou pwoton, elektwon, netwon, ak kwark (yo tout fòme ak sa syantis rele „ matyè baryonik „), men gen lòt bagay, yon bagay ki anpil, etranj ak misterye, e pesonn pa konnen ki sa li ye. Nou ta atann nou ke zetwal yo vire otou mitan galaksi yo, nan menm fason ke planèt yo vire toutotou Solèy la nan sistèm solè nou an. Planèt ki pi pre Solèy la deplase pi vit pase planèt eksteryè yo. Men, sa pa rive: zetwal yo nan galaksi yo tout òbite plizoumwon ak menm vitès la ozalantou mitan galaksi a. Dwe gen yon bagay ke nou pa ka wè ki kenbe zetwal yo nan yon òbit konsa. Astwonòm yo rele sa „Matyè Nwa“. Yo estime ke sa nou ka wè se sèlman yon ti pati nan tout bagay ki egziste nan Linivè. Tout lòt bagay yo, nou pa byen konprann yo, epi yo poko obsève yo dirèkteman!

Astwonomi se pa sèlman sou pwogrè syantifik oswa aplikasyon pou teknolojik: li ban nou opòtinite pou elaji orizon limite nou yo, pou dekouvri bote a ak noblès Linivè a ak plas nou nan li. Vizyon sa a, souvan ke yo rele „pèspektiv kosmic la“, se youn nan kontribisyon ki pi enpòtan nan Astwonomi pou limanite.



# Apèsi sou Gwo lide



## 1

### *Astwonomi se youn nan syans yo ki pi ansyen nan istwa moun*

- 1.1 Konprann syèl la ak mouvman Solèy la ak planèt yo te youn nan premyè tantatif yo pou konprann mond natirèl la
- 1.2 Kilti yo nan tan lontan te imajine desen pandan ke yo tap konekte zetwal yo nan syèl la lannwit
- 1.3 Astwonomi te enspire e te reprezante nan atizay ak kilti plizyè sivilizasyon
- 1.4 Astwonomi te bay konesans enpòtan an tèm de kontwòl tan, esansyèl pou agrikilti ansyen
- 1.5 Astwonomi te enpòtan pou navigatè nan tan lontan an
- 1.6 Astwonomi, k ap sèvi avèk metòd syantifik la, diferan de Astwooloji
- 1.7 Latè a te konsidere, nan pi fò nan ansyen kilti yo, kòm nan mitan Linivè
- 1.8 Revolisyon kopernisyèn nan ki te dire yon syèk te mennen Solèy la ranplase Latè kòm mitan aksepte nan sistèm solè a
- 1.9 Plis pase 400 ane de sa, astwonòm yo te fè premyè obsèvasyon metodik yo nan astwonomi gras a yon teleskòp
- 1.10 Planèt Latè gen fòm apeprè sferik, e yo te demontre sa pandan plizyè syèk de diferan fason

## 2

### *Nou ka fè eksperyans fenomèn astwonmik nan lavi nou chak jou*



- 2.1 Nou gen lajounen ak lannwit akòz de wotasyon Latè sou aks li
- 2.2 Nou gen sezon yo akòz enklinezon nan aks wotasyon Latè alòske Latè a deplase otou Solèy la pandan yon ane
- 2.3 Nou wè diferan faz nan Lalin nan pandan tout yon sik linè
- 2.4 Eklips rive akòz aliyman spesyal Solèy la, Latè ak Lalin nan
- 2.5 Mare yo sou Latè se rezilta gravite Solèy la ak Lalin nan
- 2.6 Limyè solèy la esansyèl pou pifò fòm lavi sou Latè
- 2.7 Patikil yo ki sòt nan Solèy la vwayaje nan direksyon Latè e yo lakòz orò yo
- 2.8 Teknoloji ki devlope pou rechèch astwonmik fè pati de lavi nou chak jou

## 3

### *Syèl nannwit rich e dinamik*



- 3.1 Nou ka wè plizyè milye zetwal ak je pandan yon nwit klè ki gen fè nwa
- 3.2 Syèl la lannwit ka ede w oryante tèt ou sou Latè ak navige
- 3.3 Aks wotasyon Latè a vasiye (presesyon) sou dè milye dane
- 3.4 Se sèlman kèk kò selès ki klere ase pou wè ak je sèlman lè Solèy la pi wo pase orizon an
- 3.5 Objè selès leve a Lès, li kouche a Lwès akòz wotasyon Latè
- 3.6 Zetwal yo sentiye akòz atmosfè nou an
- 3.7 Dè milyon de meteyorid antre nan atmosfè Latè a chak jou

## 4

### *Limyè (yo rele l tou radyasyon elektwomayetik) se sous prensipal enfòmasyon pou rechèch astwonmik*

- 4.1 Limyè (yo rele l tou radyasyon elektwomayetik) se sous prensipal enfòmasyon pou rechèch astwonmik
- 4.2 Sou yon gwo echèl distans, gravitasyon se entèraksyon dominan nan Linivè
- 4.3 Ond gravitasyonèl ak patikil sibatomik ofri nouvo fason pou etidye Linivè
- 4.4 Astwonmi itilize done yo jwenn nan obsèvasyon ak similasyon pou modelize fenomèn astwonmik yo nan kad teyori aktyèl yo
- 4.5 Rechèch astwonmik konbine konesans ki sòti nan diferan domèn, tankou fizik, matematik, chimik, jwoloji ak byoloji
- 4.6 Astwonmi divize an yon kantite espesyalite
- 4.7 Echèl tan ak distans nan astwonmi pi gwo pase sa nou itilize nan lavi n chak jou
- 4.8 Spèktroskopi se yon teknik enpòtan ki pèmèt nou sonde Linivè a a distans

## 5

### *Astwonmi benefisye ak stimile devlopman teknolojik*

- 5.1 Teleskòp ak detektè yo enpòtan anpil pou etid nan astwonmi
- 5.2 Gen kèk teleskòp ki ka lye ansanm pou ajè tankou yon sèl gwo teleskòp
- 5.3 Obsèvatwa astwonmik yo sitiye sou Latè ak nan lespas
- 5.4 Obsèvatwa astwonmik terès yo souvan sitiye nan zòn ki lwen atravè le mond
- 5.5 Astwonmi jodi fè pati „Big Science“ ak „Big Data“
- 5.6 Similasyon konplèks ak pakèt done nan astwonmi mande pou devlope sipè-konpitè pwisan
- 5.7 Astwonmi se yon syans mondyal, avèk ekip entènasyonal, e kote done yo ak piblikasyon yo pataje libremant
- 5.8 Anpil veso spasyal te lanse nan lespas pou etidye sistèm solè a

# 6

## ***kosmoloji se syans k ap eksplore tout Linivè an antye***

- 6.1 Linivè a gen plis pase 13 milya ane
- 6.2 Linivè a omojèn e izotwòp a gran echèl
- 6.3 Nou toujou obsève le pase
- 6.4 Nou ka sèlman obsève yon fraksyon nan Linivè total
- 6.5 Linivè a sitou konpoze de Enèji Nwa ak Matyè Nwa
- 6.6 Linivè a ap agrandi a yon vitès akselere
- 6.7 Ekspansyon lespas pwovoke yon dekalaj vè wouj nan limyè ki sòti nan galaksi ki lwen yo
- 6.8 Lwa natirèl yo (tankou gravite) ke nou etidye sou Latè sanble travay menm jan nan tout Linivè
- 6.9 Strikti a gwo echèl nan Linivè gen ladann filaman, fey ak vid
- 6.10 Fond Difi Kosmolojik la pèmèt nou eksplore Linivè primitif
- 6.11 Ou kapab eksplike evolisyon Linivè pa modèl Big Bang nan

# 7

## ***Nou tout ap viv sou yon ti planèt nan sistèm solè a***

- 7.1 Sistèm solè a te fòme gen apeprè 4.6 milya ane
- 7.2 Sistèm solè a gen ladann Solèy, planèt, planèt tirasi, lalin, komèt, astewoyid ak meteyorid.
- 7.3 Gen 8 planèt nan sistèm solè a
- 7.4 Gen plizyè planèt tirasi nan sistèm solè a
- 7.5 Planèt yo divize an planèt terès (wòch) ak geyan ki fèt ak gaz
- 7.6 Gen kèk planèt ki gen plizyè douzèn satelit natirèl
- 7.7 Latè se twazyèm planèt nan òbit otou Solèy la e li gen yon satelit natirèl, Lalin nan
- 7.8 Gen plizyè milyon astewoyid ki se retay ki rete depi nan komansman fòmasyon sistèm solè nou an
- 7.9 Yon komèt se yon objè ki fèt ak glas ki vin gen yon ke lè Solèy la cho fe l
- 7.10 Fwontyè Sistèm Solè a rele Eliopoz





## *Nou tout fèt ak pousyè zetwal*

- 8.1 Yon zetwal se yon kò ki fè limyè pou pwòp tèt li pandan lap fabrike enèji pa reyaksyon nikleyè andann
- 8.2 Zetwal yo fòme nan gwo nwaj pousyè ak gaz
- 8.3 Zetwal ki pi prè Latè se Solèy la
- 8.4 Solèy la se yon zetwal dinamik
- 8.5 Koulè yon zetwal di nou tanperati sifas li
- 8.6 Espas ki genyen ant zetwal yo ka gen pifò pati ladann ki vid oswa li ka gen nyaj gaz, ki ka pwodwi zetwal tou nèf
- 8.7 Yon zetwal pase pa yon seri faz nan lavi li ki lajman detèmine pa mas inisyèl li
- 8.8 Zetwal masiv yo ka fini seri faz nan lavi yo pa yon twou nwa stelè
- 8.9 Nouvo zetwal yo ak tout sistèm planèt yo fèt ak materyèl zetwal ki te la anvan yo te kite nan rejyon sa a
- 8.10 Kò moun fèt ak atòm ou ka retrace jous nan zetwal ki te la avan yo



## *Gen dè santèn milya galaksi nan Linivè*

- 9.1 Yon galaksi se yon gwo sistèm zetwal, pousyè ak gaz
- 9.2 Galaksi yo parèt gen anpil Matyè Nwa
- 9.3 Fòmasyon galaksi yo se yon pwosesis k ap evolye
- 9.4 Gen twa tip prensipal de galaksi: spiral, eliptik ak iregilyè
- 9.5 Nou ap viv nan yon galaksi spiral yo rele Vwa Lakte
- 9.6 Bra spiral galaksi yo kreye pa akimilasyon gaz ak pousyè
- 9.7 Pifò galaksi yo gen yon twou nwa sipèmasif nan mitan yo
- 9.8 Galaksi yo ka lwen anpil youn ak lòt
- 9.9 Galaksi yo rasanble an ama
- 9.10 Galaksi yo intèaji youn ak lòt gras ak gravite



# 10

## *Nou ka pa poukont nou nan Linivè*

- 10.1 Yo detekte Molekil òganik ki an deyò Latè
- 10.2 Gen òganism vivan ki te siviv nan anviwònman ekstrèm sou Latè
- 10.3 Tras potansyèl dlo likid louvri posibilite pou lavi primitif sou Mas
- 10.4 Gen kèk satelit natirèl nan sistèm solè a ki sanble gen kondisyon pou egzistans lavi
- 10.5 Gen anpil planèt yo rele egzoplanèt, ki ap òbite otou lòt zetwal ki pa Solèy
- 10.6 Egzoplanèt yo ka trè varye e yo jwenn yo souvan nan sistèm yo
- 10.7 Kounye a, nou preske fin detekte yon planèt ki tankou Latè
- 10.8 Syantifik yo ap chèche entèlijans ekstraterès

# 11

## *Nou dwe prezève Latè, sèl kay nou nan Linivè*

- 11.1 Polisyon limyè afekte moun, anpil lòt bèt ak plant
- 11.2 Gen anpil nan debri k'ap òbit otou Latè ki fabrike pa moun
- 11.3 N'ap siveye objè nan lespas ki potansyèlman danjere
- 11.4 Moun gen yon enpak siyifikatif sou anviwònman Latè a
- 11.5 Klima a ak atmosfè a fòtman afekte pa aktivite moun
- 11.6 Se yon pèspektiv mondyal ki nesèsè pou prezève planèt nou an
- 11.7 Astwonmi ofri nou yon pèspektiv inik kosmolojik ki ranfòse inite nou kòm sitwayen Latè

1

*Astwonomi se youn nan syans yo  
ki pi ansyen nan istwa moun*



---

*Nan desen yo ki nan gròt  
preistorik Lascaux, nou ka  
wè yon bann ti pwen anè  
do auroch yo, yo sanble ak  
asterism Pleiad la.  
Kredi: Ministère de la Culture/  
Centre National de la  
Préhistoire/Norbert Aujoulat*



## 1.1

### **Konprann syèl la ak mouvman Solèy la ak planèt yo te youn nan premyè tantatif yo pou konprann mond natirèl la**

Premye obsèvasyon astwononik sete nan desen ak atefak ki te kreye pa moun pre-istorik, pou yo reprezante sa yo te wè nan syèl la. Nan ansyen kilti, astwononmi te mele ak kwayans relijye e mitolojik. Yo te itilize fenomèn astwononik pou mezire tan ak pou kreye kalandriye, sa ki te pèmèt kilti sa yo planifye evènman chak jou ak sezon.

## 1.2

### **Kilti yo nan tan lontan te imajine desen pandan ke yo tap konekte zetwal yo nan syèl la lannwit**

Fòm desen ki parèt nan syèl la lannwit, ki fòme pa koneksyon zetwal yo lè yo relye yo avèk liy imajinè, yo rele konstelasyon. Premye konstelasyon yo te defini depi nan premye kilti yo. Gwoup zetwal sa nou ka rekonèt yo te souvan mele ak istwa kiltirèl ak mitoloji nan kilti tankou sa ki sòti Lagrès yo, kilti Maya, Endyen Ameriken, ak Chinwa. Nan astwononmi modèn, konstelasyon yo se rejyon ki byen defini nan syèl la, ki konbine konstelasyon nan tan lontan yo ak sa yo ki te defini nan XVèm, XVIèm, XVIIèm ak XVIIIèm syèk. Gen kèk kilti, tankou Ostralyen otoktòn yo ak pèp otoktòn Amerik Disid yo, yo te idantifye tou desen lè yo te itilize silwèt nwa yo ki nan bann limyè Vwa Lakte a.

## 1.3

### **Astwononmi te enspire e te reprezante nan atizay ak kilti plizyè sivilizasyon**

Pandan dè syèk, atis, powèt, ekriyen ak anpil pansè kreyatif te itilize syèl la lannwit swa kòm yon sous enspirasyon ak / oswa kòm sijè nan travay yo. Tèm astwononik yo, ou ka wè yo nan, pa egzanp, penti, eskilti, mizik, fim ak literati. Travay sa yo te itilize modèl obsèwab yo te wè pandan lannwit pou kominike dirèkteman oswa endirèkteman esans, bote ak mistè syèl la. Kidonk, inivèsalite nan atizay ak lyen entim li ak kilti kapab yon mwayen pwisan pou fè pwomosyon non sèlman bote natirèl objè selès yo ak fenomèn yo, men tou, konesans nou te akeri sou yo. Sa ogmante enterè mondyal nan astwononmi ak ankouraje yon konpreyansyon entèkiltirèl mondyal nan nosyon ke nou tout anba yon sèl syèl.

## 1.4

### **Astwononmi te bay konesans enpòtan an tèm de kontwòl tan, esansyèl pou agrikilti ansyen**

Nan anpil kilti ansyen, Astwononmi te devlope pou ogmante presizyon nan kalandriye agrikòl. Pa egzanp, moun peyi Lejip yo devlope yon kalandriye ki baze sou obsèvasyon zetwal Sirius la, lè yo te sèvi avèk li pou detèmine inondasyon anyèl Nil la.

## 1.5

### **Astwononmi te enpòtan pou navigatè nan tan lontan an**

Anpil sivilizasyon te itilize pozisyon zetwal yo ak lòt objè selès yo pou navige sou tè, sou lanmè ak oseyan yo. Yo toujou anseye navigasyon selès la jodi a.

## 1.6 Astwonomi, k ap sèvi avèk metòd syantifik la, diferan de Astwoloji

Jiska tan pre-modèn la, distenksyon ki genyen ant astwonomi ak Astwoloji te vag. Jodi a, astwonomi ak Astwoloji klèman distenge youn ak lòt. Astwonomi se yon syans e se pa sa Astwoloji ye. Astwoloji itilize pozisyon objè selès yo pou predi evènman k ap vini yo. Sepandan, anpil etid nan Astwoloji ak prediksyon li yo montre ke Astwoloji pa egzat nan prediksyon li yo e pa gen okenn baz syantifik.

## 1.7 Latè a te konsidere, nan pi fò nan ansyen kilti yo, kòm nan mitan Linivè

Pifò nan ansyen kilti yo, sof kèk esepsyon tankou kay kèk astwonòm grèk ki te aktif vè 300 BCE2, te kwè ke Latè te nan mitan Linivè. Vizyon Geosantrik sa te dire plis ke 2 milènè nan kilti Ewopeyen ak Azyatik yo jiska sa yo rele Revolisyon Kopenisyèn nan XVIe sièk la. Astwonòm modèn yo te dekouvri ke Linivè sanble pa gen okenn mitan spesifik nan lespas.

## 1.8 Revolisyon kopernisyèn nan ki te dire yon syèk te mennen Solèy la ranplase Latè kòm mitan aksepté nan sistèm solè a

Nan 16èm sièk la, Kopènik te pwopoze agiman pou tewori elyosantrik la, komkwa Solèy la sete mitan Linivè e Latè ap deplase otou de li. Byenke nou konnen kounye a ke Solèy la pa mitan Linivè, li se mitan sistèm solè a, tewori elyosantrism Kopènik la te revolisyonè nan epòk sa, li te kontribye nan devlopman astwonomi modèn nan.

## 1.9 Plis pase 400 ane de sa, astwonòm yo te fè premyè obsèvasyon metodik yo nan astwonomi gras a yon teleskòp

Malgre ke li pa t envante teleskòp, Galile te premye moun ki sèvi ak li pou rezon syantifik. Amelyorasyon li te fè nan teleskòp refraktè te mennen l nan dekouvèt tankou faz yo nan Venis ak 4 pi gwo lalin Jipitè yo, ke yo toujou rele lalin Galilèyèn. Reziilta li yo bay prèv konvenkan ki kore vizyon elyosantrik Linivè.

## 1.10 Planèt Latè gen fòm apeprè sferik, e yo te demontre sa pandan plizyè syèk de diferan fason

Gen kèk kilti nan tan lontan nan anpil pati nan lemond ki dekri Latè kòm yon plan plat oubyen yon disk nan kad deskripsyon yo te fè de Linivè. Lide ke Latè se yon sfè tap sikile depi kèk milènè e se te yon pati enpotan nan jan anpil kote te wè li, sa te tou vin paradigim ki tap domine depi plis pase 1000 an. Gen plizyè manyè anpirik pou verifiye ke Latè gen yon fòm prèske sferik (yo rele sa teknikman sferoyid oblat). Youn nan premyè metòd matematik ki te itilize, se Ératostèn ki te fè sa, pandan li tap analize longè lonbraj baton yo li te mete nan diferan zòn nan ansyen Ejipt la (3e sièk avan epòk nou an).

2

*Nou ka fè eksperyans fenomèn  
astwonmik nan lavi nou chak jou*

---

*Yon spektak limyè ki  
enpresyonan nan syèl la leswa  
– Aurora Borealis (orò boreyal),  
nan dezè Aslaska.  
Kredi Jean Beaufort (Public  
Domain Pictures)*



## 2.1

### Nou gen lajounen ak lannwit akòz de wotasyon Latè sou aks li

Sou bò Latè fè fas a Solèy la, li fè jou, pandan ke nan bò opoze a li fè nwit . Tan ke Late a pran pou vire sou aks li pou Solèy la retounen nan menm pozisyon nan syèl la, se sa yo rele dire yon jounen (solè), ki se an mwayèn 24 èdtan.

## 2.2

### Nou gen sezon yo akòz enklinezon nan aks wotasyon Latè alòske Latè a deplase otou Solèy la pandan yon ane

Aks wotasyon Latè encline de  $23,4^\circ$  pa rapò a liy pèpandikilè a plan òbital otou Solèy la. Se pou tèt sa, pandan yon pati nan òbit Latè otou Solèy la, emisfè Nò oswa Sid li panche vè Solèy la tandiske lòt la ap elwaye li. Premye a retrouve li an ete, paske limyè Solèy la tonbe pi dirèkteman sou sifas li e jou yo pi long paske Solèy la vin pi wo nan syèl la. Yon lot bò, emisfè ki encline sou kote opoze Solèy la sibi ivè paske limyè Solèy la tonbe a yon ang ki encline anpil pa rapò a sifas Latè, se sak fè li pwopaje sou yon pi gwo sifas. Jounen yo vin pi kout paske Solèy la pi ba nan syèl la.

## 2.3

### Nou wè diferan faz nan Lalin nan pandan tout yon sik linè

Lè Lalin nan ap vire toutotou Latè, pozisyon relatif li pa rapò ak Solèy la e ak Latè chanje. Rejyon sou sifas Lalin nan ki klere pa chanjman limyè Solèy la chanje, se sa ki pwodwi divès kalite faz sa yo nou wè sou Latè – Nouvèl Lin, Premye Katye, Plèn Lin ak Dènye Katye, ki pran 29,53 jou sòti nan Plèn Lin pou rive nan Plèn Lin. Aloske faz Lalin yo (plizoumwon) menm bagay la pou nenpòt ki obsèvatè sou Latè, oryantasyon Lalin nan ap varye an fonksyon de sou ki emisfè obsèvatè a ye. Pa egzanp, kèk obsèvatè ta ka wè lalin nan ak kwasan ki louvri sou bò gòch pandan ke lòt moun, k ap obsève menm faz la men a pati de yon kote diferan , ta ka wè kwasan an louvri sou bò dwat la.

## 2.4

### Eklips rive akòz aliyman spesyal Solèy la, Latè ak Lalin nan

Pafwa lè Lalin nan pase egzakteman ant Latè a ak Solèy la, Lalin nan bloke limyè Solèy la e voye yon lonbraj sou Latè a, sa kreye yon eklips solè. Pafwa Latè a ka dirèkteman ant Solèy la ak Lalin nan. Nan ka sa a, Latè a jete yon lonbraj sou Lalin nan, sa fè sifas li vin pa twò klere e sa kreye yon eklips linè. Eklips yo ka pasyèl lè se sèlman yon fraksyon nan objè a ki eklipse, oswa total, lè objè a tout antye eklipse. Yon eklips linè fèt sèlman sou Lalin plèn, epi, se poutèt sa, nou ka sèlman obsève l nan mitan lannwit. Nan nenpòt kote sou Latè, ou gen plis chans wè yon eklips linè pase yon eklips solè. Eklips Lalin tou dire pi lontan pase eklips solè.



## 2.5

### Mare yo sou Latè se rezilta gravite Solèy la ak Lalin nan

Lalin nan ak, e yon ti kras tou piti, Solèy la, lakòz mare sou Latè . Latè a, spesyalman oseyan li yo, anfle yon ti kras tou sou tou lè 2 bò alafwa, kote ki pi prè Lalin nan ak Solèy la, e tou kote ki sou lòt bò a, lwen li. Kòm Latè an wotasyon, gonfleman sa yo rive sou rivaj yo, sa ki lakòz nivo dlo a ap monte. Lè Solèy la, Latè, ak Lalin sou yon liy dwat (lè plèn Lalin ak Nouvèl Lalin), nou fè eksperyans „mare Prentan“ ki pi wo . Okontrè, lè pa rapò ak Latè a Solèy la ak Lalin nan fòme yon ang dwat youn ak lòt (nan Premye ak Dènye Katye nan Lalin nan), nou gen „mare Mòt“ ki pi ba.

## 2.6

### Limyè solèy la esansyèl pou pifò fòm lavi sou Latè

Solèy la se sous prensipal enèji ke fòm lavi sou Latè itilize. Pa egzanp, plant fè fotosentèz lè l sèvi avèk limyè solèy la, sa ki pèmèt kwasans yo e, se sa ki lakoz pwodiksyon oksijèn molekilè. Se oksijèn sa bèt yo itilize pou yo respire. Nou kwè ke devastasyon anviwònman mondyal la, lè yon astewoyid te fè kolizyon ak Latè, te lakòz disparisyon dinozò ki pat konn vole yo ak majorite nan espès sou Latè. Eksplozyon an, ki te lakòz gwo kantite pousyè tè nan atmosfè a, te bloke limyè solèy la e sa lakòz yon sezon ivè enpak ki long. Limyè solèy la afekte sante fizik ak mantal nou tou. Lè n ekspoze a Solèy la, po nou pwodui vitamin D, ki jwe yon wòl enpòtan nan pwosesis byochimik nan kò nou. Gen kèk etid ki montre yon relasyon ant depresyon imen ak mank ekspozisyon a Solèy la.

## 2.7

### Patikil yo ki sòt nan Solèy la vwayaje nan direksyon Latè e yo lakòz orò yo

Pandan yon eripsyon solè, patikil chaje (sitou elektwon ak pwoton) sòti nan Solèy la vwayaje 150 milyon kilomèt nan direksyon Latè. Yo rete kole sou chan mayetik latè a, kole sou pòl mayetik yo, epi enteaji avèk patikil nan atmosfè a. Patikil ki pi rapid pami yo ka vwayaje sòti nan Solèy rive sou Latè nan apeprè yon demi èdtan; Sa k pi dousman pran apeprè 5 jou. Pafwa tanpèt patikil sa yo deranje chan mayetik Latè, domaje satelit ak rezo elektrik yo. Souvan, patikil ki sòti nan Solèy la aji sou oksijèn ak azòt ki nan atmosfè Latè a. Entèraksyon sa yo fè orò yo parèt - se yon seri de bèl spektak limyè ki klere syèl la lannwit ozalantou pòl mayetik nan emisfè nò (Aurora Borealis) ak sid (Aurora Australis).

## 2.8

### Teknoloji ki devlope pou rechèch astwonmik fè pati de lavi nou chak jou

Zouti analitik ak metòd yo itilize pou etidye done astwonmik yo te aplike nan endistri, syans medikal ak teknoloji nou itilize chak jou. Detektè orijinal ki te devlope pou rechèch astwonmik kounyea yo itilize yo tou nan kamera dijital, tankou sa nou genyen nan telefòn mobil nou yo . Glas vit spesyal ki te devlope pou teleskòp astwonmik yo itilize yo nan fabrikasyon ekran LCD ak pis elektwonik, osibyenke nan fou seramik. Transfè konesans ant astwonmi ak medsin te kontribye nan devlopman imajri pa rezonans ( MRI ) ak tomografi enfòmatisè (skanè CAT), pami lòt aparèy.

3

*Syèl nannwit rich e dinamik*

*Sou foto sa ki te ekspoze anpil  
ou ka wè yon bann tras zetwal  
ki se rezilta wotasyon Latè,  
yo te pran foto sa nan plato  
Chajnantor nan Lèzand Chili.  
Kredi: S. Otarola / ESO*



X

X

X

## 3.1 Nou ka wè plizyè milye zetwal ak je pandan yon nwit klè ki gen fè nwa

Lè nou gade syèl la lannwit, lwen polisyon limyè nan vil yo ak pandan yon nouèl lalin, oswa lè lalin lan pa nan syèl la, nou ka wè ozalantou 4000 zetwal ak je sèlman. Tout zetwal ke nou wè ak je sèlman fè pati galaksi nou an. Malgre ke gen dè milya zetwal nan lòt galaksi ak dè trilyon galaksi ki nan Linivè obsèwab, zetwal sa yo twò lwen e se poutèt sa yo twò fèb pou je nou ta distenge yo kòm pwen limyè endividyèl. Tou depan de kote nou ye sou Latè ak lè obsèvasyon an fèt, nou ka wè ak je sèlman 5 planèt ki pi klere nan sistèm solè nou an, bann Vwa Lakte a, 2 galaksi satelit Vwa Lakte yo (Gwo ak Ti Nwaj Magellan yo), ak Galaksi Andwomèd (yon gwo galaksi spiral).

## 3.2 Syèl la lannwit ka ede w oryante tèt ou sou Latè ak navige

Gade syèl la lannwit pèmèt nou jwenn direksyon kadinal. Nan Emisfè Nò a, fason ki pi fasil pou jwenn Nò a se pou fè rechèch pou zetwal Polaris la, ke yo rele tou Zetwal Polè, ki trè prè nò selès la. Fason ki pi fasil pou jwenn Polaris se lè n sèvi avèk konstelasyon Ursa Major ak Ursa Minor. Nan Emisfè Sid la, zetwal Sigma Octantis la, ki se zetwal ki pi prè pòl sid selès la, pa fasil vizib. Sepandan, yon fason rapid pou jwenn Sid la se sèvi ak konstelasyon Crux la ak 2 zetwal yo pi klere nan konstelasyon Santò a.

## 3.3 Aks wotasyon Latè a vasiye (presesyon) sou dè milye dane

Lè Latè an wotasyon sou aks li, li deplase tankou yon toupik ap vire. Direksyon aks wotasyon li chanje nan yon presesyon dousman ak yon peryòd de apeprè 26,000 ane. Mouvman sa a lakòz aks li pwente nan diferan direksyon plis tan ap pase, e pa konsekan, pòl nò la ak pòl sid selès ap chanje pozisyon tou dousman avèk letan. Pa egzanp, Polaris pral evantyèlman sispann endike direksyon Nò a, tandiske yon lòt zetwal ap ka fè sa, tou depann de direksyon aks Latè a nan moman an. Malgre ke kounyea pa gen okenn zetwal klere tou prè Pòl Sid selès la, nan tan k ap vini an nou pral gen yon vrè „Zetwal Disid“!

## 3.4 Se sèlman kèk kò selès ki klere ase pou wè ak je sèlman lè Solèy la pi wo pase orizon an

Pifò objè nan syèl la lannwit yo twò fèb pou ta wè yo ak yon syèl ki klere e ki gen Solèy. Yon efè konsa ka rive nannwit nan vil yo, kote, akòz polisyon limyè, nou ka sèlman wè yon ti fraksyon nan zetwal yo akòz syèl la klere pa ekleraj atifisyèl. Se sèlman kèk kò selès ki klere ase pou wè ak je sèlman lè Solèy la pi wo pase orizon an. Tou depan de faz li yo, li posib pou wè lalin lan pandan jounen an. Pafwa, nou ka obsève Venis nan maten („zetwal maten“) oswa nan aswè („zetwal aswè“). Trè raman, yon komèt patikilyèman klere ka vizib pandan jounen an.

## 3.5

### Objè selès leve a Lès , li kouche a Lwès akòz wotasyon Latè

Akòz wotasyon Latè outou aks li de lwès a lès, yon obsèvatè ki sou sifas li ap wè tout syèl la k ap deplase nan direksyon opoze, de lès a lwès, aparamman l ap vire otou planèt nou an. Mouvman aparant sa, syèl la outou Latè a, yo rele l mouvman lajounen. Se poutèsa nou wè objè selès yo k ap monte pi wo pase mwatye a lès orizon an e l ap vin kouche anba mwatye lwès la.

## 3.6

### Zetwal yo sentiye akòz atmosfè nou an

Lè limyè ki sòti nan yon zetwal antre nan atmosfè nou an e ap vwayaje nan diferan kouch li yo, li toujou ap chanje direksyon akòz chanjman nan refraksyon nan kouch yo ki gen tanperati ak dansite diferan. Kòm konsekans, briyans yon zetwal ak direksyon li pran pou l rive jwenn nou isit sou Latè toujou ap chanje. Pou rezon sa a, pou yon obsèvatè sou Latè, zetwal la parèt ap sentiye. Pou planèt yo, efè a pa twò aparant (oswa li pa vizib). Rezon ki fè sa sèke nou ka konsidere planèt yo tankou ti disk (fasil pou wè ak longvi, pa egzant). Zetwal yo, okontrè, parèt tankou ti pwen limyè, epi paske tout limyè a sòti nan yon sèl pwen, li trè sansib a chanjman nan refraksyon.

## 3.7

### Dè milyon de meteyorid antre nan atmosfè Latè a chak jou

Yon meteyorid se yon ti objè wòch oswa metalik sòti nan gwosè yon grenn sab rive nan yon mè. Lè li antre nan atmosfè Latè, li chofo pa friksyon , ki kreye yon tras limyè atravè syèl la lannwit. Fenomèn sa a rele meteyò (oswa zetwal filant oswa zetwal k ap tonbe). Lè yon meteyorid siviv pasaj li nan atmosfè Latè e rive atè sou sifas la, yo rele l meteyorit. Malgre dè milyon meteyò rive nan atmosfè Latè chak jou, pi fò nan meteyorid yo te ye a boule e tounen gaz ak pousyè anvan yo rive atè a.

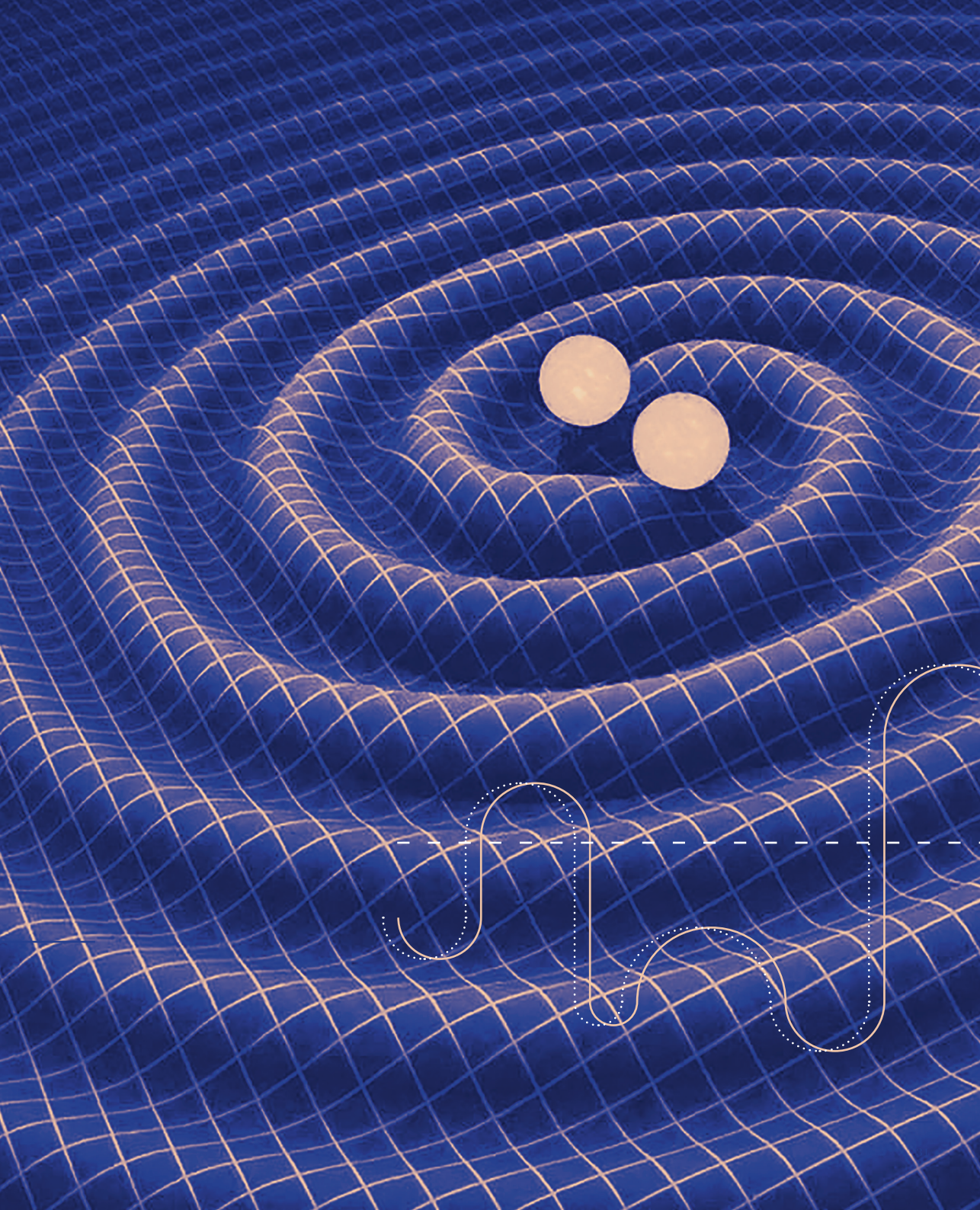


*Astwonomi se yon syans ki etidye objè selès  
ak fenomèn nan Linivè*



*Jan yon atis reprezante ond gravitasyonèl ke yon zetwal a netwon fè pandan youn tap vire otou lòt avan yo te fin pa kole ansanm.*

*Kredi: R. Hurt / Caltech-JPL*



## 4.1

### Limyè (yo rele l tou radyasyon elektwomayetik) se sous prensipal enfòmasyon pou rechèch astwonmik

Pwiske pifò objè selès yo twò lwen pou n ta wwayaje al ladan yo, nou dwe konte sou radyasyon elektwomayetik (limyè) objè sa yo pou n etidye yo. Diferan longèdonn spèk elektwomayetik la bay enfòmasyon sou diferan fenomèn astwonmik ak sou nati objè selès yo. Nan astwonimi modèn, etid Linivè a sitou fèt lè n sèvi avèk tout spèk elektwomayetik la: radyo, mikwo ond, enfrawouj, vizib, iltravyolèt, reyon-X ak reyon gama. Malgreke nan langaj komen limyè vle di sèlman limyè vizib, nan astwonimi limyè ka refere n a spèk elektwomayetik la.

## 4.2

### Sou yon gwo echèl distans, gravitasyon se entèraksyon dominan nan Linivè

An jeneral, objè astwonmik pa gen okenn chaj elektrik vre. Fason dominan objè sa yo enteaji a distans ki long, se gras a gravite. Se gravite sa ki lakòz planèt yo vire toutotou Solèy la, zetwal yo vire toutotou sant galaktik a, epi kenbe plasma cho nan zetwal ansanm nan yon fòm sferik. Pifò fenomèn astwonmik nou ka dekri yo lè n sèvi avèk lwa Newton sou gravite, men nan sitiyasyon ki pi ekstrèm yo nou bezwen teyori jeneral relativite Einstein la pou bay yon deskripsyon egzat.

## 4.3

### Ond gravitasyonèl ak patikil sibatomik ofri nouvo fason pou etidye Linivè

Egzistans ond gravitasyonèl - plisman nan espas-tan - te prevwa pa teyori jeneral relativite byen bonè nan komanman 20èm syèk la. Premye deteksyon dirèk konfime te fèt nan lane 2015, e kounyea syantis yo kapab itilize l kòm yon nouvo fenèt pou etidye Linivè. Ond gravitasyonèl yo pwodwi pa entèraksyon fòs gravitasyonèl ki fò anpil, tankou fizyon 2 twou nwa masif oswa zetwal netwon. Astwonòm detekte tou divès kalite patikil sibatomik, tankou netrino, elektwon, oswa pwoton, ki pèmèt yo etidye enteryè Solèy nou an ak kèk nan pwosesis ki pi enèjik nan Kosmos la.

## 4.4

### Astwonimi itilize done yo jwenn nan obsèvasyon ak similasyon pou modelize fenomèn astwonmik yo nan kad teyori aktyèl yo

Astwonòm yo kreye modèl matematik avèk objè astwonmik yo, avèk fenomèn ki asosye ak yo, e ak evolisyon yo. Fondasyon modèl sa yo te fèt gras ak teyori fondamantal nan fizik ak chimi. Gen kèk modèl ki fèt ak relasyon matematik elemanntè, modèl ki pi konplèks itilize similasyon nimerik. Similasyon ki pi sofistike yo fèt sou kèk nan pi gwo sipèkonpitè nan mond lan. Yo itilize done obsèvasyonèl ki sòti nan teleskòp ak detektè pou teste ak rafine modèl yo. Entèraksyon ki genyen ant done obsèvasyonèl ak modèl se yon aspè enpòtan nan dekouvet.



## 4.5

### Rechèch astwonmik konbine konesans ki sòti nan diferan domèn, tankou fizik, matematik, chimi, jewoloji ak byoloji

Pwofesyonèl rechèch astwonmik konbine konesans nan matematik, fizik, chimi, jeni, syans enfòmatrik, osi byenke lòt domèn. Fason nou wè bagay yo an gwo konsa demontre nou li esansyèl pou revele ak modelize nati objè astwonmik ak fenomèn. Pa egzanp, pou konprann reyaksyon nikleyè ki fèt anndan zetwal yo, syantis yo bezwen fizik nikleyè; pou konprann eleman ki parèt nan atmosfè zetwal yo, yo bezwen chimi. Jeni esansyèl pou fabrike teleskòp ak detektè, e devlopman lojisyèl ki adapte enpòtan anpil pou analiz done enstriman sa yo bay.

## 4.6

### Astwonimi divize an yon kantite espesyalite

Depi lè bon deskripsyon objè astwonmik ak fenomèn mande pou bonjan konesans nan lòt domèn syantifik, astwonimi modèn nan vin jeneralman divize an espesyalite dapre tèm prensipal l ap kouvri. Kèk nan espesyalite sa yo enkli: astwobyoloji, kosmoloji, astwonimi obsèvasyonèl, astwochimi, ak syans planètè. Yon Astwonòm ka chwazi tou pou spesyalize l nan etidye yon kalite objè an patikilye, tankou zetwal tirasi blan. Etandone wòl enpòtan ke fizik jwe nan astwonimi, tèm „astwofizik“ ak „astwonimi“ ka itilize youn pou lòt.

## 4.7

### Echèl tan ak distans nan astwonimi pi gwo pase sa nou itilize nan lavi n chak jou

Lalin nan se objè selès ki pi prè Latè a yon distans apeprè 384,400 kilomèt . Solèy nou an gen yon dyamèt 1.39 milyon kilomèt, yon mas sou 1989 mil trilyon trilyon kilogram , e li se zetwal ki pi pre Latè a yon distans de apeprè 150 milyon kilomèt ( ki defini Nite Astwonmik la, UA). Zetwal ki pi pre a Solèy la se Proxima Centauri ki se sou 4.25 ane-limyè ale. Yon ane-limyè se distans limyè a vwayaje (nan yon vakyòm) nan yon ane, oswa jis plis pase 9 troyon kilomèt. Galaksi nou an se 100,000 a 120,000 ane-limyè an dyamèt, ak lòt galaksi ki ka rive jwenn dè milya de ane-limyè. Nite yo nan astwonimi yo pi gwo pase nou ta ka imajine. Kalandriye astwonmik yo long ak laj dè milya de ane yo tipik.

## 4.8

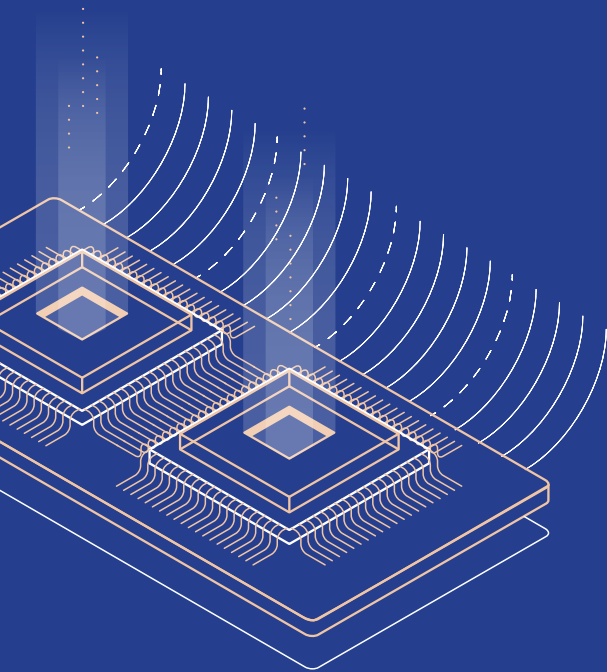
### Spèktroskopi se yon teknik enpòtan ki pèmèt nou sonde Linivè a a distans

Nou ka rive jwenn plizyè karakteristik objè astwonmik sèlman lè n etidye spèk yo - dekonpozisyon lakansyèl ki tankou limyè an pakèt diferan koulè, e chak karakterize pa longèdonn yon limyè. Lè yo analize limyè ki kolekte nan objè sa yo, astwonòm yo ka detèmine detay tankou konpozisyon eleman yo, tanperati, presyon, chan mayetik, pami lòt karakteristik.



5

*Astwonomi benefisye ak stimile  
devlopman teknolojik*



---

*2 nan 4 teleskòp de 8 m ki nan  
Very Large Telescope (VLT), ki  
anwo nan lèzand Chili  
Kredi: ESO / P. Horálek*



## 5.1

### Teleskòp ak detektè yo enpòtan anpil pou etid nan astwonmi

Kòm onn elektwomayetik yo se sous prensipal enfòmasyon nan astwonmi, teleskòp ak detektè jwe yon wòl enpòtan nan koleksyon ak analiz onn sa yo. Pi gwo teleskòp yo kolekte plis limyè, sa pèmèt astwonòm yo idantifye ak analize objè ki gen ti liminozite. Pi gwo teleskòp yo te genyen tou pi gwo pouvwa rezolisyon, sa pèmèt astwonòm yo etidye objè yo sible yo ak plis detay. Aloske premye obsèvasyon astwonomik yo te fèt nan gade dirèkteman nan yon teleskòp, detektè yo jodi a pèmèt astwonòm yo dokimante obsèvasyon yo objektivman, nan anpil longèdonn diferan.

## 5.2

### Gen kèk teleskòp ki ka lye ansanm pou ajì tankou yon sèl gwo teleskòp

Lè yo konekte anpil teleskòp, astwonòm yo ka fè yo fonksyone kòm yon sèl gwo teleskòp lè yo sèvi avèk yon teknik yo rele entèferometri. Rezolisyon nan enstriman konbine yo pral tankou sa ki nan yon sèl teleskòp ki gen yon dyamèt egal a pi gran distans ant 2 nan pi piti teleskòp ki lye ansanm yo. Sa pèmèt astwonòm yo wè detay ki pi piti yo e pi sibtil nan objè astwonomik yo, konsa tou yo ka byen distenge objè apa, tankou yon zetwal ak sistèm planèt li yo.

## 5.3

### Obsèvatwa astwonomik yo sitiye sou Latè ak nan lespas

Atmosfè Latè absòbe radyasyon pi fò nan spèk elektwomayetik la. Li transparan pou limyè vizib, kèk radyasyon iltravyolèt ak enfrawouj, ak ond kout yo, men li opak pou pifò nan yo. Pifò bann iltravyolèt ak gwo pòsyon nan limyè enfrawouj, avèk reyon-X la tou, pa ka antre nan atmosfè a. Pou rezon sa a, pifò teleskòp ki ranmase limyè ki pa vizib, radyo, ak yon ti kantite lòt bann longèdonn, nou dwe mete yo nan lespas. Malgre ke limyè vizib ka obsève apati de sifas la, tibilans nan atmosfè Latè afekte bon jan kalite nan imaj yo, se pou sa yo mete kèk teleskòp optik nan lespas tou.

## 5.4

### Obsèvatwa astwonomik terès yo souvan sitiye nan zòn ki lwen atravè le mond

Se kèk kote sou Latè ki ofri kondisyon obsèvasyon ki pi bon yo asosye ak altitud ki wo, ki pa gen okenn polisyon limyè e ki gen transparans atmosfè a sèten longèdonn. Kote sa yo ka souvan ostil, difisil pou jwenn aksè, epi anjeneral yo lwen pi gwo koloni moun. Astwonòm yo, swa yo vizite sit sa yo pou obsèvasyon yo, swa yo pèmèt operatè lokal yo ki gen eksperyans teleskòp fè yo pou yo, swa yo itilize teleskòp robotik, ki ap opere adistans.

## 5.5

### Astwonomi jodi fè pati „Big Science“ ak „Big Data“

Sondaj astwonmik yo te kòmanse jenere gwo kantite done, e sa ap ogmante dramatikman nan ane k ap vini yo. Devlopman sa a rele „Astwonomi Big Data“, kote yo konsantre yo sou jwenn nouvo fason pou stoke, delivre ak analize done sa yo. Sa te mennen devlopman divès kalite pwojè syans sitwayen pou itilize kapasite rekonesans modèl rapid ke moun genyen. Yon lòt fason pou wè l sè ke , teleskòp modèn ak enstriman yo koute chè, e konstriksyon yo mande yon varyete de ladrès teknik. Nan epòk „Big Science“ sa, yo anjeneral bati pa òganizasyon entènasyonal oswa gwoupman ki enplike anpil enstiti astwonmik ki sòti nan diferan peyi.

## 5.6

### Similasyon konplèks ak pakèt done nan astwonomi mande pou devlope sipèkonpitè pwisan

Travay sou gwo kantite done ki sòti nan similasyon ak obsèvasyon mande pou òdinatè ki kapab fè simila-syon konplèks nan yon ti tan. Superkonpitè jodi a ka fè nan kèk santèn kwadrilyon kalkil pa segond. Sipèkonpitè sa yo pèmèt astwonòm yo kreye fo linivè e konpare yo ak obsèvasyon ki sòti nan sondaj gwo-echèl.

## 5.7

### Astwonomi se yon syans mondyal, avèk ekip entènasyonal, e kote done yo ak piblikasyon yo pataje libremman

Done ki disponib nan pifò obsèvatwa pwofesyonèl yo aksesib a piblik la. Pandan karyè yo, astwonòm yo pral anjeneral travay nan diferan peyi. Gwo pwojè astwonmik, depi nan konstriksyon teleskòp ak enstriman jous nan kanpay obsèvasyon kowòdone yo, souvan reyalize an kolaborasyon ant chèchè ak enstiti ki sòti nan diferan nasyon. Astwonomi, li mondyal e entènasyonal. Nou tout nou se manm ekipaj „veso Latè a“, anba yon sèl syèl, n ap eksplòre kosmos la.

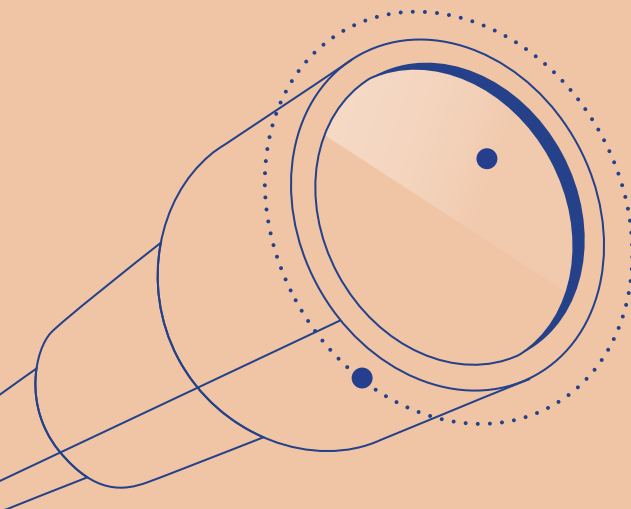
## 5.8

### Anpil vesò spasyal te lanse nan lespas pou etidye sistèm solè a

Pou nou ka eksplòre ak aprann plis sou plas nou nan Linivè a, nou te voye sond robotik nan tout sistèm solè a. Gen kèk nan sond sa yo ki an òbit otou planèt, lalin, oswa menm astewoyid, pandan ke gen lòt ki te ateri sou objè sa yo. Pami kote nan Sistèm Solè a ki te vizite (aterisaj, òbit oswa pasaj bò kote4) pa sond robotik yo se tout planèt yo, planèt tirasi Pliton ak Ceres, Lalin nou yo ak lòt lalin nan Jipitè ak Satin, komèt ak astewoyid.

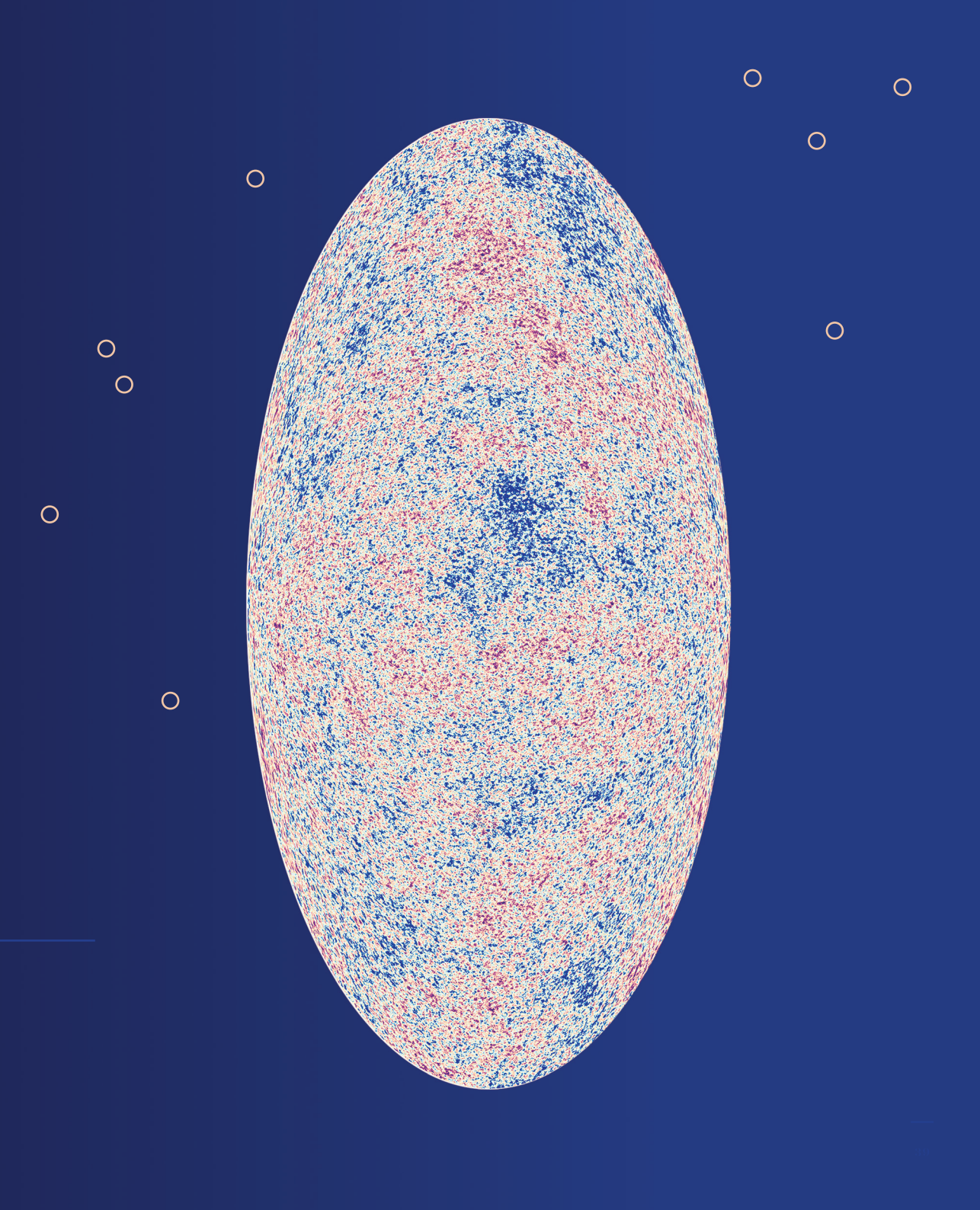
# 6

*kosmoloji se syans k ap eksplòre tout  
Linivè an antye*



---

*Yon imaj Fon Difi Kosmolajik la  
(CMB), yon relik Linivè te kite lè  
li te gen 380 000 lane daj  
Kredi: ESA ak Planck  
Collaboration*



## 6.1

### Linivè a gen plis pase 13 milya ane

Estimasyon laj Linivè, baze sou obsèvasyon modèn ak modèl avanse kosmolojik pou evolusyon primitif li yo, se apeprè 13,8 milya ane. Kosmoloji se yon chan rechèch ki etidye evolusyon ak strikti Linivè

## 6.2

### Linivè a omojèn e izotwòp a gran echèl

A gwo echèl, (apeprè pi plis ke 300 milyon ane-limyè) matyè ki nan Linivè a parèt distribiye de manyè omojèn. Akòz dansite ak strikti sa a prèske inifòm, Linivè prèske idantik nan nenpòt kote (omojèn) e nan tout direksyon (izotwòp).

## 6.3

### Nou toujou obsève le pase

Akòz vitès fini limyè, nou pa janm wè objè jan yo ye kounye a, men toujou jan yo te ye nan tan lontan. Nou ka sèlman wè Solèy la jan li te ye 8 minit de sa nan le pase, paske limyè solèy la pran apeprè 8 minit pou li rive jwenn nou. Nou wè Galaksi Andromèd la jan li te ye gen 2.5 milyon ane de sa, paske se tan sa limyè galaksi a pran pou li rive sou Latè. Nan fason sa a, astwonòm toujou obsève le pase, menm jiska 13,8 milya ane de sa. Obsève objè astwonòmik nan diferan distans konsa ban nou donk yon apèsi nan istwa kosmik. Depi, an mwayèn, Linivè gen menm pwopriyete toupatou, apèsi sa a bay endikasyon ki valab nan pwòp istwa nou.

## 6.4

### Nou ka sèlman obsève yon fraksyon nan Linivè total

Depi limyè wwayaje nan lespas ak yon vitès fini, gen rejyon byen lwen nan Linivè a nou pa ko kapab obsève. Rezon ki fè sa se tou senpleman ke limyè ki sòti nan rejyon sa yo pa te gen ase tan pou yo rive jwenn detektè nou yo sou Latè. Nou ka wè sèlman objè ki anedan yon sèten rejyon ki rele „Linivè obsèwab“, ki gen ladan tout objè ki gen limyè ki te gen ase tan pou rive jwenn nou. Sa ki enteresan se objè ki trè lwen yo, tou prè fontyè rejyon sa a. Yo parèt pou nou nan fòm yo te ye lè Linivè te fèk kòmanse.



## 6.5

### Linivè a sitou konpoze de Enèji Nwa ak Matyè Nwa

Zetwal yo, lè nou respire a, kò nou, ak tout sa nou wè bò kote nou yo fèt ak atòm, ki yomenm fèt ak pwoton, netwon ak elektwon. Sa yo rele matyè baryonik la, se sa nou enteaji avèk li nan lavi nou chak jou. Done obsèvasyonèl montre ke li reprezante sèlman apeprè 5% nan konpozisyon total Linivè. An reyalyite, Linivè a sitou fèt ak yon fòm enèji yo rele Enèji Nwa (apeprè 68%) ak yon fòm etranj matyè yo rele Matyè Nwa (apeprè 27%). Nati sa yo rele Enèji Nwa ak Matyè Nwa a se yon zòn aktif nan rechèch, patikilyèman atravè obsèvasyon enfliyans yo sou matyè baryonik.

## 6.6

### Linivè a ap agrandi a yon vitès akselere

Prèv obsèvasyonèl montre ke Linivè a ap agrandi ak yon vitès akselere, yo atribiye sa a Enèji Nwa. Aloske Linivè a ap agrandi de fason sistematik sou yon gwo echèl, galaksi yo ap deplase lwen youn ak lòt. Done obsèvasyonèl yo montre plis yon galaksi lwen de nou, pi vit li elwaye li lwen de nou ( lwa Hubble-Lemaître). Obsèvatè ekstraterès ipotetik nan lòt galaksi tap jwenn menm bagay la. Sistèm ki rasanble yo, tankou ama galaksi ak gwoup galaksi ki lye pa pwòp gravite yo, oswa yon galaksi pou tèt pa l, yo pa afekte pa ekspansyon kosmik la. Anndan ama ak gwoup galaksi yo, galaksi endividyèl yo òbite youn otou lòt, oswa yo ka sou wout kolizyon youn ak lòt. Dènye bagay sa se yon verite pou Galaksi Vwa Lakte ak galaksi Andromda.

## 6.7

### Ekspansyon lespas pwovoque yon dekalaj vè wouj nan limyè ki sòti nan galaksi ki lwen yo

Ekspansyon Cosmic enfliyans pwopriyete limyè nan Linivè. Limyè ki rive sou ki sòti nan galaksi ki lwen yo, gen yon dekalaj vè wouj k ap ogmante de pli zan pli distans la pi gran. dekalaj kosmolojik vè wouj sa, ou ka konprann li dirèkteman an tèm de longèdonn limyè k ap ogmante (k ap detire vè yon longèdonn pi long) ak faktè echèl kosmik la . Se poutèsa galaksi byen lwen yo, ou ka sèlman obsève yo nan bann enfrawouj oswa radyo, e se poutèsa Fon Difi Kosmolojik la rive sou nou sitou nan rejim mikwo ond lan.

## 6.8

### Lwa natirèl yo (tankou gravite) ke nou etidye sou Latè sanble travay menm jan nan tout Linivè

Te gen anpil tès pou wè si lwa fizik yo, tankou lwa ki gouvène gravite, tèrmodinamik, ak elektwomayetism, se menm bagay la sou Latè ak byen lwen nan Linivè. Se konsa, lwen, tout tès sa yo endike ke lwa fondamantal nan fizik aplike nan Linivè a tout antye.

## 6.9

### Strikti a gwo echèl nan Linivè gen ladann filaman, fey ak vid

Gwo sondaj a dekalaj vè wouj nan Linivè te revele ke, a yon echèl ki nan kèk santèn milyon ane-limyè , Linivè sanble ak yon eponj ki genyen twa dimansyon - tankou yon rezo filaman ak vid, ke astwonòm rele „reso kosmik“. Filaman ak fey yo gen dè milyon de galaksi. Strikti a gwo-echèl sa yo ouvè ko yo sou plis pase dè santèn de milyon ane-limyè epi yo tipikman gen kòm epesè dè dizèn de milyon de ane-limyè. Filaman ak fey yo fòme fwontyè alantou vid yo, ki mezire santèn milyon ane-limyè nan dyamèt, epi ki genyen kèk galaksi.

## 6.10

### Fond Difi Kosmolojik la pèmèt nou eksplòre Linivè primitif

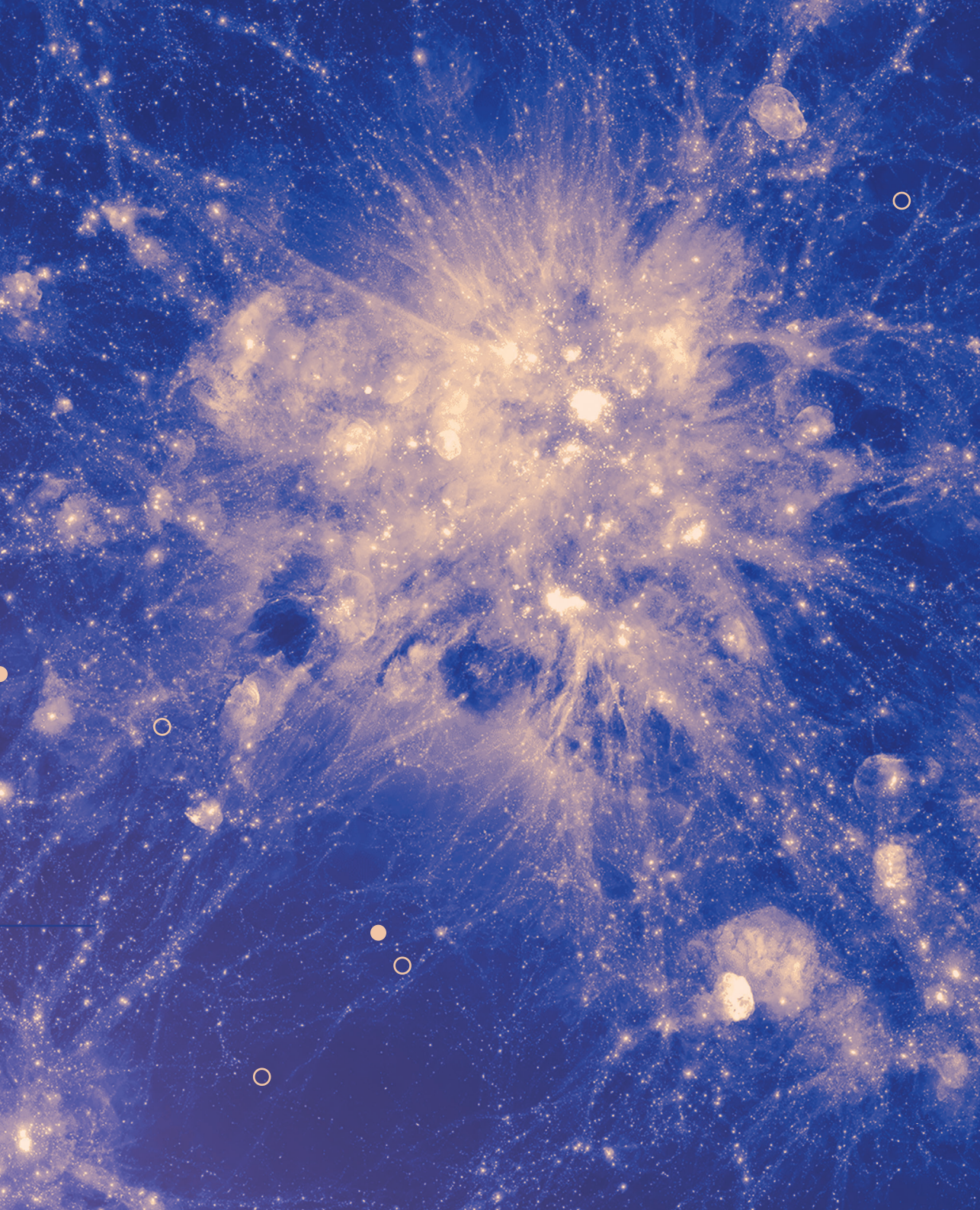
Pi ansyen radyasyon elektwomayetik, ki sòti nan rejyon ki pi lwen nan Linivè ke nou ka obsève, se Fon Difi Kosmolojik. Li se yon res relik ki sòti nan ansyen Linivè ki te cho e dans, li se anprent ak enfòmasyon ki sòti nan yon tan lè Linivè a te gen apeprè 380,000 ane. Fon Difi Kosmolojik la [CMB] pèmèt nou mezire karakteristik kle Linivè an antye: kantite Matyè Nwa, matyè baryonik ak Enèji Nwa li genyen, jeyometri Linivè ak vitès aktyèl li nan ekspansyon l. Fon Difi Kosmolojik la montre Linivè prèske izotwòp e donk sa tou bay prèv endirèk li omjèn.

## 6.11

### Ou kapab eksplike evolisyon Linivè pa modèl Big Bang nan

Selon pi bon prèv ki disponib jiskaprezan , tout matyè ak enèji nou wè bò kote nou te nan yon volim pi piti ke yon atòm gen plis pase 13,8 milya ane de sa . Linivè a te ouvè kò l sòti nan faz gwo dansite ak tanperati (faz Big Bang) pou rive nan eta li ye kounye a. Modèl yo ki dekri Linivè k ap agrandi a, yo rele l LambdaCDM (kote Lambda se pou Enèji Nwa nan Linivè e CDM pou Matyè Nwa ki Frèt). Faz Big Bang la, malgre non li, pa t yon eksplozyon kote matyè yo lage nan lespas vid ki te deja egziste. Tout lespas ki disponib yo te ranpli ak matyè depi nan kòmansman an, epi toukòm lespas la ap ogmante, dansite mwayèn matyè ap diminye tou depi lè sa. Depi fòmasyon galaksi yo, distans mwayèn ant yo kontinye ogmante. Modèl Big Bang la fè anpil prediksyon testab sou aktyèl Inivè nou an, pi fò nan yo konfime avèk done obsèvasyonèl yo.

*Yon similasyon a gwo-echèl kosmolojik k ap montre evolisyon yon pati nan Linivè, kote dansite Matyè Nwa kouvri ak vitès gaz la  
Kredi: The Illustris Collaboration*



7

*Nou tout ap viv sou yon ti  
planèt nan sistèm solè a*

---

*Jan yon atis reprezante  
kèk nan egzoplanèt k ap  
òbite otou yon zetwal ki rele  
TRAPPIST-1, li gen omwen 7  
planèt an wòch ki gwosè Latè  
k ap òbite otou de li.  
ESO / M. Kornmesser*



## 7.1

### Sistèm solè a te fòme gen apeprè 4.6 milya ane

Datasyon radyoaktif meteyorit yo te pèmèt nou detèmine laj sistèm solè a. Laj sa a konsistan tou ak date echan-tiyon wòch linè e wòch ki pi ansyen yo te jwenn sou sifas Latè .

## 7.2

### Sistèm solè a gen ladann Solèy, planèt, planèt tirasi, lalin, komèt, astewoyid ak meteyorid.

Sistèm solè nou an fèt ak yon zetwal santral nou rele Solèy ak tout objè ki nan òbit outou de li, ki anba enfliyans gravite li . Objè sa yo gen ladan planèt yo ak satelit natirèl yo, planèt tirasi, astewoyid, meteyorit, ak komèt. Solèy la reprezante plis pase 99,87% nan mas total sistèm solè a.

## 7.3

### Gen 8 planèt nan sistèm solè a

Selon rezolisyon 2006 Inyon Astwonmik Entènasyonal la, pou yon objè yon planèt, li dwe satisfè twa kri-tè. Premye a sè ke li dwe vire toutotou Solèy la. Dezyèm lan sè ke yon planèt dwe gen ase mas pou gravite transfòme li nan yon fòm apwoksimatif sferik, epi finalman, enfliyans gravitasyonèl li dwe ase pou netoye vwazinaj òbital li de lòt objè yo. Objè ki pa lalin epi ki obeyi 2 premye règ yo, men pa twazyèm lan, yo rele planèt tirasi. Kòmanse sòti nan Solèy la, planèt yo nan sistèm solè nou an se Mèki, Venis, Latè, Mas, Jipitè, Satin, Iranis, ak Neptin.

## 7.4

### Gen plizyè planèt tirasi nan sistèm solè a

Tout planèt tirasi yo pi piti pase Lalin Latè a, ki gen yon dyamèt apeprè 3.474 km . Pliton se kounye a pi gwo nan planèt tirasi yo, answit se Eris, Haumea, Makemake ak Ceres. Chak nan objè sa yo solid, ak sifas glas e konpozisyon yo menm jan. Ceres sitiye ant òbit Mas ak Jipitè, pandan ke lòt 4 planèt tirasi yo ka pi lwen pase òbit Neptin, nan senti Edgeworth-Kuiper a.

## 7.5

### Planèt yo divize an planèt terès (wòch) ak geyan ki fèt ak gaz

4 planèt ki pi prè Solèy la yo rele planèt terès. Tout planèt sa yo gen yon sifas solid epi yo sitou fèt ak wòch. Mèki pa gen okenn atmosfè, men konpare ak Latè, Venis gen atmosfè ki pi dans e Mas atmosfè ki pi mens. Kontrèman ak planèt enteryè ki pi piti yo, 4 planèt ekstèn yo, ki rele jeyan gaz, pi gwo anpil. Planèt sa yo se sitou gaz (idwojèn ak elyòm) e atmosfè yo trè dans. Tout jean gaz gen ano otou de yo. Satin gen de lwen sistèm ano ki pi enpresyonan, ki vizib menm nan yon teleskòp ki piti.

## 7.6

### Gen kèk planèt ki gen plizyè douzèn satelit natirèl

Alesepasyon de Mèki ak Venis, tout planèt yo gen omwen yon satelit natirèl. Latè se sèl planèt nan sistèm solè a ki gen yon sèl lalin, pandan ke Mas gen 2 lalin . Kontrèman ak planèt terès yo, tout jeyan gaz yo gen yon gwo kantite objè k ap òbite yo. Avèk plis pase 75 lalin konfime, Jipitè ak Satin se planèt ki gen pi plis satelit natirèl, se Iranis ak Neptin ki vin aprè.

## 7.7

### Latè se twazyèm planèt nan òbit otou Solèy la e li gen yon satelit natirèl, Lalin nan

Planèt pa nou an se twazyèm planèt a pati de Solèy la e li gen yon òbit prèske sikilè. Atmosfè Latè a gen sitou nitwojèn ak oksijèn, e tanperati an mwayèn sifas li, ki kouvri ak dlo pou plis pase 70%, se apepre 15 degre Celsius . Lalin nan se sèl satelit natirèl Latè, e sèl objè selès moun mete pye sou li.

## 7.8

### Gen plizyè milyon astewoyid ki se retay ki rete depi nan komansman fòmasyon sistèm solè nou an

Retay ki te rete aprè fòmasyon inisyal sistèm solè a, yo jwenn yo sitou nan senti astewoyid la, ki chita ant òbit Mas ak Jipitè, ak nan senti Edgeworth-Kuiper la, ki chita pi lwen pase òbit Neptin. Gwosè astewoyid sa yo varye ant apepre 10 m a 1,000 km, e mas konbine tout astewoyid nan sistèm solè a pi piti pase mas Lalin Latè a.

## 7.9

### Yon komèt se yon objè ki fèt ak glas ki vin gen yon ke lè Solèy la cho f

Komèt yo fèt sitou ak glas, men yo gen ladan yo tou pousyè ak materyèl wòch. Glas la volatil, li evapore lè komèt la apwòche Solèy la akòz van solè ak radyasyon. Sa kreye 2 ke - yon ke pousyè ki yon ti kras koube nan direksyon opoze a mouvman komèt la, li etann li sou dè milyon de kilomèt, ak yon ke plasma ki dwat epi ki pa vizib ak je sèlman. Ke komèt la toujou pwente nan direksyon opoze a Solèy la, kèlkeswa nan ki direksyon komèt la ap deplase. Yo te panse pifò komèt yo sòti nan 2 rejyon spesifik: Senti Edgeworth-Kuiper la, ki chita pi lwen pase òbit Neptin, ak Nwaj Oort la, nan dènye pwent sistèm solè a.

## 7.10

### Fwontyè Sistèm Solè a rele Eliopoz

Chan mayetik Solèy la ouvè kò'l byen lwen sifas li. Sa kreye yon boul ki englobe tout sistèm solè a. Rejyon kote chan mayetik Solèy la entèaji avèk chan mayetik lòt zetwal rele Elyodjenn5. Limit ekstèn rejyon ki ajite e tibilan an, li rele Elyopoz. Aprè eliopoz la se lespas entèstèlè. Nan lane 2012, veso spasyal Voyager 1 te premye objè ki te fèt pa moun ki travèse Elyopoz la.

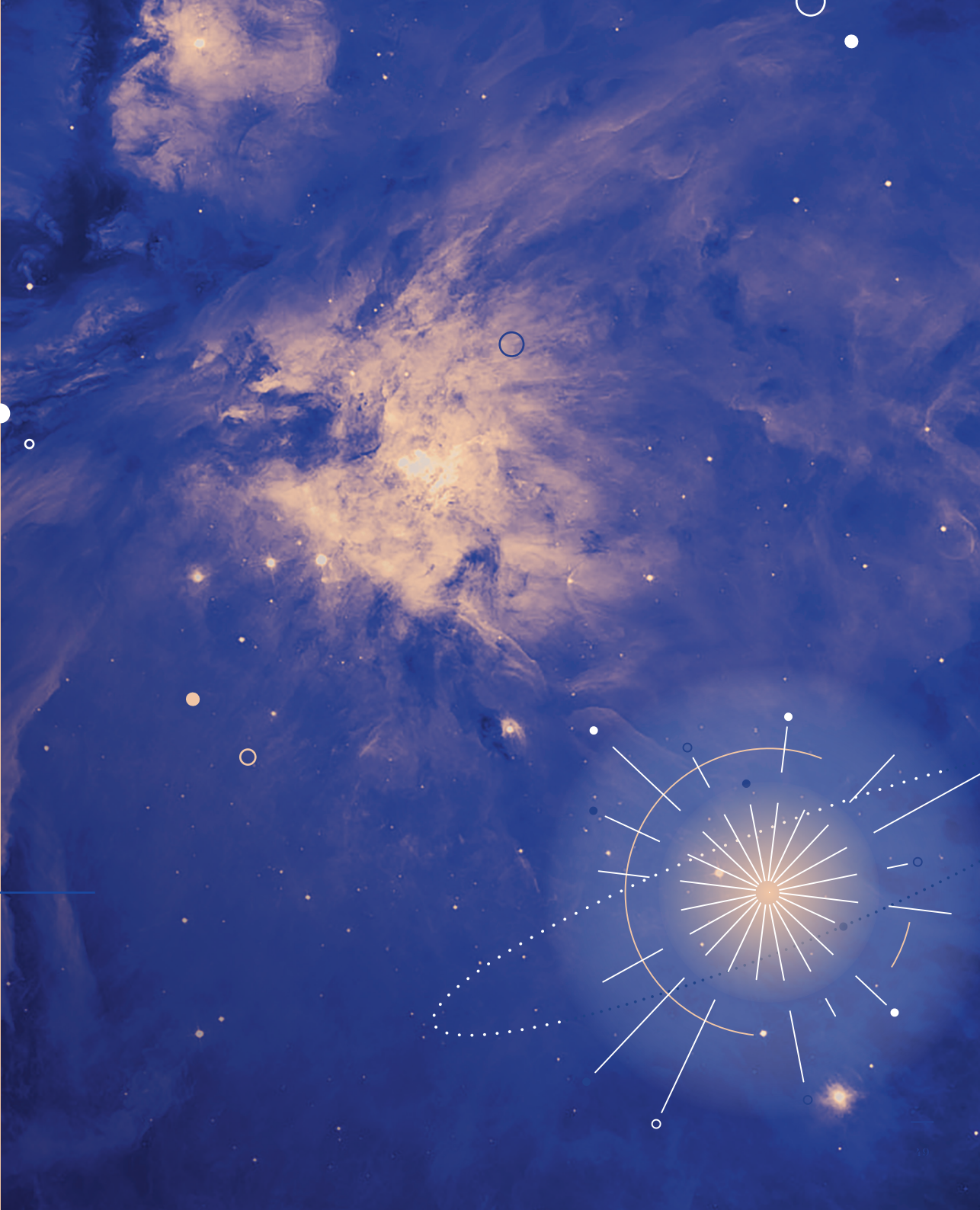


*Nou tout fèt ak pousyè  
zetwal*

---

*Nebilez Orion (M42), rejon ki  
pi prè nou, kote zetwal ki gen  
anpil mas ap fòme.  
Kredi: NASA, ESA, M. Robberto  
(Space Telescope Science  
Institute/ESA) ak Hubble Space  
Telescope*





## 8.1 Yon zetwal se yon kò ki fè limyè pou pwòp tèt li pandan lap fabrike enèji pa reyaksyon nikleyè andann

Zetwal yo fèt ak plasma trè cho (yon gaz kote elektwon ak nwayo atomik yo lajman separe) ki kenbe gras a pwòp gravite li. Pwodiksyon enèji nèt ale nan yon zetwal se reyaksyon nikleè ki fèt anndan'l ki fè sa, pou kòmmanse idwojèn fizyone an elyòm , a travè chèn pwoton-pwoton an (e pou zetwal ki pi masif yo se a travè sik CNO kabòn-azòt-oksijèn) avan li pase a fizyon eleman ki pi lou yo. Zetwal yo estabilize grasa presyon ki kenbe pa enèji ki lage pandan pwosesis fizyon santral yo, ki anpeche zetwal la tonbe anba pwòp gravite li . Nan fason sa, pifò zetwal ki gen mas menm jan oswa mwens pase Solèy nou an rete stab pou kèk milya oswa menm plizyè dizèn milya ane.

## 8.2 Zetwal yo fòme nan gwo nwaj pousyè ak gaz

Se efondreman gravitasyonèl nwaj molekilè jeyan frèt yo ki fè zetwal yo fèt. Lè nwaj la efondre, li kase an ti moso kote rejyon santral yo vin de plizanpli dans ak pi cho. Aprè yon valè kritik nan tanperati ak presyon, fizyon nikleyè kòmmanse e yon zetwal fèt. Zetwal jenn sa okòmansman antoure pa yon disk pwotoplanètè ki fèt ak pousyè ak gaz. Nan plis pase dè milyon dane, disk sa ap diferansye li an planèt ak ti kò.

## 8.3 Zetwal ki pi prè Latè se Solèy la

Avèk yon dyamèt ekwatoryal de 1.4 milyon kilomèt , Solèy la, zetwal ki pi prè Latè, tèlman gwo ke nou ta ka ranpli li ak apeprè 1.3 milyon Latè. Menm si zetwal nou an gwo konpare ak planèt nou an, gen pi gwo zetwal nan Linivè. Sipèjeyan VY Canis Majoris la, ki 1.400 fwa dyamèt Solèy la, se pi gwo zetwal nou konnen jiskaprezan. Si yo mete li nan mitan sistèm solè a, sifas VY Canis Majoris ta pwolonje pi lwen pase òbit Jipitè. Genyen tou zetwal ki pi piti anpil pase Solèy la. Zetwal ki pi prè a, Proxima Centauri, se yon tirasi wouj ak yon dyamèt apeprè 200,000 kilomèt, sèlman 16 fwa dyamèt Latè.

## 8.4 Solèy la se yon zetwal dinamik

Malgre li parèt inifòm nan aparans, sifas Solèy la ka takte ak tach nwa. Tach solè sa yo, oswa rejyon ak chan mayetik fò yo, parèt nwa paske yo pi frèt pase materyo ki antoure l yo. Chak 11 zan, Solèy la altène ant pwodwi anpil tach ak pwodwi kèk tach. Pafwa chan mayetik Solèy la vin defòme, li jenere anpil enèji, epi li degaje enèji sa a nan yon eksplozyon limyè ak patikil. Se sa yo rele ekla oswa ekspilsyon mas koronal. Men, menm lè li kalm, Solèy la ap ekspilse konstaman apeprè 1.5 milya kilogram gaz cho, mayetize nan lespas chak segond. Van solè sa soufle sou sistèm solè a e intèaji avèk planèt yo. Lòt zetwal tou pwodwi ekla ak van.

## 8.5

### Koulè yon zetwal di nou tanperati sifas li

Zetwal ka gen tanperati sifas sòti nan kèk mil degre Celsius a senkant mil degre Celsius. Zetwal cho yo gaye pi fò nan enèji yo nan rejyon ble e iltravyolèt nan spèk elektromayetik la (nan longèdonn kout), e konsa yo parèt ble nan je nou. Zetwal ki pi frèt yo gen koulè wouj paske yo gaye pi fò nan enèji yo nan rejyon wouj ak enfrawouj nan spèk elektromayetik la (nan longèdonn long).

## 8.6

### Espas ki genyen ant zetwal yo ka gen pifò pati ladann ki vid oswa li ka gen nyaj gaz, ki ka pwodwi zetwal tou nèf

Espas ki genyen ant zetwal yo gen tras ti matyè nan fòm gaz, pousyè ak patikil ki gen anpil enèji („reyon kosmik“). Sa a se kontni yo rele Milye Etèstèlè a. Li ka plizoumwen dans nan diferan pati nan galaksi a. Sepandan, menm rejyon ki pi dans yo nan milye entèstèlè a toujou mil fwa mwen dans pase pi bon vakyòm ki te kreye nan laboratwa.

## 8.7

### Yon zetwal pase pa yon seri faz nan lavi li ki lajman detèmine pa mas inisyil li

Similasyon Odinatè revele premye zetwal yo te gen yon lonjevite de kèk milyon ane. Okontre, esperans lavi an mwayèn pou yon zetwal ki sanble ak Solèy la se apepre 10 milya ane. Zetwal tirasi wouj yo, ki pa gen anpil mas, ka viv pou dè milya dane. Yon zetwal ki gen yon mas ki sanble ak sa ki nan Solèy nou an pral evantyèlman evolye vè yon zetwal jeyan wouj epi pita lap ejekte pi fò nan mas li nan lespas, lap kite dèyè yon zetwal tirasi blanch konpak ki antoure pa sa nou rele yon nebilez planetè. Yon zetwal ki gen omwen 8 mas solè ap evolye vè yon sipèjeyan wouj anvan li eksploze nan yon evènman ki rele sipènova, lap kite dèyè yon zetwal netwon oswa yon twou nwa.

## 8.8

### Zetwal masiv yo ka fini seri faz nan lavi yo pa yon twou nwa stelè

Yon twou nwa se yon rejyon nan lespas ki gen chan gravitasyonèl ekstrèm k ap anpeche tout bagay, menm limyè, sòti depi li te janbe orizon evènman an. Orizon evènman an se yon sifas fwontyè ki antoure yon twou nwa, kote vitès ki nesèsè pou chape anba chan gravitasyonèl la pi gran pase vitès limyè a. Modèl teyorik predi ke nan mitan yon twou nwa se yon sengilarite, kote dansite matyè ak jan espas-tan koube apwòche lenfini. Twou Nwa ki gen mas stelè yo gen apepre yon mas de kèk dizèn mas solè, nan yon rejyon ki gen yon reyon ki mezire de kèk kilomèt a kèk dè dizèn de kilomèt (tou depann de mas la).



## 8.9

### Nouvo zetwal yo ak tout sistèm planèt yo fèt ak materyèl zetwal ki te la anvan yo te kite nan rejyon sa a

Aleksepsyon de idwojèn, de pi fò nan elyòm, ak pou yon ti kantite lityòm, tout eleman ki nan Linivè jodi a te pwodwi andedan zetwal pa fizyon nikleyè . Zetwal ki pa gen anpil mas, tankou Solèy la, pwodui eleman jiska oksijèn nan fizyon nikleyè, alòske zetwal masif yo ka kreye eleman ki pi lou pase oksijèn jiska fè. Eleman ki pi lou pase fè, tankou lò ak iranyòm, yo kreye nan gwo-eksplozyon sipènova ak kolizyon zetwal netwon . Lè yo mouri, zetwal yo lage pi fò nan mas yo nan milye entèstelè a. Apati materyèl sa a, nouvo zetwal yo fòme, nan vèsyon cosmic pwosesis resiklaj.

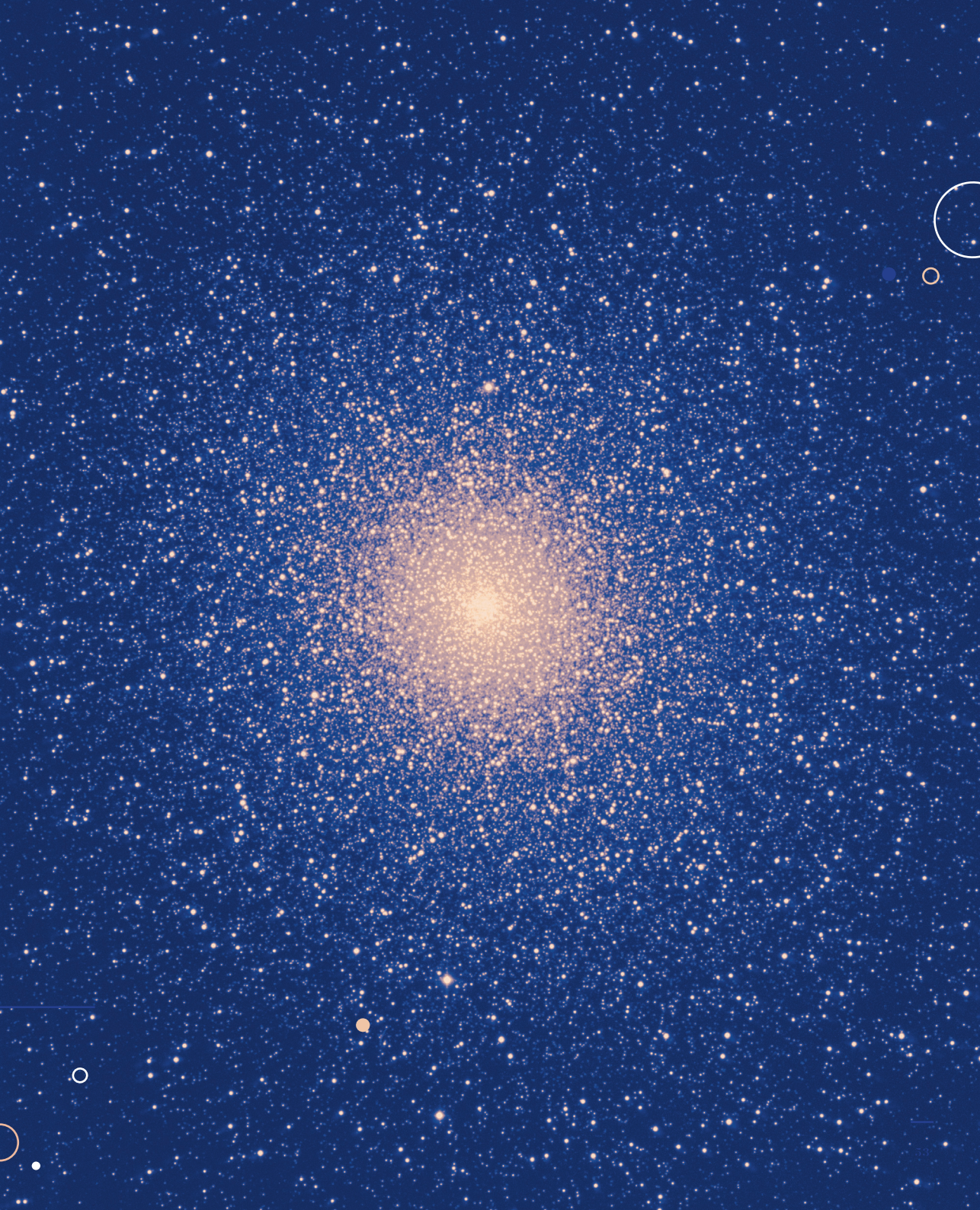
## 8.10

### Kò moun fèt ak atòm ou ka retrase jous nan zetwal ki te la avan yo

Lòt eleman ki pa idwojèn ni elyòm, ak yon ti kantite lityòm , yo te sitou kreye andedan zetwal yo e yo lage nan lespas pandan etap pita nan lavi zetwal yo. Se orijin pifò nan eleman ki fòme kò nou, tankou kalsyòm nan zo nou, fè nan san nou, ak nitwojèn nan ADN nou an. Menm jan an tou, eleman ki fòme lòt bèt , plant, ak pi fò nan bagay sa yo nou wè bò kote nou yo te pwodwi pa zetwal dè milya de ane de sa.

---

*Yon imaj de ama globilè, oswa groupman zetwal ki kole kole, ki se dezyèm pi gwo e dezyèm pi briyan nan syèl la le swa. Yo rele li NGC 104 oswa 47 Tucanae  
Kredi: ESO*

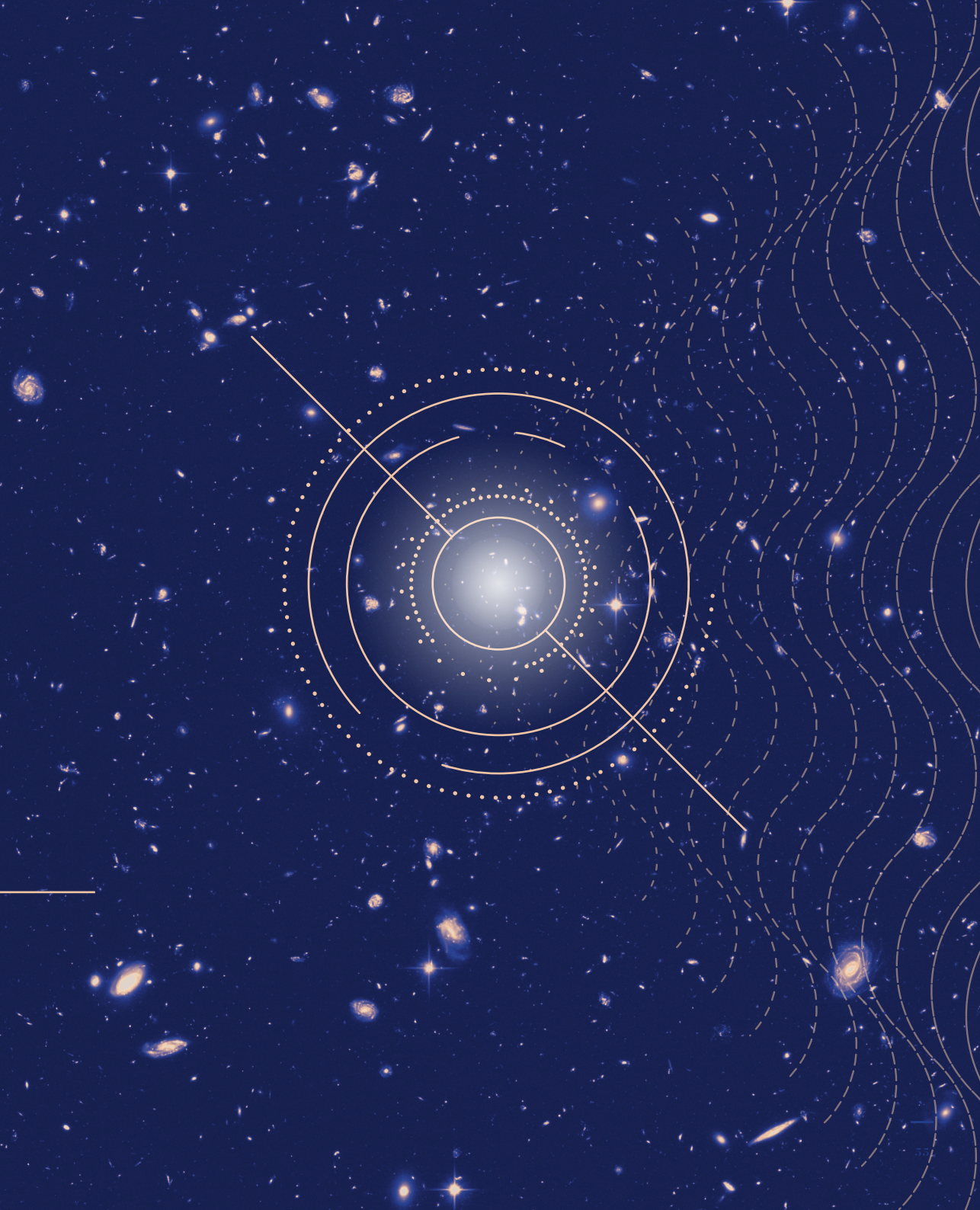


9

*Gen dè santèn milya galaksi nan  
Linivè*

---

*Hubble Ultra Deep Ia, se yon  
foto de yon ti rejyon nan lespas  
(a peprè 1/10 de dyamèt yon  
Lalin ki plèn), li geyen ladann  
apeprè 10 mil galaksi.  
Kredi: NASA, ESA, ak S.  
Beckwith (STScI) ak Ekip HUDF*





## 9.1 Yon galaksi se yon gwo sistèm zetwal, pousyè ak gaz

Yon galaksi gen ant kèk milyon ak dè santèn de milya zetwal, se gravite yo chak ki kenbe youn lòt ansanm . Zetwal yo nan yon galaksi ka fè pati yon ama globilè, oswa yo nan yon pi gwo popilasyon de zetwal ki poukont yo, ki gaye nan galaksi a. Anplis de sa, yon galaksi gen rès zetwal, pousyè, gaz ak Matyè Nwa . Anpil galaksi gen yon twou nwa sipèmasif nan mitan yo.

## 9.2 Galaksi yo parèt gen anpil Matyè Nwa

Matyè Nwa se yon kalite matyè ki pa ni bay ni intèaji avèk radyasyon elektromayetik, e se poutèt sa li enposib pou wè'l pa obsèvasyon dirèk. Malgre Matyè Nwa pa vizib, li gen mas e egzistans li te dedwi gras a efè gravitasyonèl li sou objè vizib yo. Efè sa yo gen ladan mouvman objè vizib yo oswa defòmasyon imaj akòz lantiy gravitasyonèl. Galaksi yo antoure pa yon halo de Matyè Nwa - nan yon sans, sa nou wè nan yon galaksi se jis pwent iceberg la.

## 9.3 Fòmasyon galaksi yo se yon pwosesis k ap evolye

Pandan premye santèn milyon ane nan istwa Linivè, Matyè Nwa evolye vè plizyè gwo rejyon ki pi dans ki rele alo. Lè gaz idwojèn ak elyòm tonbe nan alo sa yo, premye galaksi yo ak premye zetwal yo te fòme. Pi gwo galaksi spiral yo, tankou Vwa Lakte , te evolye pandan li tap atire ak enkòpore anpil galaksi ki pi piti. Gwo galaksi eliptik yo te fòme lè galaksi ki pi masif yo te fè kolizyon e te rantre youn nan lòt. Selon rezèv gaz yo ak chofaj yo jwenn nan zetwal k ap eksploze oswa aktivite nan mitan galaksi a, galaksi sa yo fòme zetwal tou nèf ak yon vitès ki ogmante oswa ki pi dousman.

## 9.4 Gen twa tip prensipal de galaksi: spiral, eliptik ak iregilyè

Selon aparans viziye yo , galaksi yo klase an galaksi spiral, eliptik ak iregilyè. Jan yo ye diferan non sèlman nan fòm, men tou nan kontni. Galaksi spiral yo gen bra spiral ki plat, ki gen ladann sitou zetwal jèn ki klere ak gwo kantite gaz ak pousyè. Kontrèman, galaksi eliptik yo gen mwens gaz. Zetwal yo se sitou sa ki fin vyeyi yo e yo distribiye nan yon fòm ovoid oswa sferik. Gen kèk galaksi, ki gen ladan yo galaksi ki ti rasi yo, ki pa gen okenn nan fòm standa sa yo epi yo rele yo iregilyè.



## 9.5

### Nou ap viv nan yon galaksi spiral yo rele Vwa Lakte

Vwa Lakte nou an se yon galaksi spiral ak yon strikti ki gen yon fòm long nan mitan. Sistèm solè a sitiye a 25,000 ane-limyè de mitan li, nan yon bra spiral. Pati vizib nan galaksi nou an se yon koleksyon zetwal ki gen fòm yon disk ki gen gwoès a peprè 100,000 - 120,000 ane-limyè nan dyamèt e a peprè 2,000 ane-limyè nan epesè. Nan disk sa a, jèn zetwal ak pousyè yo fòme bra spiral yo. Pandan yon nwit ki fè nwa e si nou yon kote ki apwopriye ki fè nwa, nou ka wè yon ti moso nan plis pase 100 milya zetwal nan disk galaktik a kòm yon bann gwo vapè bouya ki travèse syèl la. Se pèspektiv jan nou wè li aloske nou anndan pwòp galaksi pa nou.

## 9.6

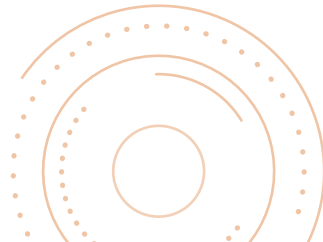
### Bra spiral galaksi yo kreye pa akimilasyon gaz ak pousyè

Yon teyori lajman aksepte sou fòmasyon bra spiral yo se rezilta yon vag dansite k ap deplase a travè disk yon galaksi, se sa ki lakòz zetwal yo, gaz ak pousyè yo rasanble tankou nan yon blokis machin sou yon gwo wout. Se sa ki bay rejyon ki pi dans nan disk la, ki fè ou wè yo tankou bra spiral. Rejyon dans sa yo gen anpil gaz ak pousyè, ki esansyèl pou fòmasyon nouvo zetwal yo. Se poutèt sa, bra spiral yo gen anpil jèn zetwal ki klere, se sa ki montre ke rejyon sa yo gen yon gwo pousantaj fòmasyon zetwal.

## 9.7

### Pifò galaksi yo gen yon twou nwa sipèmasif nan mitan yo

Yon galaksi tipik gen a peprè 100 milyon twou nwa ki gen mas-stelè. Kalite twou nwa sa yo fòme lè yon zetwal masif fini lavi li nan yon eksplozyon sipènova. Ou jwenn twou nwa sipèmasif yo nan mitan pifò galaksi yo, e se kategori ki pi gwo nan twou nwa yo, ak mas sòti depi kèk milyon a plis pase yon milya mas solè. Vwa Lakte nou an gen yon twou nwa sipèmasif nan mitan li ki gen yon mas ozalantou de 4 milyon mas solè. Premye imaj dirèk silwèt orizon evènman yon twou nwa, nan mitan gwo galaksi eliptik M87 a, te pran an 2019 lè yo te konbine done ki sòti nan 8 teleskòp radyo a travè mond lan.



## 9.8

### Galaksi yo ka lwen anpil youn ak lòt

Vwazen ki pi pre Vwa Lakte a se galaksi tirasi Canis Major, a yon distans anviwon 25,000 ane-limyè. Galaksi ki lwen parèt tou piti anpil e se poutèt sa li difisil pou obsève yo. Pou sa rive jwenn imaj galaksi ki byen lwen yo, fòk ou itilize gwo teleskòp ki gen gwo pouvwa rezolisyon e fòk ou pran long ekspozisyon pou sa ramase ase limyè ki sòti nan objè sa yo.

## 9.9

### Galaksi yo rasanble an ama

Galaksi yo pa gaye owaza nan tout linivè. Okontrè, galaksi yo, an mwayèn, fè pati de yon ama galaksi. Ama sa yo gen dè santèn, dè milye de galaksi ki lye ansanm pa atraksyon gravitasyonèl youn ak lòt. Ama galaksi yo, pou tèt pa yo, yo gwoupe ansanm tou an strikti ki pi gwo yo rele supèama. Vwa Lakte a fè pati nan sa yo rele Gwoup Lokal galaksi nou an, ki gen ladan plis pase 54 galaksi. Gwoup Lokal la se yon manm byen lwen nan gwoup Virgo, ki fè pati supèama Virgo, ki li menm fè pati supèama Laniakea.

## 9.10

### Galaksi yo intèaji youn ak lòt gras ak gravite

Entèraksyon ant galaksi yo enfluyans aparans ak evolisyon yo. Nan tan lontan, yo te kwè yon kalite galaksi te kapab evolye nan yon kalite diferan pandan tout lavi li, men konesans syantifik aktyèl montre se entèraksyon gravitasyonèl yo ki lakoz orijin sèten kalite galaksi. Pa egzanp, galaksi eliptik yo ka kreye pa melanj ant gwo galaksi predesesè yo, epi an menm tan, evènman sa yo ka deklanche yon vag entans nan fòmasyon zetwal nan galaksi k ap enteaji yo.

---

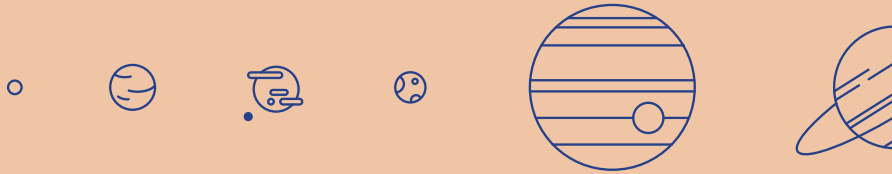
*Imaj konposit an koulè k ap montre lòb ak jè yo k ap sòti azalantou yon twou nwa ki nan mitan galaksi a. Kredi: ESO / WFI (optik); MPIFR / ESO / APEX / A.Weiss ak Al. (Sibmilimèt); NASA / CXC / CFA / R.Kraft ak al. (Reyon X)*





10

*Nou ka pa poukont nou nan  
Linivè*



*Yon imaj veso spasyal Cassini  
te pran, k ap montre Latè ak  
Lalin jan li te wè yo a pati de  
Satin yon demi milya kilomèt.  
Kredi: NASA/JPL-Caltech/  
Space Science Institute*



# 10.1

## Yo detekte Molekil òganik ki an deyò Latè

Molekil òganik gen ladan kabòn, ki se yon blòk debaz pou kostwi lavi jan nou konnen li. Obsèvasyon ki sòti nan Milye Entèstelè montre ke molekil òganik, tankou senp prekièsè asid amine yo, prezan nan lespas. Molekil òganik, ki gen ladan yon asid amine, yo te jwenn yo tou nan komèt ak meteyorit. Li trè posib molekil sa yo te deja prezan nan gaz ak pousyè ki te fòme sistèm solè nou an.

# 10.2

## Gen òganism vivan ki te siviv nan anviwònman ekstrèm sou Latè

Pandan pifò òganism vivan sou Latè yo sansib a kondisyon anviwònman an, kèk òganism, ekstremofil, te siviv kondisyon ekstrèm, sa ki montre lavi ka egziste kote ou pa ta pi atann ou a sa. Òganism sa yo ka trè rezistan a yon pakèt tanperati, presyon, pH, ak ekspozisyon a radyasyon. Kèk nan yo ap viv nan kote tankou dezè, pòl yo, nan fon lanmè a, nan kwout la oswa menm nan vòlkan. Youn nan òganism ki pi rezistan ke yo rekonèt ka siviv nan kondisyon vid. Reyalite sa yo se teren pridan pou optimism sou posibilite pou lavi sou lòt planèt oswa lalin, ki souvan prezante kondisyon anviwònman relativman difisil.

# 10.3

## Tras potansyèl dlo likid louvri posibilite pou lavi primitif sou Mas

Dlo likid se yon faktè kle pou devlopman lavi jan nou konnen li. Pou rezon sa a, rechèch pou dlo likid sou lòt planèt yo ak lalin yo te yon objektif enpòtan nan rechèch la pou lavi èkstraterès. Pandan dèzane, yo te dekouvri tras potansyèl dlo likid sou sifas Mas, sa ajoute nan deba depi lontan an sou egzistans li sou planèt sa. Aloske evidans ki genyen pou prezans aktyèl dlo likid sou Mas fè anpil deba, tras potansyèl sipòte lide ki fè konnen fòm lavi senp ka te egziste. Si kounye a gen dlo likid ki fon anba sifas Mas, gen yon potansyèl pou lavi egziste.

# 10.4

## Gen kèk satelit natirèl nan sistèm solè a ki sanble gen kondisyon pou egzistans lavi

Pami anpil lalin ki ap vire toutotou planèt jeyan nan Sistèm Solè a, gen kèk ki pataje karakteristik li yo ak planèt Latè, tankou atmosfè dans ak aktivite vòlkanik. Europa, youn nan pi gwo lalin Jipitè genyen, gen yon sifas glas ki ta ka kouvri yon oseyan likid. Syantis yo kwè ke lanmè sa a ka bay bon kondisyon pou fòm lavi senp yo egziste. Youn lòt kandida pou òganize lavi senp se Titan. Pi gwo nan lalin Satin yo. Titan rich ak konpoze òganik konplèks, li gen yon atmosfè dans, metàn likid sou sifas li, epi gen ipotèz ke gen yon oseyan dlo anba sifas li.

## 10.5

### Gen anpil planèt yo rele egzoplanèt, ki ap òbite otou lòt zetwal ki pa Solèy

Depi lè yo te dekouvwi premye planèt ki te fè yon òbit otou yon lòt zetwal, yo te detekte dè milye de planèt ki t'ap vire toutotou zetwal ki pa Solèy la, ki rele egzoplanèt. Chif nan dekouvri egzoplanèt kontinye ogmante ak vitès akselere, e kounyea nou kapab karakterize popilasyon egzoplanèt yo nan vwazinaj soley la.

## 10.6

### Egzoplanèt yo ka trè varye e yo jwenn yo souvan nan sistèm yo

Egzoplanèt yo montre yon pakèt pwopriyete fizik ak òbita. Avèk yon mas ki mezire tankou sòti nan Mèki jous rive nan plizyè fwa pa Jipitè a, egzoplanèt ka gen yon reyon de plizyè santèn kilomèt a plizyè fwa reyon Jipitè. Peryòd òbita egzoplanèt yo ka kout tankou kèk èdtan, e eksantrisite yo ka anpil tankou pa komèt nan sistèm solè an. Pifò egzoplanèt yo anjeneral yo jwenn yo nan sistèm ki fòme ak plizyè planèt ki ap vire toutotou menm zetwal la.

## 10.7

### Kounye a, nou preske fin detekte yon planèt ki tankou Latè

An pousan presizyon nan metòd deteksyon yo, nou kapab kounyea jwenn planèt ki gen yon mas ki ba tankou mas Latè e yon gwosè ozalantou 1 reyon Latè. Rechèch nou you jous kote nou rive a, mwen li limite, te montre katye Solè a plen ak planèt. Kèk nan planèt sa yo menm òbite anndan sa yo rele zòn abita otou zetwal prensipal la. Daprè definisyon, yon planèt ki fè òbit anndan zòn abita la resevwa jis kantite radyasyon ki sòti nan zetwal li pou pèmèt dlo likid egziste sou sifas li.

## 10.8

### Syantifik yo ap chèche entèlijans ekstraterès

Youn nan fason pou fè rechèch sou sivilizasyon ekstraterès yo se chèche siyal ki pa ka pwodwi natirèlman pa okenn fenomèn astwonmik. Rechèch sistematik pou siyal sa yo, yo rekonèt li kòm Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI). Jiskaprezan pa gen okenn siyal yo te jwenn, men antèn SETI kontinye eskane syèl la, l'ap chèche nenpòt prèv ki montre lavi ki avanse ki sitiye li pi lwen ke Latè.

11

*Polisyon limyè afekte moun, anpil  
lòt bèt ak plant*

---

*VJan ou wè Latè a pati de  
Stasyon Spasyal Entènasyonal  
la, kote ou wè limyè atifisyèl de  
Kore Disid ak Japon.  
Kredi: NASA*





## 11.1

### Polisyon limyè afekte moun, anpil lòt bèt ak plant

Pandan dè milyon dane, lavi sou Latè devlope nan absans limyè atifisyèl, avèk majorite nan espès yo ki adapte yo ak aktivite lajounen oswa lannwit. Depi envansyon elektrisite, moun yo te redwi anpil anpil fè nwa le swa gras ak limyè atifisyèl, sa ki lakòz pwoblèm grav polisyon limyè, ki gen enplikasyon pou anviwònman Latè a, sou konpòtman moun, konpòtman bèt, ak sante moun . Majorite popilasyon bèt yo depann de kijan lajounen ak lannwit vire. Depi nan fizyoloji ak repwodiksyon pou rive nan oryantasyon ak predasyon, limyè atifisyèl ka deranje popilasyon bèt sovaj atravè mond lan. Nou pèdi syèl la ke zansèt nou yo te konn amize yo. Nan anpil anviwonman nan vil yo ak nan banlye yo, li pratikman enposib kou-nyea pou wè Vwa Lalte a nannwit.

## 11.2

### Gen anpil nan debri k'ap òbit otou Latè ki fabrike pa moun

Avèk devlopman teknoloji spasyal, limanite vin kapab voye anpil objè nan lespas gras a fize yo. Depi nan konmansman epòk eksplorasyon spasyal la, kantite debri spasyal ke moun fè, tankou moso fize oswa satelit ki fin vyeyi, te ogmante anpil. Kounye a gen anviwon 500,000 mòso debri, ke yo rele tou dechè spasyal, k ap òbite otou Latè. Depi dechè spasyal la ap vwayaje ak gwo vitès, nenpòt ki kolizyon ak yon veso spasyal oswa ak satelit ka lakòz domaj ki grav. Sa patikilyèman riske pou Stasyon Spasyal Enten-asyonal la ak lòt veso spasyal ki gen moun. Siveyans debri spasyal ak devlopman teknoloji pou ramase satelit ak debri se yon bagay ki aktif nan rechèch ak devlopman.

## 11.3

### N'ap siveye objè nan lespas ki potansyèlman danjere

Pandan premye etap yo nan fòmasyon sistèm solè a, planèt ki fèk fòmè yo souvan frape pa pi piti kò tankou astewoyid yo. Kèk kratè sou sifas Latè ak tout sa yo ke nou wè sou Lalin nan se prèv dirèk ke enpak sa yo ka trè danjere. Malgre ke se toujou yon sijè rechèch ak deba, yo kwè ke disparisyon dinozò ki pat konn vole yo ak yon gwo kantite lòt espès, se ta ka akòz yon gwo enpak astewoyid sou Latè, sa gen apeprè 65 milyon ane. Byenke ke chans pou yon enpak nan grandè sa a trè ba kounyea, li enpòtan pou kontwòle nenpòt objè selès ki ka vin yon potansyèl menas pou lavi sou Latè. Nan ane k ap vini yo, pwog-ram siveyans nan ajans spasyal, obsèvatwa ak lòt enstitisyon yo ta dwe kapab idantifye tout astewoyid ki kapab yon danje, ki mezire yon kilomèt oswa plis. Okenn nan astewoyid ke nou konnen pa kounye a sou wout kolizyon ak Latè.

## 11.4

### Moun gen yon enpak siyifikatif sou anviwònman Latè a

Endistriyalizasyon te pote anpil benefis nan sosyete a, men tou li te lakòz plizyè pwoblèm anviwònman sou Latè. Atravè debwazman ak polisyon nan rivyè, oseyan ak atmosfè a, nou domaje sous vital nan lè pwòp, manje ak dlo ki nesèsè pou lavi sou Latè. Limanite te lakòz disparisyon anpil espès e li kontinye ap fè rechèch pou mineral ak resous enèji nan anviwònman menase. Chanjman klima moun-pwovoke (rechofman atmosfè) afekte anviwònman nou an sou yon gwo echèl, mete nou ak anpil espès nan risk.

## 11.5

### Klima a ak atmosfè a fòtman afekte pa aktivite moun

San atmosfè l, planèt nou an ta dwe yon mond frèt anpil ak yon tanperati mwayèn de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Sepandan, gaz a efèdesè absòbe pasyèlman radyasyon tèmik ki sòti nan tè a epi retounen li sou sifas Latè, se sa ki fè Latè abitab. Aktivite moun te dramatikman ogmante nivo pi fò nan gaz a efèdesè nan atmosfè Latè, sa kreye yon move ekilib nan balans enèji Latè. Ogmantasyon nan gaz sa yo lakoz plis enèji pyeje sou Latè, sa kreye yon tanperati mwayèn ki pi wo. Latè a pa kapab gaye enèji ki depase nan sistèm natirèl li yo, kidonk sa chanje modèl klima mondyal yo, ki sansib a dezekilib enèji.

## 11.6

### Se yon pèspektiv mondyal ki nesèsè pou prezève planèt nou an

Chak moun se yon abitan sou planèt sa a. Konsèp jesyon mondyal ak responsablite ka ede nou konprann ke tout moun ka ajì, tankou yon manm nan yon gwoup oswa endividyèlman, pou ede rezoud pwoblèm mondyal yo. Li nesèsè pou konsève Latè pou desandan nou yo. Kounyea, Latè se sèl planèt nan Linivè a, ke nou konnen pou sèten ki ka sipòte lavi.

## 11.7

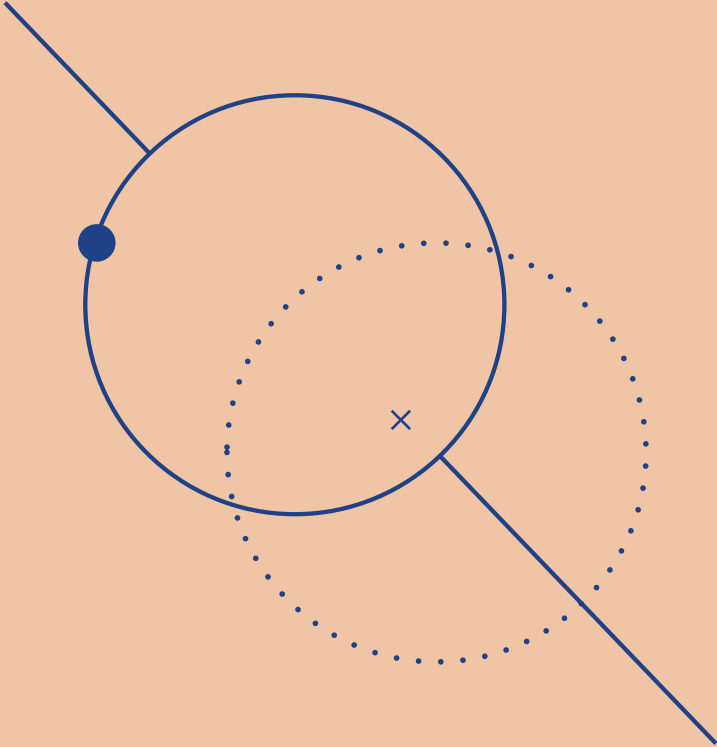
### Astwonmi ofri nou yon pèspektiv inik kosmolojik ki ranfòse inite nou kòm sitwayen Latè

Tout moun sou Latè ap viv anba yon sèl syèl e yo pataje menm rega nan pwofondè Kosmos la. Imaj ki sòti nan lespas ki montre „mab ble“ nan planèt Latè ban nou yon konpreyansyon pi fon nan veso espasyèl komen nou yo. Wè deyò, fwontye ant diferan peyi yo disparèt nèt. Imaj nan veso tankou Voyager 2 ak Cassini ede nou reyalize ke „pale ble dot la“ se jis yon tach nan imansite a nan Linivè la.

x

x

x



x

x

x

x

x



