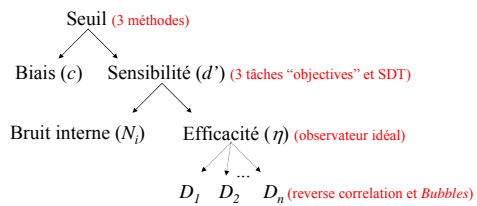




Introduction à la psychophysique

Frédéric Gosselin

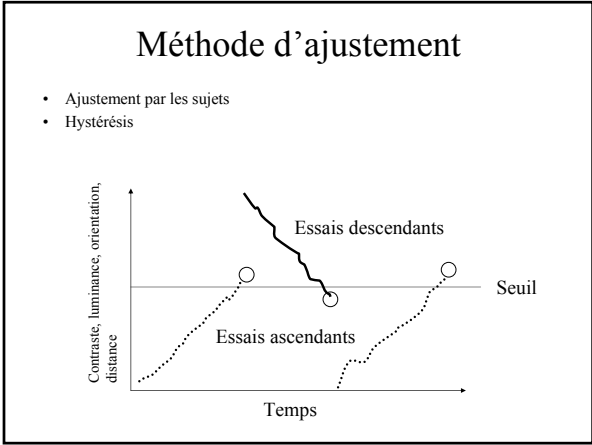
Plan

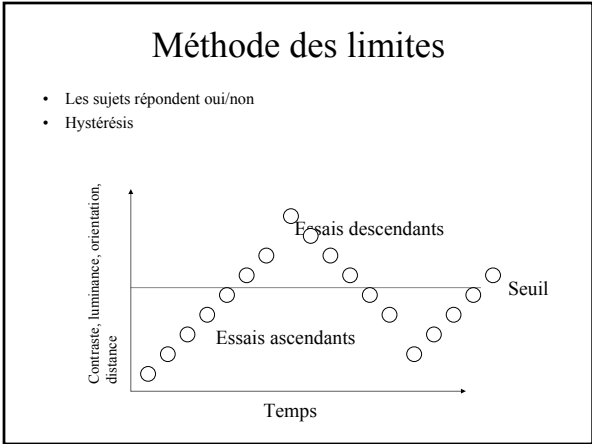


Psychophysique classique

- Seuil
- Contribution méthodologique: méthode d'ajustement, des limites et des stimuli constants
- Références :
 - Fechner, Gustav Theodor (1860). *Elements of psychophysics*, Sections VII ("Measurement of sensation") and XIV ("The fundamental formula and the measurement formula") (Trans. by Herbert S. Langfeld, first appearing in B. Rand (Ed.) (1912), *The classical psychologists*). [<http://psychclassics.yorku.ca/Fechner/>]
 - Palmer, S. E. (1999). *Vision science: photons to phenomenology*. Massachusetts: MIT Press.

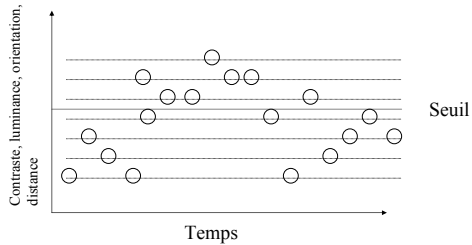






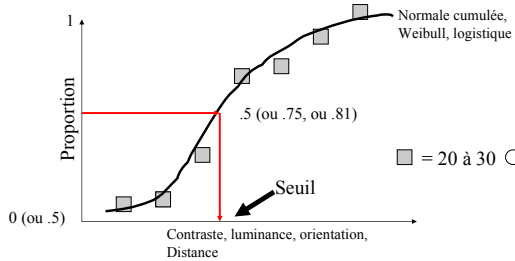
Méthode des stimuli constants

- Les sujets répondent oui/non
- ~~Hystérésis~~



Méthode des stimuli constants

- Expérience de la semaine dernière: les sujets répondent oui/non
- ~~Hystérésis~~



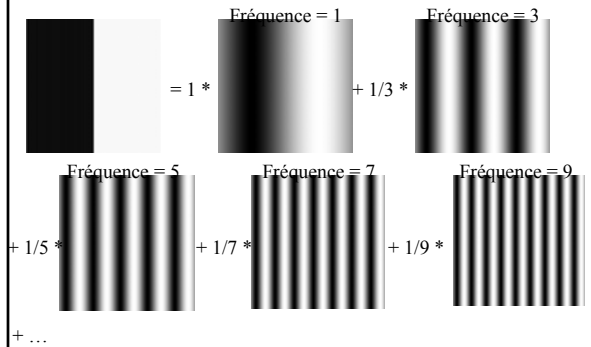
Qu'est-ce que font les cellules simple? Une analyse de Fourier



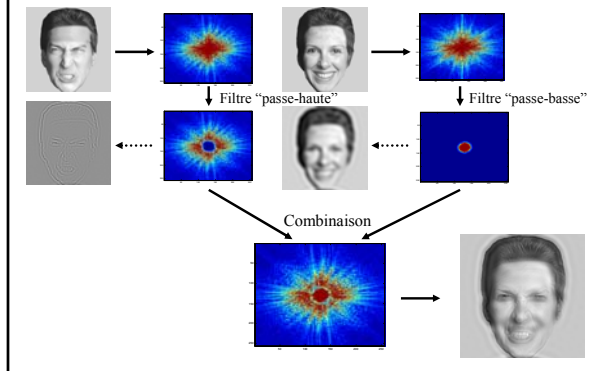
Un réseau

Analyse de Fourier 2D : une décomposition unique d'une image en une somme pondérée de grilles sinusoïdales.

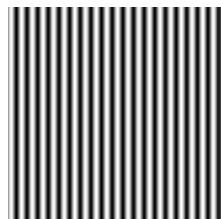
Qu'est-ce que font les cellules simple?
Une analyse de Fourier!



Filtrage et fabrication d'un hybride



Mise au point : 7 cycles par deg



-1 cycle / 7 cycles

$$d = (l / 2) / \tan(\alpha / 2)$$

Contraste de Weber (C)

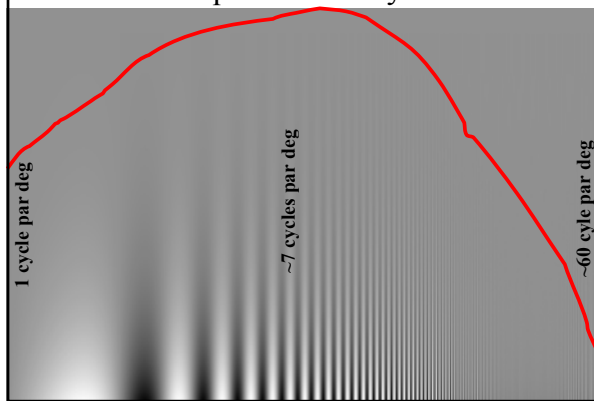
$$C = (L_{X,Y} - L_{MOYEN}) / L_{MOYEN}$$

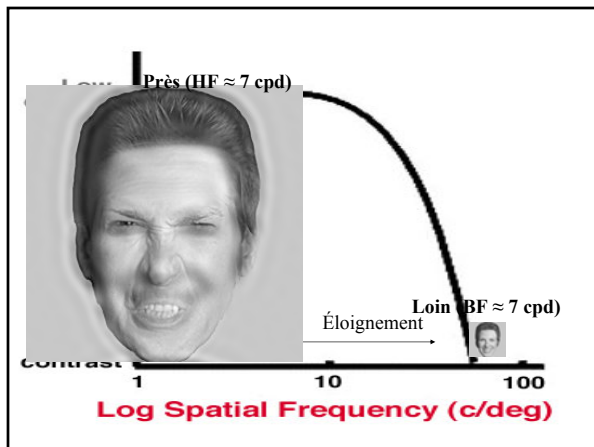
P. ex. : $L_{MAX} = 100 \text{ cd m}^{-2}$; $L_{MIN} = 0 \text{ cd m}^{-2}$; $L_{MOYEN} = 50 \text{ cd m}^{-2}$

$C_{MAX} = (100 - 50) / 50 = 1$; $C_{MIN} = (0 - 50) / 50 = -1$ et $C_{MOYEN} = (50 - 50) / 50 = 0$

Énergie = $\sum \sum C_{xy}^2$

Extraction "quick and dirty" de la FSC





Psychophysique classique

- Seuil
- Contribution méthodologique: méthode d'ajustement, des limites et des stimuli constants
- Références :
 - Fechner, Gustav Theodor (1860). *Elements of psychophysics*, Sections VII ("Measurement of sensation") and XIV ("The fundamental formula and the measurement formula") (Trans. by Herbert S. Langfeld, first appearing in B. Rand (Ed.) (1912), *The classical psychologists*). [<http://psychclassics.yorku.ca/Fechner/>]
 - Palmer, S. E. (1999). *Vision science: photons to phenomenology*. Massachusetts: MIT Press.
- Méthodes adaptatives: staircase (Georg von Bekesy), QUEST (Watson & Pelli, 1983)

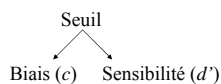
Le biais et les tâches psychophysiques "objectives" les plus communes

- Détection (présent/absent)
- Discrimination (S1/S2)
- 2AFC (S1-S2/S2-S1)
 - Possède des propriétés spéciales



Détection de signal : origine

- Nyman & Pearson
- Ingénieurs (Peterson, Birdsall & Fox, 1954)
- ->Psychologues (Tanner & Swets, 1954; Green & Swets, 1966)
- Référence :
 - Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory: a user's guide*. Cambridge: Cambridge University Press.



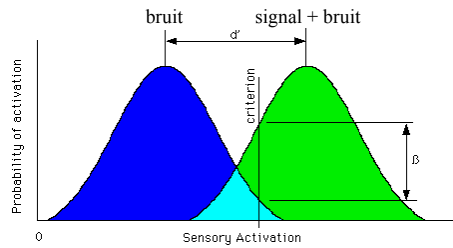
Catégories de réponse/stimulus

		Stimulus	
		Présent (ou S1)	Absent (ou S2)
Réponse	Présent (ou R1)	Hits (H) R1S1	False Alarms (FA) R1S2
	Absent (ou R2)	Miss (M) R2S1	Correct Rejection (CR) R2S2
		= 1	= 1

⇒ On peut seulement considérer H et FA

On suppose des distributions normales + de variances identiques.

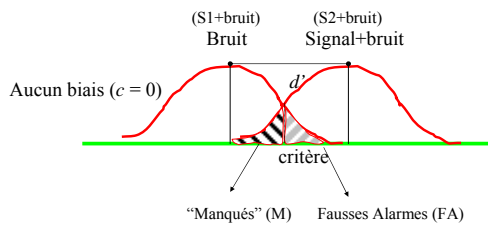
Le modèle (sensibilité)



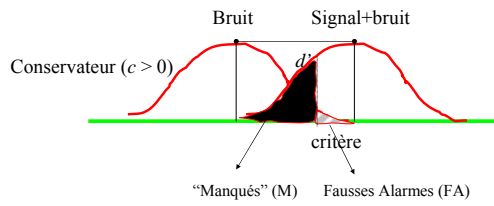
$$d' = |M2 - critère| + |M1 - critère| = z(H) - z(FA) = \text{distance en std}$$

$$c = -[z(H) + z(FA)] / 2 = \text{écart par rapport au non-biaisé en std}$$

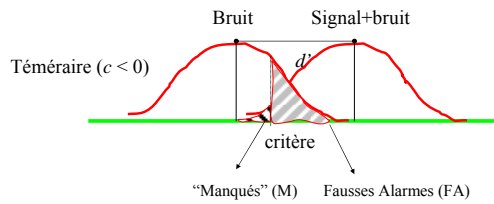
Abrégé de la théorie de la détection de signal



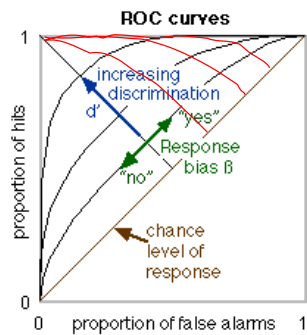
Abrégé de la théorie de la détection de signal



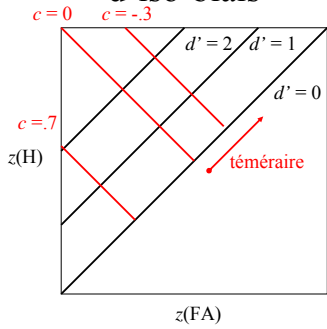
Abrégé de la théorie de la détection de signal



ROC : lignes d'iso-sensibilité et d'iso-biais

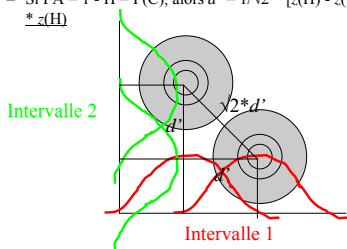


ROC : lignes d'isosensibilité et d'iso-biais



2AFC

- Beaucoup utilisé parce que c est plus ou moins égal à 0 (\Rightarrow non-biaisé).
- Plus facile que qu'une détection par un facteur de $\sqrt{2}$
 - $d' = 1/\sqrt{2} * [z(\text{H}) - z(\text{FA})]$
 - c = comme pour la détection, mais pas très utile ici
 - Si $\text{FA} = 1 - \text{H} = \text{P}(\text{C})$, alors $d' = 1/\sqrt{2} * [z(\text{H}) - z(1-\text{H})] = 1/\sqrt{2} * 2 * z(\text{H}) = \sqrt{2} * z(\text{H})$

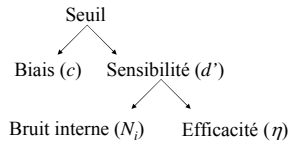


Une autre définition du d'

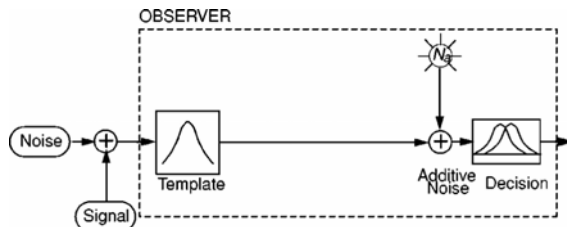
- $d' = S / N$, où S = signal et N = bruit
- Cette équation est généralement inutilisable sous cette forme parce que S et N dépendent de facteurs le plus souvent inconnus (p. ex. S de "l'efficacité" de l'observateur et N du "bruit interne")

L'efficacité et le bruit interne

- Ingénieurs (Tanner & Birdsall, 1958) -> psychologues (Barlow, 1978)
- Quel est la part du “bruit interne” et de “l’efficacité” dans la sensibilité?
- Référence :
 - Gold, J. M., Sekuler, A. B. & Bennett, P. J. (2004). Characterizing perceptual learning with external noise. *Cognitive Science*, 28, 167-207. [<http://mapageweb.umontreal.ca/gosselif/gold&bennett&sekuler.pdf>]



Linear Amplifier Model (LAM)

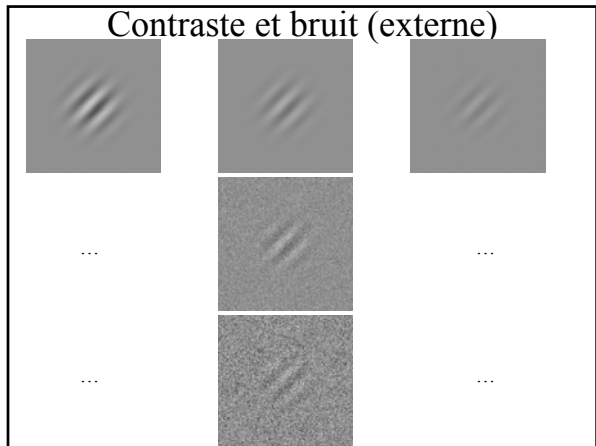


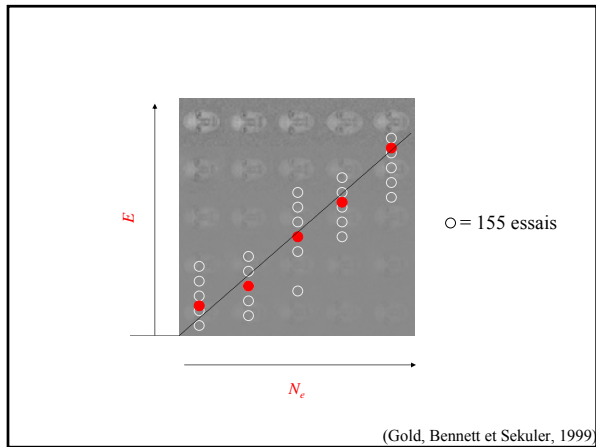
$d' = S / N$
 Ici, $S = \sqrt{(\eta * E)}$ et $N = \sqrt{(N_e + N_i)}$ [η se lit eta]
 Donc $d'^2 = (\eta * E) / (N_e + N_i)$
 Pour un d'^2 connu, on a $E = (d'^2 / \eta) * (N_e + N_i)$
 Ou, en posant $k = (d'^2 / \eta)$, $E = k * (N_e + N_i)$

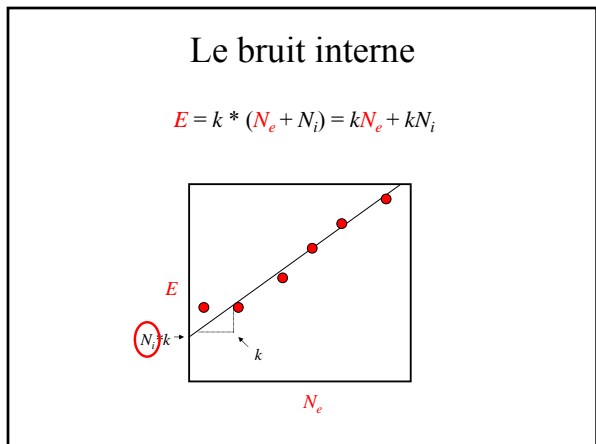
Linear Amplifier Model (LAM)

- $E = k * (N_e + N_i) = kN_e + kN_i$:
- k : proportionnel au seuil—variable à “régresser” (la pente)
- N_i : **bruit interne**—variable à “régresser” (l’abscisse à l’origine / k)
- E : seuil exprimé en énergie (variable dépendante)
- N_e : quantité de bruit externe exprimée en énergie par fréquence (variable indépendante)

On a besoin de bruit externe maintenant!







L'observateur idéal

- Connait tous les paramètres de l'expérience sauf l'ordre de présentation des essais
- Utilise toute cette information optimalement. En d'autres mots :
 - $S = \sqrt{E}$ ($\eta = 1$; donc $k_{ideal} = d'^2 / \eta = d'^2$) et $N = \sqrt{N_e}$ ($N_i = 0$)
 - Donc $d' = \sqrt{E / N_e}$
- Pour la plupart des applications, le "cross-correlator" est l'observateur idéal

Observateur idéal (p. ex. Tjan, Braje, Legge et Kersten, 1995)



Homme ou femme?



L'efficacité

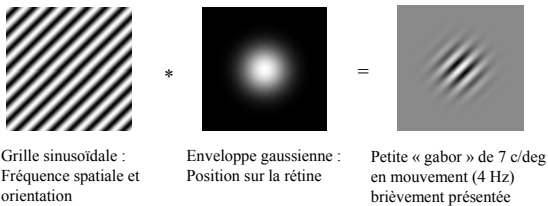
$$\eta \text{ (calculation efficiency)} = k_{ideal} / k = d'^2 / k \sim 2\%$$

$$F \text{ (statistical efficiency)} = (d' / d'_{ideal})^2$$

Une propriété remarquable de l'efficacité

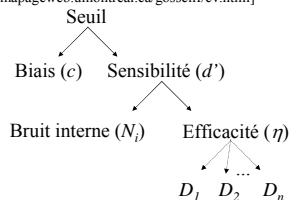
- Permet de comparer la performane à des tâches de difficulté différentes en tenant compte de la difficulté de la tâche
- Détection de visages = ~2%
- Quelle est la plus grande efficacité connue?

What does the eye sees best? (efficacité = ~75%; Watson et al., 1983)



Images de classification

- Reverse correlation : ingénieur (Wiener, 1958)
- *Bubbles* : psychologues (Gosselin & Schyns, 2001) -> ingénieurs?
- Qu'est-ce qui dans la représentation est responsable de l'inefficacité de l'observateur?
- Référence :
 - Gosselin, F. & Schyns, P. G. (Eds.) (2004). Rendering the use of visual information from spiking neurons to recognition. *Cognitive Science*, 28, 141-301. [<http://mapageweb.umontreal.ca/gosselif/cv.html>]



Reverse correlation : un exemple

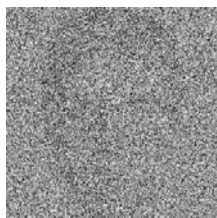
- Deux groupes de 15 participants humains (1000 essais par participant)
- L'un assigné à une tâche de discrimination du "sexe", l'autre à une tâche de discrimination de l'expression
- L'ensemble de stimuli était composé de 20 visages
- Ces stimuli sont explorés dans l'espace de l'image
- À chaque essai, du bruit blanc normal est ajouté à un de ces visages
- Nous avons enregistré l'exactitude des réponses

(Gosselin & Schyns, 2004, *Vision Research*)

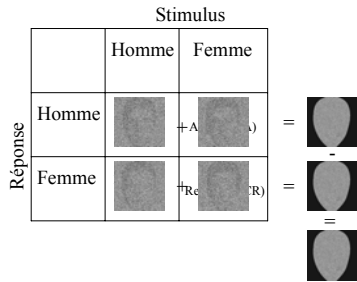
Ensemble de stimuli



Signal plus bruit



Régression multiple linéaire



On a $\mathbf{B} = (\mathbf{X}\mathbf{X}')^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y}$, où \mathbf{X} est une matrice contenant les plages de bruit vectorisées et \mathbf{y} est un vecteur contenant les réponses (-1 et 1). Comme les lignes de \mathbf{X} ne sont pas corrélées, $(\mathbf{X}\mathbf{X}')^{-1} = (\mathbf{k}\mathbf{k}')^{-1} = \mathbf{k}^{-1}\mathbf{I}$. Donc $\mathbf{b} = \mathbf{k}^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y} \approx \mathbf{b} = \mathbf{X}\mathbf{y}$.

GENDER

	P	J	A	≈	R'	R
>90 cpf						
45-90 cpf						
22.5-45 cpf						
11.25-22.5 cpf						

(Gosselin & Schyns, 2004, *Vision Research*)

EXNEX

	P	J	A	≈	R'	R
>90 cpf						
45-90 cpf						
22.5-45 cpf						
11.25-22.5 cpf						

(Gosselin & Schyns, 2004, *Vision Research*)

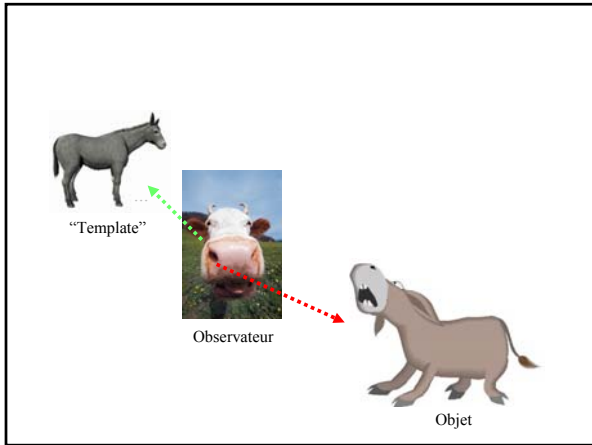
A Matlab toolbox for classification image experiments

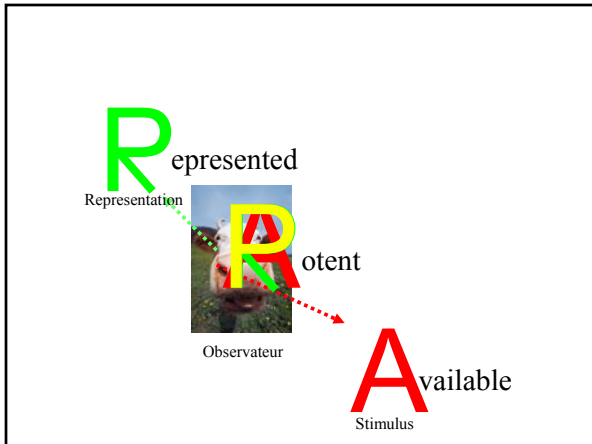
For $S_r = 256 \text{ pixels}^2$, $\sigma_b = 5 \text{ pixels}$, and $p \leq .05$
 $t_{RT} = 3.9423$ ($t_{BON} = 4.2161$)

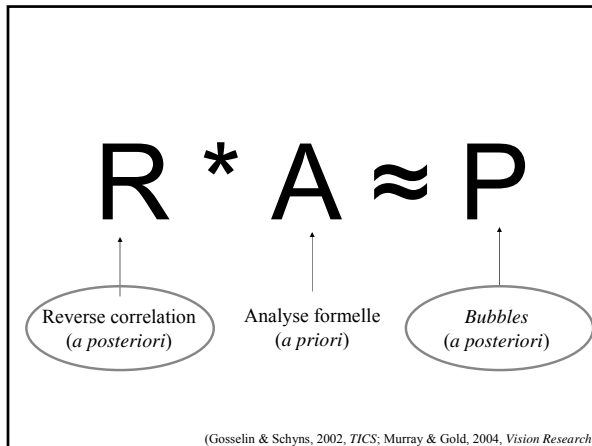
QuickTime™ and a
 GIF decompressor
 are needed to see this picture.

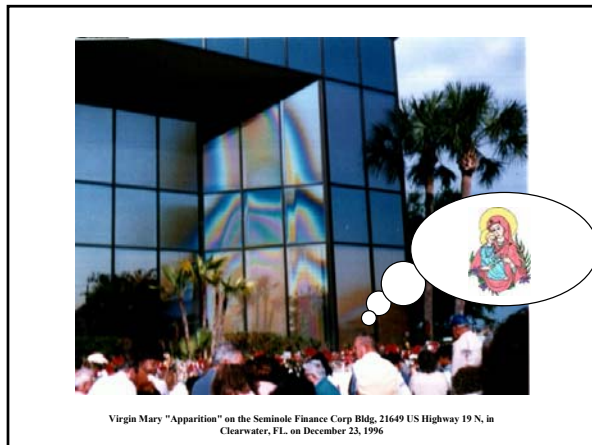
<http://mapageweb.umontreal.ca/gosselif/stat4ci.html>
 (Chauvin, Worsley, Schyns, Arguin & Gosselin, *Journal of Vision*, in press)

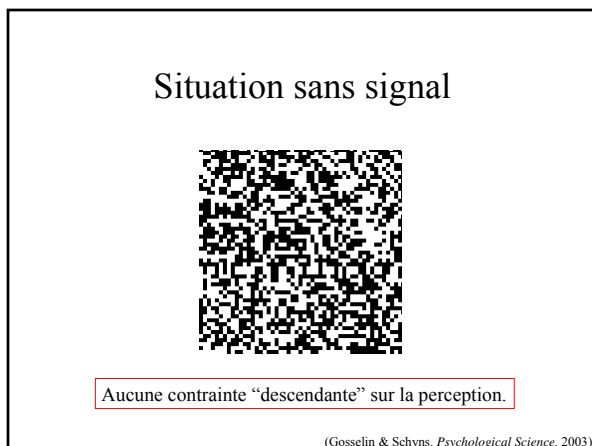
(Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tundel, Schyns & Damasio, *Nature*, 2005)









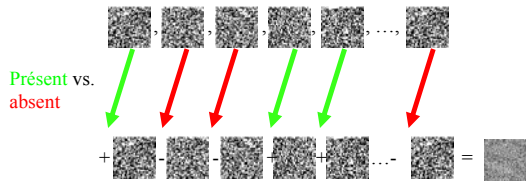


Reverse correlation : le cas extrême

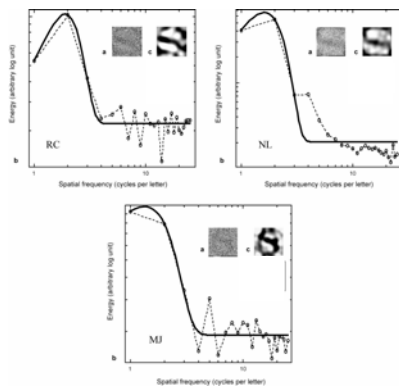
- Trois observateurs ont vu 20 000 plages de bruit blanc en deux semaines
- La tâche: détecter un 'S' noir remplissant un carré blanc; présent dans 50% des essais
 - Ces instructions introduisent une quantité minimale de signal
 - Beaucoup de variation demeure possible : police, style, case et ajustement

(Gosselin & Schyns, *Psychological Science*, 2003)

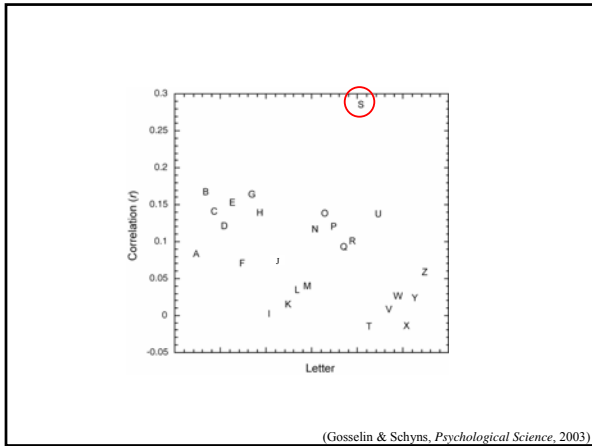
Reverse correlation sans signal

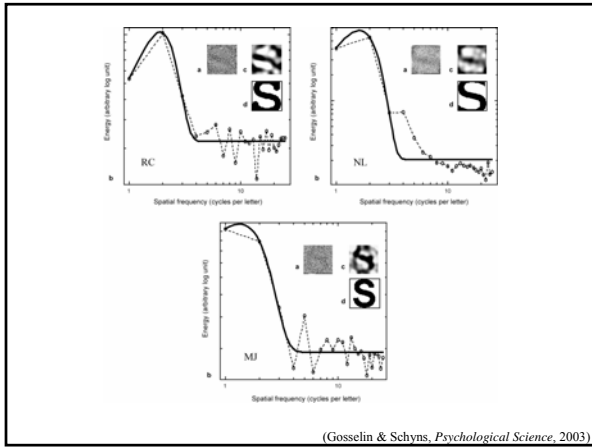


(Gosselin & Schyns, *Psychological Science*, 2003)



(Gosselin & Schyns, *Psychological Science*, 2003)

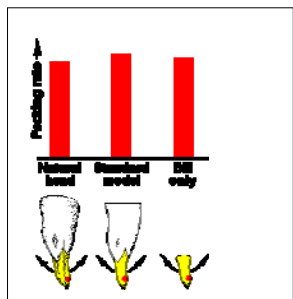




Le picorement de l'oisillon de la mouette

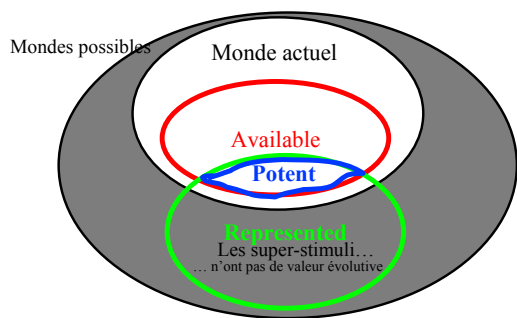
(Tinbergen & Perdeck, 1950)

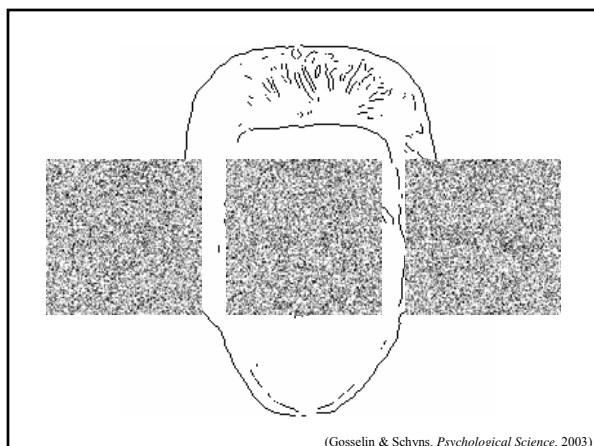
Le picorement de l'oisillon de la mouette



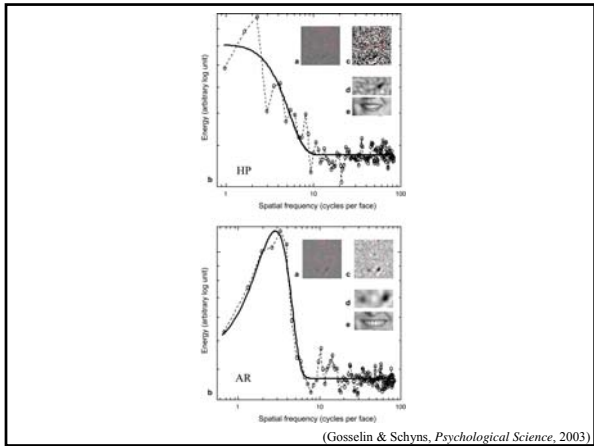
(Tinbergen & Perdeck, 1950)

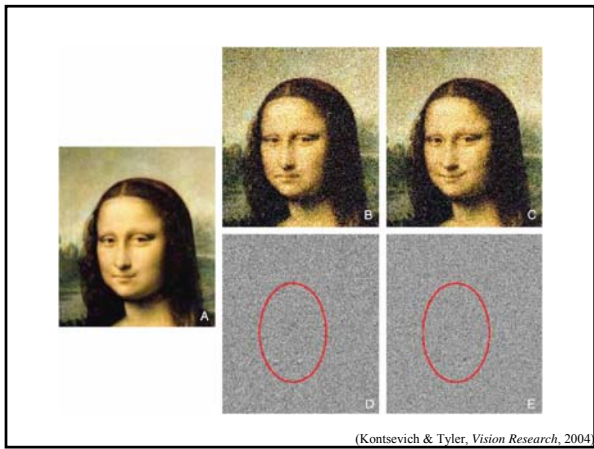
Un "problème" avec les super-stimuli

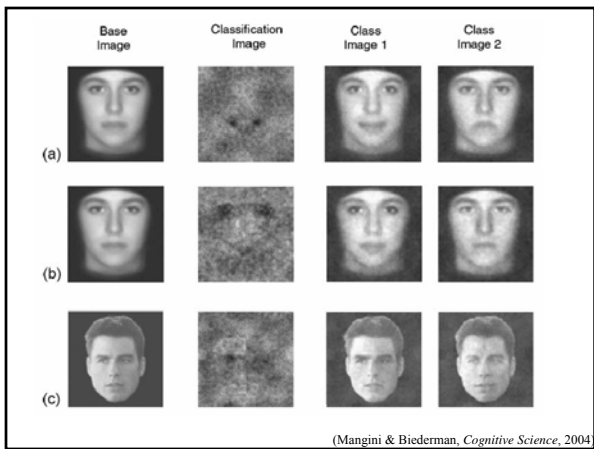




(Gosselin & Schyns, *Psychological Science*, 2003)







Bubbles...

- ... permet une recherche dans un espace de génération visant à isoler le sous-espace qu'un groupe d'observateurs utilise *efficacement* (c.-à-d. l'information "puissante") pour résoudre une tâche donnée

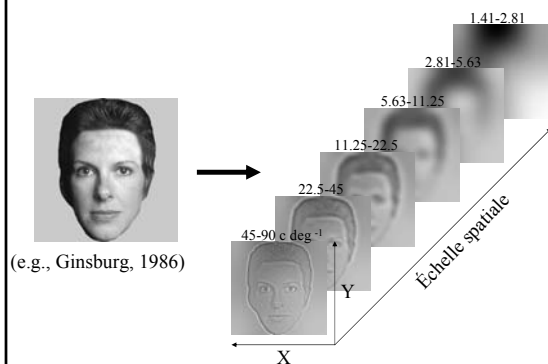
(Gosselin & Schyns, 2001, *Vision Research*)

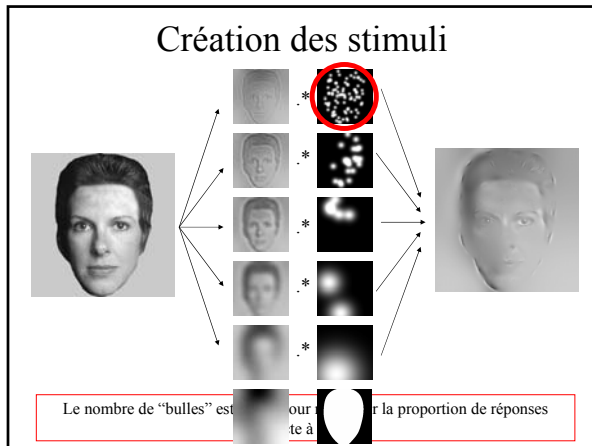
Bubbles : un exemple

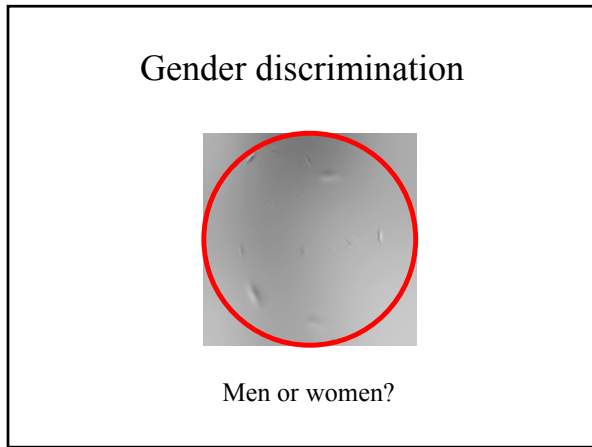
- Deux groupes de 15 participants humains (1000 essais par participant)
- L'un assigné à une tâche de discrimination du "sexe", l'autre à une tâche de discrimination de l'expression
- L'ensemble de stimuli était composé de 20 visages
- Ces stimuli sont explorés dans l'espace de l'image et de l'échelle spatiale (3D)
- À chaque essai, un masque opaque "troué" ici et là est multiplié pixel par pixel à un visage
- Nous avons enregistré l'exactitude des réponses

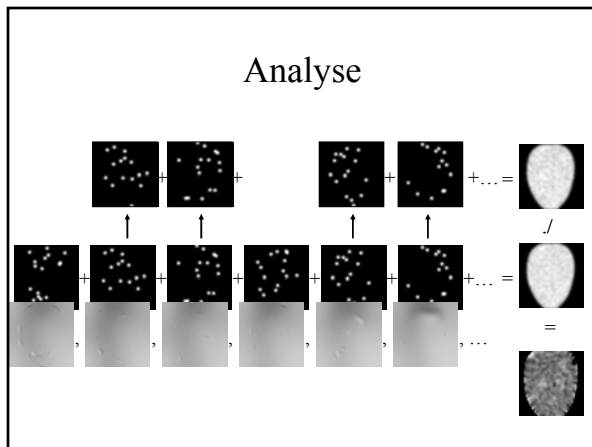
(Schyns, Bonnar & Gosselin, 2002, *Psychological Science*; Gosselin & Schyns, 2004, *Vision Research*)

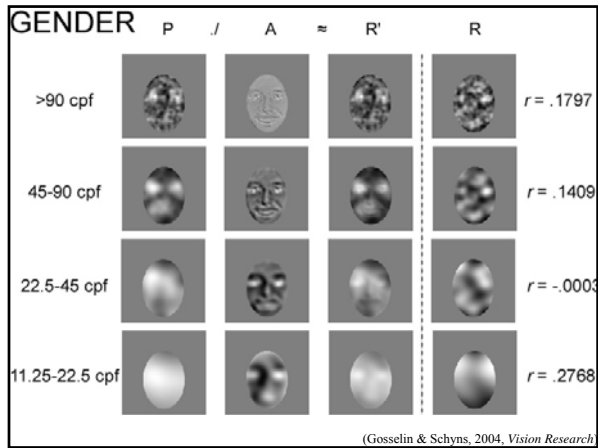
Espace de génération de l'image

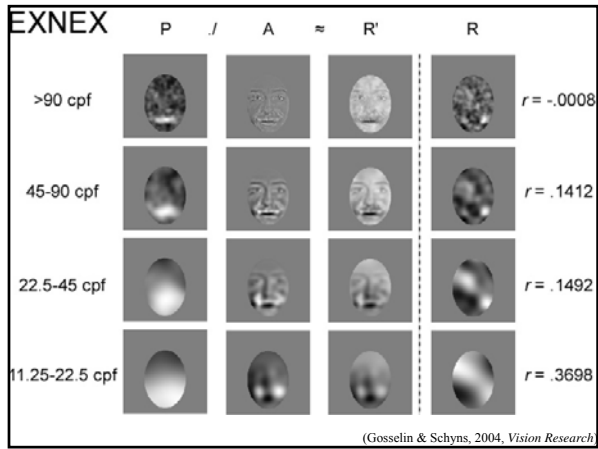


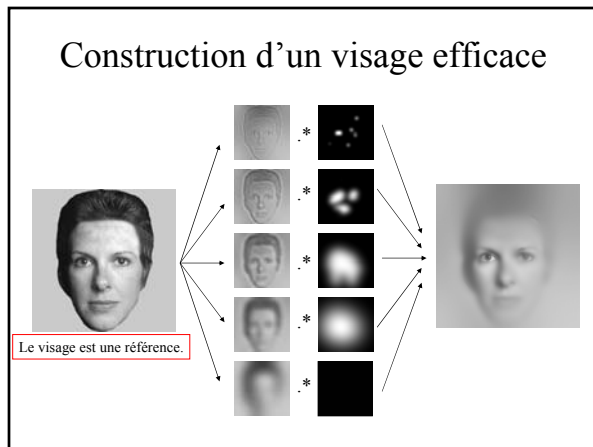


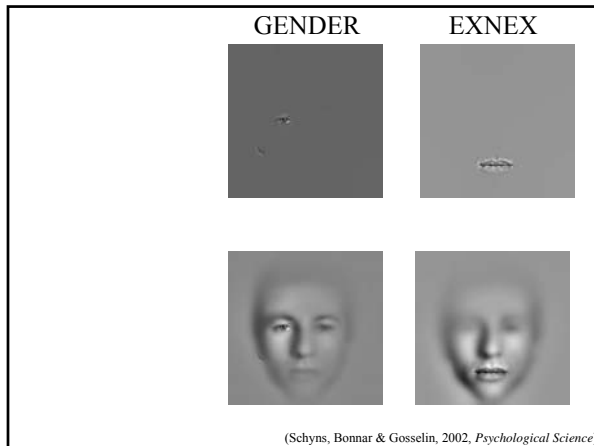


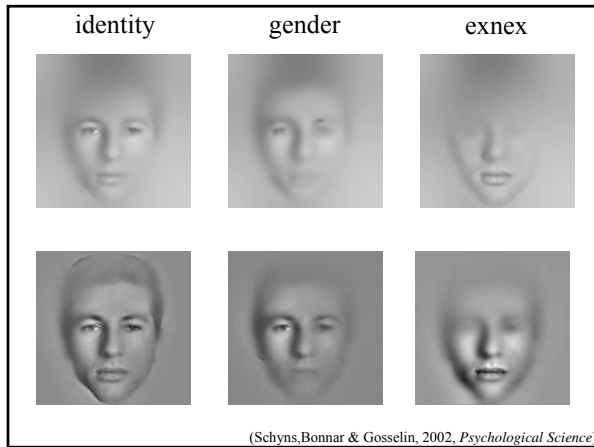


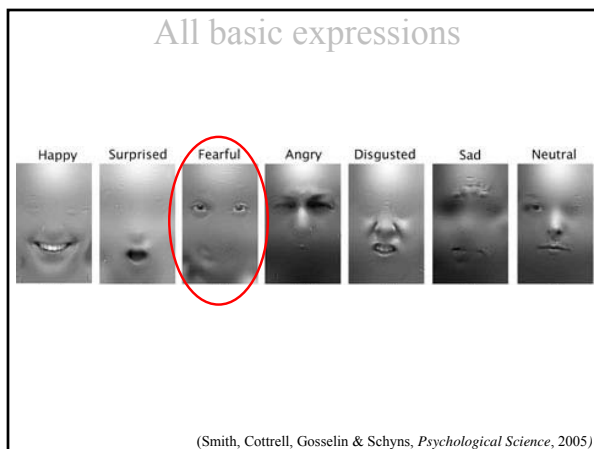




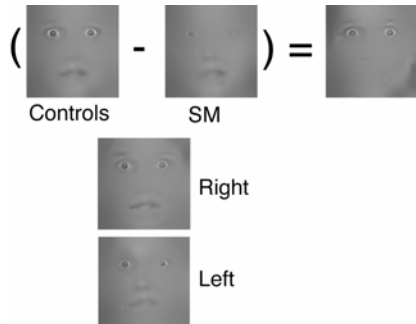




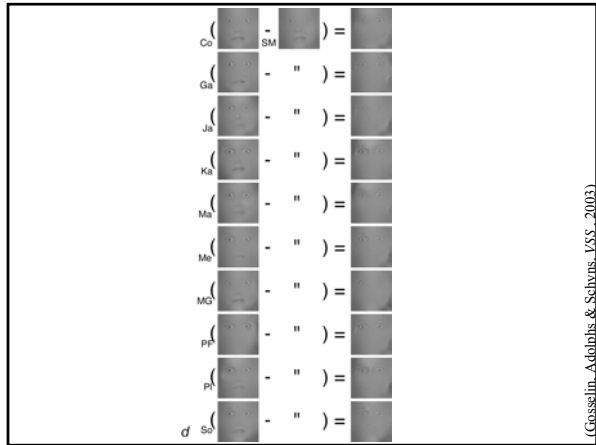




Discrimination de la joie et de la peur avec et sans amygdales



(Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns & Damasio, *Nature*, 2005)



(Gosselin, Adolphs & Schyns, *JSS*, 2003)

Identité dans l'espace-temps

QuickTime™ et un décodeur Apple News sont requis pour visionner cette image.

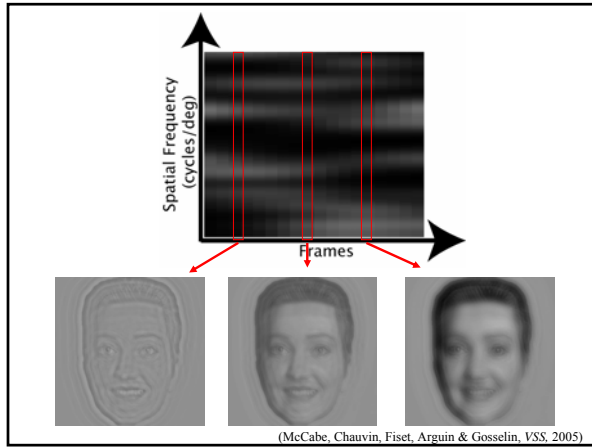
(Vinette, Gosselin & Schyns, *Cognitive Science*, 2004)

Identité dans l'espace-temps

QuickTime™ et un décompresseur Apple None sont requis pour visionner cette image.

Actual duration = 282 ms.

(Vinette, Gosselin & Schyns, *Cognitive Science*, 2004)

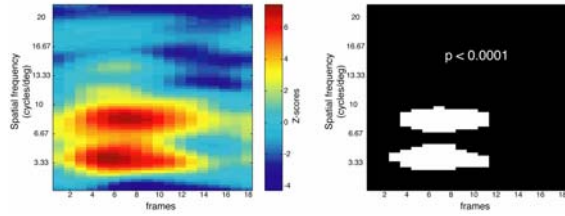


Identity in time and scale

QuickTime™ and a
Apple None decompressor
are needed to see this picture.

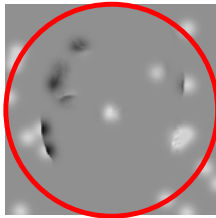
(McCabe, Chauvin, Fiset, Arguin & Gosselin, VSS, 2005)

Identity in time and scale



(McCabe, Chauvin, Fiset, Arguin & Gosselin, VSS, 2005)

Discrimination du sexe



Homme ou femme?

Création d'un stimulus

