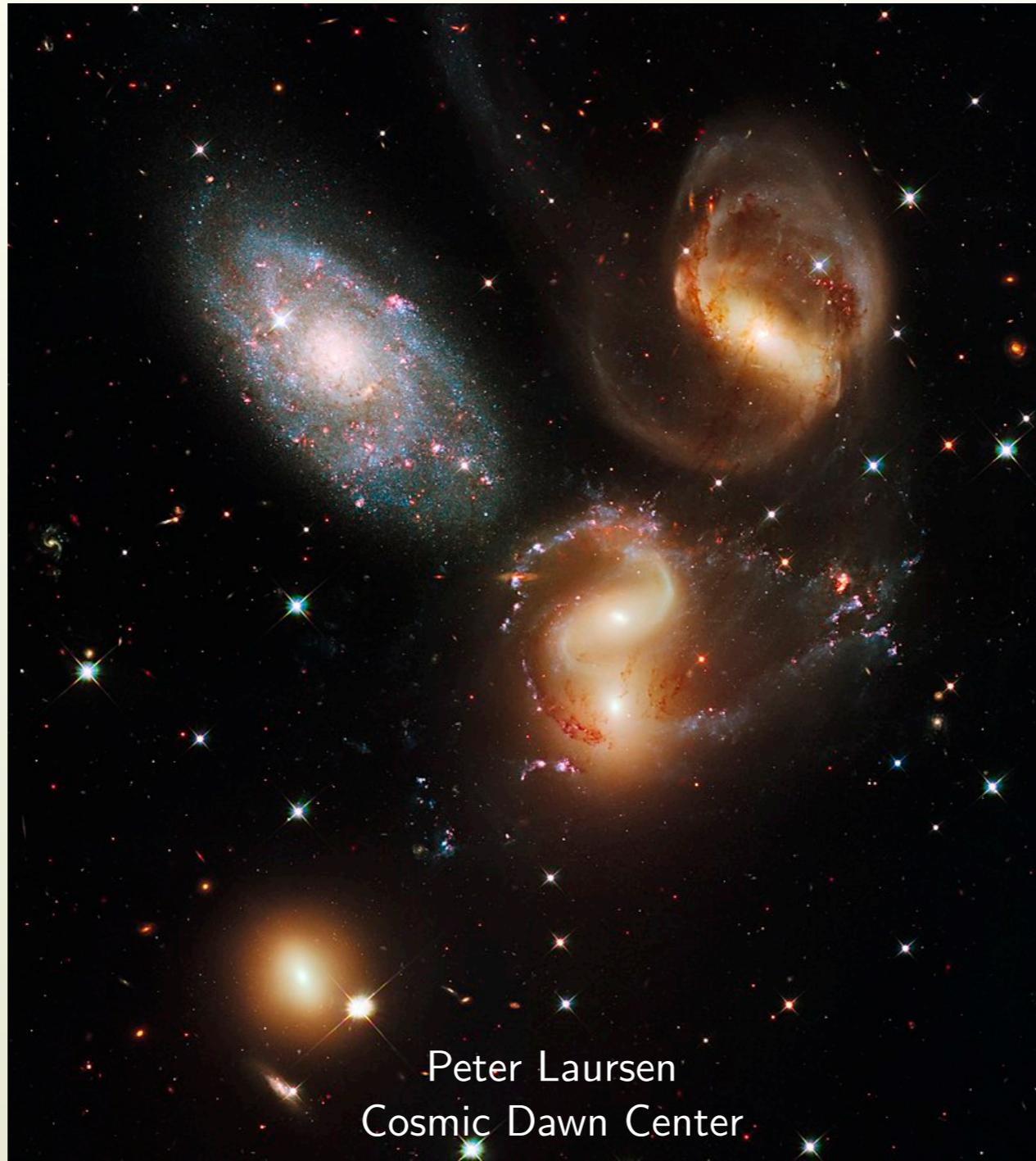


# Hvordan bygger man en galakse?



[www.anisotropela.dk](http://www.anisotropela.dk)

 Follow @anisotropela

 DAWN



Danmarks  
Grundforskningsfond  
Danish National  
Research Foundation

 DTU

# Hvordan bygger man en galakse?



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

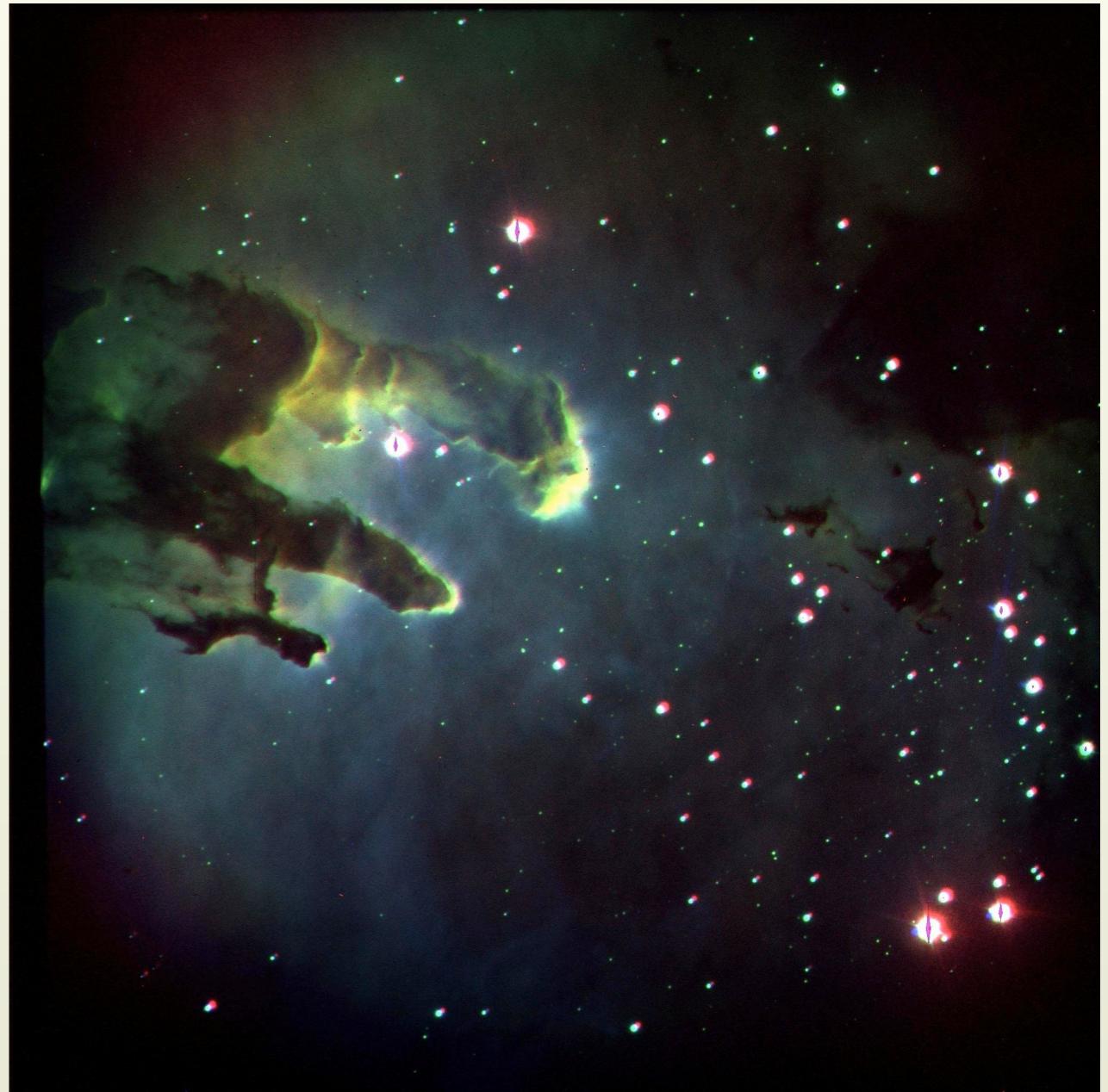
- Stjerner



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

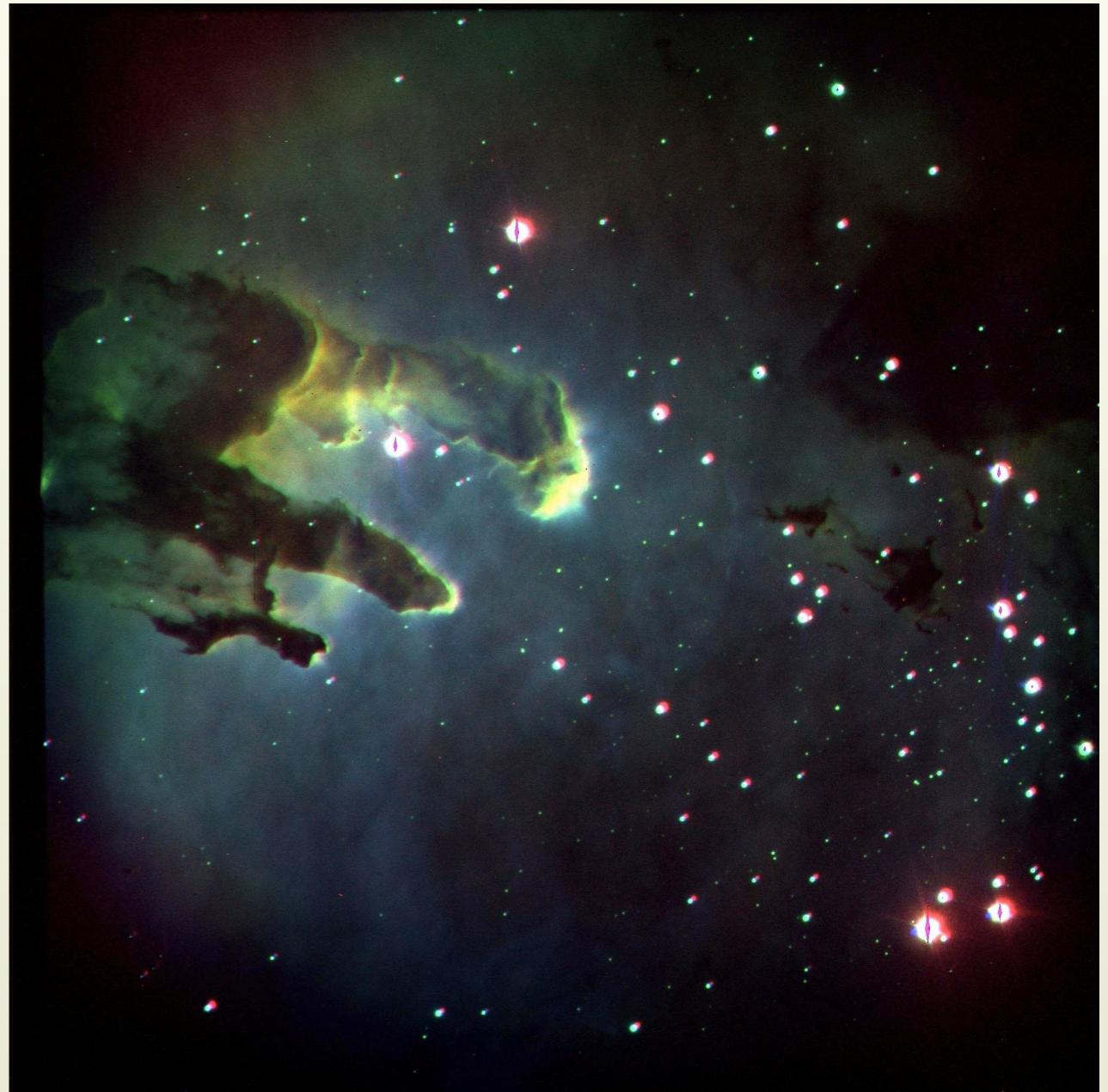
- Stjerner
- Gas (H, He, og “metaller”)



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

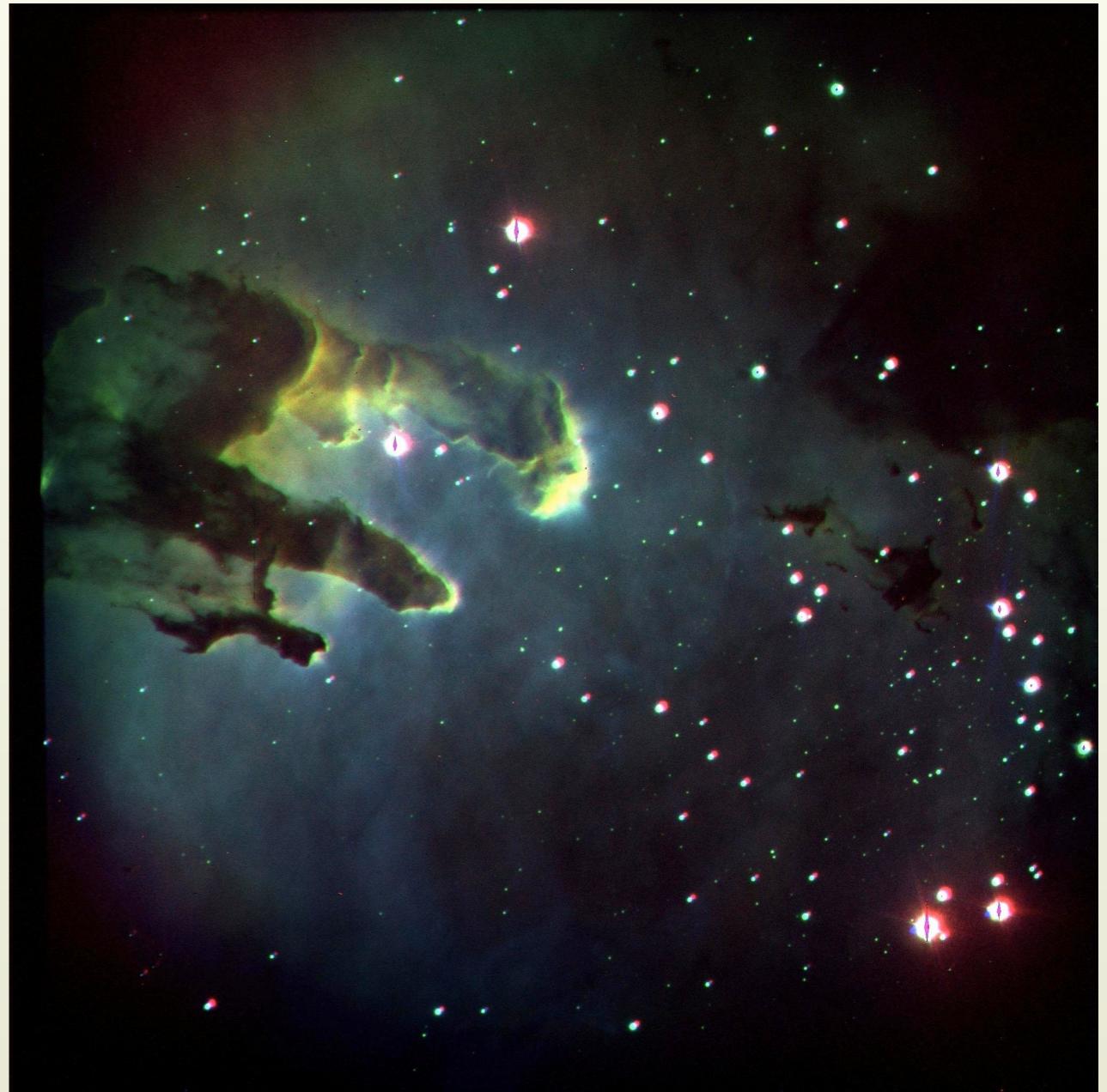
- Stjerner
- Gas (H, He, og “metaller”)
- Støv



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

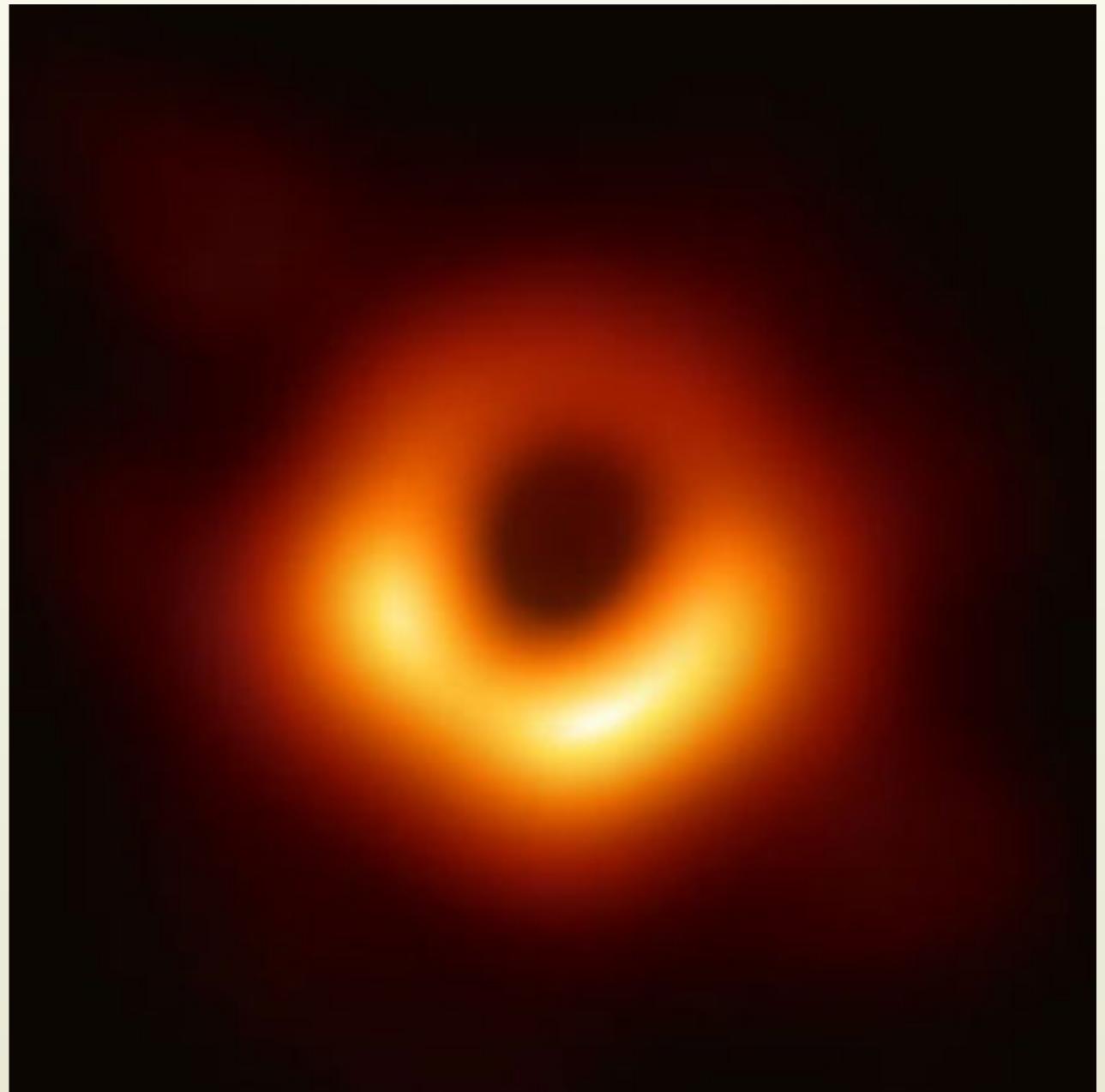
- Stjerner
- Gas (H, He, og “metaller”)
- Støv
- Planeter



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

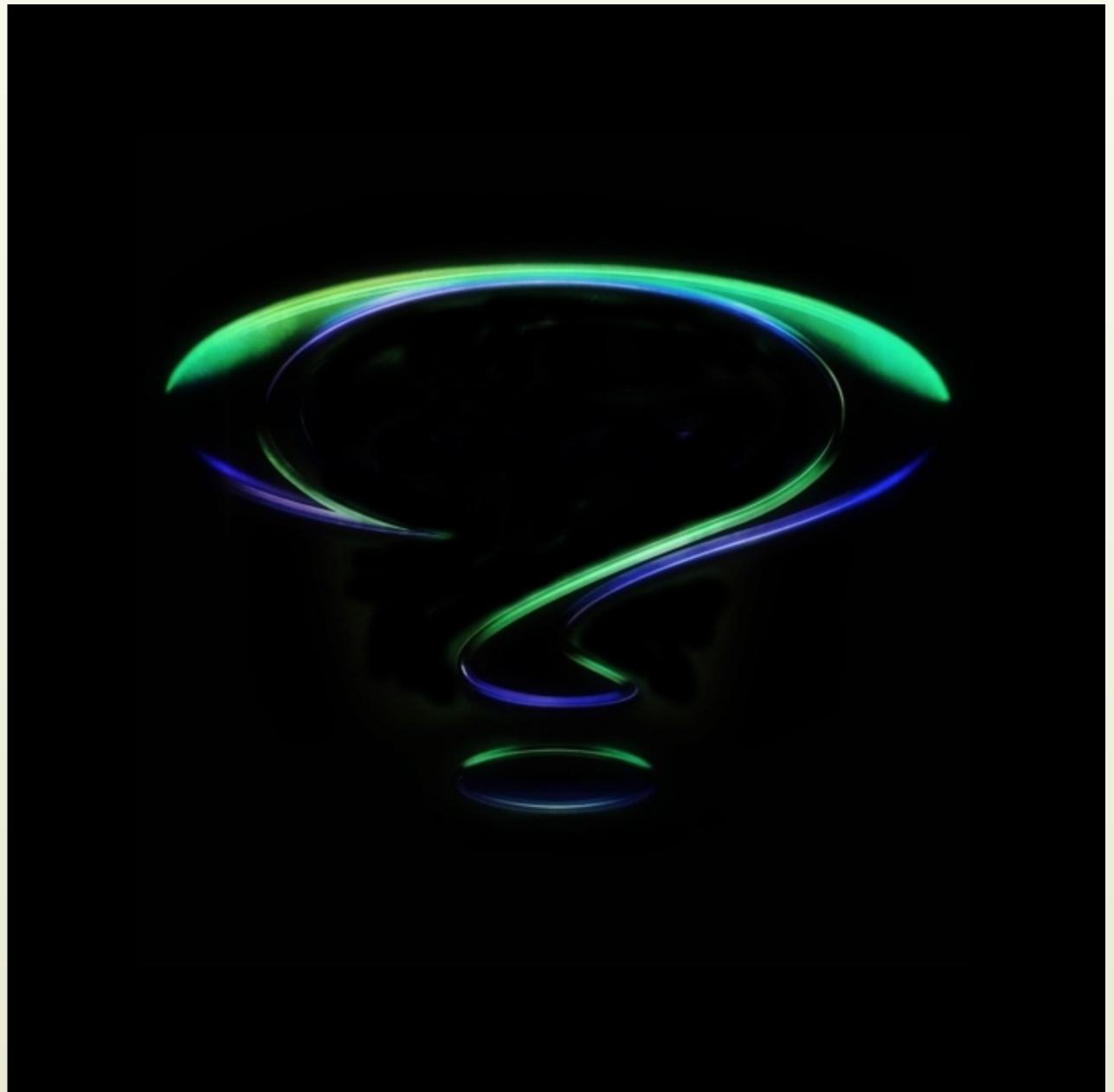
- Stjerner
- Gas (H, He, og “metaller”)
- Støv
- Planeter
- Supertungt sort hul



— En opskrift for galaksedannelse —

# Ingredienser

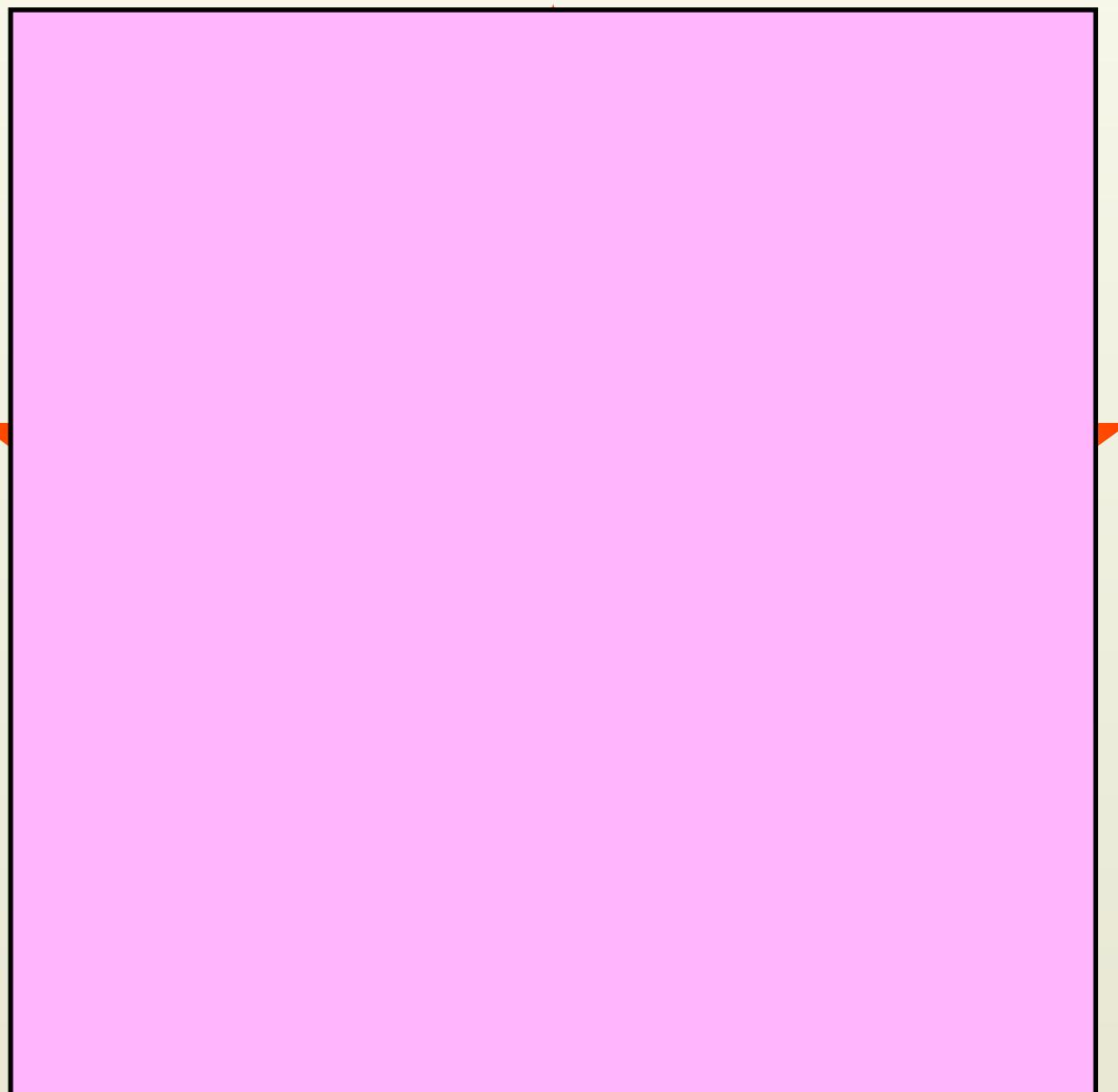
- Stjerner
- Gas (H, He, og “metaller”)
- Støv
- Planeter
- Supertungt sort hul
- Mørkt stof



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

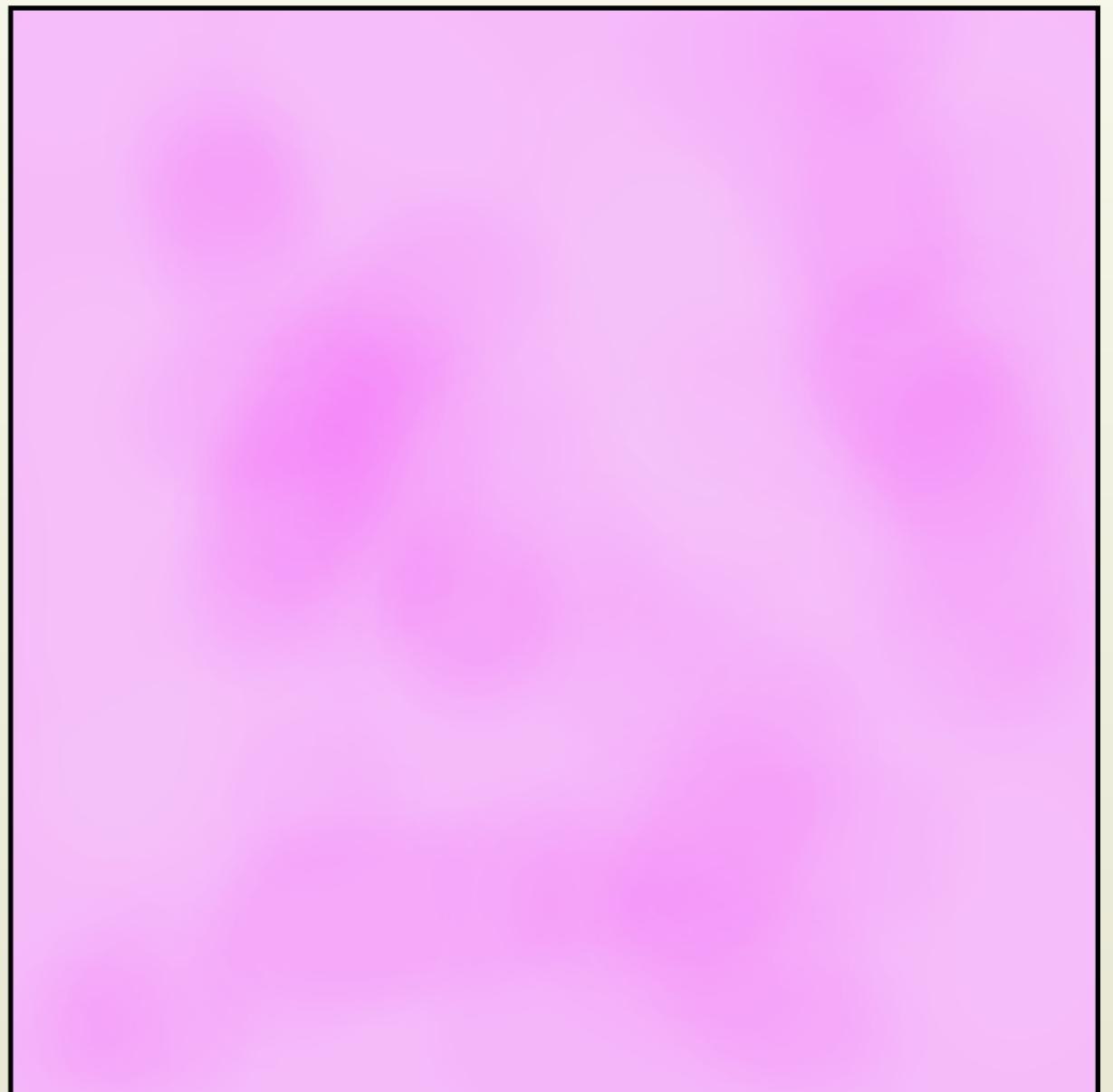
## 1. Man tager et univers



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

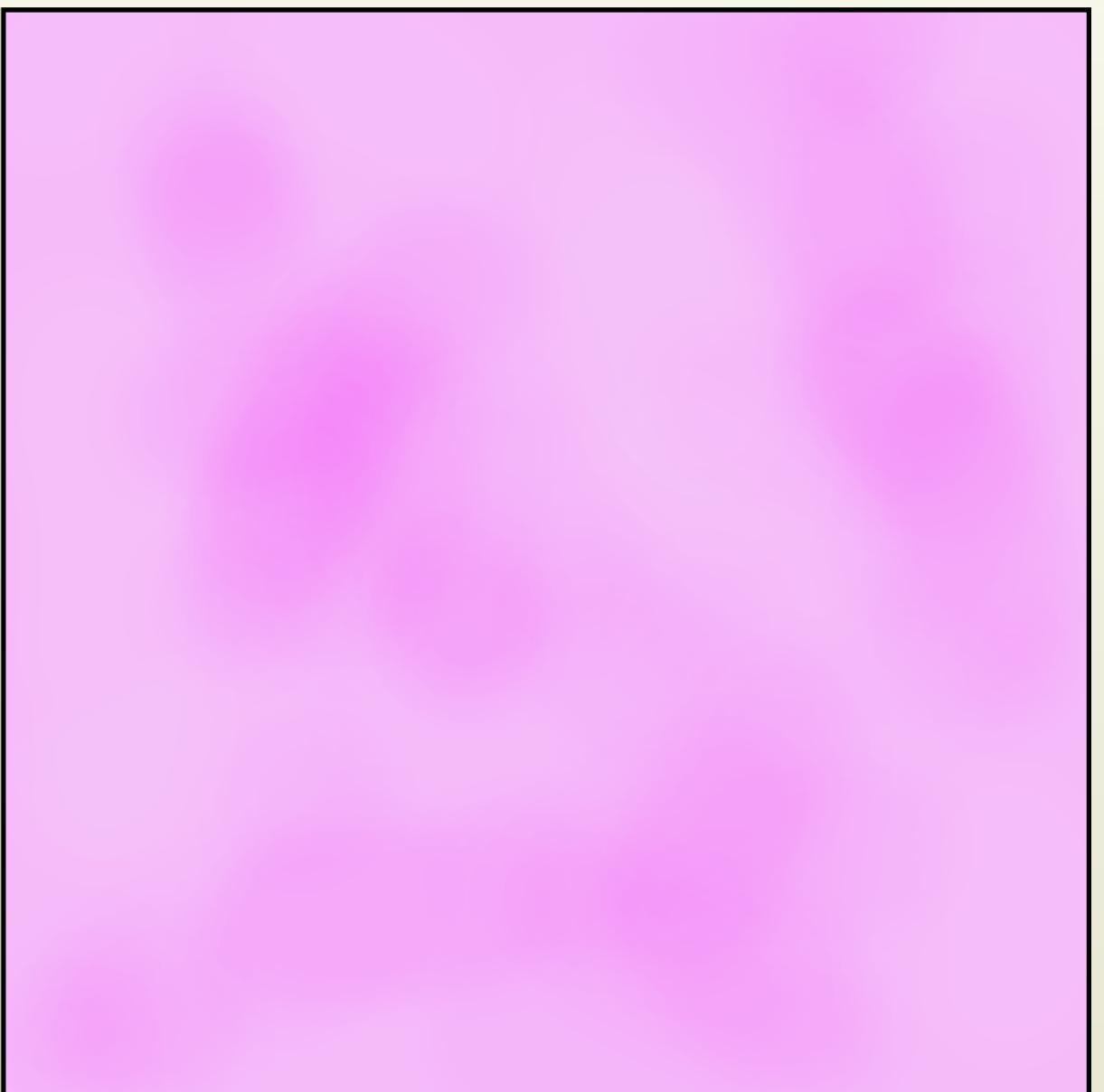
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

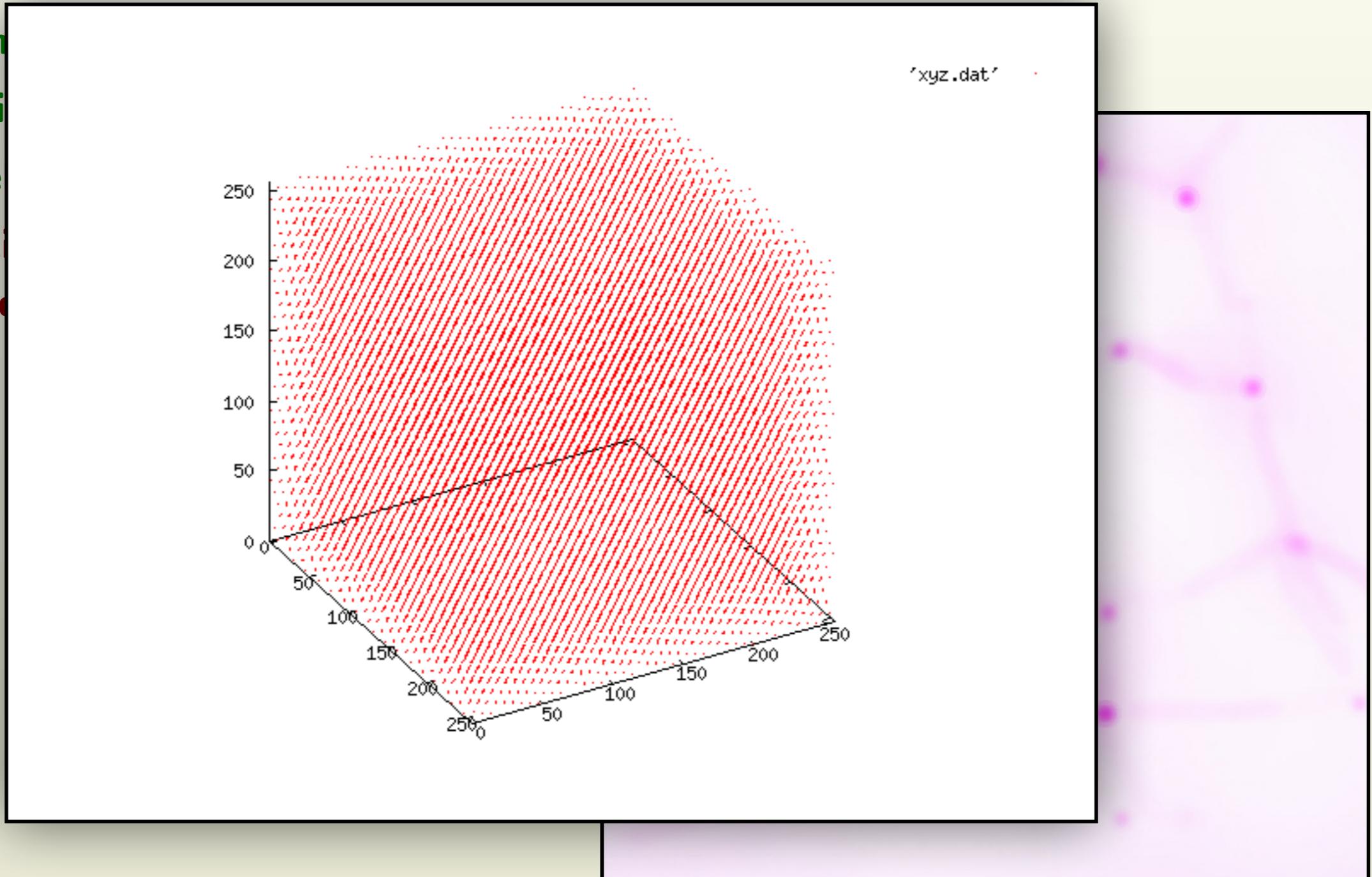
1. Man tager et univers

2. Tilsæt prim.

3. Pust op ("inflationsgas")

4. Lad tyngde

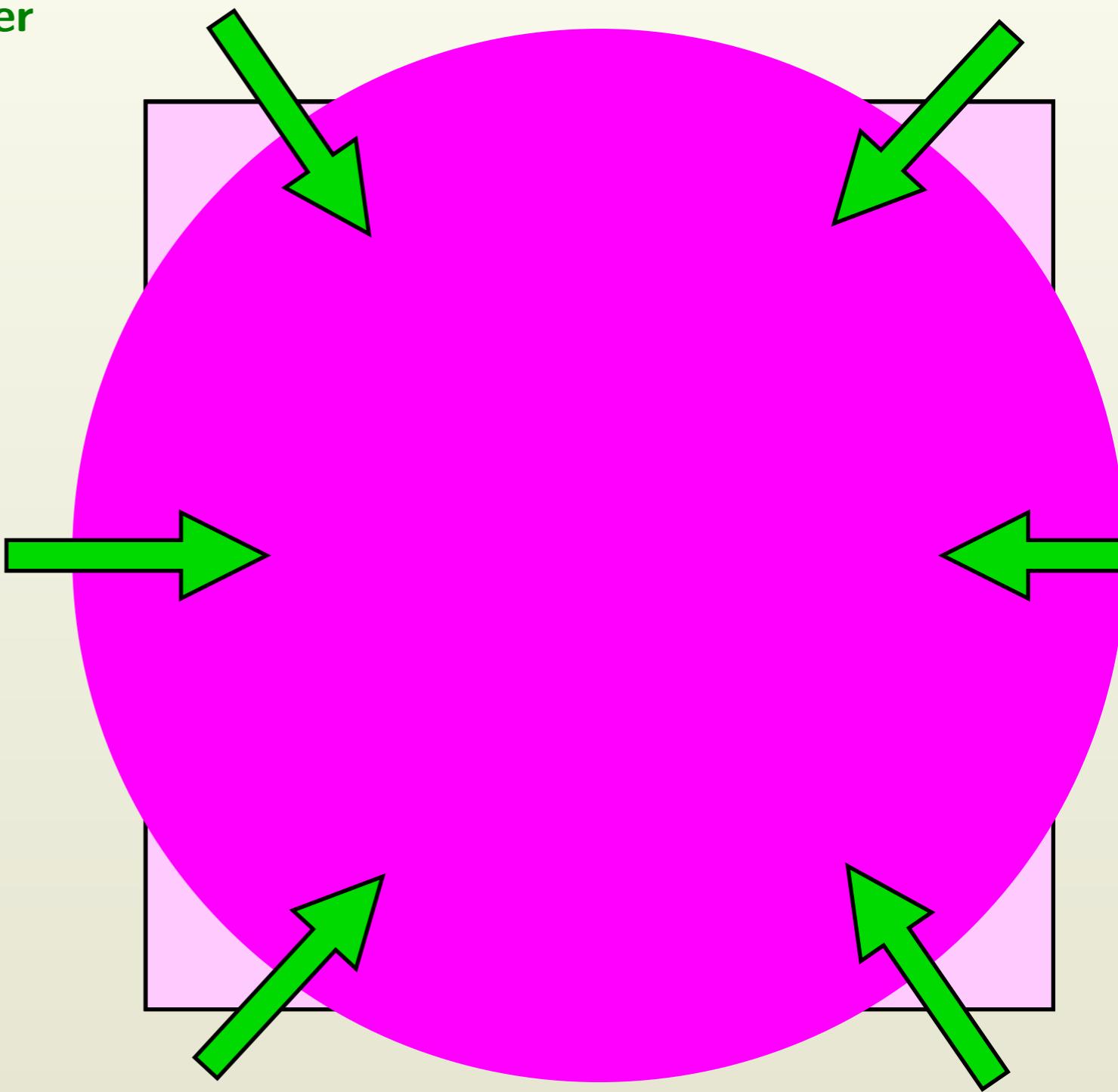
⇒ Gravitation  
strukturer



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

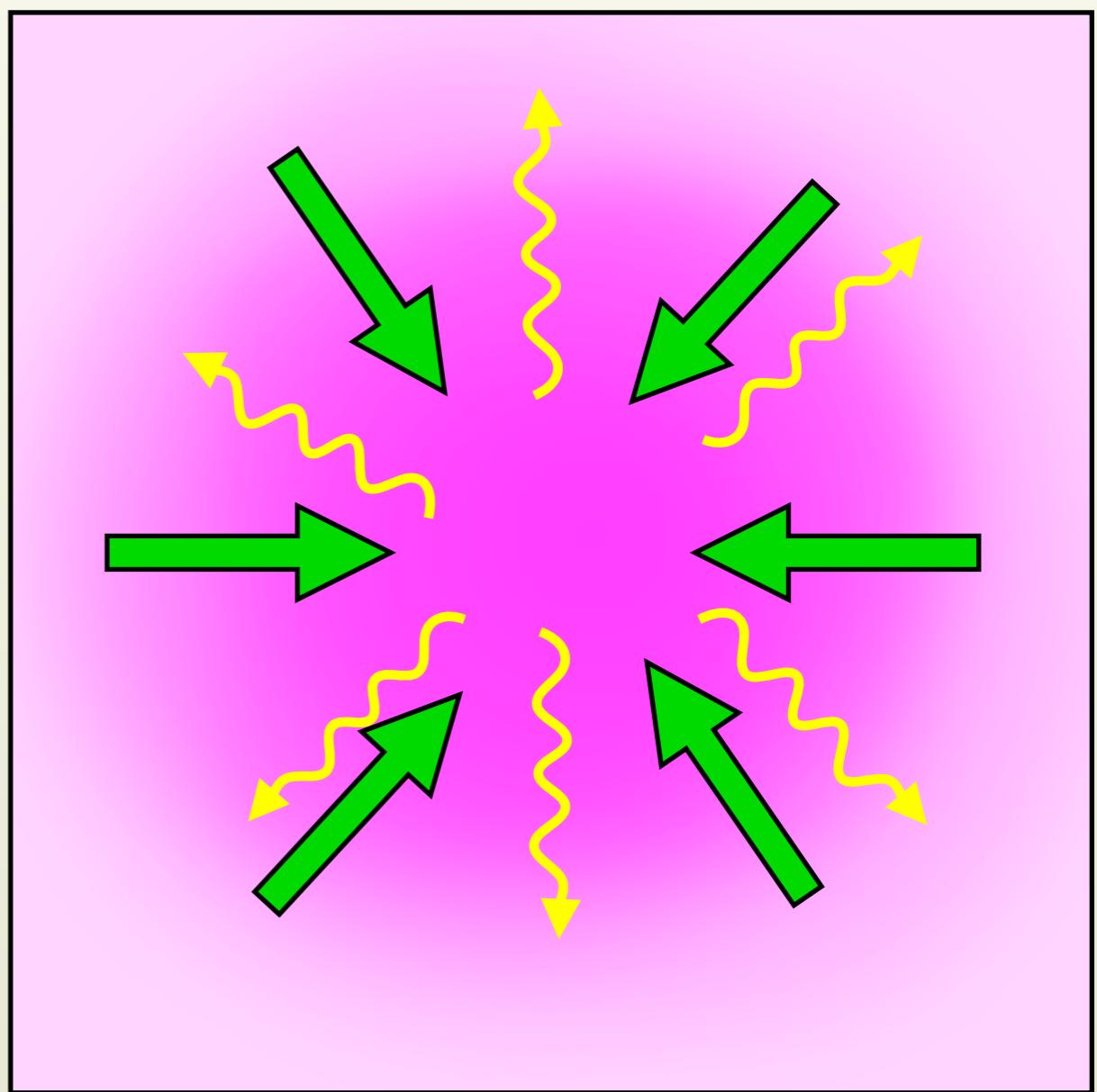
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse



— En opskrift for galaksedannelse —

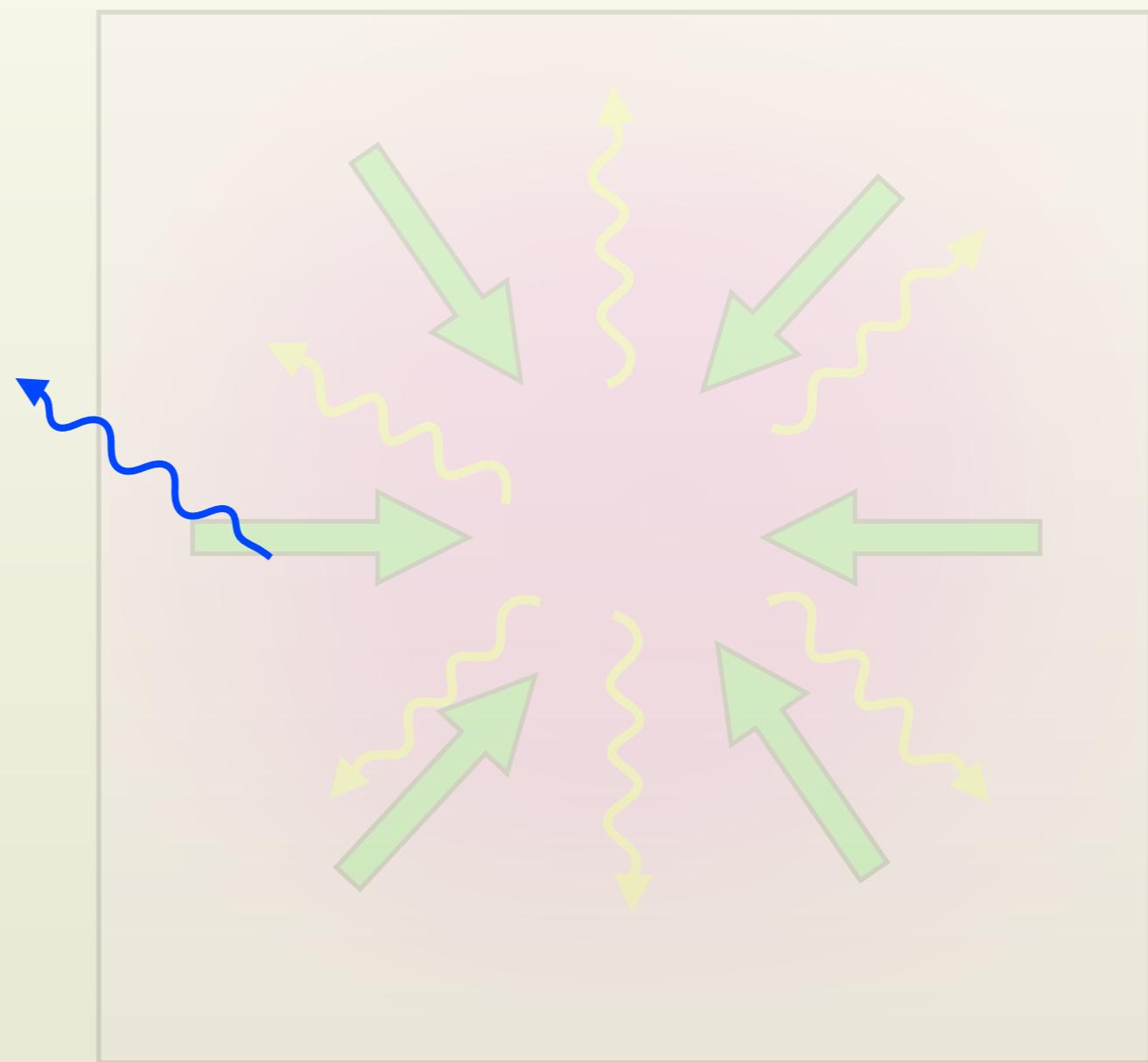
# Fremgangsmåde

1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af



# Fremgangsmåde

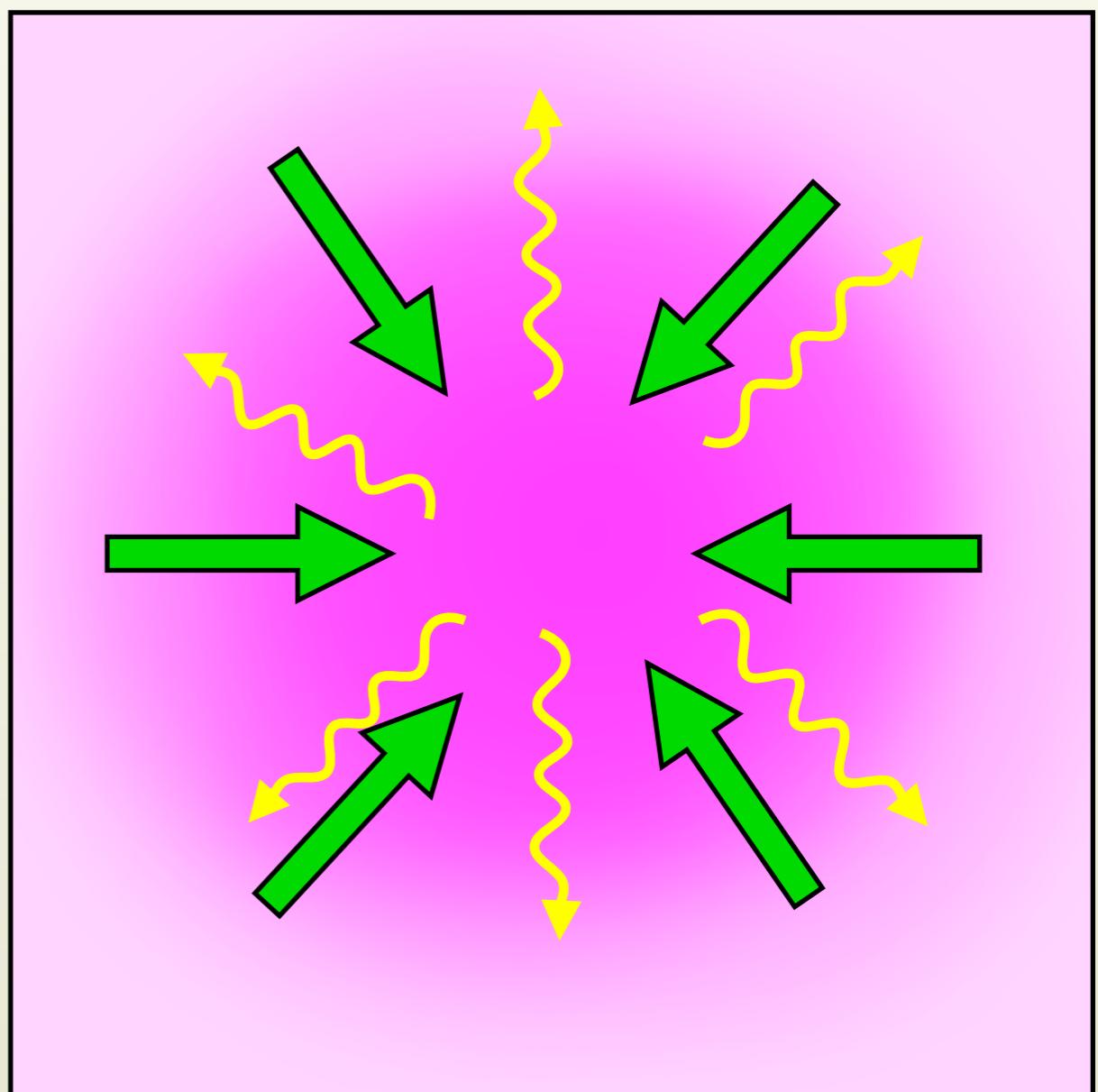
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

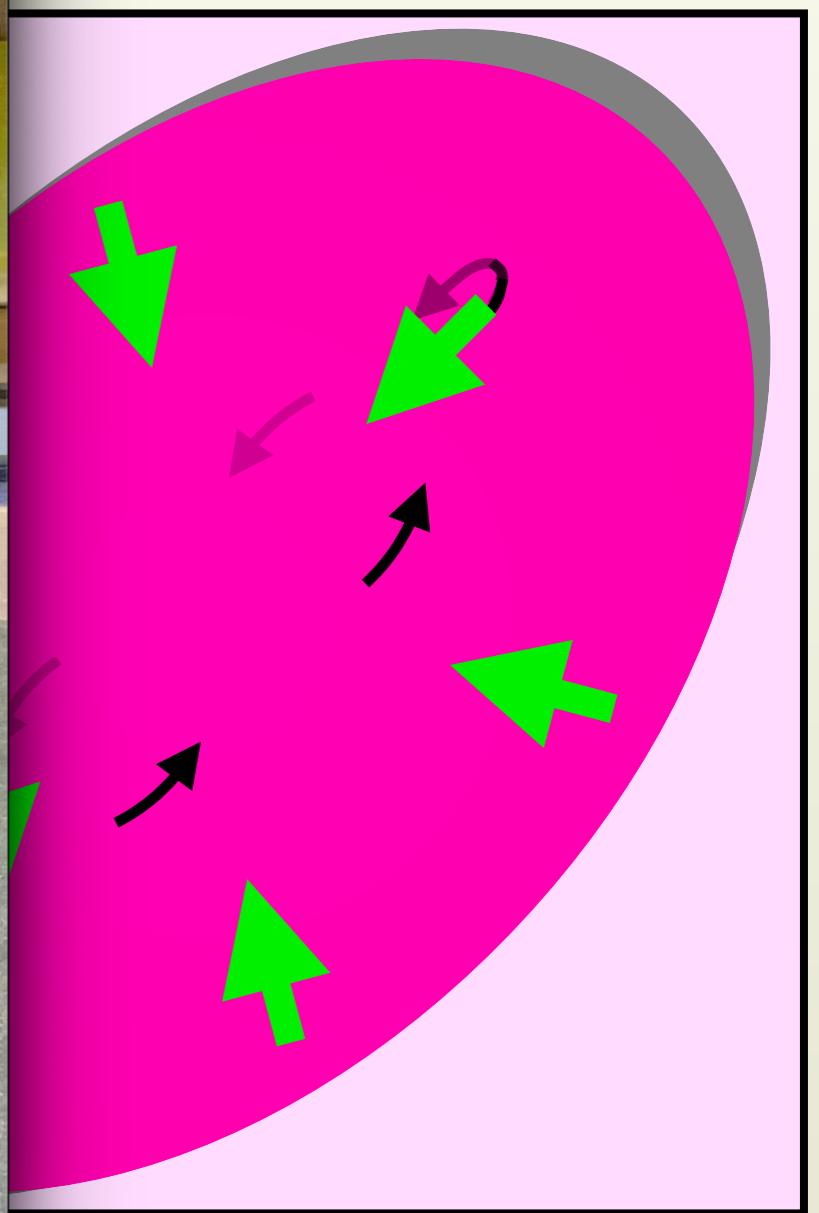
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

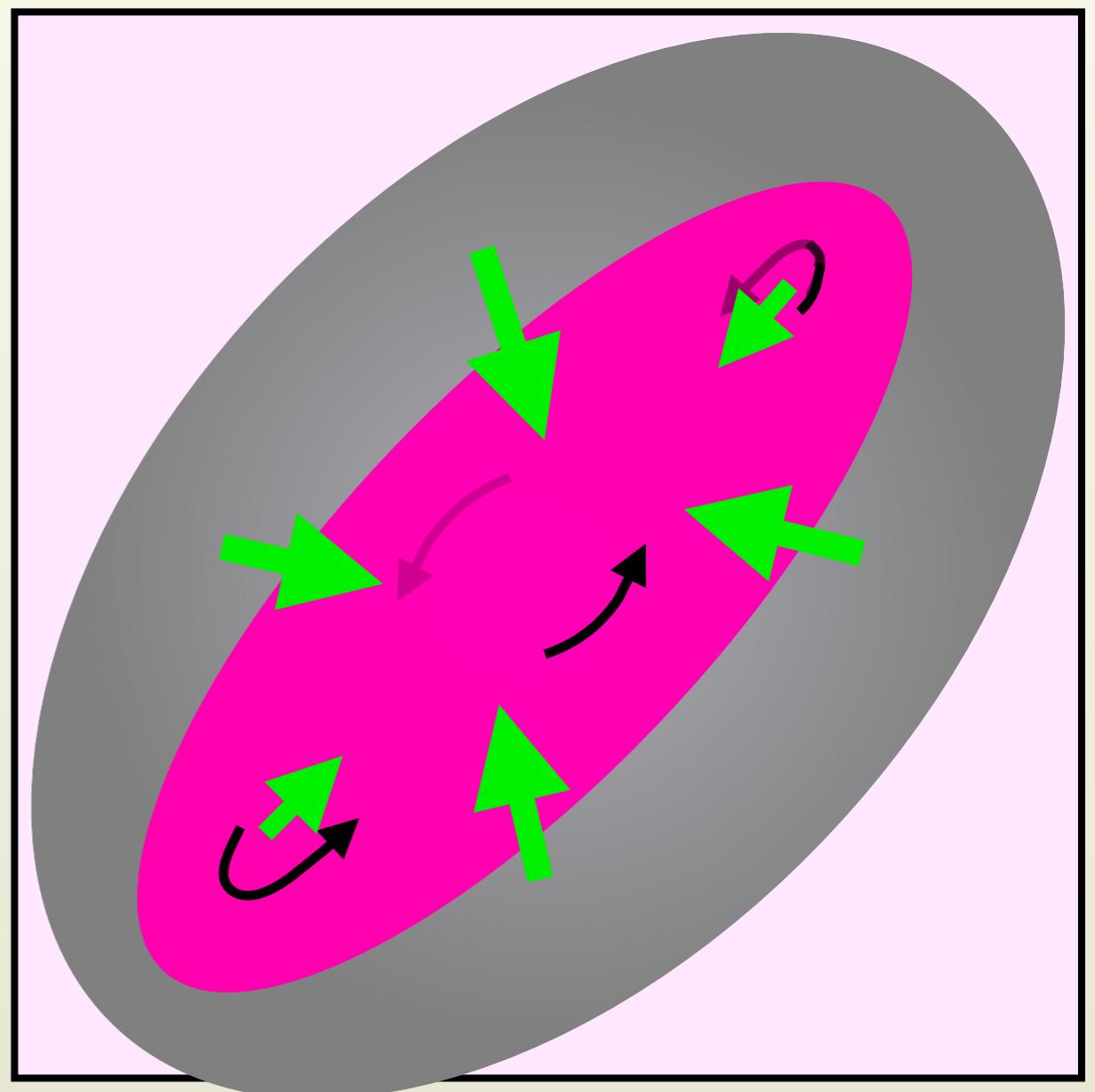
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvante
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre  
⇒ Gravitationelt kollaps  
strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes
6. Bevar impulsmomentet  
⇒ Rotation skaber en s



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

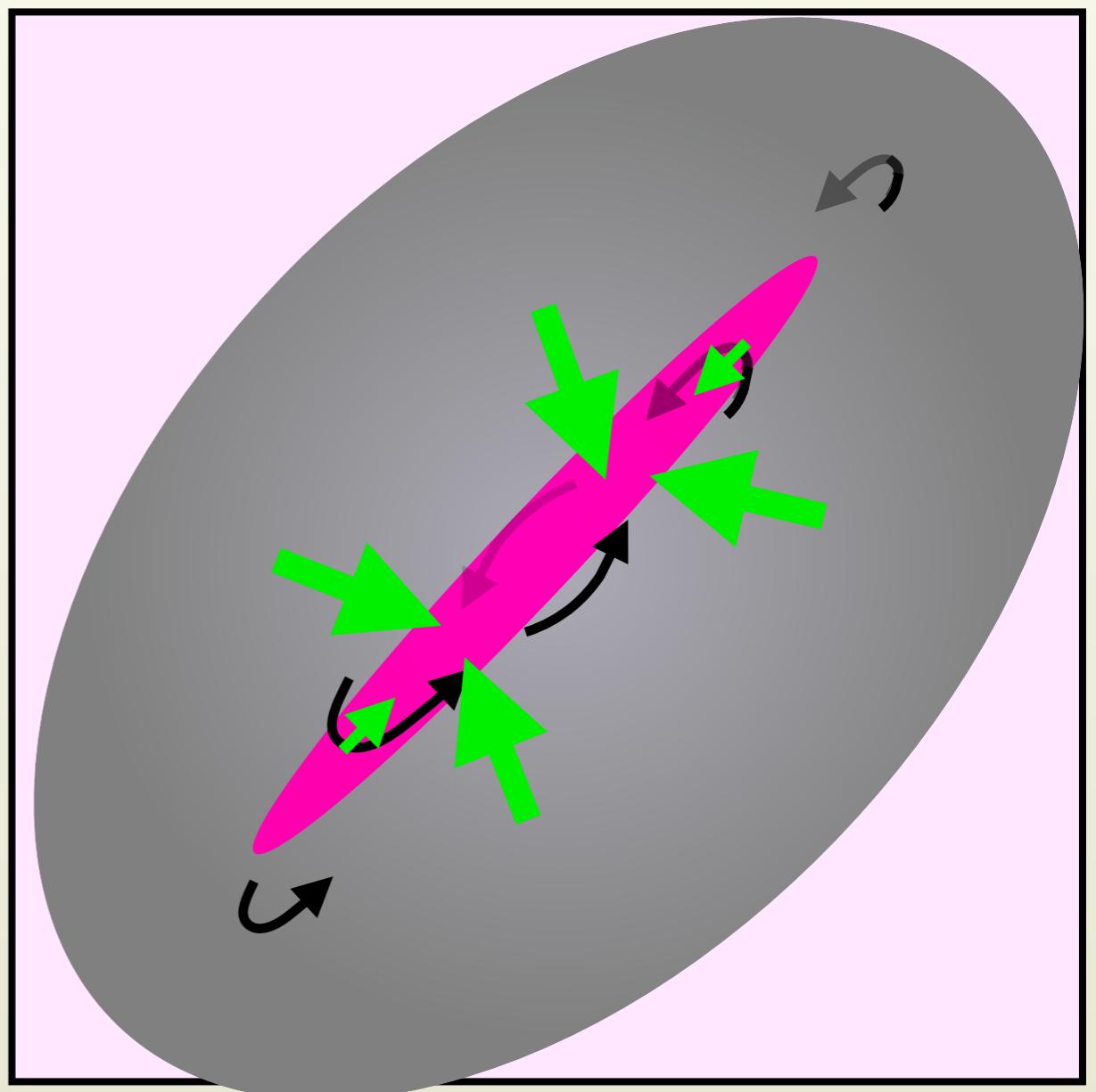
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes
6. Bevar impulsmomentet  
⇒ Rotation skaber en skive



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

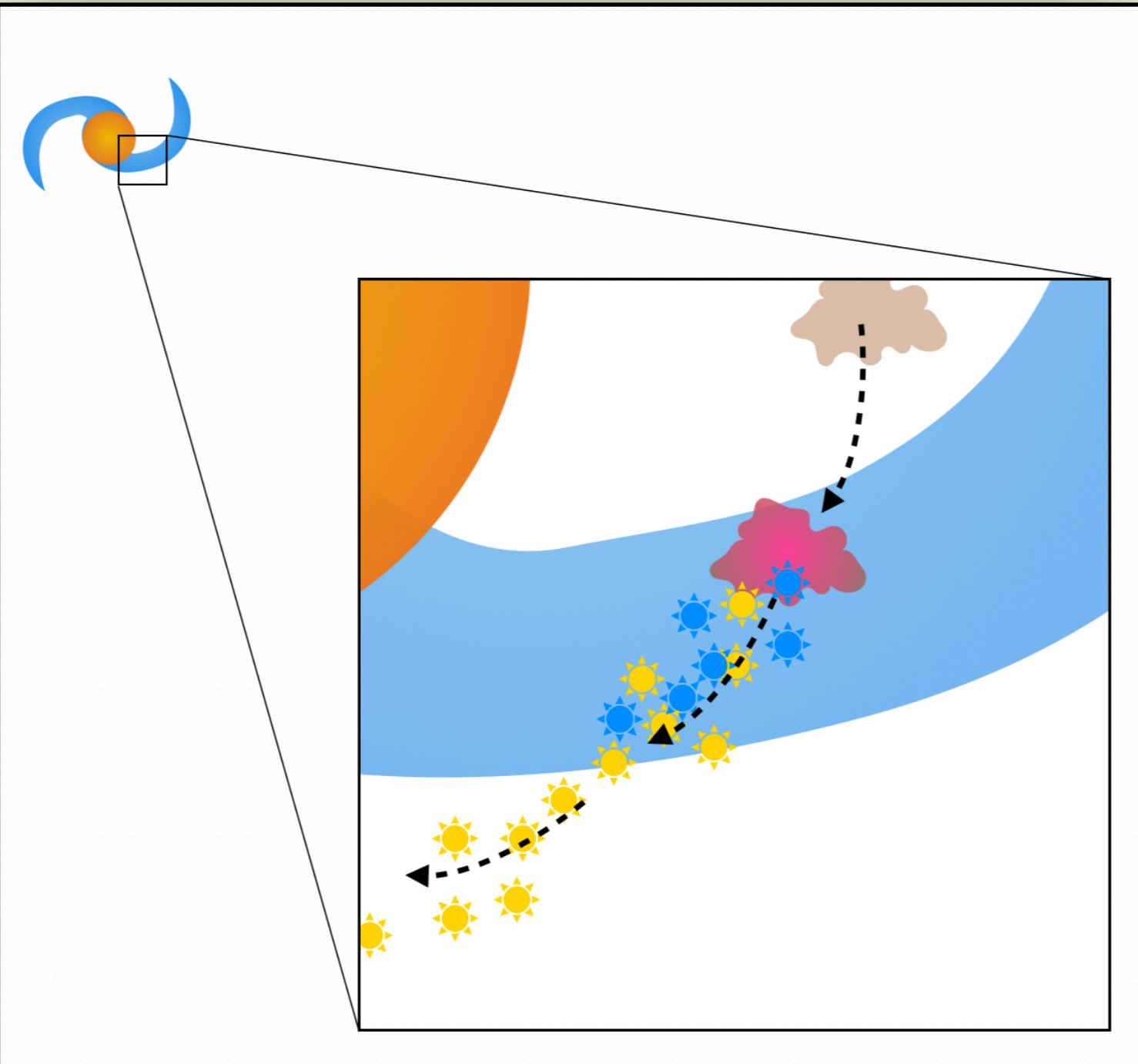
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes
6. Bevar impulsmomentet  
⇒ Rotation skaber en skive



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

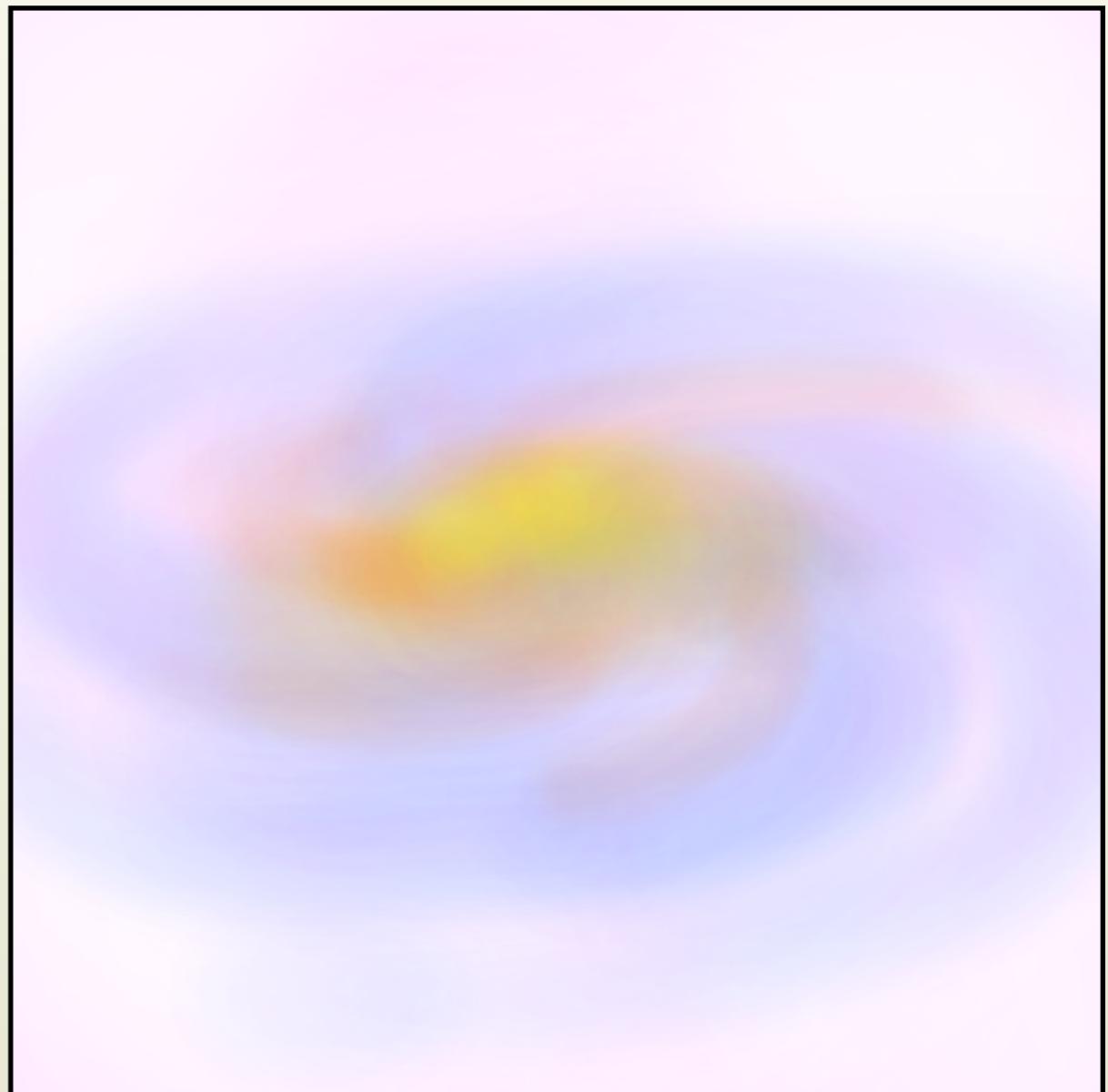
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale partikler
3. Pust op ("inflation")  
⇒ Gravitationen kan ikke stoppe strukturdannelsen
4. Lad tyngdekraften virke  
⇒ Stjerner dannes
5. Lad gassen køle  
⇒ Stjerner danner planeter
6. Bevar impulsmediet  
⇒ Rotation skaber udskud
7. Lad stjerner eksplodere  
⇒ trykbølger = galakser



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes
6. Bevar impulsmomentet  
⇒ Rotation skaber en skive
7. Lad stjerner eksplodere  
⇒ trykbølger ⇒ spiralarme  
**Unge stjerner → blå spiralarme;**  
**gamle stjerner → rødgul bul**



— En opskrift for galaksedannelse —

# Fremgangsmåde

1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale kvantefluktuationer
3. Pust op ("inflation")
4. Lad tyngdekraften gøre sin ting  
⇒ Gravitationelt kollaps fører til strukturdannelse
5. Lad gassen køle af  
⇒ Stjerner dannes
6. Bevar impulsmomentet  
⇒ Rotation skaber en skive
7. Lad stjerner eksplodere  
⇒ trykbølger ⇒ spiralarme  
Unge stjerner → blå spiralarme;  
gamle stjerner → rødgul bulle
8. Stjerner laver støv → planeter → liv



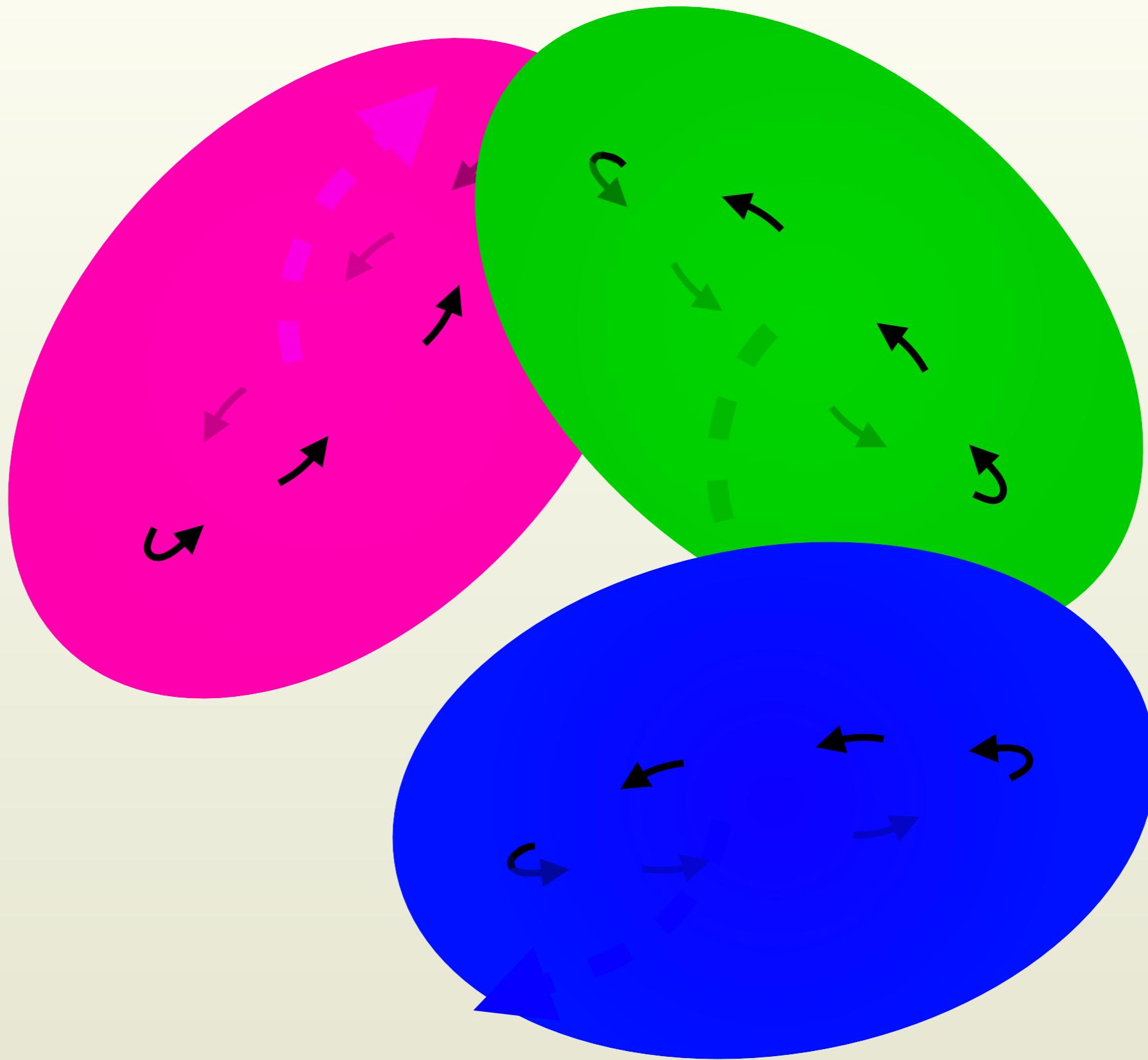
— En opskrift

# Fre

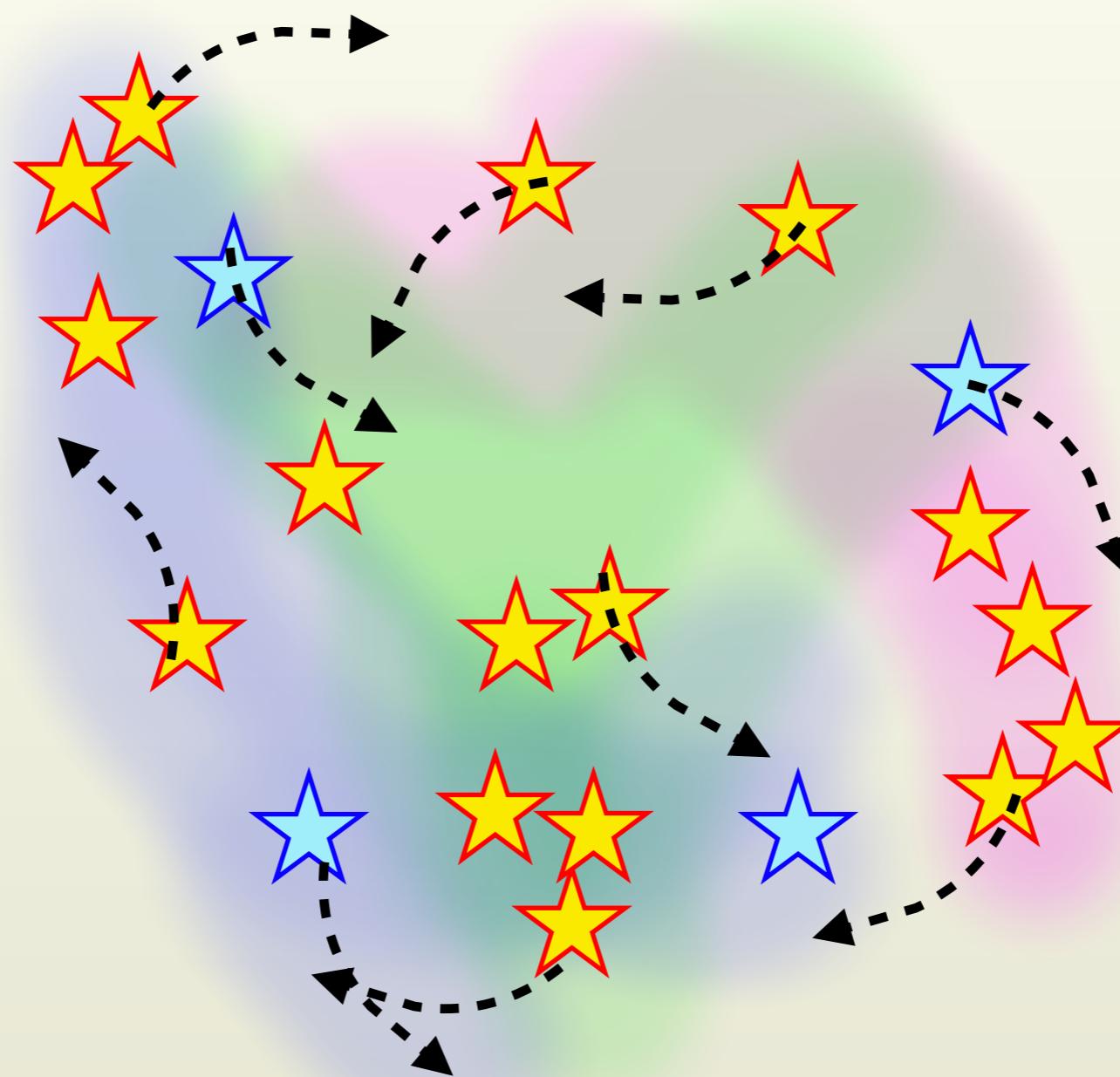
1. Man tager et univers
2. Tilsæt primordiale partikler
3. Pust op ("inflation")
  - ⇒ Gravitation
  - ⇒ strukturdata
4. Lad tyngdekraften virke
  - ⇒ Stjerner
5. Lad gassen samles
  - ⇒ Stjerner
6. Bevar impulsen
  - ⇒ Rotation
7. Lad stjerner udvikle
  - ⇒ trykbølger
  - Unge stjerner
  - gamle stjerner
8. Stjerner laver stjerner



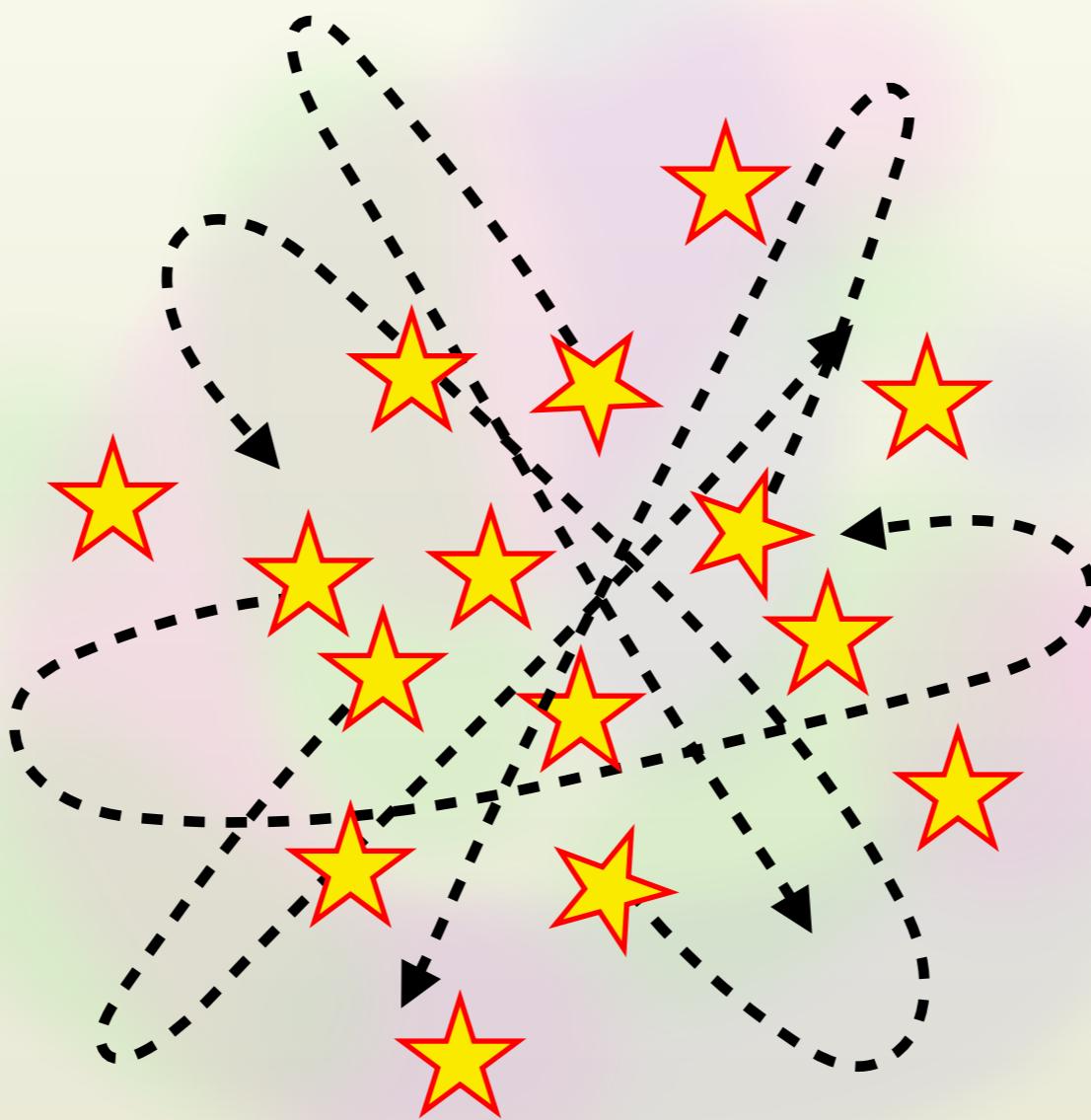
# Galaksesammenstød



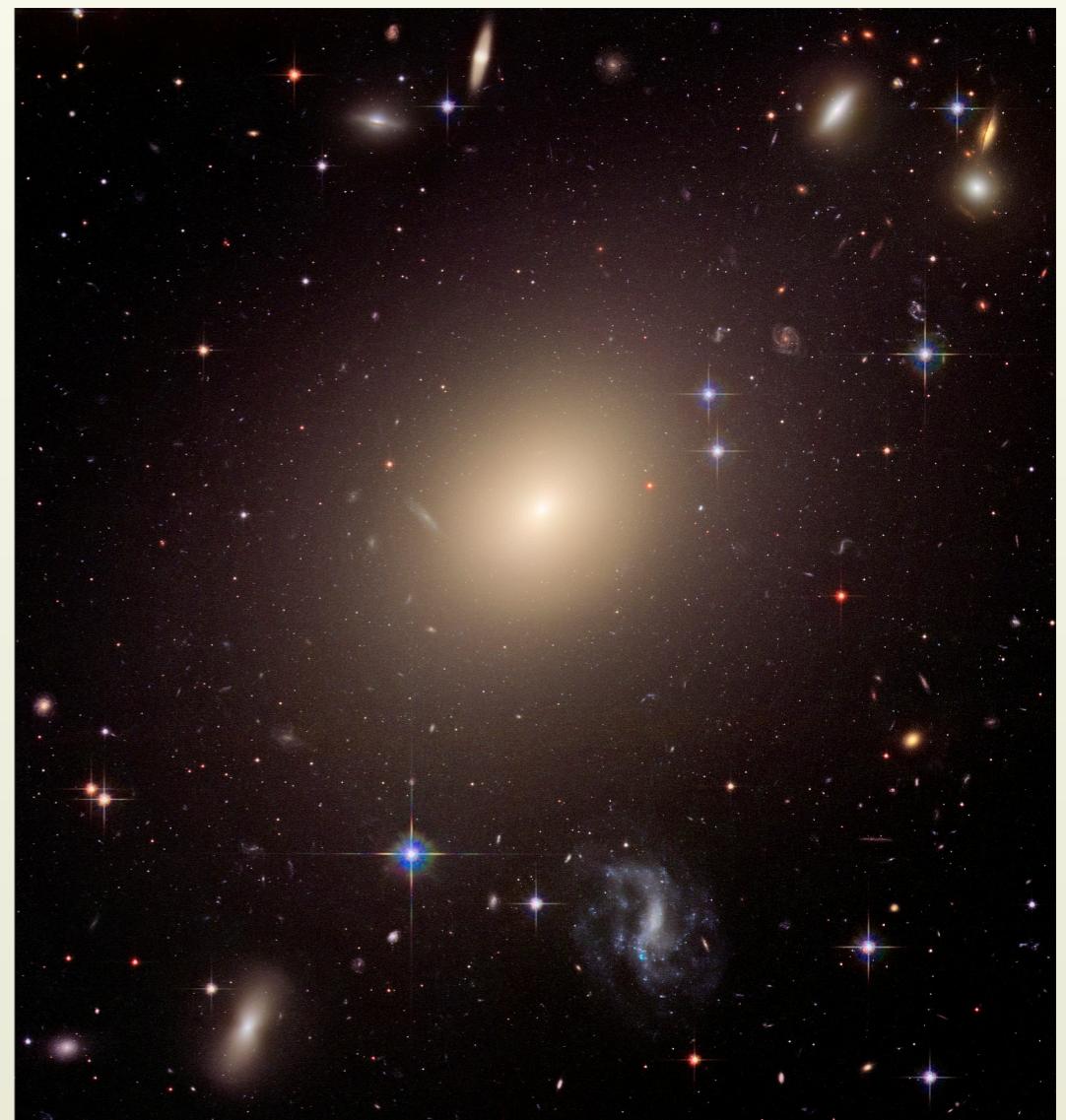
# Galaksesammenstød



# Galaksesammenstød

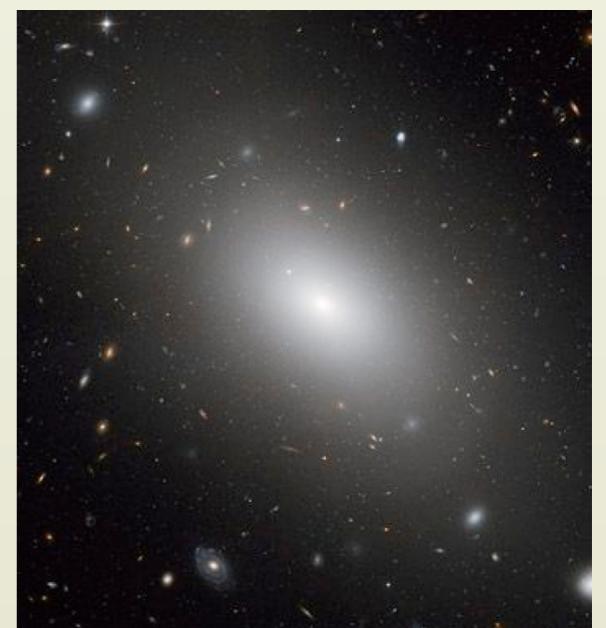
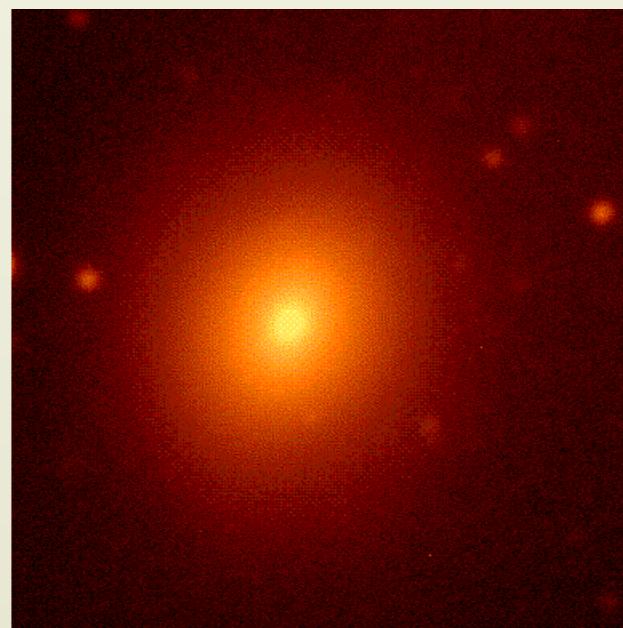


# Galaksesammenstød



# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser



# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser



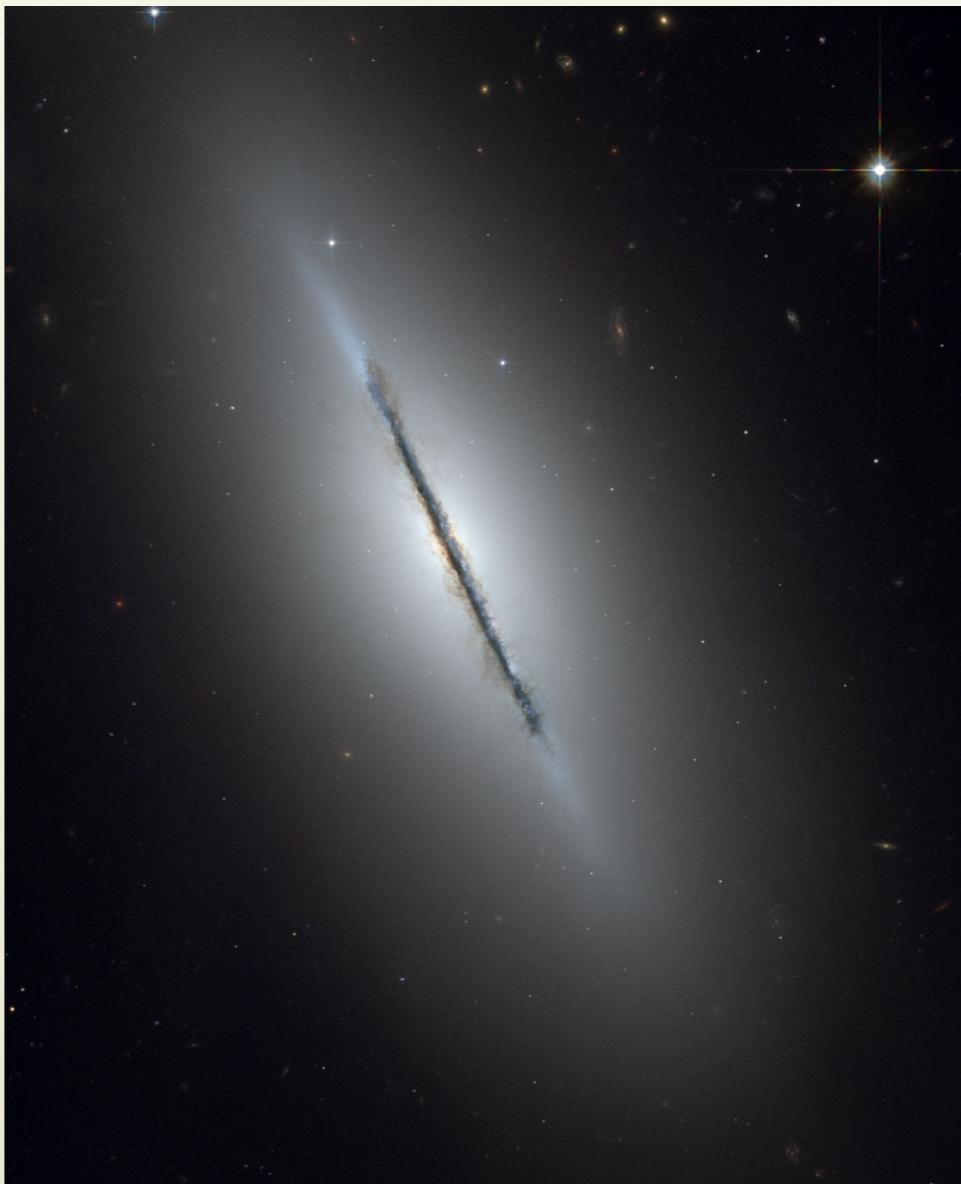
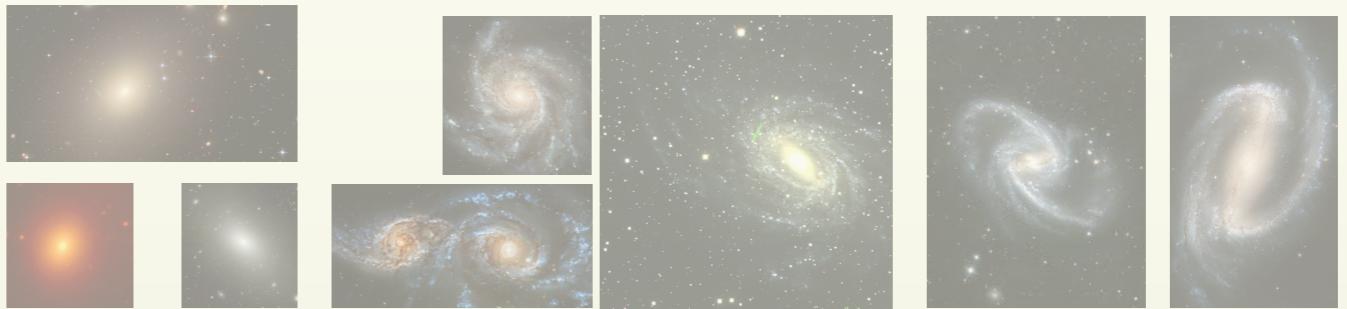
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser



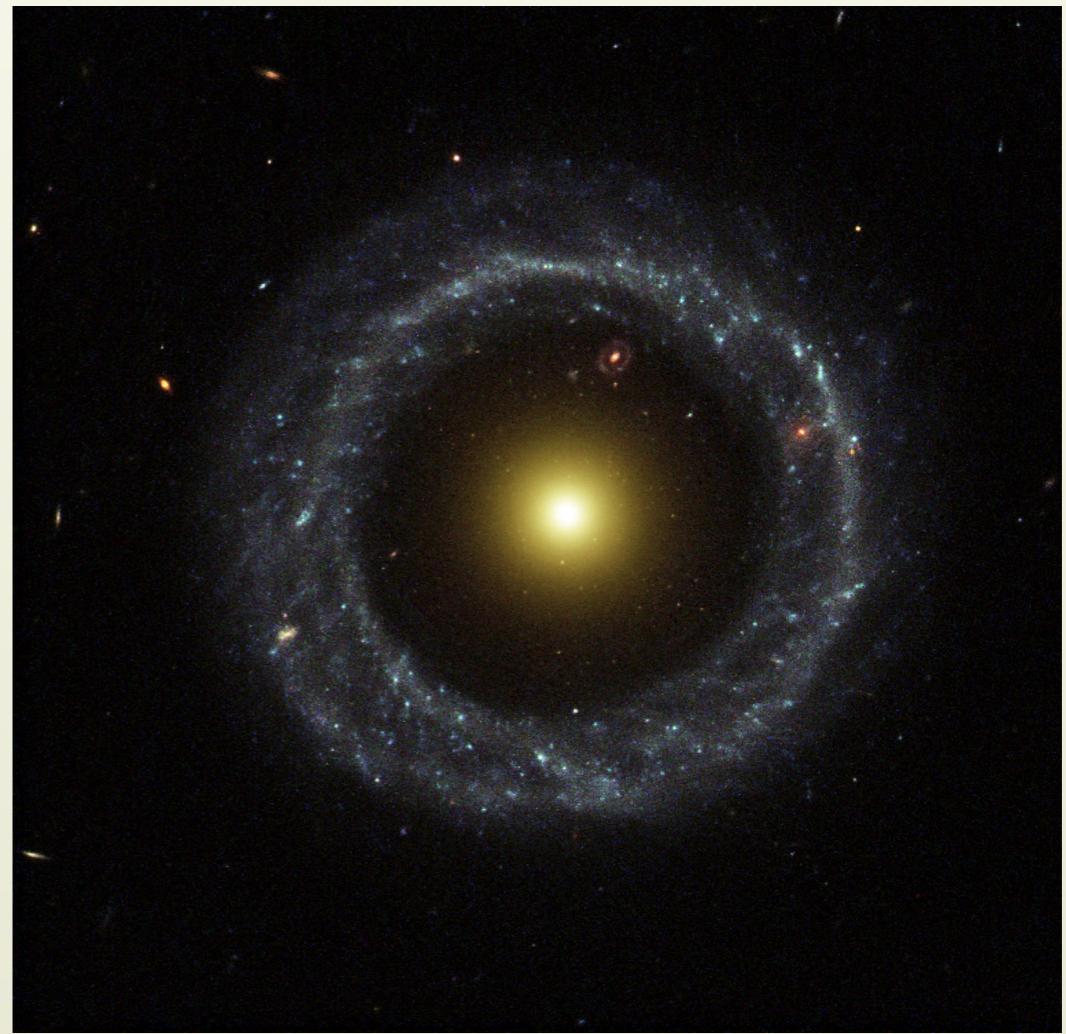
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser



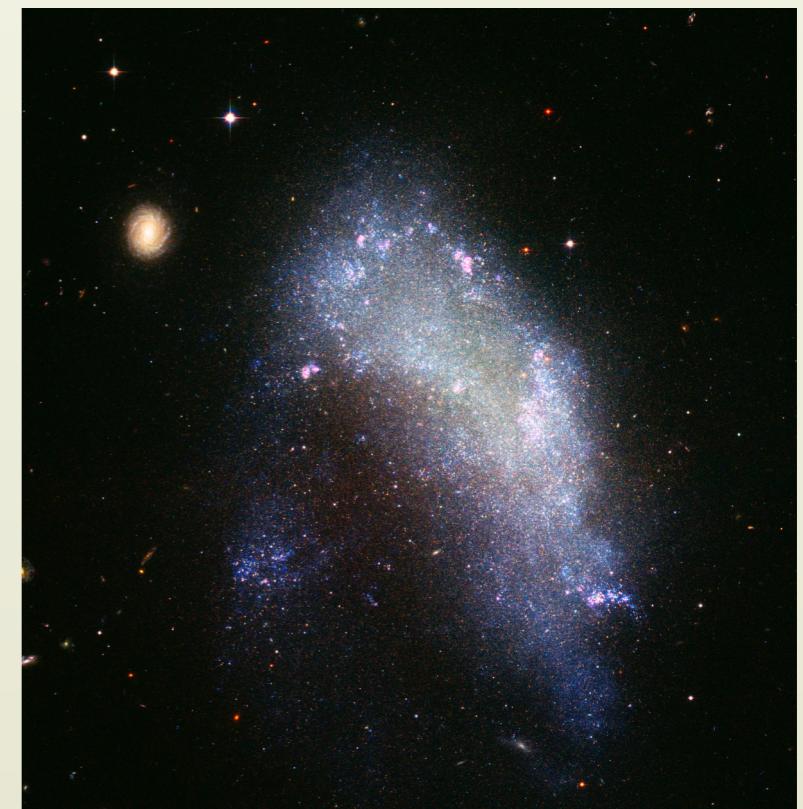
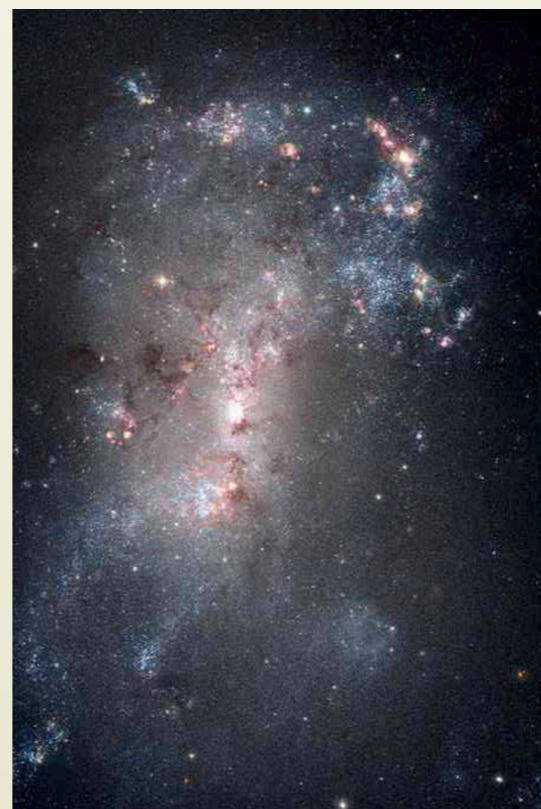
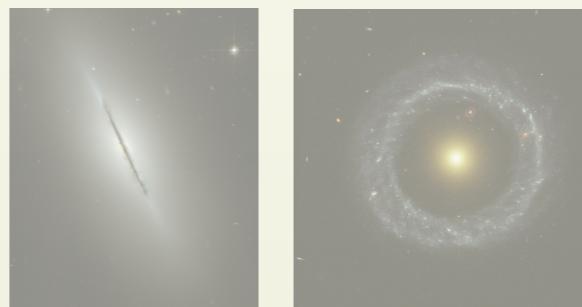
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser



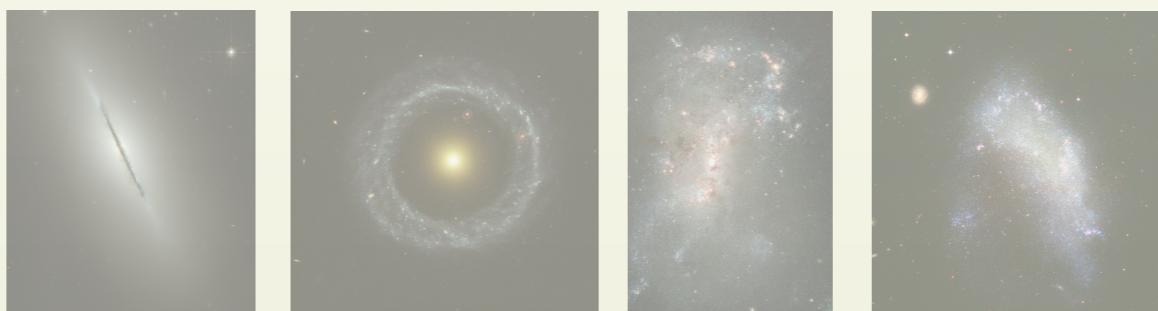
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser
- Irregulære galakser



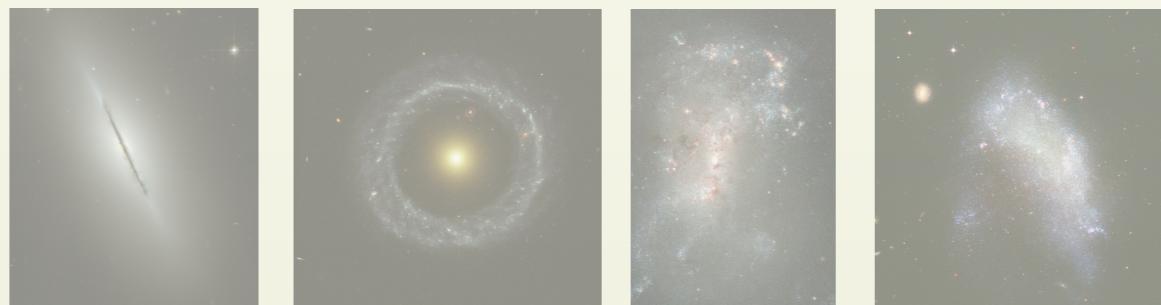
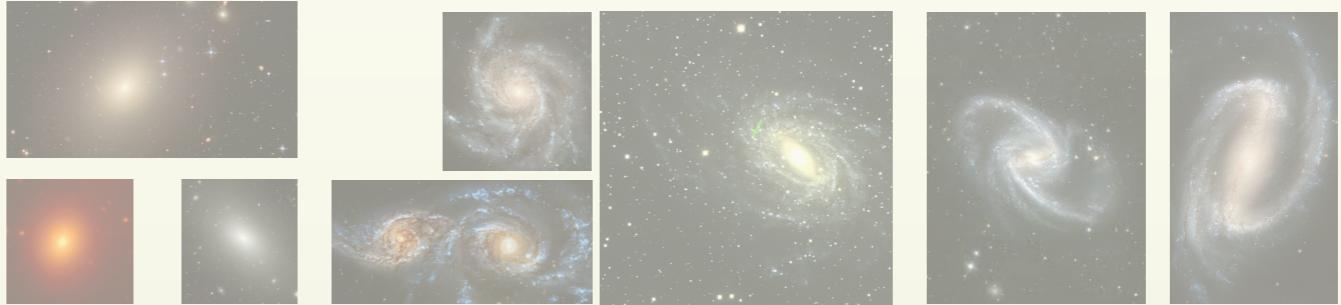
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser
- Irregulære galakser
- Dværggalakser
  - dværgellipser



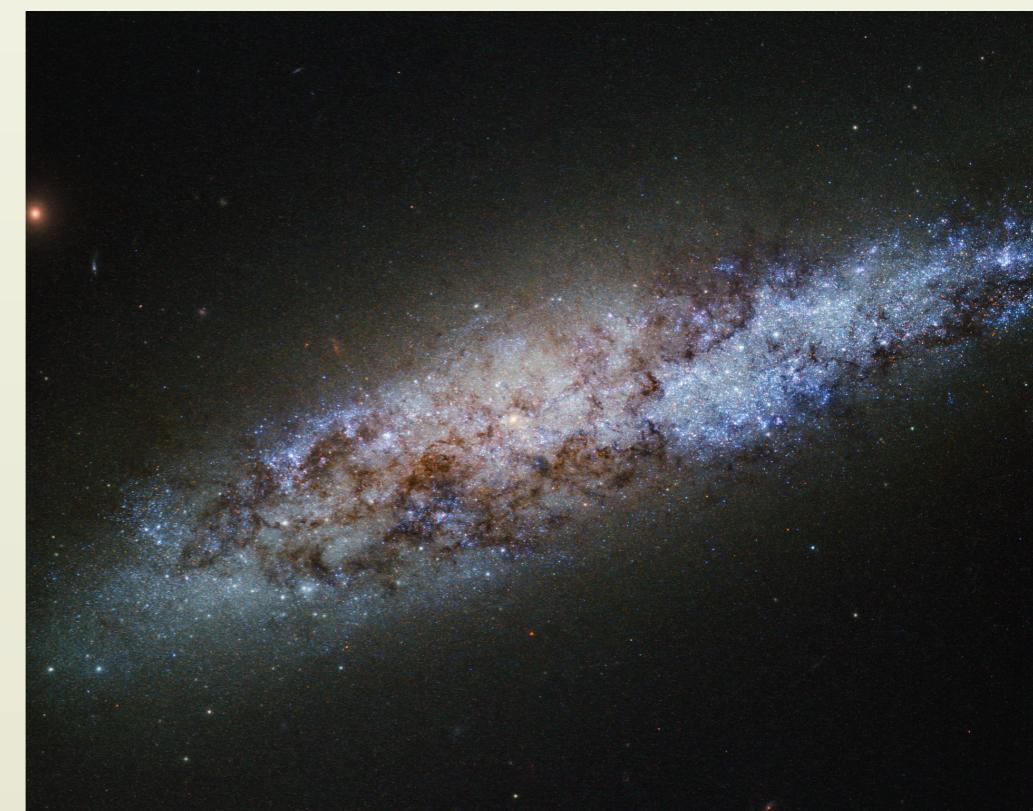
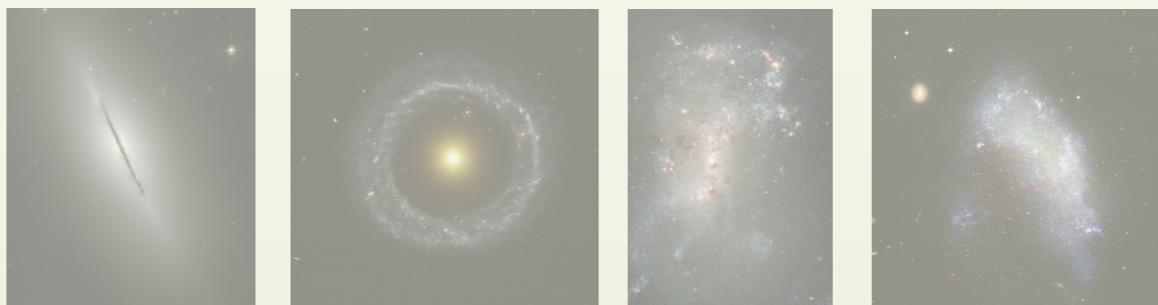
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser
- Irregulære galakser
- Dværggalakser
  - dværgellipser
  - dværg-sfæroidale



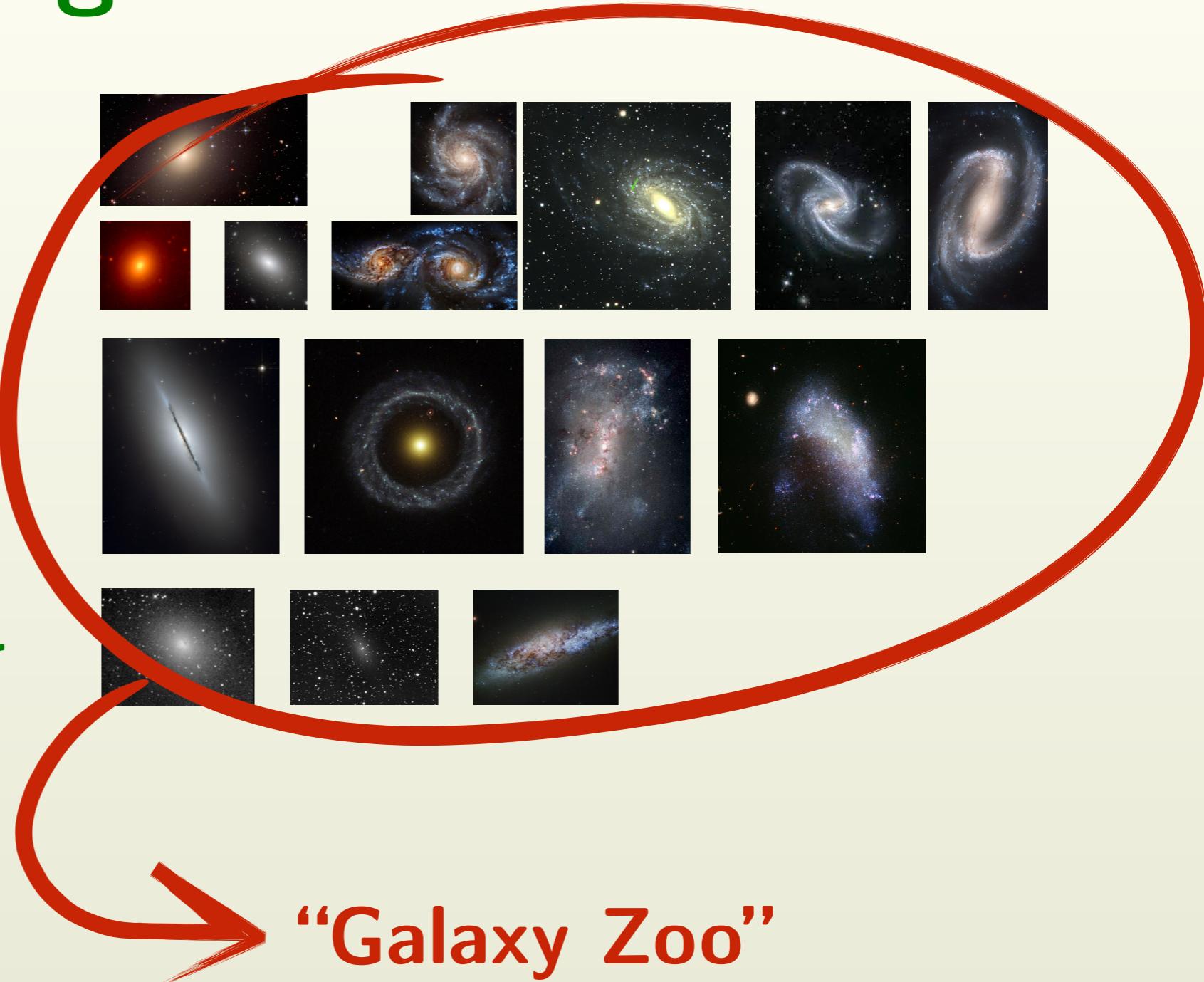
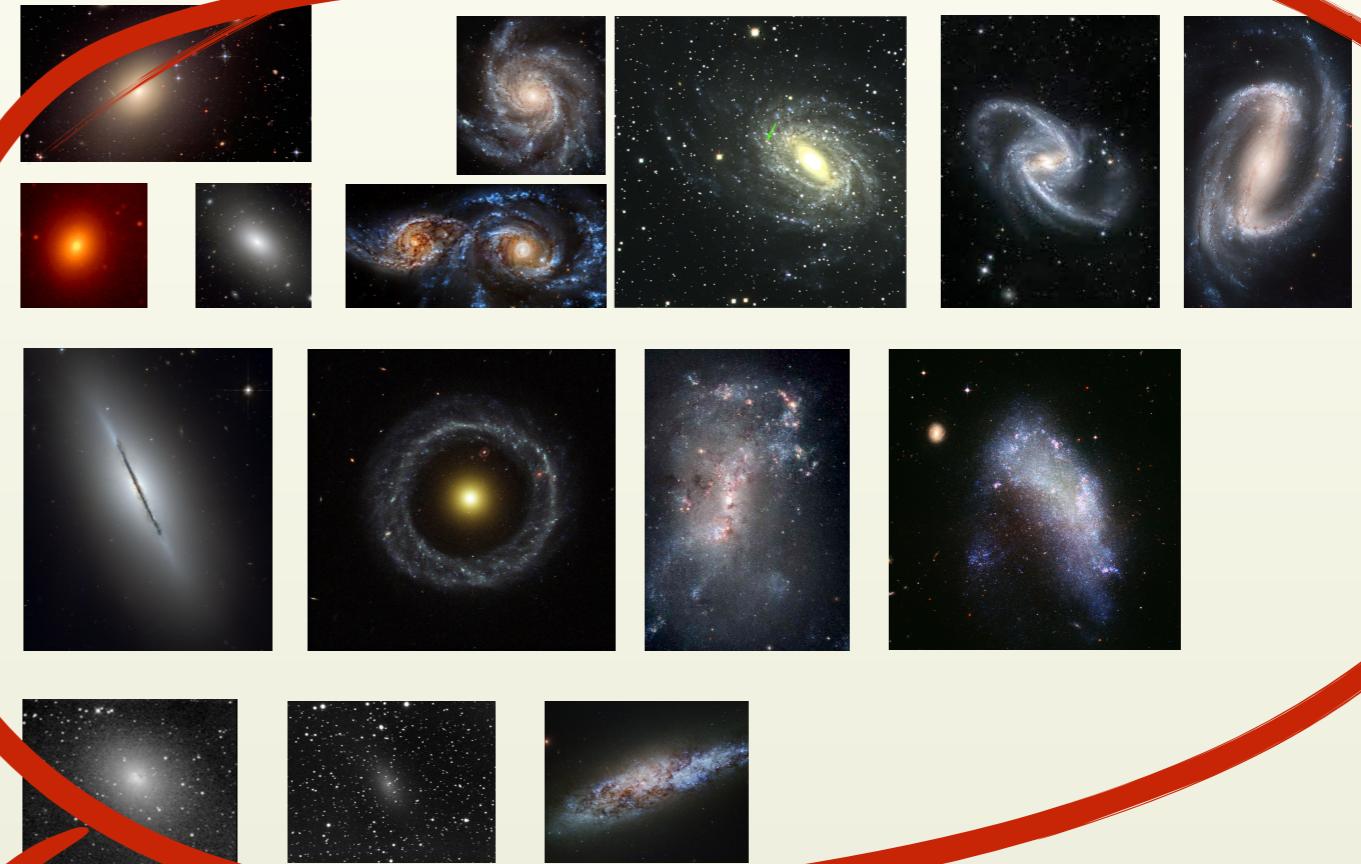
# Hvilke slags galakser findes der?

- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser
- Irregulære galakser
- Dværggalakser
  - dværgellipser
  - dværg-sfæroidale
  - dværgspiraler



# Hvilke slags galakser findes der?

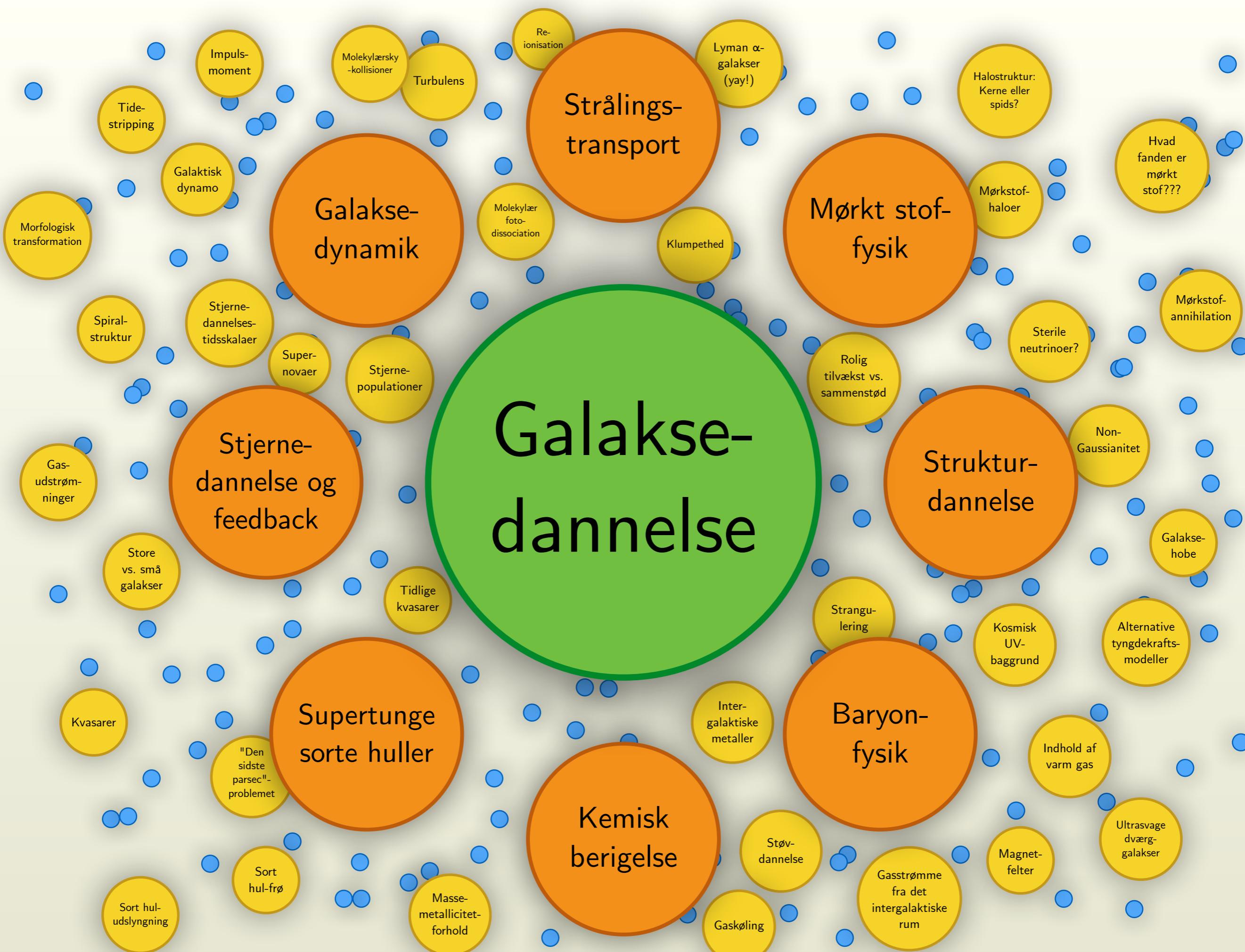
- Elliptiske galakser
- Spiralgalakser
  - bjælkegalakser
- Linsegalakser
- Ringgalakser
- Irregulære galakser
- Dværggalakser
  - dværgellipser
  - dværg-sfæroidale
  - dværgspiraler



**"Galaxy Zoo"**

[galaxyzoo.org](http://galaxyzoo.org)

# Galakse-dannelse





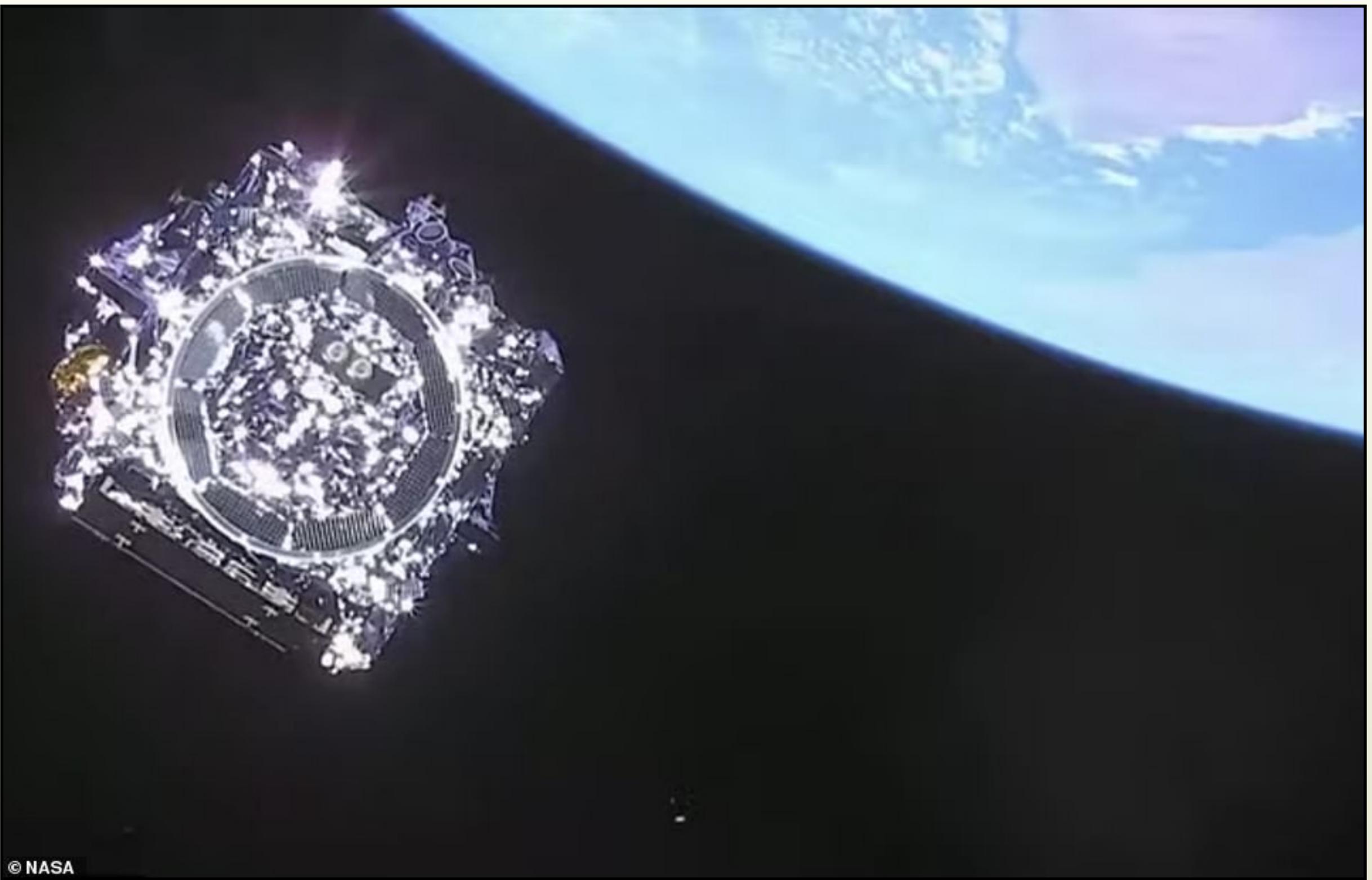
# James Webb



# Fra Fransk Guyana til L2



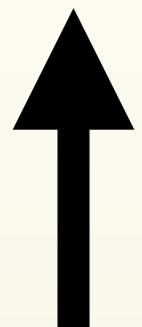
*“Décollage... Liftoff... From a tropical rain forest,  
to the edge of time itself”*



© NASA



Galaksernes indhold af  
tungere grundstoffer



Galaksernes totale stjernemasse

(korrigeret for stjernedannelses-hastigheden)

