

## Partie IV

# Théorie de la détection du signal (TDS)

# Théorie de la détection du signal

TDS

W.P. Tanner & J.A. Swets (1954).

Dans la perspective de la psychophysique classique comme dans celle de la psychophysique de Stevens, la réponse du sujet est supposée traduire directement l'intensité de l'excitation: aucune place n'est faite dans la théorie aux particularités de la réponse ni aux conditions dans lesquelles elle est fournie. Or, on a constaté, dans la mesure des seuils absolus, que, si par la consigne on invite le sujet à répondre positivement, même lorsqu'il est peu sûr de l'exactitude de sa réponse, on obtient des seuils plus bas. On peut supposer que le fait de donner une réponse indiquant la présence du stimulus représente pour le sujet un certain coût et qu'il ne la donnera que s'il a un niveau de certitude suffisant. Dans cette perspective, le fait que le sujet n'ait pas donné une réponse positive ne signifie pas nécessairement qu'il n'a rien perçu du stimulus. On est alors amené à essayer de faire la part de ce qui relève de l'excitation et de ce qui relève de l'émission de la réponse. Pour cela, il est nécessaire d'avoir un modèle explicite de la production de la réponse.

47

- La TDS a vu le jour dans le cadre de la théorie de l'information de Shannon et Weaver.

# Théorie de la détection du signal



48

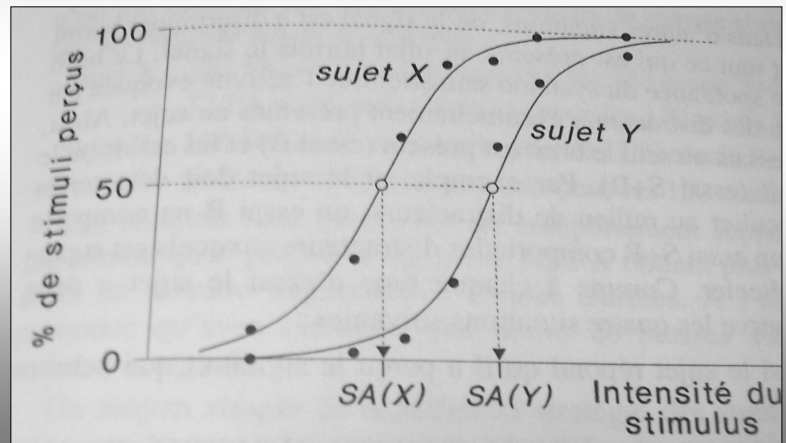
- Jusqu'à présent on a considéré la relation Réponse sensorielle sur Réponse de jugement comme constante. Ceci est justifiable par le fait que les protocoles pour la mesure de seuil propose des tâches extrêmement simples et très rapide à traiter.
- La TDS permet de voir la stratégie du sujet.

# Théorie de la détection du signal

## Stratégies:

-Sujet *téméraire* (libéral): le sujet dit avoir perçu qqchose au moindre de ses doutes. **Sujet X**

-Sujet *réservé* (conservateur): le sujet dit avoir perçu qqchose que s'il en est vraiment sûr. **Sujet Y**



- Jusqu'à présent on a considéré la relation Réponse sensorielle sur Réponse de jugement comme constante. Ceci est justifiable par le fait que les protocoles pour la mesure de seuil propose des tâches extrêmement simples et très rapide à traiter.
- La TDS permet de voir la stratégie du sujet.
- Le seuil de détection de X est inférieur à celui de Y: est-ce due à une sensibilité différente ou à des stratégies de réponses différentes entre les sujets? La TDS permet de différencier le critère de sensibilité et le critère de jugement des sujets.

# Théorie de la détection du signal

## Protocoles pour faire une TDS:

Tâche OUI / NON.

Répétition d'un grand nombre d'essai présenté de manière aléatoire.

Le signal est le stimulus présenté au sujet.

Le bruit est le bruit de fond dans le sens de la théorie de l'information (= ensemble des phénomènes non pertinent qui demeurent en l'absence du signal)

Ainsi on distingue les essais où seul le bruit est présent (B) et les essais où le signal est présent (S+B)

# Théorie de la détection du signal

		Type d'essai	
		Signal + Bruit (S+B)	Bruit (B)
Réponse du sujet	OUI	Détection correcte (DC)	Fausse alarme (FA)
	NON	Omission (O)	Rejet Correct (RC)

Sujet téméraire: Fausses Alarmes importantes

Sujet réservé: Fausses Alarmes peu nombreuses

### Pour éviter ces biais de stratégies:

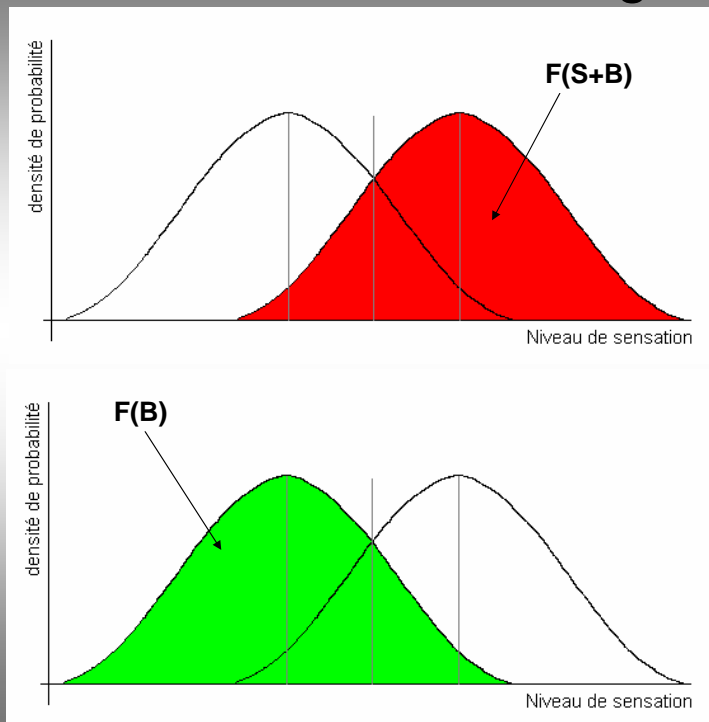
-Eviter le comportement réservé: (Augmenter taux FA) en récompensant le sujet de 10€ par DC.

-Eviter le comportement téméraire: (baisser taux FA) en récompensant le sujet de 10€ par RC.

51

# Théorie de la détection du signal

TDS

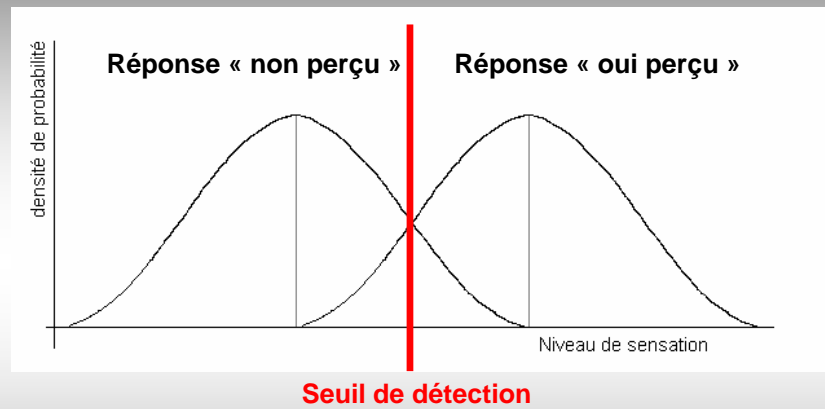


52

- On suppose qu'à chaque état du stimulus correspond une distribution normale d'état d'observation. On suppose que  $F(B)$  et  $F(S+B)$  ont la même variance.

# Théorie de la détection du signal

TDS

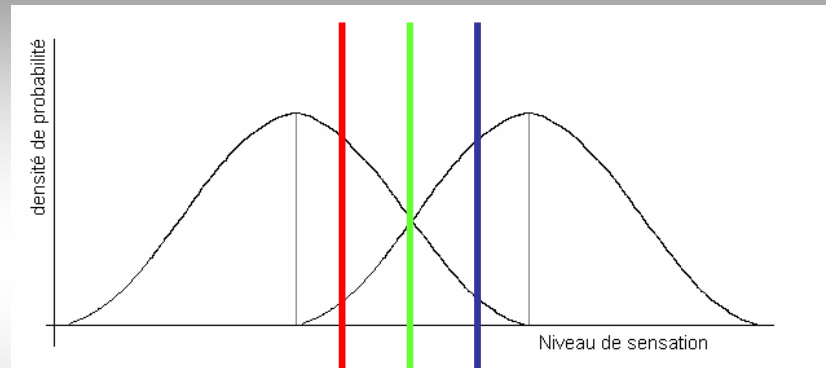


53



# Théorie de la détection du signal

TDS



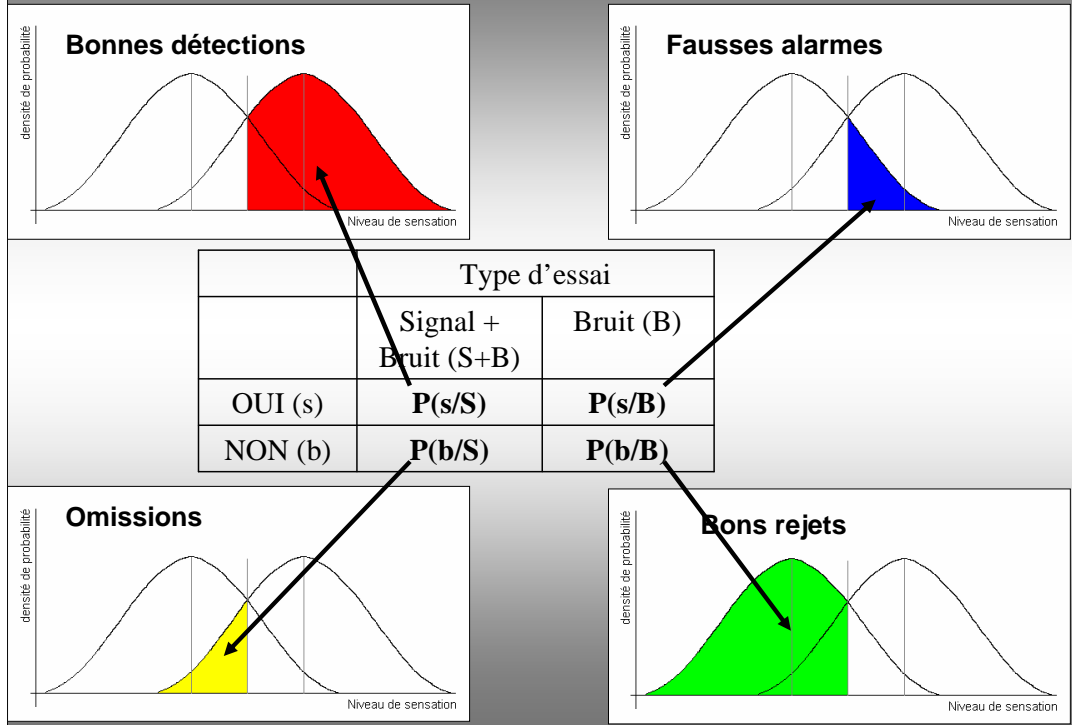
Sujet téméraire

Sujet neutre

Sujet réservé

54

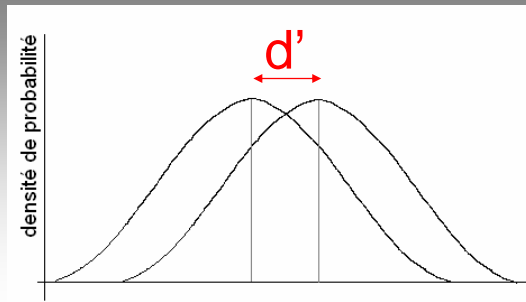
# Théorie de la détection du signal



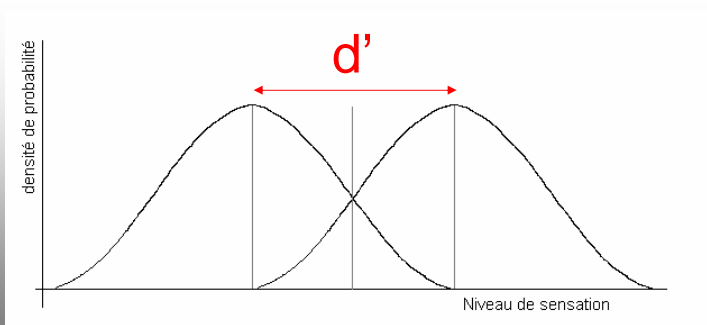
- On suppose qu'à chaque état du stimulus correspond une distribution normale d'état d'observation. On suppose que  $F(B)$  et  $F(S+B)$  ont la même variance.

# Théorie de la détection du signal

TDS



Discrimination difficile: le signal et le bruit se confonde



Discrimination facile

56

# Théorie de la détection du signal

## Le paramètre $d'$ : critère de sensibilité

- Représente la capacité sensorielle du sujet.
- Distance entre le mode des deux distributions  $F(B)$  et  $F(B+S)$ .

$$d' = p(s/S) - p(s/B)$$

- Si  $d'$  élevé: tâche facile ou bonne capacité de discrimination
- Si  $d'$  faible: tâche difficile ou mauvaise capacité de discrimination
- Si  $d'$  nul: sujet répond au hasard.

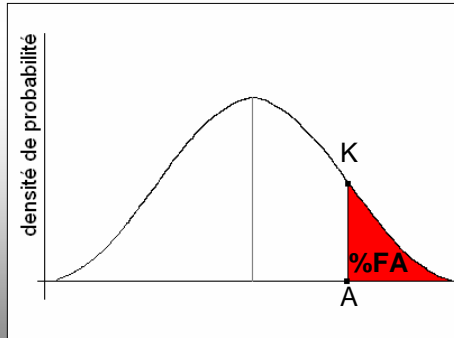
# Théorie de la détection du signal

## Le paramètre $\beta$ :

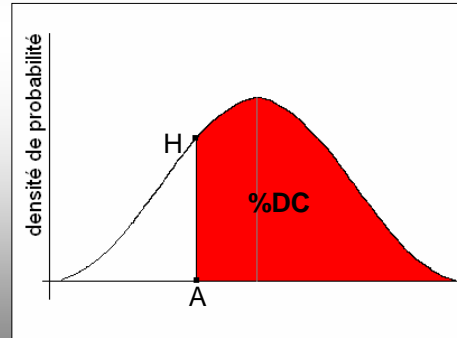
-Représente la critère décisionnel du sujet.

-C'est le rapport de vraisemblance (likelihood ratio), le rapport des densités de probabilités:

$$\beta = p(s/S) / p(s/B)$$



Distribution du bruit  $F(B)$



Distribution du signal + bruit  $F(B+S)$

- C'est le rapport entre la distribution des bonnes détections sur la distribution des fausses alarmes.

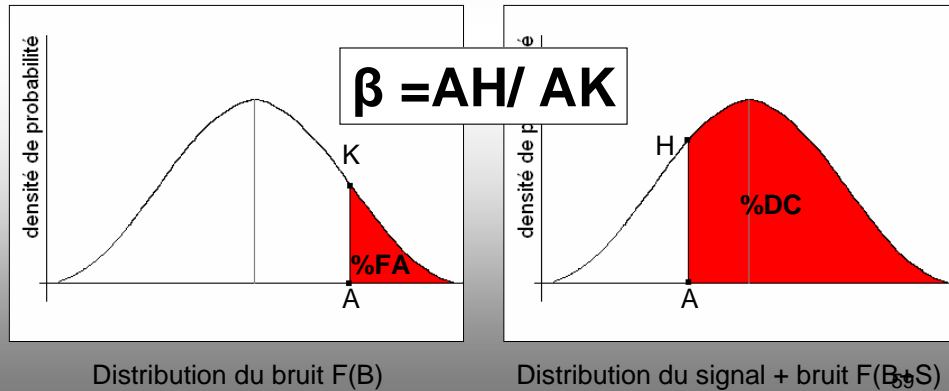
# Théorie de la détection du signal

## Le paramètre $\beta$ :

-Représente la critère décisionnel du sujet.

-C'est le rapport de vraisemblance (likelihood ratio), le rapport des densités de probabilités:

$$\beta = f(s/S) / f(s/B)$$

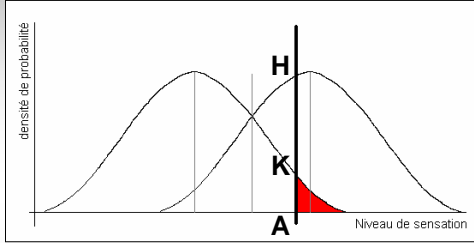


- C'est le rapport entre la distribution des bonnes détections sur la distribution des fausses alarmes.

# Théorie de la détection du signal

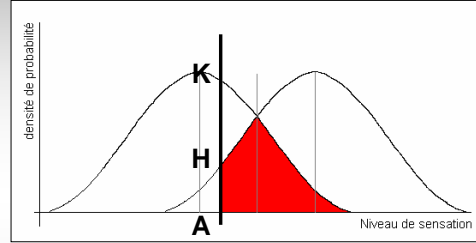
TDS

$$\beta = AH / AK$$



Sujet réservé:  $\beta > 1$

$$AH/AK > 1$$



Sujet téméraire:  $\beta < 1$

$$AH/AK < 1$$

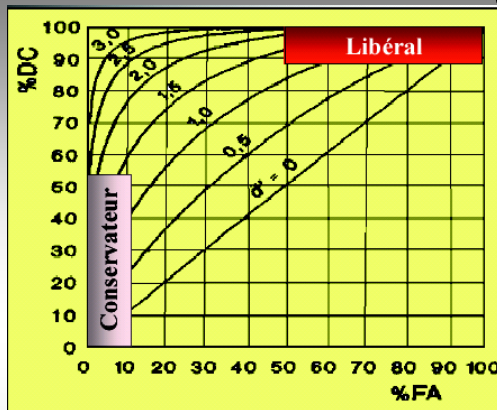
Sujet neutre:  $\beta = 1$

$$AH = AK$$

60

- C'est le rapport entre la distribution des bonnes détections sur la distribution des fausses alarmes.

# Théorie de la détection du signal



## Estimation du niveau de certitude.

Comment obtenir la courbe de ROC (Receiver Operating Characteristic)?

- En faisant varier la fréquence d'apparition du signal
- En faisant varier les coûts et les gains (méthode lourde)
- En utilisant la méthode d'estimation des niveaux de certitudes

61



# Théorie de la détection du signal

Méthode d'estimation des niveaux de certitudes

## Méthode d'estimation des niveaux de certitudes:

Au lieu de demander une réponse dichotomique, on demande au sujet d'estimer sur une échelle de catégorie en 6 points (par exemple) son degré de certitude par rapport à la présence du signal.

62

- 1 correspond à la certitude d'absence et 6 la certitude de présence.

# Théorie de la détection du signal

Méthode d'estimation des niveaux de certitudes

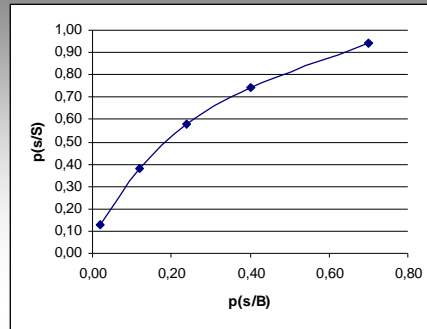
		CERTITUDE						
		1	2	3	4	5	6	
nombre de bonnes réponses	bruit	49	94	75	60	75	22	375
	signal + bruit	8	37	45	60	113	113	376
probabilités conditionnelles	bruit	0,13	0,25	0,20	0,16	0,20	0,06	1,00
	signal + bruit	0,02	0,10	0,12	0,16	0,30	0,30	1,00
probabilités conditionnelles cumulées	bruit	0,13	0,38	0,58	0,74	0,94	1,00	
	signal + bruit	0,02	0,12	0,24	0,40	0,70	1,00	
écart-réduit	bruit	-1,12	-0,30	0,21	0,65	1,57		
	signal + bruit	-2,03	-1,17	-0,71	-0,25	0,53		
	d'	-0,90	-0,87	-0,91	-0,90	-1,04		
	$\beta$	1,80	3,89	-3,44	-0,39	0,34		

63

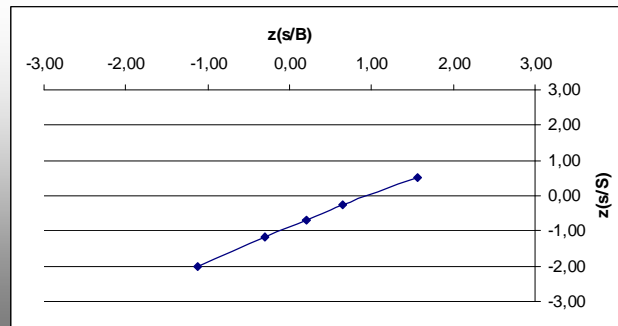
- 1 correspond à la certitude d'absence et 6 la certitude de présence.

# Théorie de la détection du signal

Méthode d'estimation des niveaux de certitudes

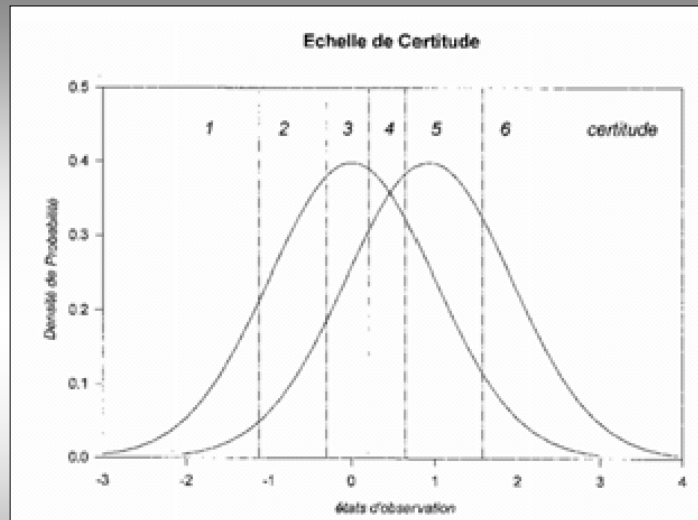


Courbe de ROC



# Théorie de la détection du signal

Méthode d'estimation des niveaux de certitudes



65

- 1 correspond à la certitude d'absence et 6 la certitude de présence.

# Théorie de la détection du signal

**Exemple:**

On présente une série de points lumineux répartis au hasard. L'un de ces points peut être plus brillant que les autres. Il constitue le signal. Une expérience sera constituée de 834 essais. La variable étudiée: fréquence relative du signal et du bruit:

CONDITION A: le signal est présent dans 75% des cas.

CONDITION B: le signal est présent dans 50% des cas.

CONDITION C: le signal est présent dans 25% des cas.

# Théorie de la détection du signal

Exemple TDS

## MATRICE D'EFFECTIFS

CONDITION A				CONDITION B				CONDITION C			
	S	B		S	B		S	B			
s	540	43	583	s	348	70	418	s	166	84	250
b	85	166	251	b	69	347	416	b	43	541	584
	625	209	834		417	417	834		209	625	834

67

# Théorie de la détection du signal

Exemple TDS

## PROBABILITES CONDITIONNELLES

CONDITION A		
	S	B
s	0,864	0,2057
b	0,136	0,7943
	1	1

CONDITION B		
	S	B
s	0,8345	0,1679
b	0,1655	0,8321
	1	1

CONDITION C		
	S	B
s	0,7943	0,1344
b	0,2057	0,8656
	1	1

68

# Théorie de la détection du signal

Exemple TDS

VARIABLE CENTREE REDUITE (LOI.NORMALE.STANDARD.INVERSE)

CONDITION A		
	S	B
s	1,0985	-0,821
b	-1,098	0,8213

CONDITION B		
	S	B
s	0,9722	-0,963
b	-0,972	0,9626

CONDITION C		
	S	B
s	0,8213	-1,106
b	-0,821	1,1058

$$d' = 1,9198$$

$$\beta = 0,7477$$

$$d' = 1,9349$$

$$\beta = 0,9901$$

$$d' = 1,9271$$

$$\beta = 1,3465$$

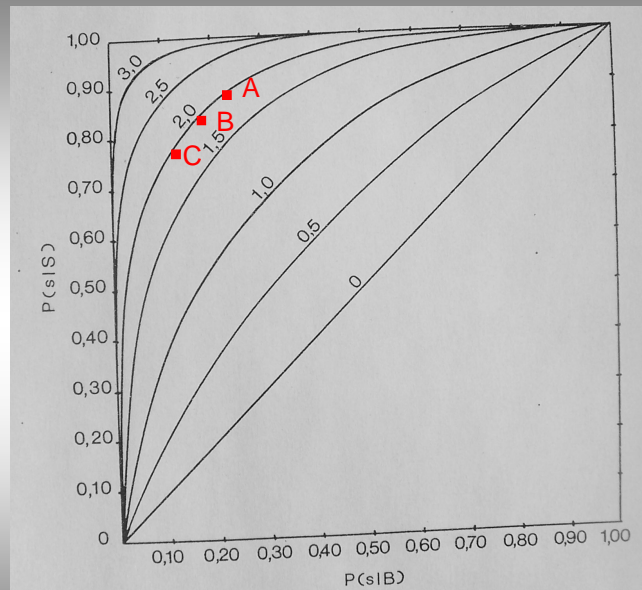
69

- Le critère de sensibilité ne change pas mais la stratégie du sujet change.



# Théorie de la détection du signal

Exemple TDS



70

- Le critère de sensibilité ne change pas mais la stratégie du sujet change.
- C a le béta le plus grand, il représente la stratégie la plus conservatrice : le moins de fausses alarmes car le signal est très fréquent (75% des cas).
- A a le béta le plus petit, il représente la stratégie la plus téméraire: le plus de fausses alarmes car le signal est très rare (25% des cas).
- B a un béta proche de 1: la stratégie est neutre.
- Remarquons que la courbe diagonale correspond à un alpha nul: le sujet répond au hasard: autant de bonnes détections que de fausses alarmes. Plus l'alpha est grand plus la sensibilité est bonne.