

Pression de radiation

Tout rayonnement exerce une pression : c'est la pression de radiation

La pression de radiation solaire :

⇒ sur Terre : pression de radiation $\sim 10^{-5}$ Pa ⇒ très faible !!!

⇒ dans l'espace, pour des objets de taille $< 1 \mu\text{m}$:
force de pression de radiation $>$ attraction gravitationnelle exercée par le Soleil

Origine de la queue des comètes

Comète : petit astre de diamètre $< 10\text{km}$ composé de glace et de poussières

Quand la comète s'approche du Soleil :

elle s'échauffe et libère gaz et poussières formant

- ⇒ une queue blanche, large et courbe
- ⇒ une queue bleue, fine et rectiligne



Comète Hale-Bopp, 1997

Origine de la queue des comètes

la queue blanche :

- poussières **poussées la pression de radiation solaire**
- courbe car faible poussée
- blanche car les poussières réfléchissent la lux solaire

la queue **bleue** :

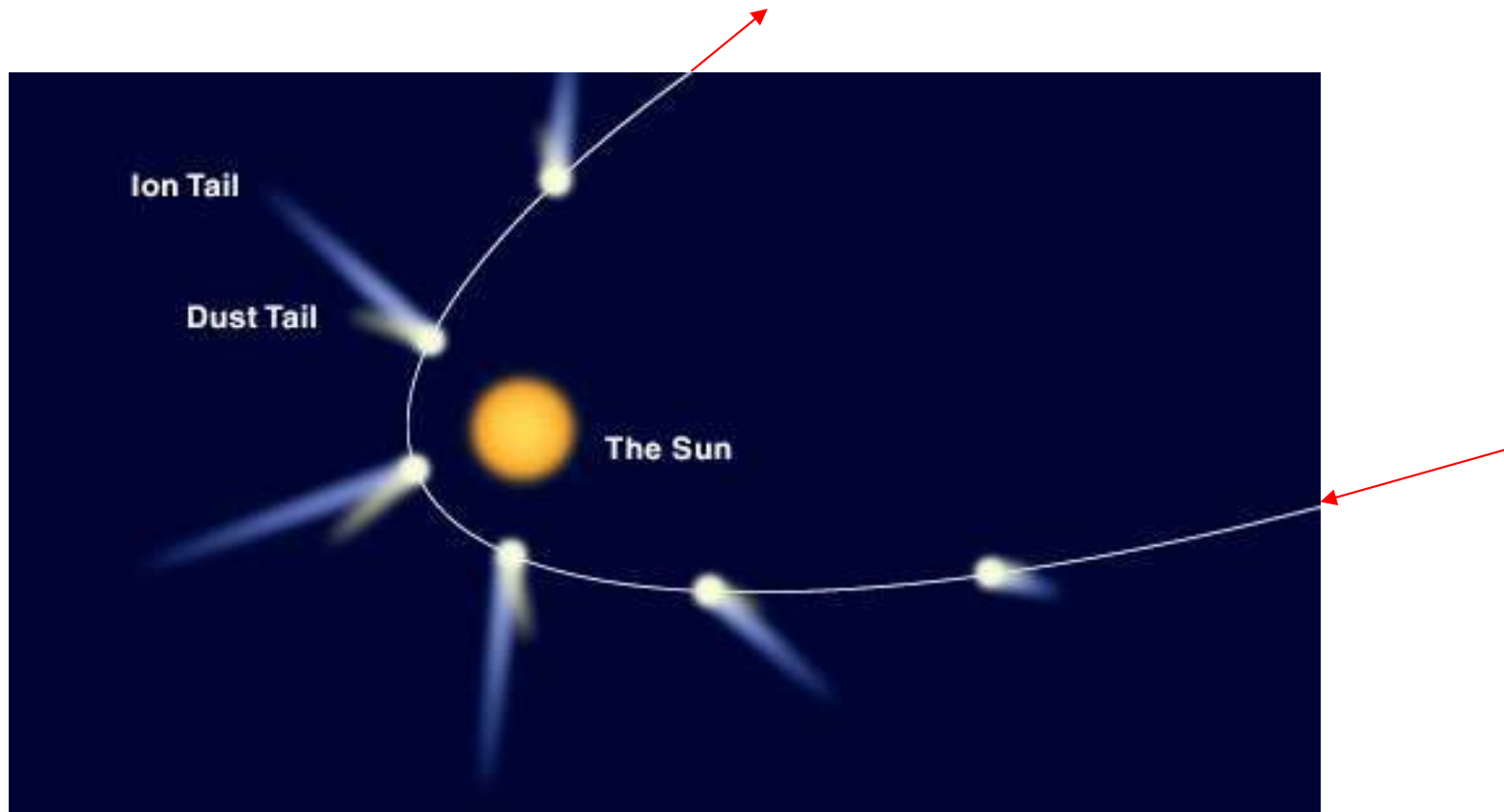
- particules ionisées et **poussées par le vent solaire** (flux de protons et électrons éjectés du Soleil)
- rectiligne car forte poussée
- bleue car émise par les ions CO^+ lors de leur désexcitation



⇒ les queues pointent toujours à l'opposé du Soleil !

Origine de la queue des comètes

Les 2 queues pointent toujours à l'opposé du Soleil

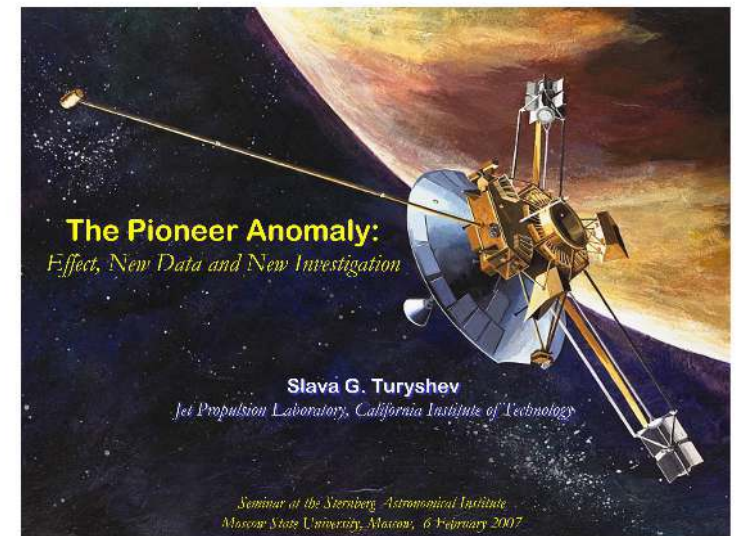
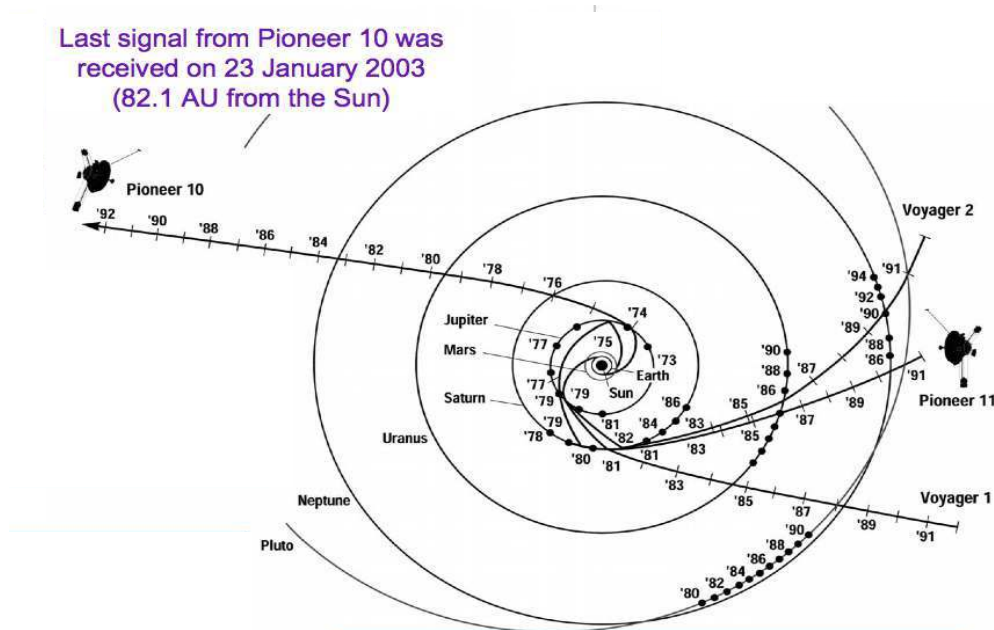


⇒ c'est pourquoi **quand la comète s'éloigne du Soleil, ses queues la devancent !**

Cela avait intrigué Képler en 1607 : les queues ne résultent pas du déplacement de la comète (comme par ex. : fumée d'une locomotive à vapeur), car dans ce cas elles seraient toujours situées derrière la comète ...

L'anomalie Pioneer

1972-73 : sondes Pioneer 10 et 11 lancées par la NASA pour observer Jupiter et Saturne



1980 : en retard sur leurs positions prédites par la théorie de la gravitation
⇒ ralentissent plus que prévu ! (retard de 400 000km sur + de 12 milliards parcourus ...)

2012 : **le retard serait dû à la pression de radiation**
⇒ les photons émis par les générateurs nucléaires des sondes frappent la grande antenne centrale et ralentissent les sondes ...

Voile solaire

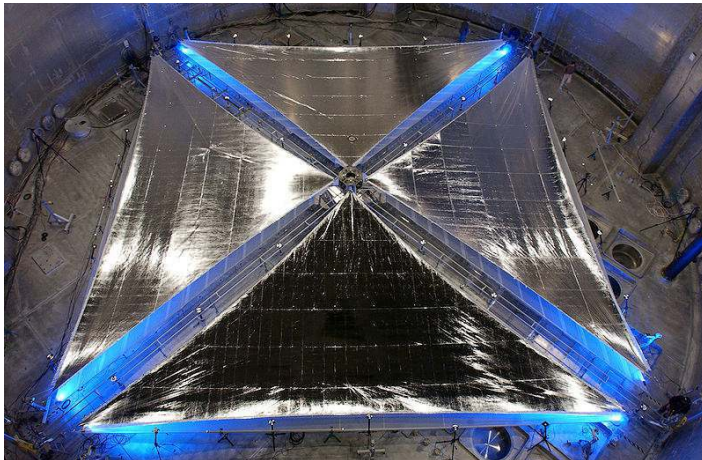
Propulsion basée sur la pression de radiation solaire

- ⇒ pour une voile de $\sim 100\text{m}^2$, la poussée est de $\sim 1\text{ mN}$
- ⇒ accélération faible mais continue : peut mener à de gdes vitesses!

Intérêt : ne nécessite pas de carburant !

Inconvénients

- ⇒ le déploiement de la voile
- ⇒ ne peut embarquer que de faibles poids
- ⇒ les débris dans l'espace peuvent endommager la voile
- ⇒ ne marche plus loin des étoiles ...

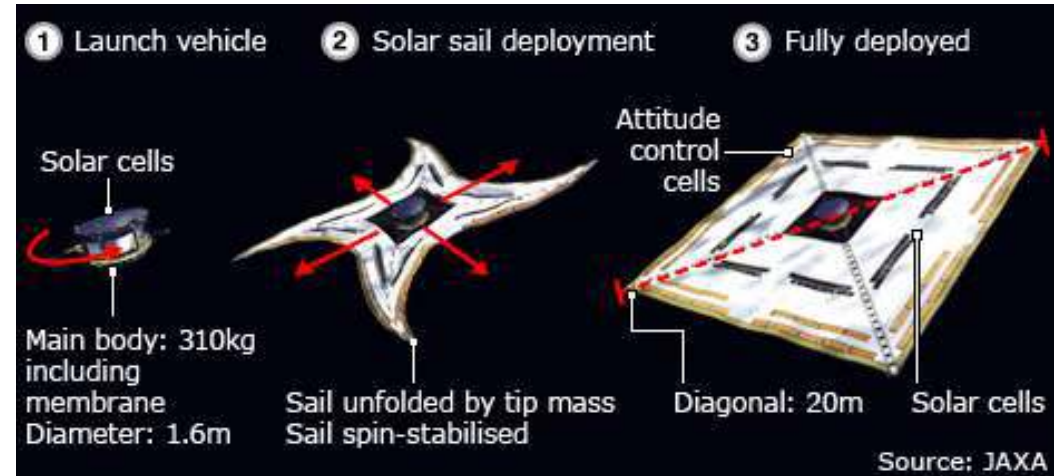


Voile solaire

2010 : mission IKAROS (Jaxa, Japon) ⇒ 1ère voile solaire déployée dans l'espace

⇒ voile de **173m²**, 15kg, épaisseur 7,5 μm, poids total 315 kg

⇒ a atteint Vénus en 6 mois



2011 : projet NanoSail-D ⇒ 1er essai de la NASA avec une voile de **9.2m²** pdt 240 jours



Voile solaire

2014 : projet Sunjammer (NASA) ⇨ la + gde voile solaire de 1207m^2 - projet abandonné (trop cher ?)



2019 : projet LightSail 2 (The Planetary Society, financé par particuliers) ⇨ voile de 32m^2 en orbite à 720km d'alt



2022 : projet ACS3 (NASA) ⇨ + légère, + durable de 36m^2

Refroidissement laser

Utilise la force de pression de radiation pour ralentir et refroidir un jet d'atomes

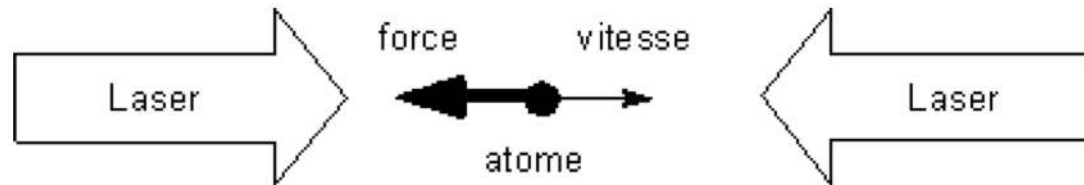
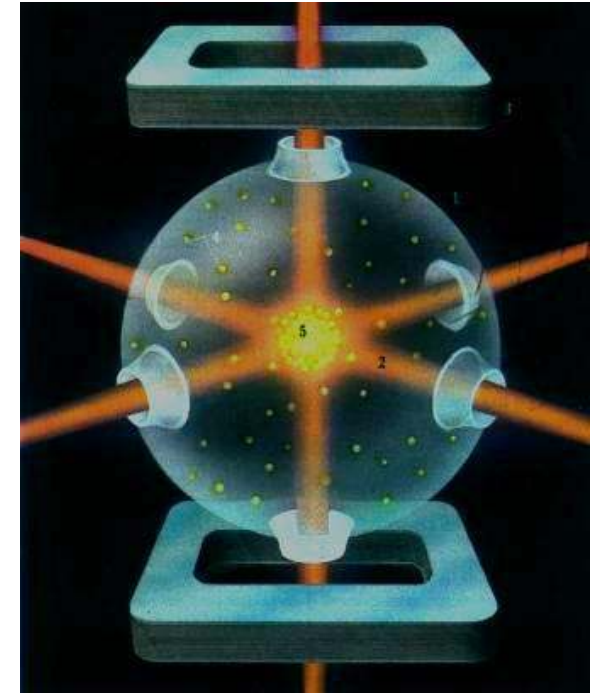


Figure 3 : principe du refroidissement laser ; une paire d'ondes lumineuses crée sur un atome en mouvement une force opposée à sa vitesse.



- ⇒ permet d'atteindre des vitesses $\sim 1 \text{ mm/s}$ soit des $t^\circ \sim 1 \mu\text{K}$
pour atteindre des $t^\circ \sim 1 \text{ nK}$, il faut refroidir encore par évaporation ...
- ⇒ applications : **amélioration des performances des horloges atomiques**
en ralentissant les atomes, on peut les observer + longtemps
⇒ on mesure la fréquence de transition de l'horloge avec + gde précision
⇒ gain d'un facteur 100, soit précision relative de 10^{-16}
soit une dérive d'1s tous les 300 millions d'années !