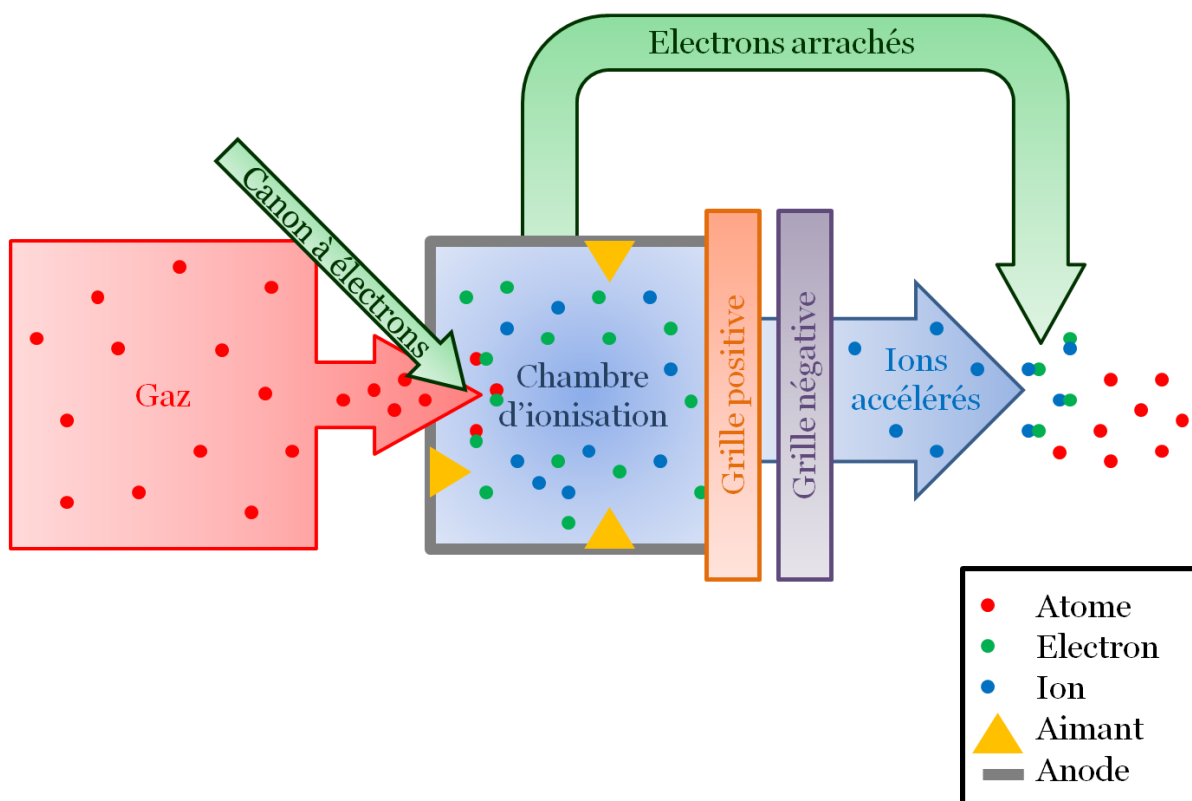


# La propulsion ionique

## I. Fonctionnement

Ce type de propulsion utilise les forces d'attraction et de répulsion entre des particules chargées. Du gaz est stocké sous pression dans un compartiment étanche. Il passe petit à petit dans ce que l'on appelle une chambre d'ionisation pour être ionisé. Dans le cas de la propulsion ionique, l'ionisation est faite par bombardement d'électrons. On va injecter des électrons dans la chambre en même temps que le gaz. Ils vont se heurter aux électrons de la couche externe des atomes qui seront alors arrachés. Les électrons sont attirés par l'anode, mais des aimants placés autour de la chambre modifient leur trajectoire, ce qui augmente le nombre de collisions et favorise donc l'ionisation. Les cations sont ensuite accélérés par des grilles chargées. La grille chargée négativement est placée vers l'extérieur et celle chargée positivement vers l'intérieur. Les ions sont alors attirés vers la grille chargée négativement et repoussés par la grille chargée positivement, ce qui les accélère et les propulse vers l'extérieur. Pour éviter qu'une fois sortis du moteur les ions ne soient ré-attirés vers la grille négative, un second canon à électrons leur renvoie les électrons qui leurs avaient précédemment été arrachés. Le flux d'atomes exerce donc une force de poussée dans le sens inverse à l'expulsion.



## II. Quels gaz ioniser ?

Le choix du gaz à ioniser se fait selon différents critères afin d'optimiser l'ionisation et la propulsion. Ces critères sont :

- La masse atomique : la propulsion dépendant de la masse éjectée, plus la masse atomique est importante, plus la propulsion est efficace (pour une même quantité de matière).

- La charge massique (rapport charge/masse) : plus celle-ci est élevée, plus la vitesse des ions accélérés est importante (car les interactions électriques sont plus efficaces).
- La capacité des atomes à être ionisés en perdant un électron

On constate que les gaz nobles sont propices à la propulsion ionique, le plus utilisé étant le xénon à cause de sa masse atomique. Le césium s'ionise facilement mais ses propriétés corrosives font qu'il n'est plus utilisé aujourd'hui.

### III. Utilisation

De part leur principe de fonctionnement, les moteurs à propulsion ionique ne fonctionnent que dans le vide. De plus, la poussée exercée est très faible (mais sur une longue durée), elle n'est donc efficace que dans un milieu où la force de gravité est faible. La propulsion ionique est donc réservée aux missions spatiales. En effet, on s'en sert pour diriger les sondes spatiales ou satellites afin de les maintenir en orbite. Ils sont très économes : ils produisent une faible poussée mais longtemps et, par kilogramme de carburant, une énergie supérieure à celle produite par les moteurs de fusées. Une petite quantité de carburant est donc suffisante. De plus, ce principe ne nécessite aucun comburant. Cela permet des moteurs beaucoup plus légers.

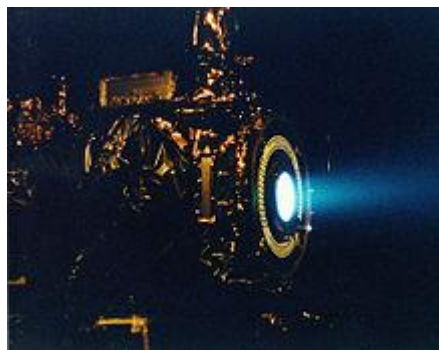


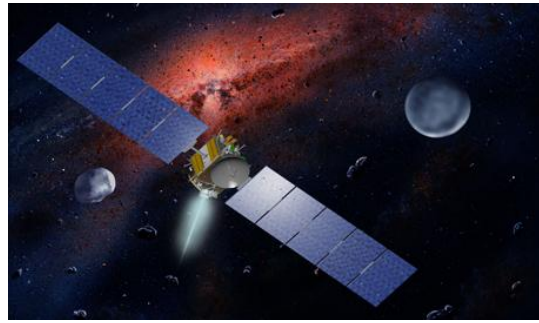
Photo d'un test du moteur à propulsion ionique de Deep Space 1  
(bleu caractéristique du xénon)

Quelques chiffres :

- Vitesse atteinte par les ions accélérés : de 20 à 40 km.s<sup>-1</sup>
- Poussée : inférieure à 0,1 N
- Rendement global : environ 60%
- Impulsion spécifique\* ( $I_{sp}$ ): 5000 à 25000 s

### IV. Un exemple de sonde à propulsion ionique : Dawn

Dawn est une sonde qui a pour mission l'étude de Cérès et Vesta, les deux plus gros astéroïdes de la ceinture d'astéroïdes. Elle est équipée d'un moteur à propulsion ionique tout d'abord pour atteindre la vitesse nécessaire pour aller jusqu'à Vesta après avoir quitté la fusée Delta, puis pour se satelliser autour de Vesta et Cérès. La poussée de ce moteur est de 90mN. Alors qu'une fusée chimique peut avoir une poussée allant jusqu'à 500 N, Dawn se contente de 90 mN mais réalise un changement de trajectoire équivalent sur une longue période et peut ainsi avoir un moteur beaucoup plus petit. L'énergie nécessaire à l'ionisation est produite grâce à des panneaux solaires installés sur la sonde. Ce moteur permettra à Dawn d'étudier les astéroïdes jusqu'en juillet 2015.



Vue d'artiste de la sonde Dawn

## V. Quelques informations à propos du moteur ionique de la sonde Dawn

- Il s'agit du moteur à xénon NSTAR (NASA Solar electric propulsion Technology Application Readiness)
- Poussée : comprise entre 19 et 92 mN
- Consommation électrique : comprise entre 0,5 et 2,6 kW
- Consommation (à pleine puissance) : 3,25 mg de xénon par seconde (environ 12 g.h<sup>-1</sup>)
- Accélération de la sonde obtenue au bout de 24 h : environ 25 km.h<sup>-1</sup>
- La propulsion est modulable (on peut faire varier la puissance électrique délivrée ou bien l'alimentation en xénon)
- Masse totale de la sonde : 1237 kg
- Masse des moteurs ioniques : 129 kg
- Masse de xénon : 425 kg
- Durée théorique de la propulsion (à pleine puissance) : environ 4,15 ans
- Toute l'énergie électrique nécessaire est fournie par les panneaux solaires
- Pour obtenir un changement de trajectoire équivalent à un moteur de fusée chimique malgré la faible poussée produite, le moteur ionique fonctionne pratiquement en permanence.
- La sonde n'utilise qu'un moteur à la fois mais en dispose de trois en cas d'usure ou de défaillance.
- L'orientation des moteurs peut être variée de 3 degrés afin de diriger et conserver la stabilité de la sonde (équilibrer la masse qui n'est pas répartie de la même façon à cause du xénon qui est utilisé).

Impulsion spécifique\*: l'impulsion spécifique représente le temps qu'il faudrait à la force de pesanteur pour avoir la même action totale de poussée qu'une masse  $m$  de fluide éjecté. Plus elle est grande, plus le système est efficace.