

# L'anomalie des satellites Pioneer est une constante naturelle

Pierre Réal Gosselin

2017-03-20

## Résumé

On croit que l'anomalie des satellites Pioneer serait expliquée en tenant compte de certains éléments omis ou rejetés comme non pertinents dans les programmes de calcul des orbites des satellites (Orbit Determination Program). Il n'en est rien, et jusqu'à maintenant, aucune proposition en ce sens n'a réussi de façon concluante à expliquer cette accélération. Nous montrons que ce qui est apparu comme une coïncidence numérique n'en n'est pas une, mais n'est en fait qu'une constante universelle naturelle.

## Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>2</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2 Modèles</b>	<b>4</b>
2.1 Le modèle expansionniste du Big Bang . . . . .	4
2.2 Le modèle transformiste . . . . .	5
2.3 Comparaison . . . . .	5
<b>3 L'effet Doppler</b>	<b>6</b>
<b>4 Analyse</b>	<b>7</b>
<b>5 Conclusion</b>	<b>8</b>
<b>Références</b>	<b>9</b>

# 1 Introduction

L'anomalie des satellites Pioneer a fait l'objet de nombreuses études. Jusqu'à présent, elle est devenue une énigme par l'incapacité d'y trouver une explication rationnelle. Les deux documents les plus complets faisant le point sur la situation, sont ceux de : "J.D. Anderson, P.A. Laing, E.L. Lau, A.S. Liu, M.M. Nieto et S.G. Turyshev, avril 2002" [1] et de "S.G. Turyshev et V.T. Toth, août 2010" [2]. Détectée dès 1987, annoncée lors d'un congrès scientifique en 1993 [3] et depuis la première publication y faisant référence en 1994 [4], elle a suscité une pléthore de propositions et de publications. Pour la plupart, toutes les explications suggérées concluent à un effet inertiel, c'est à dire la présence d'éléments non considérés dans les programmes de navigation des satellites, traduisant une force causant l'accélération du satellite. Le plus populaire et fréquent de tous les éléments mis en cause est la radiation thermique. C'est une erreur car la puissance disponible sur le satellite décroît avec le temps alors que cette accélération demeure constante. Chose étonnante, les publications et études font pratiquement toujours référence à l'anomalie de Pioneer comme une accélération du satellite et rarement comme une dérive de la fréquence du signal Doppler.

Plus récemment et hors de la voie inertielle, Allan Joel Anderson [5] considère plutôt une influence sur le rayonnement électromagnétique, c'est à dire, le lien de communication entre le satellite et les stations terrestres. Il introduit un nouvel effet, nommé "Cosmic redshift", lequel se fonde sur l'hypothèse d'un univers en expansion suivant le modèle FLRW (Friedman, Lemaître, Robertson, Walker). Il considère que la constante de Hubble,  $H_0$ , est un facteur d'échelle représentant le taux de changement de la longueur d'onde des photons par unité de temps. Cette explication ne peut tenir la route puisque l'expansion de l'univers ne peut que produire un allongement des radiations soit un décalage vers le rouge, contrairement à ce qui est observé. Toutefois elle a le mérite d'attirer l'attention vers une cause agissant directement sur le signal électromagnétique lui-même.

On a déjà remarqué la présence de très légères fluctuations périodiques dans le signal Doppler [2]. L'analyse a montré des cycles semi quotidiens, quotidiens, semi annuels et annuels où la base des cycles quotidiens est la journée sidérale [6]. Ces fluctuations cycliques sont de plus en plus faibles avec la distance d'éloignement du satellite. N'y a-t-il pas là matière à éveiller les soupçons quant à la dépendance de la dérive du signal Doppler en fonction de la distance, entre l'observateur et le satellite ?

## 2 Modèles

Il existe deux modèles cosmologiques susceptibles d'avoir une influence sur l'onde électromagnétique et pouvant expliquer la dérive du signal Doppler. Ce sont, d'une part, le modèle "expansionniste" du Big Bang et, d'autre part, le modèle "transformiste" de la transformation de l'onde électromagnétique sur de longues distances. Selon ces deux modèles, la longueur d'onde du signal observé varie en fonction de la distance parcourue par l'onde ou, ce qui est équivalent, en fonction du décalage vers le rouge correspondant.

### 2.1 Le modèle expansionniste du Big Bang

Considérons l'espace géométrique comme isotrope et en expansion. Alors toutes les distances " $d$ " entre des points quelconques, fixes et immobiles, demeurent proportionnelles. L'expansion étant décrite par une fonction dépendante du temps " $a(t)$ ", celle-ci agit comme un facteur multiplicatif sur toutes les dimensions. Toutefois, même si ces dimensions changent avec le temps, l'isotropie implique que les valeurs relatives des taux de changement soient conservées, c'est à dire que

$$\dot{a}(t)/a(t) = \text{constante} \quad (2.1)$$

Considérant la distance " $d$ ", la longueur d'onde " $\lambda$ " et la fréquence " $f$ ", leurs taux relatifs de changement sont

$$\dot{a}/a = \dot{d}/d = \dot{\lambda}/\lambda = -\dot{f}/f \quad (2.2)$$

Dans un tel univers en expansion, on peut considérer la vitesse intrinsèque des galaxies comme nulle. La loi de Hubble reflétant cette expansion, moyennant la constante dite de Hubble " $H_o$ ", leur associe une vitesse " $v$ ", linéaire et proportionnelle à leur distance d'éloignement " $d$ ". Cette association s'écrit :

$$v = H_o d \quad (2.3)$$

Dans ce contexte expansionniste, on peut alors exprimer la constante de Hubble comme suit

$$H_o = v/d = \dot{d}/d = \dot{\lambda}/\lambda \quad (2.4)$$

Usant de la définition du décalage vers le rouge,

$$\mathbb{Z} = (\lambda - \lambda_o)/\lambda_o \quad (2.5)$$

$$\lambda = \lambda_o(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.6)$$

$$\dot{\lambda} = \lambda_o \dot{\mathbb{Z}} \quad (2.7)$$

$$\dot{\lambda}/\lambda = \dot{\mathbb{Z}}/(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.8)$$

$$H_o = \dot{\lambda}/\lambda = -\dot{f}/f = \dot{\mathbb{Z}}/(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.9)$$

Les longueurs d'ondes émises par les sources sont, un moment plus tard, postérieurement, toujours plus longues. De même, pour les fréquences, celles-ci sont toujours moins élevées.

## 2.2 Le modèle transformiste

Gosselin [7], dans son modèle transformiste, considère que les photons se transforment naturellement, sans aucune interaction avec d'autres éléments de l'univers, en tant que propriété intrinsèque. Ainsi, l'énergie des photons diminue avec leur parcours alors que leur nombre augmente. Cette transformation opère jusqu'à ce la longueur d'onde soit égale à celle de radiation cosmique résiduelle (CMB). Cette transformation opère inversement pour les photons dont la longueur d'onde est supérieure à celle de la radiation cosmique résiduelle CMB. Ce modèle fait apparaître la constante de Hubble naturellement, dont la relation avec la distance est logarithmique plutôt que linéaire, comme c'est le cas dans la relation classique  $d = c/H_o \cdot \mathbb{Z}$ . Elle s'écrit

$$d = \pm c/H_o \cdot \ln(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.10)$$

Pour refléter la double situation du comportement photonique, le décalage cosmique est négatif et plus grand que -1 pour les longueurs d'ondes plus grandes que celle de la radiation CMB ou positif dans le cas contraire. Quelques manipulations de cette équation, où les variables sont le temps "t", la distance "d", la constante de Hubble  $H_o$ , la célérité de la lumière "c", le décalage cosmique "Z", la longueur d'onde  $\lambda$  et la fréquence "f" nous conduisent à

$$d = \pm c/H_o \cdot \ln(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.11)$$

$$\mathbb{Z} = \exp(\pm H_o d/c) - 1 \quad (2.12)$$

$$\dot{\mathbb{Z}} = \pm H_o (\mathbb{Z} + 1) \quad (2.13)$$

$$H_o = \pm \dot{\mathbb{Z}}/(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.14)$$

$$\lambda = \lambda_o \exp(\pm H_o d/c) \quad (2.15)$$

$$\dot{\lambda} = \pm \lambda H_o \quad (2.16)$$

$$f = f_o \exp(\pm (-H_o d/c)) \quad (2.17)$$

$$\dot{f} = \pm (-f H_o) \quad (2.18)$$

$$H_o = \pm \dot{\lambda}/\lambda = \pm (-\dot{f}/f) = \pm \dot{\mathbb{Z}}/(\mathbb{Z} + 1) \quad (2.19)$$

## 2.3 Comparaison

Ces deux modèles développent au signe près les mêmes équations. Le modèle expansionniste prédit toujours un accroissement de la longueur d'onde ou ce qui est la même chose une diminution de la fréquence. Le modèle transformiste montre deux comportements différents selon que la longueur d'onde est plus grande ou plus petite que la longueur d'onde de la radiation cosmique résiduelle CMB. Lorsque qu'elle est plus petite, il y a accroissement de façon identique au modèle expansionniste. Lorsqu'elle est plus grande, l'onde se comporte de façon inverse tel que l'exprime le signe négatif et la valeur négative du décalage cosmique.

### 3 L'effet Doppler

Considérons une source au repos, émettant une onde de fréquence  $f_s$  vers un observateur au repos, lequel mesure cette onde comme ayant la même fréquence  $f_o$ . Si cette source était animée d'un mouvement uniforme  $v_s$  vers cet observateur immobile, celui-ci observerait une fréquence différente dû à l'effet Doppler. "c" étant la vitesse de propagation de l'onde dans le milieu, la fréquence observée est

$$f_o = f_s \cdot c / (c - v_s) \quad (3.1)$$

$$f_s / f_o = 1 - v_s / c \quad (3.2)$$

$$(f_s - f_o) / f_o = -v_s / c \quad (3.3)$$

$$\Delta f / f_o = v_s / c \quad (3.4)$$

Imaginons que cette source, immobile, accélère subitement durant un court intervalle de temps  $\Delta t$ . Ainsi elle passe à la vitesse  $v_s$  et subit une accélération  $a_s = v_s / \Delta t$ . Alors cette source est maintenant animée d'un mouvement uniforme et ses ondes seront observée à la fréquence  $f_o$  selon l'effet Doppler. On écrit alors

$$\Delta f / f_o = a_s \Delta t / c \quad (3.5)$$

$$a_s / c = (\Delta f / \Delta t) / f_o \quad (3.6)$$

$$a_s / c = \dot{f} / f_o \quad (3.7)$$

Dans l'expression précédente (3.7), indépendamment du signe, le membre de droite correspond à la constante de Hubble, tel que défini par le modèle expansionniste (2.9) ou par le modèle transformiste (2.19). Posant  $a_P$  pour l'accélération du satellite Pioneer en lieu de  $a_s$ , on a alors

$$a_P = c H_o \quad (3.8)$$

Nous avons là le produit de deux constantes naturelles de l'univers. Par conséquent, l'accélération attribuée au satellite est un invariant. Usant de la valeur déterminée par Gosselin [7] pour la constante de Hubble soit  $H_o = 2,731934 \cdot 10^{-18} s^{-1}$ , on trouve pour l'accélération universelle virtuelle associable à un quelconque satellite

$$a_P = 8,19 \cdot 10^{-10} m s^{-2} \quad (3.9)$$

laquelle est très proche de l'accélération anormale de Pioneer  $8,74 \pm 1,33 \cdot 10^{-10} m s^{-2}$ . C'est là l'explication de l'étrange coïncidence numérique entre la vitesse de la lumière, la constante de Hubble et l'anomalie de Pioneer. Il n'y a donc là aucun mystère. Il s'agit d'une association erronée entre une force inertielle inexistante et un phénomène cosmologique. C'est une substitution, une interversion de causes, basées sur le fait qu'elles ont toutes les deux le même effet en commun.

## 4 Analyse

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les deux modèles utilisés conduisent tous deux à la même expression de la constante de Hubble sauf en ce qui concerne le signe. Ces deux modèles prédisent un même décalage cosmique tant que la longueur d'onde est supérieure à celle de la radiation cosmique résiduelle. Pour le modèle expansionniste, il n'y a aucune limite alors que pour le modèle transformiste, la radiation cosmique résiduelle CMB constitue la finalité des transformations. De façon complémentaire cette finalité impose, aux longueurs d'onde plus grandes que celle de la radiation cosmique résiduelle, une transformation inverse. Or c'est exactement le contexte dans lequel se trouvent les satellites. La fréquence du signal utilisé entre les satellites et les stations terrestres est justement inférieure à celle de la radiation CMB. C'est pourquoi, avec la distance croissante, la dérive de l'effet Doppler se fait vers le bleu. Il est impossible pour le modèle expansionniste de prédire un tel raccourcissement de la longueur d'onde. Puisque le satellite vogue à vitesse constante " $v_P$ ", posons " $d = v_P t$ " dans l'équation (2.12) et dérivons par rapport au temps :

$$\mathbb{Z} = \exp(-H_o v_P t/c) - 1 \quad (4.1)$$

$$\dot{\mathbb{Z}} = -(\mathbb{Z} + 1) (H_o/c) v_P \quad (4.2)$$

On est à même de constater que la dérive de l'effet Doppler est proportionnelle à la vitesse d'éloignement du satellite. Remarquons que  $\mathbb{Z}$  est une quantité négative qui devient de plus en plus négative au fur et à mesure que le satellite s'éloigne de la terre.

En regard à ce qui précède, il serait intéressant d'analyser les données satellitaires différemment. Il faut retenir, la distance d'éloignement en ligne de vue entre le satellite et la station terrestre, c'est à dire le chemin optique, la vitesse du satellite déterminée depuis l'effet Doppler et la dérive instantanée du signal Doppler c'est à dire, le décalage vers le bleu. On s'intéressera à la mise en graphique de ces données en fonction du temps ainsi qu'à la relation entre la dérive vers le bleu et la distance d'éloignement. La constante de Hubble apparaîtra de façon éclatante de même que l'influence des fluctuations dues aux mouvements de la terre ainsi que la dérive conséquente du signal Doppler. La fluctuation importante de la dérive du signal Doppler au moment de la rencontre avec une planète (flyby) s'explique par un changement abrupt de la direction de parcours du satellite occasionnant un nouveau rythme de changement au chemin optique.

## 5 Conclusion

Nous avons montré que l'anomalie de Pioneer n'en n'est pas une mais simplement un artifice de calcul qui explique faussement l'effet Doppler d'un signal en substituant une accélération inexistante de l'émetteur à une réelle transformation du signal par une autre cause. Celle-ci n'est en fait que la transformation du signal électromagnétique sur de longues distances selon le modèle de Gosselin [7]. De plus nous avons montré que cette pseudo accélération est une constante universelle et de ce fait, la même pour tous les satellites. Nous l'appelons l'accélération virtuelle Pioneer.



## Références

- [1] E.L. Lau A.S. Liu M.M. Nieto J.D. Anderson, P.A. Laing and S.G. Turyshev. Study of the anomalous acceleration of the Pioneer 10 and 11. <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0104064v5>, mar 2005.
- [2] S.G. Turyshev and V.T. Toth. The pioneer anomaly. *Living Reviews in Relativity*, jan 2010. <http://arxiv.org/abs/1001.3686>.
- [3] M.M. Nieto. The quest to understand the pioneer anomaly. <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0702017v1>, fev 2007.
- [4] J.D. Anderson E.L. Lau J. Perez-Mercader M.M. Nieto, T. Goldman. Theoretical motivation for gravitational experiments on ultra-low energy antiprotons and anti hydrogen. <https://arxiv.org/abs/hep-ph/9412234>, mar 1994.
- [5] A.J. Anderson. The measurement of the hubble constant  $H_o$  in the solar system. <https://arxiv.org/abs/1011.1944v1>, nov 2010.
- [6] P. Bério G. Métris J-M. Courty A. Levy, B. Christophe and S. Reynaud. Pioneer 10 doppler data analysis : disentangling periodic and secular anomalies. <https://arxiv.org/pdf/0809.2682v2.pdf>, jan 2009.
- [7] Pierre-Réal Gosselin. L'évolution de l'onde électromagnétique sur de très grandes distances. <http://vixra.org/pdf/1411.0567v2.pdf>, nov 2015.