

Extraction des observations radar

Christophe BLANC
LASMEA
Université Blaise Pascal
www.christophe-blanc.info

11 janvier 2009

1 Extraction des mesures

L'objectif de cette étape est de déterminer la distance et la vitesse relatives des objets ou obstacles situés dans l'espace éclairé par le faisceau radar. Cette détection est réalisée à partir du signal $s(t)$ (signal de retour pour un seul écho qui est le signal d'émission décalé en première approximation d'un temps $\gamma(t)$). Les signaux I et Q représentent les parties réelles et imaginaires du signal $s(t)$. Ce signal est échantillonné en distance (indice p) et en temps (indice n) selon la relation suivante :

$$s[p, n] = \sum_i A_r(\vec{D}_i) u_g(p\delta D - D_i) \exp(j(4\pi \frac{v_i}{\lambda} n\delta t + \varphi_i))$$

L'indice i donne le numéro de l'objet renvoyant un écho, le vecteur distance \vec{D}_i dans l'amplitude du signal permet de tenir compte de l'angle antenne-objet c'est à dire de la position de la cible dans le champ d'émission du radar. L'échantillonnage en distance δD est lié à la largeur de l'impulsion d'émission t_e par la relation : $\delta D = \frac{\lambda f_0}{2} t_e$, l'échantillonnage temporel δt est proportionnel à la période de répétitions des impulsions $\delta t = t_r$.

$p = 1, \dots, P$ et $n = 0, \dots, N - 1$ où P représente le nombre de "portes distances" de largeur t_e et N le nombre de périodes de répétitions des impulsions t_r .

Le résultat de cette numérisation est donc un signal complexe de dimension $P \times N$ dont la partie réelle est le signal $I[p, n]$ et la partie imaginaire le signal $Q[p, n]$.

L'étape suivante consiste à calculer les P transformées de Fourier des signaux sur N échantillons numérisés selon l'équation suivante :

$$s[p, k] = \sum_i A_r(\vec{D}_i) u_g(p\delta D - D_i) TF(\exp(j(4\pi \frac{v_i}{\lambda} n\delta t + \varphi_i)))$$

$$s[p, k] = \sum_i A_r(\vec{D}_i) u_g(p\delta D - D_i) \exp(j\varphi_i) \Delta[k\delta v - v_i]$$

Par ce calcul on transforme l'axe des temps (indice n) en axe des vitesses (indice k) où la fonction $\Delta[k\delta v - v_i]$ est définie par :

$$\Delta[k\delta v - v_i] = \frac{\sin(\pi N \frac{k\delta v - v_i}{v_{max}})}{\sin(\pi \frac{k\delta v - v_i}{v_{max}})}$$

avec :

$$v_{max} = \frac{\lambda}{2\delta t} \qquad \delta v = \frac{v_{max}}{N}$$

$$k = -\frac{N}{2}, \dots, \frac{N}{2} - 1 \qquad p = 1, \dots, P$$

Cette forme de représentation fréquentielle du signal traité provient de la numérisation qui oblige à borner à N échantillons l'observation du signal temporel.

L'échantillonnage en vitesse est inversement proportionnel à la période de répétition t_r . Par augmentation du nombre de points N dans le calcul de la transformée de Fourier on peut donc augmenter la résolution en vitesse au détriment de la durée totale d'analyse pour le même N . La valeur de N est donnée par l'utilisation du module de transformée de Fourier numérique rapide (ou FFT pour Fast Fourier Transform) où le nombre d'échantillons à traiter prend une valeur en 2^N .

Avant d'effectuer le calcul des FFT, un fenêtrage numérique est réalisée dans une fenêtre de Hamming. Ce filtrage permet d'éliminer la présence de lobes secondaires dans les signaux I et Q et ainsi d'éviter d'avoir plusieurs échos pour une même porte distance pour une même cible.

Par la suite, le calcul des P FFT est effectué. Une étape supplémentaire permet alors de rechercher la présence d'échos (obstacles) dans l'espace des transformées de Fourier. A l'issue du calcul des P transformées de Fourier, la présence d'un nouvel obstacle est considérée chaque fois que l'énergie dans l'espace de Fourier (tableau de dimension $P \times N$) est supérieure à un seuil constant fixé expérimentalement. Pour chaque obstacle, il est nécessaire d'identifier sa vitesse relative par rapport au véhicule porteur du radar et la distance les séparant. L'indice correspondant aux lignes du tableau identifie l'indice de vitesse de l'obstacle, et l'indice colonne celui des distances. Dans notre cas, le nombre de portes distance utilisé est $P = 5$ ou $P = 10$ ce qui porte la distance maximale d'analyse à 112.5 m ou 225 m.

Un écho est alors défini par quatre paramètres :

- temps : $n \times T_r$, $n \in [0, \dots, N - 1]$
- amplitude : énergie dans l'espace de Fourier
- Doppler : $V_r = (\text{indice}_{vitesse} - \frac{N}{2}) * \delta v$
- distance : $r = (\text{porte} - 1) \times \delta D + \frac{\delta D}{2}$

Finalement, le radar délivre donc, toutes les $T_r = 8 \text{ ms}$, une mesure de temps, d'amplitude, de porte distance, d'indice vitesse. Une porte distance correspond à $\delta D = 22.5 \text{ m}$, et un indice vitesse correspond à une vitesse de $\delta v = 0.238 \text{ m/s}$. Une cible peut cependant générer plusieurs échos dans des portes voisines, avec des indices vitesse voisins, c'est pourquoi un prétraitement est nécessaire afin de regrouper les échos provenant d'une même cible. Une seconde phase permet le calcul des caractéristiques de la cible résultante afin d'aboutir à un vecteur de mesure $Z^{rad} = \begin{pmatrix} r \\ \dot{r} \end{pmatrix}$ ainsi qu'à sa covariance associée

$$R^{rad} = \begin{pmatrix} \sigma_r^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{\dot{r}}^2 \end{pmatrix}$$

2 Regroupement des échos appartenant à la même cible

Les tests portent sur les indices de porte de distance ainsi que sur ceux des vitesses plutôt que sur les valeurs algébriques de ces deux grandeurs. L'indice vitesse du écho est noté IV_i , la porte $Porte_i$. On associe deux échos i et j si et seulement si :

$$|IV_i - IV_j| < \alpha$$

et

$$|Porte_i - Porte_j| < \beta$$

($\alpha = 2$ et $\beta = 2$ données par les caractéristiques du radar)

3 Calcul des caractéristiques de la cible résultante des n échos associés

Soit n le nombre d'échos associés.

Mesure des caractéristiques de la cible :

$$Z^{rad} = \begin{pmatrix} r \\ \dot{r} \end{pmatrix}$$

La distance r d'une cible est donnée par :

$$r = (Porte_{moy} - 1) * LP + LP/2$$

avec

$$Porte_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n Porte_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

où A_i est l'amplitude.

Pour chaque écho i on calcule la vitesse V_{r_i} correspondant à l'indice vitesse IV_i . La vitesse de la cible est alors :

$$\dot{r} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{r}_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Covariance sur la mesure :

$$R^{rad} = \begin{pmatrix} \sigma_r^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{\dot{r}}^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

avec

$$\sigma_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Porte_i - Porte_{moy})^2 * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} * LP^2$$

et

$$\sigma_{\dot{r}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{r}_i - \dot{r})^2 * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

4 Résultats

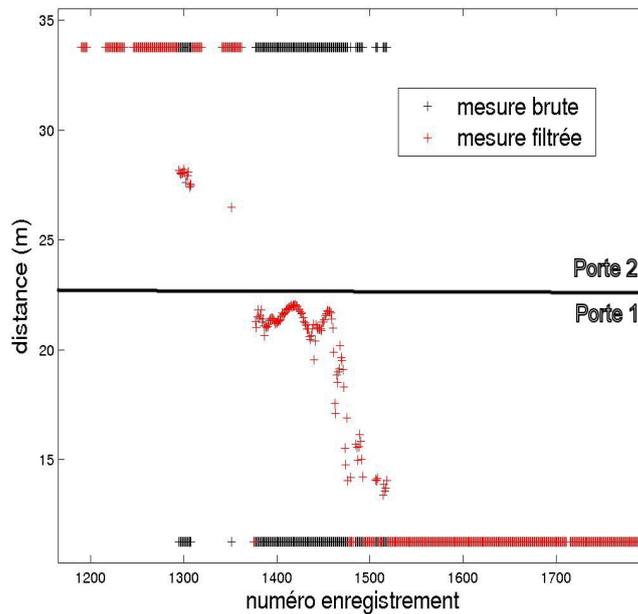


FIG. 1 – Extraction de la distance radiale

Les résultats pour l'extraction des mesures radar, présentés ici, sont issus de données acquises dans des conditions réelles de circulation. La figure 1 (resp. 2) représente les distances (resp. vitesses) brutes et les distances (resp. vitesses) filtrées. Le scénario proposé correspond à l'arrivée du véhicule porteur sur un obstacle ayant une vitesse relative négative. On remarque que différentes mesures brutes peuvent provenir d'échos issus de la même cible. En effet, quand une cible se rapproche de l'extrémité d'une porte, des échos peuvent apparaître dans la porte voisine. On peut faire la même remarque pour les vitesses. Le résultat du filtrage est représentée en rouge sur les figures. A des distances correspondant aux limites des portes, les mesures filtrées permettent d'avoir une information plus précise.

De plus, une campagne d'essais a été réalisée afin de savoir si une caractérisation des cibles étaient possible. L'amplitude des échos reçus ne permet pas d'avoir une caractérisation suffisante. Par exemple, on n'observe pas de différence d'amplitude entre une barrière de sécurité et une voiture, cette attribut ne sera donc pas exploité.

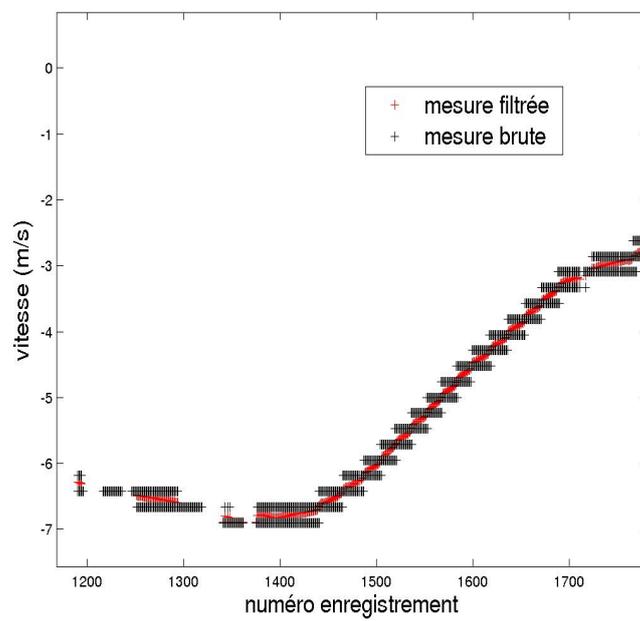


FIG. 2 – Extraction de la vitesse radiale