Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière 2 : Techniques Radars
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est d'offrir aux étudiants des notions avancées sur : la théorie de la décision et de détection, Traitement de l'Information. Ces notions permettront aux étudiants de maîtriser les techniques de détection relatives aux différents types Radar, mais aussi de pouvoir appréhender les problématiques des futurs équipements de télédétection.

Connaissances préalables recommandées :

Traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Rappel sur les processus aléatoires **(2 semaines)**
- Processus Aléatoires à temps continu, Processus Aléatoires à temps discret
- Mesures statistiques
- Stationnarité au sens large
- Processus Gaussien
- Densité spectrale de puissance
- Signaux statistiques

Chapitre 2. Théorie de la décision statistique **(3 semaines)**
- Critère de Bayes
- Tests d'hypothèses binaires
- Critère minimax, Critère Neyman-Pearson
- Détection séquentielle

Chapitre 3. Méthodes d'Estimation **(3 semaines)**
- Estimation de vraisemblance
- Inégalité de Cramer-Rao
- Estimation linéaire non-biaisée
- Bruit Blanc Gaussien

Chapitre 4. Principe Radar **(2 semaines)**
- Introduction
- Concepts élémentaires
- Modèles de Cibles
- Shift Doppler

Chapitre 5. Détection à taux de fausse alarme constant CFAR **(3 semaines)**
- Principes de détection adaptative
- Modèles de Cibles
- Types de détecteurs CFAR

Chapitre 6. Détection CFAR distribuée **(2 semaines)**
- Détection CA-CFAR distribuée
- Configurations de fusion
- Règles de fusion

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. *Tsakalides, P., Trinci, P. and Nikias, C. L., "Performance Assessment Of CFAR Processors In Pearson-Distributed Clutter", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-36, N°. 4, October. 2000, pp. 1377-1386.*
2. *Tourneret, J., "Detection And Estimation Of Abrupt Changes Contemned By Multiplicative Gaussian Noise", Signal Processing, 68, pp. 259-270, 1998.*

Chap I. Notions de Probabilité

I. Evenements et experiences:

Notion de probabilité est definie en association à une experience caracterisée par les evenements que cette experience peut avoir comme resultat.
si on note:

S : l'ensemble des resultats possibles de l'experie
E : un evenement particulier

exemple si on lance un dé
S : $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$
E_i : peut être par exemple avoir la face i

On peut aussi definir de nouveaux evenements en utilisant des concepts de la theorie des ensembles

1- la somme logique de plusieurs evenemts.
$E_1 \cup E_2 \cup \dots E_n$ correspondant à l'evenement " arrivée de l'un des evenements E_i"
2- intersection de plusieurs evenements.
$E_1 \cap E_2 \dots \cap E_n$ correspondant à l'evenemt " arrivée de tous les evenements simultanemt"
3. le complement $\overline{E_i}$ correspondant à l'evenemt " non arrivée de l'evenemt E_i"
4- evenemt certain I correspondant à l'evt " arrivée d'un des evenements de S"
5 evenement impossible ϕ correpondant à " non arrivée de tous les evt de S"

On peut aussi définir "évènement conditionnel" E / E_1 correspondant à l'évènement "arrivée de l'évt E sachant que l'évt E_1 s'est produit"

ou dit "E si E_1"

exemple : évènement tirer un 6 sachant que l'on a un nombre pair

II. Probabilité

Plusieurs définitions pour la probabilité d'un évènement.

Définition classique

la probabilité d'un évènement E : P(E)

$$P(E) = \frac{N_E}{N}$$

N : nbre de cas possibles

N_E : " " " favorables de l'évènement E

ex : dé E avoir un 6 qd on lance une fois un dé non pipé

$N_E = 1$ $N = 6$ $\to$ $p(E) = 1/6$

ou par exemple avoir un nombre pair.

$\{2, 3, 6\}$ $p = 3/6 = 1/2$

12

autre définition

$$P(E) = \lim_{N \to \infty} \frac{N_E}{N}$$

ie nombre d'essais doit être "raisonnablement" grand. !!

On lance 2 dés, quelle est la probabilité pour que la somme soit égale à 7. 7?

il faut donc trouver N_E et N

a) somme: $\{2, 3, \ldots, 12\}$ 11 possible.

$\Rightarrow$ $N_E = 1$ et $N = 11$ $\rightarrow$ $p = 1/11$

↳ faux évidement pb avec la définition!!

b) paire favorables $\{1,6\}$; $\{2,5\}$; $\{4,3\}$

$N_E = 3$ et $N = 21$ $\rightarrow$ $p = 3/21$

↳ faux

c) il faut différencier les 2 dés

$\{1,6\}, \{6,1\}, \{2,5\}, \{5,2\}, \{4,3\}, \{3,4\}$.

$N_E = 6$ et $N = 36$ $\rightarrow$ $p = 6/36$

quel est le problème avec solution a)

↳ évènements doivent être equiprobables.

ie: proba que somme = 2 $\neq$ proba somme = 7

par exemple.

↳ revois notre définition.

La probabilité d'un évènement est égal au rapport du nbre de cas favorable ou rapport de cas possibles si les évènements sont equiprobables.

Pb avec cette définition

→ utilise la notion "equiprobable" pour définir une probabilité !!

→ si par exemple on utilise un dé pipé on ne peut plus utiliser cette définition !!

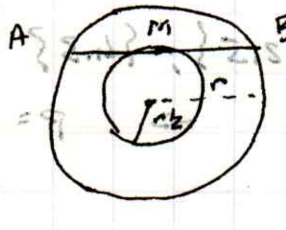
→ si $N \rightarrow \infty$!!

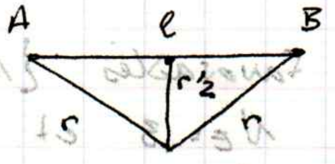
(classique)

Pour ... paradoxe de Bertrand

Cercle C de rayon r, cherche la probabilité que la longueur l d'une corde AB, choisie arbitrairement (aléatoirement) soit $> r\sqrt{3}$

1° solution:





$$r^2 = \left(\frac{r}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

$$\Rightarrow l = r\sqrt{3}$$

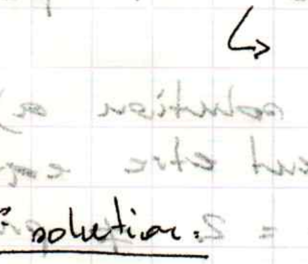
cas favorable pt M à l'intérieur du cercle de rayon r/2

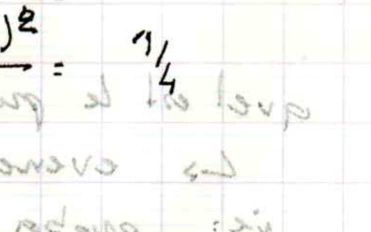
cas possible pt M ds cercle r

$$\hookrightarrow \quad p = \frac{\pi (r/2)^2}{\pi r^2} = 1/4$$

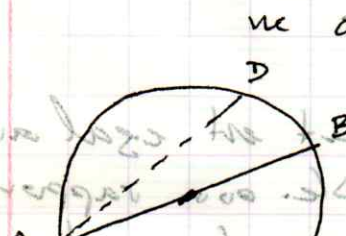
2° solution:

On suppose que l'extremité A de la corde est fixe (on réduit le nombre de combinaison mais p ne change pas).





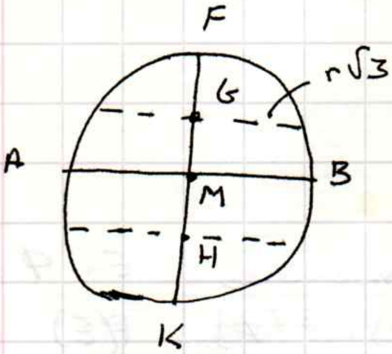
$$\cos\alpha = \frac{r\sqrt{3}/2}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \alpha = \cancel{60}\ 30°$$



- cas favorables tous les pts sur l'arc DE (arc 120°) 60
- cas possible arc de 360°

$$\hookrightarrow p = \frac{120}{360} = 1/3 \qquad \frac{60}{360} = \frac{1}{6}$$

3ᵉ solution : On suppose que AB est perpendiculaire à FK (on limite notre de possibilités mais p ne change pas)



$r^2 = \left(\frac{r\sqrt{3}}{2}\right)^2 + d^2$

$\to d = r/2$

M doit etre entre G et H $\frac{r}{2} + \frac{r}{2} = r$

↳ $p = r/_{2r} = 1/2$!!

1 probleme → 3 solutions ≠ en utilisant la definition classique !!

3 solutions correspondent à des pbs de géometrie ≠

↳ ambiguité des termes possibles et favorables.

↳

* Definition axiomatique

axiomes

3 postulats — à un evenement E on associe un nombre P(E) : appelé probabilité de l'evt E tel que

- $P(E) \geq 0$
- $P(I) = 1$
- $P(E_1 + E_2) = P(E_1) + P(E_2)$ si E_1 et E_2 sont mutuellement exclusif.

H

À partir de ces axiomes, toute conclusion déduite de ces axiomes.

Propriétés

* $P(\phi)=0$

de la théorie des ensembles $E+\phi=E$

$P(E+\phi)=P(E)+P(\phi)=P(E) \Rightarrow P(\phi)=0$

* $P(E)=1-P(\bar{E})$

$E+\bar{E}=I$ E et $\bar{E}$ mutuellement exclusifs.

$1=P(E+\bar{E})=P(E)+P(\bar{E})$

$P(E)=1-P(\bar{E})$

* $P(E_1+E_2)=P(E_1)+P(E_2)-P(E_1E_2)$

$$\begin{cases} E_1+E_2 = E_1+\bar{E}_1E_2 \\ E_2 = E_1E_2+\bar{E}_1E_2 \end{cases}$$

↳ $P(E_1+E_2)=P(E_1)+P(\bar{E}_1E_2)$

$P(E_2)=P(E_1E_2)+P(\bar{E}_1E_2)$

$\Rightarrow P(E_1+E_2)=P(E_1)+P(E_2)-P(E_1E_2)$

Probabilité conditionnelle

$P(E/H)$ prob. de l'évt E sachant H

$$P(E/H)=\frac{P(E,H)}{P(H)}$$

ex. E: evenement, etre fumeur
on sait a priori que $P(H) = P(F) = 0{,}5$
et que 30% des hommes fument $p(E/H) = 0.3$
10% " femmes " $p(E/F) = 0.1$

$P(H/E)$ si quelqu'un fume, quelle est la proba pour que ce soit un homme.

$$P(H/E) = \frac{P(E/H) \cdot P(H)}{P(E)} = \frac{P(E/H) \cdot P(H)}{P(E/H) \cdot P(H) + P(E/F)\,P(F)}$$

$$= \frac{0.3 \times 0{,}5}{0.3 \times 0{,}5 + 0.1 \times 0{,}5} = \frac{0.3}{0.4} = 0.75$$

<u>Indépendance</u>.

. E_1 et E_2 sont dits independants si

$$P(E_1 \cdot E_2) = P(E_1) \cdot P(E_2)$$

. en generalisant E_1, E_2 et E_3 sont dits mutuellement indep. si

$$P(E_i \cdot E_j) = P(E_i) \cdot P(E_j) \quad \forall\, i, j \quad i \neq j$$

$$P(E_1\, E_2\, E_3) = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot P(E_3)$$