# Can gas-dust interactions explain the morphology of the Fomalhaut debris belt?

#### Gianni Cataldi<sup>1,2</sup>, Alexis Brandeker<sup>1,2</sup>, Göran Olofsson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy, Stockholm University

<sup>2</sup>Stockholm University Astrobiology Centre

#### 2014-09-09

Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 1 / 13



Introduction: The Fomalhaut system and its eccentric debris belt

2 Upper limits on the gas content of Fomalhaut's belt



3 Conclusion: gas-dust interactions?

(日) (周) (日) (日) (日) (日) (000)

## The Fomalhaut system

- spectral type: A-star
- age:  ${\sim}400\,Myr$
- $\bullet\,$  narrow, eccentric dust ring with semi-major axis of  ${\sim}150\,\text{AU}$



Acke et al. (2013)

4 3 4 3 4

ELE NOR

Introduction: The Fomalhaut system and its eccentric debris belt

## The Fomalhaut dust ring



#### Herschel PACS 70 $\mu$ m (Acke et al. 2013)

Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 4 / 13

1= 9QC

・ロト ・ 日 ト ・ 日 ト ・ 日

# Origin of the dust belt's morphology

- planetary perturbation
- stellar encounters
- gas-dust interactions



Image credit: NASA

Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 5 / 13

## Planetary perturbations

- planet interacting with the belt
- Fomalhaut b: too eccentric ( $e = 0.8 \pm 0.1$ )
- Fomalhaut c ? ( $\rightarrow$  talk by Virginie Faramaz tomorrow)



Kalas et al. (2013)

Gianni Cataldi (Stockholm University)

EL OQO

<ロ> (日) (日) (日) (日) (日)

## stellar encounters

- Fomalhaut A is part of a wide triple system (separations  $\sim 10^5 \, \text{AU}$ )
- secular interactions and/or close encounters could result in eccentric disk (e.g. Jalali & Tremaine 2012; Shannon et al. 2014)



Image credit: Grant Kennedy / Paul Kalas

## Gas-dust interactions

Requires certain amount of gas beside the dust (dust-to-gas ratio  $\epsilon \lesssim 1$ ) See previous talk by Wladimir Lyra!



Lyra & Kuchner (2013)

## Data available to test for the presence of gas

- PACS aboard Herschel: 25 spaxels à  $9.4'' \times 9.4''$ 
  - observation of CII 158  $\mu \rm{m}$  and OI 63  $\mu \rm{m}$  line regions
- ALMA
  - observation of CO J=3-2 line region



158  $\mu$ m continuum

## Data available to test for the presence of gas

- PACS aboard Herschel: 25 spaxels à  $9.4'' \times 9.4''$ 
  - observation of CII 158  $\mu \rm{m}$  and OI 63  $\mu \rm{m}$  line regions
- ALMA
  - observation of CO J=3-2 line region



CII 158  $\mu$ m line

## Upper limits on line emission

 simulate PACS observations and compare to data (25 spaxels simultaneously) ⇒ upper limit on line luminosity



## Convert line emission to gas mass

non-LTE code RADEX: line emission upper limits ⇒ total gas mass



Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 11 / 13

= nac

## Upper limits on the total gas mass (from CII data)



Gianni Cataldi (Stockholm University)

## Summary and conclusions

- Herschel PACS and ALMA data  $\Rightarrow$  upper limits on the CII 158  $\mu$ m, OI 63  $\mu$ m and CO J=3-2 emission
- the data suggest low gas masses (except for "exotic" gas compositions or very high temperatures)
  - $\Rightarrow$  challenging to explain the belt's morphology by gas-dust interactions
  - $\Rightarrow$  Fomalhaut c or stellar interactions seem more likely



Fomalhaut: gas-dust interactions?

abundances	$\epsilon$
$\beta$ Pic	>318
solar	>3

Table: Lower limits on dust-to-gas ratio  $\epsilon$  (99% confidence level, from CII data).

Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 1 / 4

<ロ> < 四 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ >

#### stellar encounters



Shannon et al. 2014

Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 2 / 4

三日 のへの

イロト イポト イヨト イヨト

# ALMA continuum data



Gianni Cataldi (Stockholm University)

Fomalhaut: gas-dust interactions?

2014-09-09 3 / 4

三日 のへの

<ロ> (日) (日) (日) (日) (日)

## PACS 63 $\mu$ m data



 $63 \,\mu$ m continuum

2014-09-09 4 / 4

三日 のへで

イロト イポト イヨト イヨト

## PACS 63 $\mu$ m data



OI 63  $\mu$ m line

2014-09-09 4 / 4

三日 のへで

<ロ> (日) (日) (日) (日) (日)