



EFFET DOPPLER

Réalisé par :

AHOUANDJINOU Bill

4^e année d'Ingénierie

Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi – Université d'Abomey-Calavi

EPAC – UAC

Année académique : 2021 – 2022

Introduction

Généralités et fonctionnement

Modèle mathématique

Applications

Conclusion

Références bibliographiques

Introduction

De nombreux phénomènes scientifiques sont observés ou découverts au fil des années. Au nombre de ceux-ci nous avons en bonne place l'**effet Doppler** qui dénombre de nombreuses applications. Ce document présente un résumé de son principe d'utilisation et quelques applications possibles à ce jour.

Généralités et fonctionnement

- **Effet Doppler** : phénomène physique selon lequel on observe un décalage apparent de la fréquence d'une onde observé entre un émetteur et un récepteur entre lesquels la distance varie.
- **Analogie du ruisseau.**
- Correspondance aux ondes sonores.

Modèle mathématique

Objectif : Déterminer la fréquence de réception

- 1^{er} **aspect** : l'émetteur et le récepteur sont tous deux immobiles.
- 2^e **aspect** : l'émetteur est en mouvement et le récepteur immobile.
- 3^e **aspect** : l'émetteur est immobile et le récepteur est en mouvement.

Premier aspect : l'émetteur et le récepteur sont immobiles

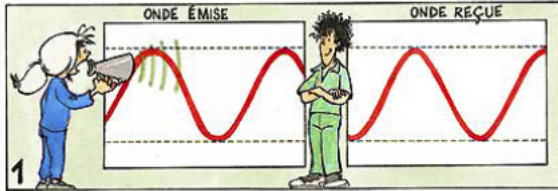


Figure 1: Illustration d'un émetteur et d'un récepteur immobiles

- $f_r = f_e$
- Même résultat lorsque l'émetteur et le récepteur ont la même vitesse.

Deuxième aspect : la source se rapproche du récepteur

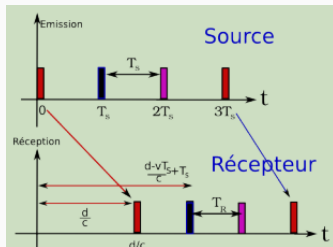


Figure 2: Schématisation d'une source se rapprochant d'un récepteur fixe :
formule

- $f_r = \frac{f_e}{1 - \frac{v_e}{c}} = f_e \times \frac{c}{c - v_e}$
- **Interprétation :** $c > (c - v_e)$ alors $\frac{c}{c - v_e} > 1$. Donc on a $f_r > f_e$.

Deuxième aspect : la source s'éloigne du récepteur

- $f_r = \frac{f_e}{1 + \frac{v_e}{c}} = f_e \times \frac{c}{c + v_e}$
- Interprétation : $c < (c + v_e)$ alors $\frac{c}{c + v_e} < 1$. Donc on a $f_r < f_e$.

Troisième aspect : le récepteur se rapproche de la source

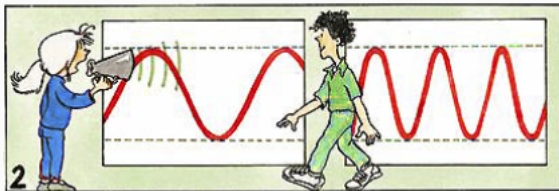


Figure 3: Illustration d'un récepteur se rapprochant d'un émetteur fixe

- $f_r = f_e(1 + \frac{v_r}{c}) = f_e \times \frac{c+v_r}{c}$
- **Interprétation** : $c < (c + v_r)$ alors $\frac{c+v_r}{c} > 1$. Donc on a $f_r > f_e$.

Troisième aspect : le récepteur s'éloigne de la source

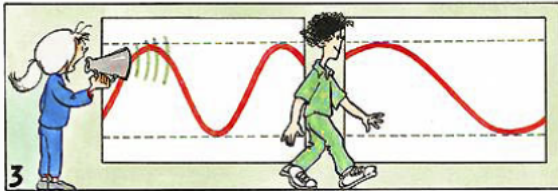


Figure 4: Illustration d'un récepteur s'éloignant d'un émetteur fixe

- $f_r = f_e \left(1 - \frac{v_r}{c}\right) = f_e \times \frac{c - v_r}{c}$
- Interprétation : $c > (c - v_r)$ alors $\frac{c - v_r}{c} < 1$. Donc on a $f_r < f_e$.

Applications

Effet Doppler au quotidien

- Radar de vitesse
- Voiture sonore



Figure 5: Radar de contrôle routier

Effet Doppler en Astronomie (1)

- **Principe de la vélocimétrie Doppler** : Plus un corps se rapproche plus la lumière qu'il émet se décale vers le bleu. Plus il s'éloigne, plus sa lumière tire vers le rouge.
- Explication du principe : se baser sur l'expression de c et les expressions de fréquences retenues plus tôt.

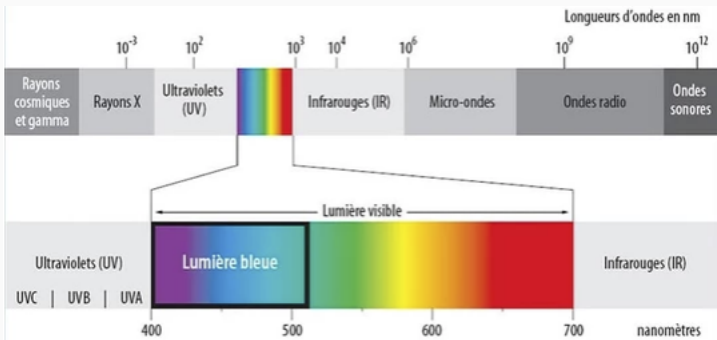


Figure 6: Spectre lumineux

Effet Doppler en Astronomie (2)

- Notion de **vitesse radiale** : vitesse d'un objet dans la direction de la ligne de vue.
- En astronomie, c'est la vitesse à laquelle les objets célestes s'éloignent ou se rapprochent de nous.

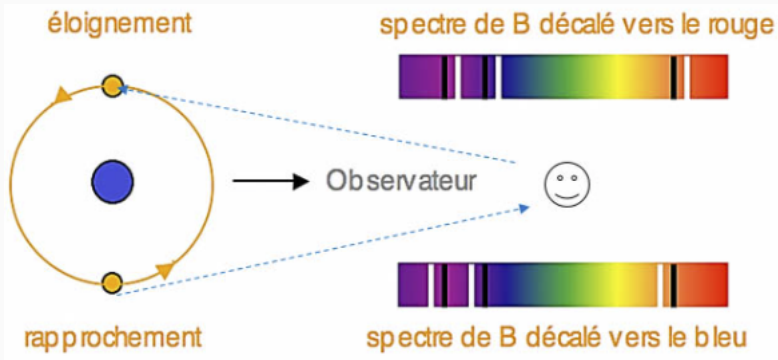


Figure 7: Variation de la longueur d'onde d'un corps : cas d'une étoile binaire

- Radiographie
- Echographie
- Cardiologie (pour évaluer la vitesse des parois du cœur)
- etc.

Effet Doppler en milieu maritime et aérien

- Radiogoniomètre de repérage d'urgence à effet Doppler
- Radiogoniomètre de détection de position et de cap d'un avion ou d'un navire

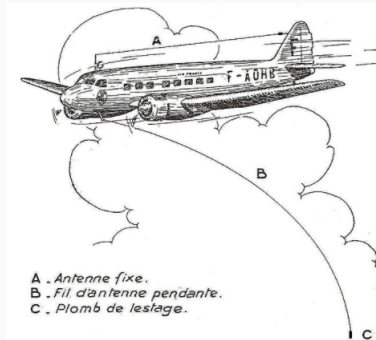


Figure 8: Radiogoniomètre en milieu aérien

Effet Doppler en Télécommunications : Radar

- **Radar** : système qui utilise les ondes radio pour détecter et déterminer la distance et/ou la vitesse d'objets.



Figure 9: Antenne radar

Effet Doppler en Télécommunications : GPS

- **GPS (Global Positioning System) :**

Le principe de fonctionnement du GPS repose sur la mesure de la distance d'un récepteur par rapport à plusieurs satellites.

- Principe de triangulation des satellites.



Figure 10: Principe de triangulation en GPS

Effet Doppler en Télécommunications : GPRS

- **GPRS (General Packet Radio Service)** : Utile pour relier les capteurs fixes installés dans l'infrastructure de transport (boucles électromagnétiques, des caméras, radars...) dans le cas où il est impossible ou trop coûteux de mettre en place un réseau filaire.
- Possible de combiner les systèmes GPRS et GPS pour connaître la position exacte d'un véhicule en temps réel.

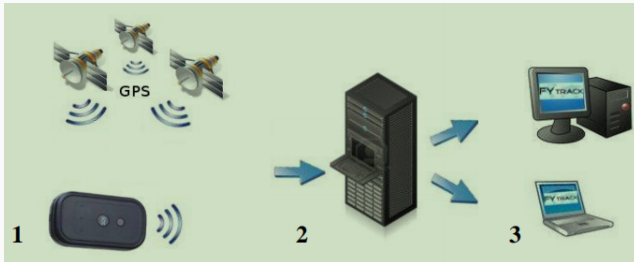


Figure 11: Processus de fonctionnement d'un traceur GPS/GPRS

Applications

- Réseau mobile :

$$f_r = f_e \times \left(1 + \frac{v \times \cos(\alpha)}{c}\right). \quad (1)$$

- Interprétation selon la vitesse v .



Figure 12: Composante vecteur vitesse projetée sur l'axe mobile - émetteur

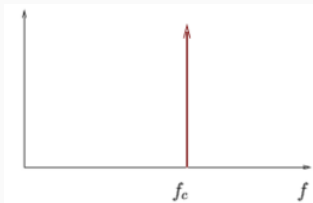


Figure 13: Spectre de la porteuse émise

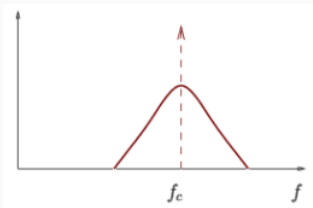


Figure 14: Spectre de la porteuse reçue

- La fréquence Doppler maximale intervient lorsque le mobile se déplace dans l'axe de propagation de l'onde et elle vaut :

$$f_d = \frac{f_e \times v}{c}$$

- La largeur de spectre vaut le double de cette fréquence Doppler :

$$\Delta f = 2 \times F_d$$

- **Exemple :** GSM 900, $v_r = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$

Conclusion

L'effet Doppler est un phénomène physique qui stipule une différence de fréquence d'onde entre émetteur et récepteur. Ce principe a permis de nombreuses applications en Télécommunications (notamment le principe de fonctionnement des radars), en astronomie, en médecine, dans les procédés de sauvetage maritime ou aérien, etc. Cependant en réseau mobile, cet effet a des impacts négatifs. Des solutions ont, tout de même, été proposées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1 <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-effet-doppler-2470/>
- 2 <https://fr-academic.com/dic.nsf/frwiki/1670747>
- 3 <https://pg-astro.fr/astrophysique/initiation/effet-doppler-fizeau.html>
- 4 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Doppler>
- 5 <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Effet-Doppler-Fizeau-page-2.html>
- 6 Geoffroy GUILLERME & al., *Méthodes de collecte de données trafic routier*, Physique P6-3
- 7 Notes de cours IPHO, Chapitre 5 : *Effet Doppler*

Merci de votre
attention :)