



UE: Méthodes et Mesures en Sciences Cognitives

LES MOUVEMENTS OCULAIRES

N Guyader, MCF UGA, GIPSA-lab

Références

accés.ens-lyon.fr/accés/ressources/neurosciences/vision/comprendre

donnees et logiciel de Neuroimagerie

Méthodes d'étude du cerveau

Vision

COMPRENDRE

- Mouvements oculaires
- Cas d'anomalies de la vision
- De Visu
- VISION-Scientifique
- Developpement de la fonction visuelle
- VISION-Didactique
- ENSEIGNER
- RESSOURCES

Circuits de récompense

Cerveau et motricité

Phylogénie et évolution des systèmes nerveux

Inter-modalité sensorielle

Sommeil

Temps de réaction

Maladies et traitements

Du neurone à la thérapie cellulaire

Démarches pédagogiques anciens programmes

La vision

par Françoise Jauzein — Dernière modification 06/04/2012 15:56

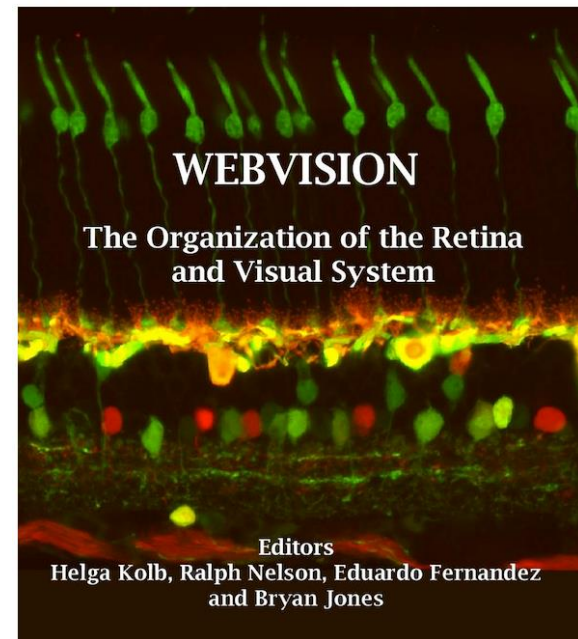
Coté science

- La vision: sa problématique
- Historique des concepts sur la vision
- La vision de la couleur
- Traitement rétinien de la couleur
- Rétine centrale et périphérique
- Les différentes voies visuelles
- Vision des hautes et basses fréquences
- Les voies visuelles afférentes et les pathologies
- Organisation fonctionnelle du cortex visuel et traitement de l'information
- Organisation fonctionnelle de l'aire visuelle primaire
- Rétinopathie des aires visuelles
- Les mouvements oculaires
- Le développement de la fonction visuelle
- Glossaire Vision



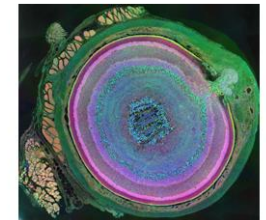
<http://accés.ens-lyon.fr/accés/ressources/neurosciences/vision>

Book



<http://webvision.med.utah.edu/>

About Webvision



Webvision summarizes recent advances in knowledge and understanding of the visual system through dedicated chapters and evolving discussion to serve as a clearing house for all things related to retina and vision science.

Contact: webvision@hsc.utah.edu

Search

Pages

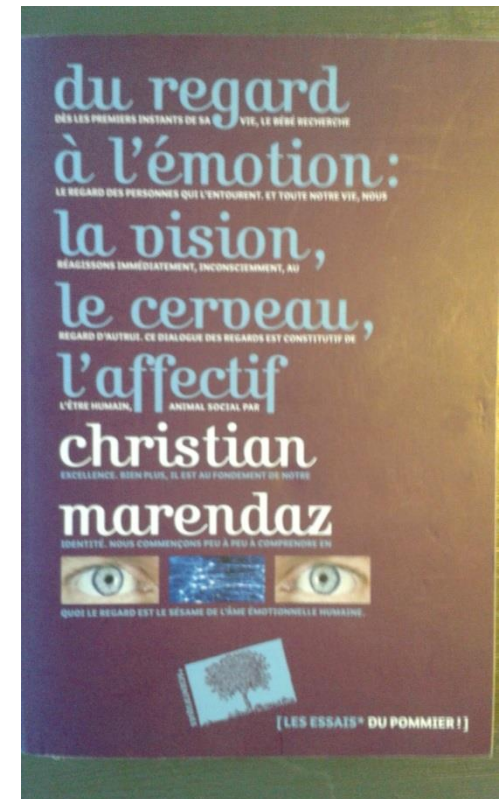
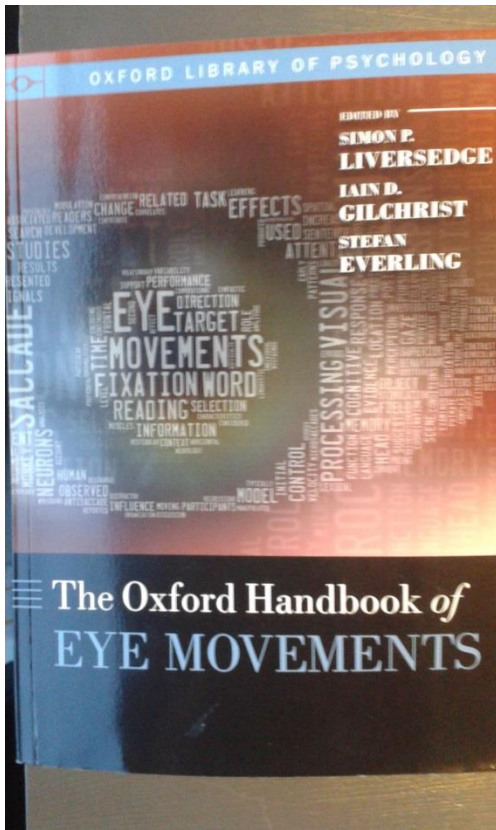
- [Blog](#)
- [About/FAQ](#)

Chapters

- [Book](#)
 - [Part I: Foundations](#)
 - [Introduction by Helga Kolb](#)

Références

- ouvrages:



Références

- cours:
 - Alan CHAUVIN
(MCF UGA et LPNC)

 - David MEARY
(MCF UGA et LPNC)



Muscles oculaires

Rôle et types de mouvements oculaires

MOUVEMENTS OCULAIRES

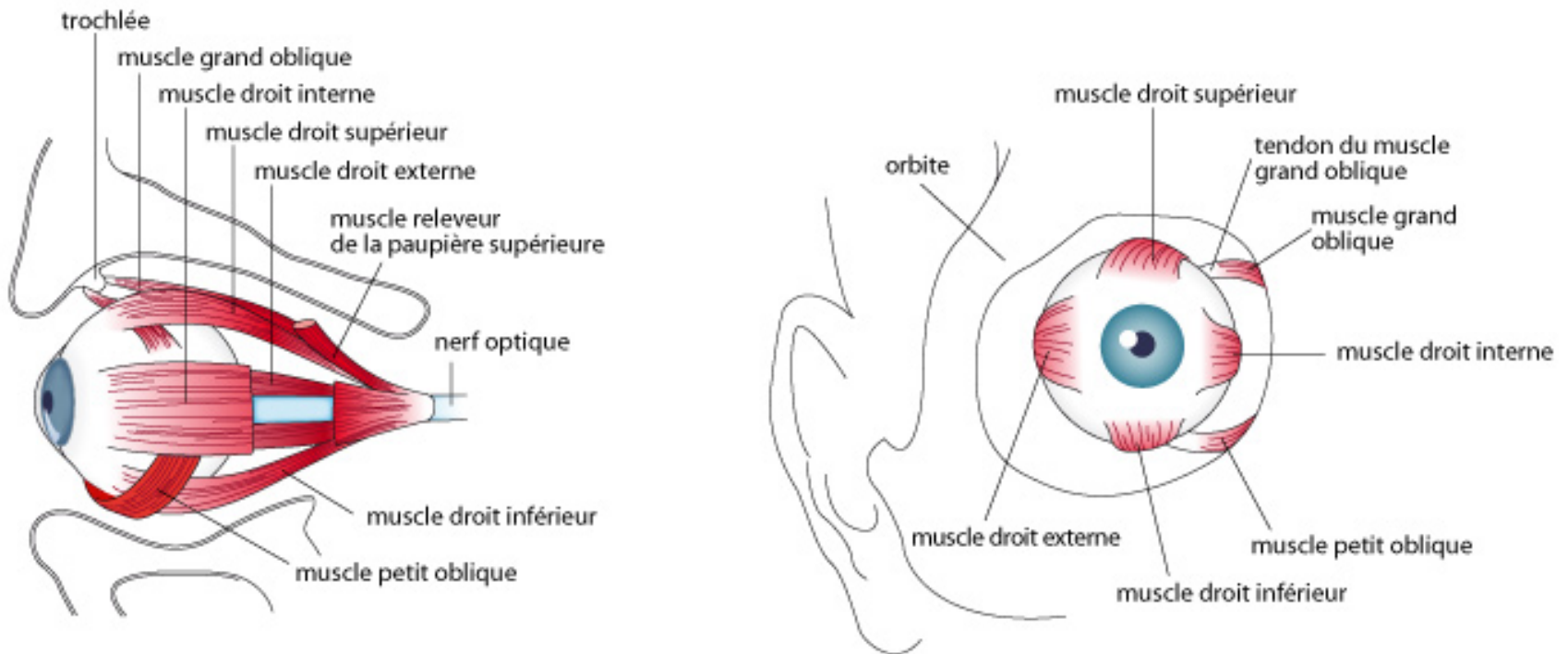
Muscles oculaires

Rôle et types de mouvements oculaires

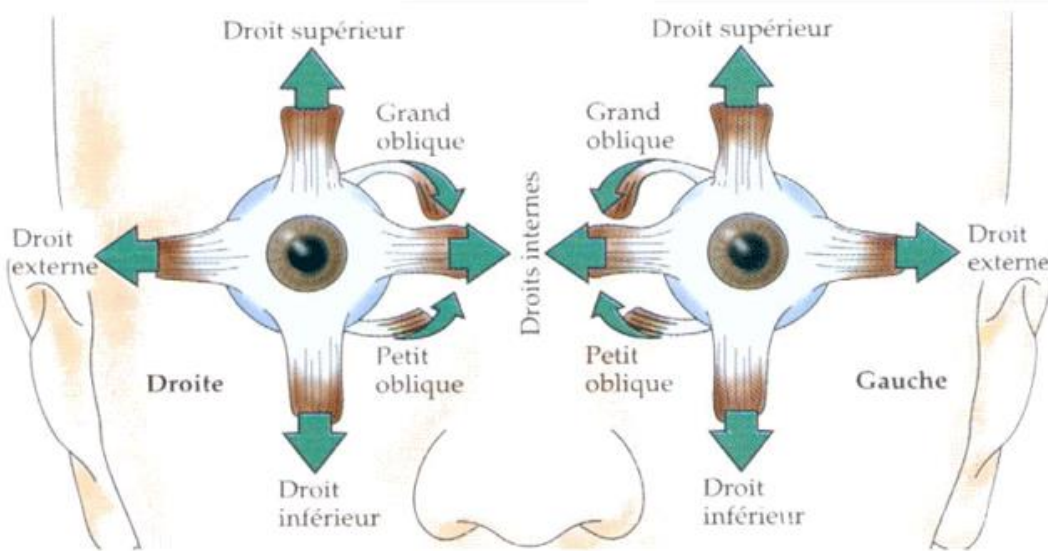
MOUVEMENTS OCULAIRES

Muscles oculaires

Les **mouvements oculaires** sont les rotations que les globes oculaires effectuent autour de leurs centres, et qui modifient la direction du regard. Ces mouvements sont provoqués par les muscles oculaires.



Les mouvements des yeux sont assurés par 6 muscles oculomoteurs fixés sur la sclérotique d'une part et à l'intérieur de l'orbite d'autre part.



- muscle droit interne et muscle droit externe assurent les mouvements horizontaux

- muscle droit supérieur et muscle droit inférieur assurent les mouvements verticaux

- muscle oblique inférieur et muscle oblique supérieur assurent les mouvements verticaux et mouvements de torsion

Muscles oculaires

Rôle et types de mouvements oculaires

MOUVEMENTS OCULAIRES

Rôle et types de mouvements oculaires

Les mouvements permanents, même de faible amplitude, évitent aux récepteurs de la rétine (photorécepteurs) de « s'adapter », ce qui arriverait si l'œil restait fixe (une immobilisation totale de la rétine fixant un objet immobile connaît une perte de vision au bout de deux secondes).

Ils permettent également de suivre un objet mobile du regard, de compenser les mouvements de la tête ou simplement de fixer un objet en maintenant l'image de l'objet fixe au centre de la rétine.

Les mouvements vestibulo-oculaires et optocinétiques permettent de fixer le regard sur une cible lorsque la tête bouge, ce sont des mouvements de stabilisation de l'image.

Les mouvements de saccades, de poursuite ou de vergence ont, à l'opposé, pour fonction de garder la fovéa sur une cible même lorsque celle-ci se déplace, ce sont des mouvements d'orientation du regard.

Mouvement de stabilisation de l'image: Réflexe vestibulo-oculaire (VOR en anglais)

Lorsque la tête bouge, les canaux semi-circulaires du vestibule¹ de l'oreille interne signalent à quelle vitesse se fait le mouvement céphalique. Le système oculomoteur répond aux mouvements de la tête par un mouvement des yeux égal en amplitude mais opposé en direction au mouvement de la tête, et ceci selon les trois degrés de liberté.

Lors d'une rotation à vitesse constante, l'œil s'approche (dans la direction opposée du mouvement de rotation) lentement de l'extrémité de l'orbite et fait alors un mouvement rapide qui le ramène vers une position médiane. Cette succession de phases lentes et rapides est appelée nystagmus vestibulaire.

Ce type de coordination permet de maintenir stable l'image rétinienne du monde extérieur.

¹ : L'oreille interne de tous les vertébrés contient à la fois un détecteur de son, appelé « cochlée » et un détecteur d'accélération appelé « appareil vestibulaire ». Ce dernier joue un rôle important à la fois dans l'équilibre et la stabilisation du regard.

Mouvement de stabilisation de l'image: Réflexe optocinétique

Il utilise une entrée visuelle afin de maintenir les images stables sur la rétine durant des rotations de la tête lentes et prolongées.

Le défilement rétinien causé par le mouvement de la tête stimule le système visuel. Lorsque la tête bouge dans l'espace, les parties stables de l'environnement (les arbres, les maisons) défilent sur la rétine en direction opposée au mouvement de la tête. Ceci déclenche un mouvement oculaire de stabilisation, qui est aussi un nystagmus (l'OKN) dont la phase lente est dans la direction du mouvement de la scène visuelle et donc dans la direction opposée à celle de la tête.

Les caractéristiques des deux nystagmus sont complémentaires: l'OKN a une longue latence, sa phase lente met du temps à se construire, le VOR a une courte latence mais disparaît avec le temps.

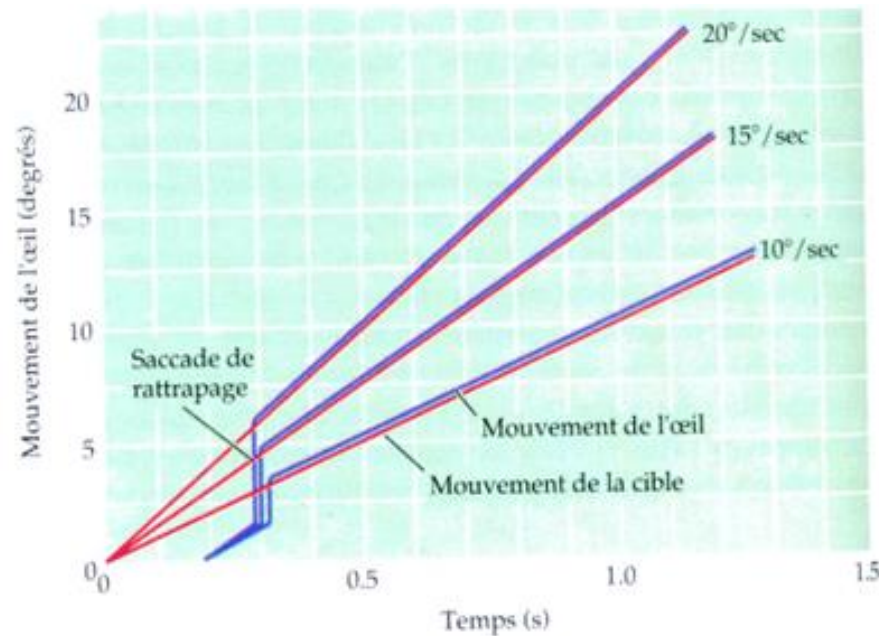
Mouvement d'orientation: Poursuite

La poursuite sert à maintenir l'image d'un objet en mouvement sur le centre de la rétine (la fovéa). Alors que le nystagmus stabilise l'image rétinienne lors des mouvements de la tête, et stabilise donc les yeux dans l'espace, la poursuite lente déplace les yeux dans l'espace afin de maintenir l'image d'une cible visuelle sur la fovéa.

La poursuite lente est un mouvement volontaire.

Lorsque l'on présente une cible visuelle à un sujet, celui-ci effectue une saccade pour placer l'image rétinienne de cette cible sur la fovéa. La saccade a lieu environ 200 ms après la présentation de la cible. Si la cible se déplace non plus par saut mais de façon continue, le système de poursuite lente est mobilisé. La latence du système de poursuite lente est de 100 à 130 ms.

Mouvement d'orientation: Poursuite



Les tracés représentent les mouvements oculaires (lignes bleues) de poursuite d'un stimulus se déplaçant à trois vitesses différentes (lignes rouges). Après une saccade rapide amenant la cible sur la fovéa, le mouvement de l'œil adopte une vitesse qui correspond à celle de la cible.

Remarque (source <http://acces.ens-lyon.fr>): la vitesse max de la poursuite lente est de l'ordre de 100°/s mais le système n'est linéaire que jusqu'à 40°/s.

Mouvement d'orientation: Vergence

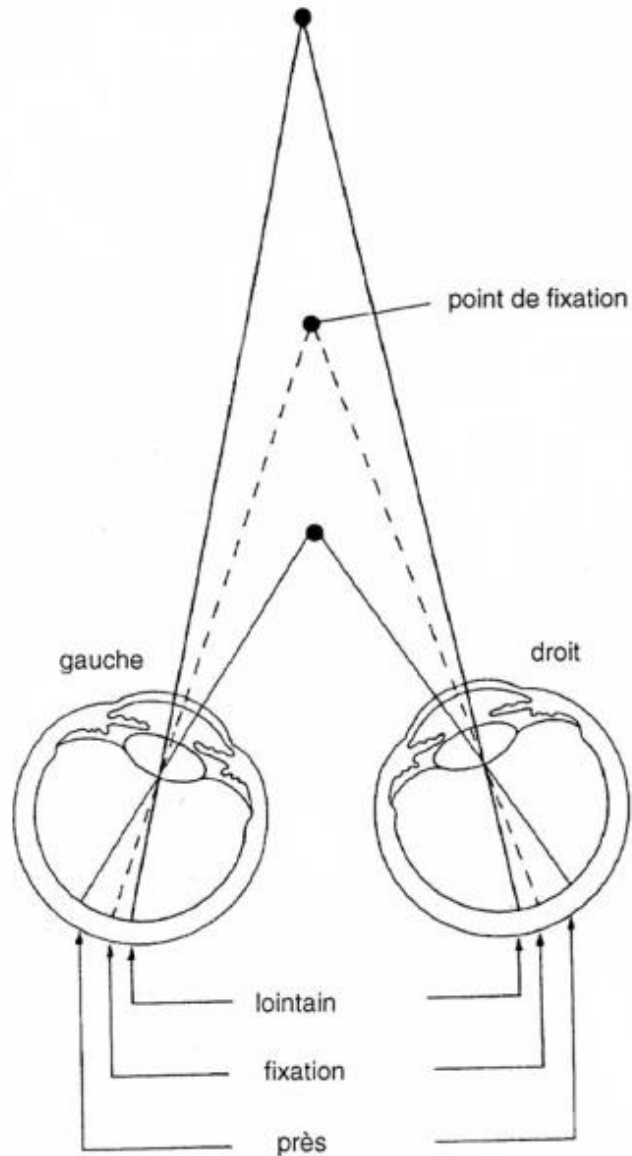
Les mouvements de vergence ajustent l'orientation des yeux en fonction de la distance de l'objet en profondeur.

Ce sont les seuls mouvements oculaires déconjugués : les yeux bougent dans des directions opposées quand leurs axes de visée convergent ou divergent vers des objets placés à différentes distances de l'observateur.

Lorsque nous regardons un objet qui se déplace vers nous, chaque œil tourne dans une direction opposée afin de maintenir l'image de cet objet aligné avec chaque fovéa. La différence de position rétinienne de l'image d'un objet pour les deux yeux est appelée disparité rétinienne. La disparité est le stimulus qui produit la vergence.

La convergence des deux yeux est accompagnée du phénomène d'accommodation du cristallin qui permet la mise au point sur l'objet et de la constriction pupillaire qui augmente la profondeur de champ et améliore la netteté de l'image rétinienne.

Vergence



Mouvement d'orientation: Saccade

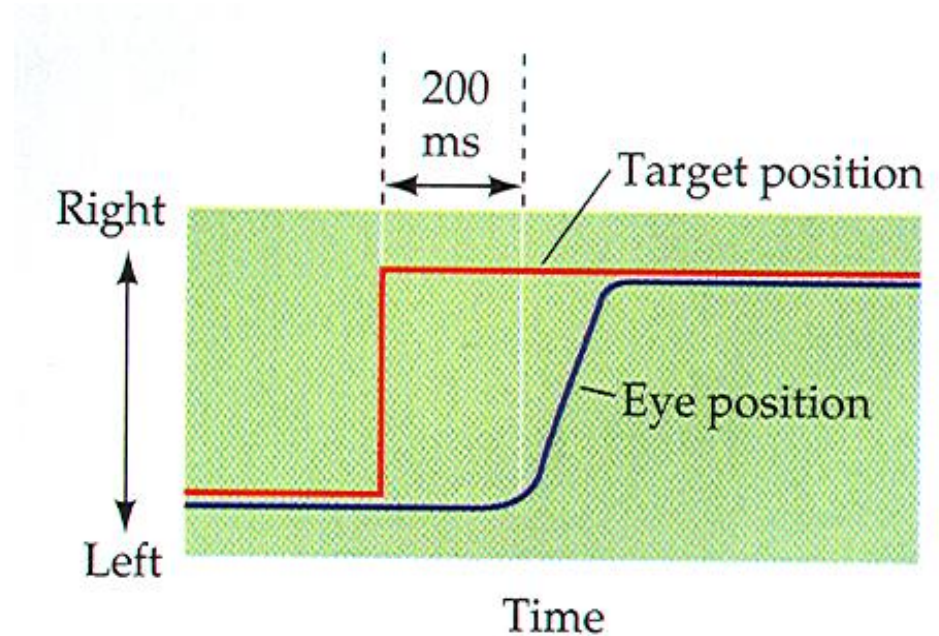
C'est certainement le mouvement le plus rapide dont nous sommes capables, puisqu'il peut atteindre $800^\circ/\text{s}$.

Ces mouvements sont volontaires ou involontaires.

Les saccades sont des mouvements très stéréotypés. Leur forme est très standard, le profil de vitesse présentant une seule accélération progressive vers un pic de vitesse, suivi par une seule décélération.

Des saccades très précises peuvent être faites en réponse à un son, une cible mémorisée, ou une instruction verbale.

Saccades

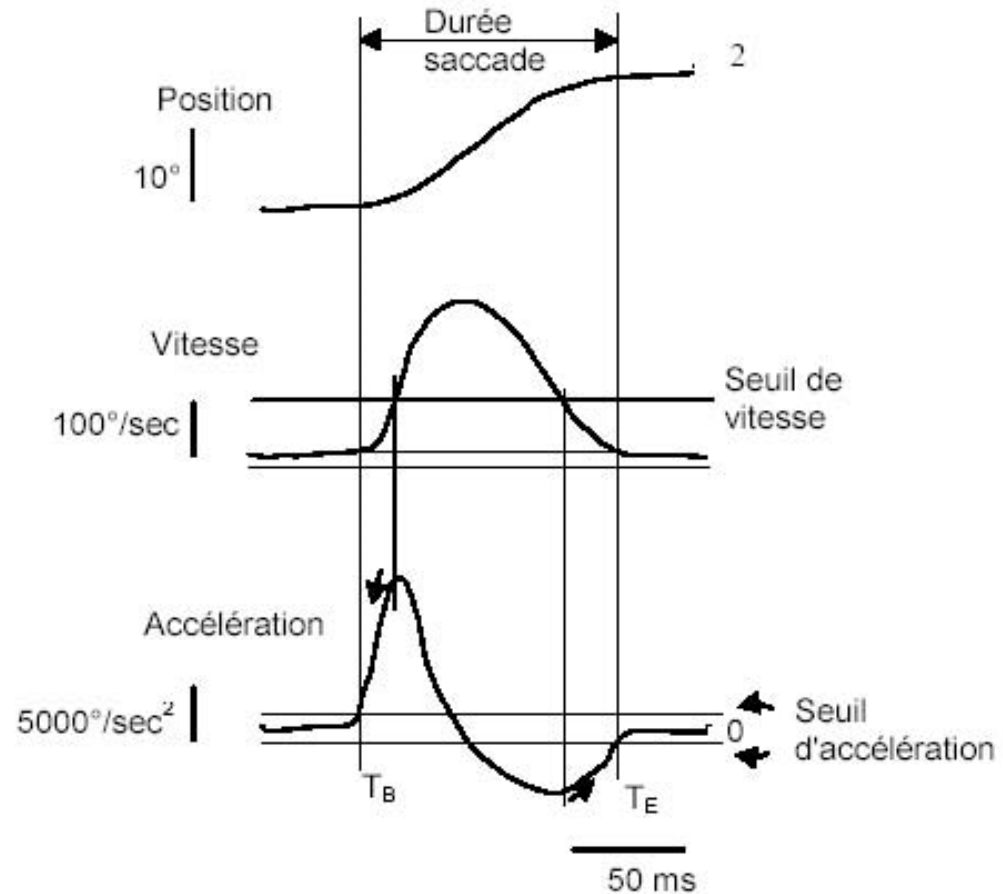


- Propriétés
 - Latence entre 100 et 300 ms
 - Durée courte : 20 à 60 msec
 - Porter le regard d'une fixation à l'autre
 - Volontaire ou involontaire
 - Mouvement rapide, « pas de correction en ligne* », saccade correctrice

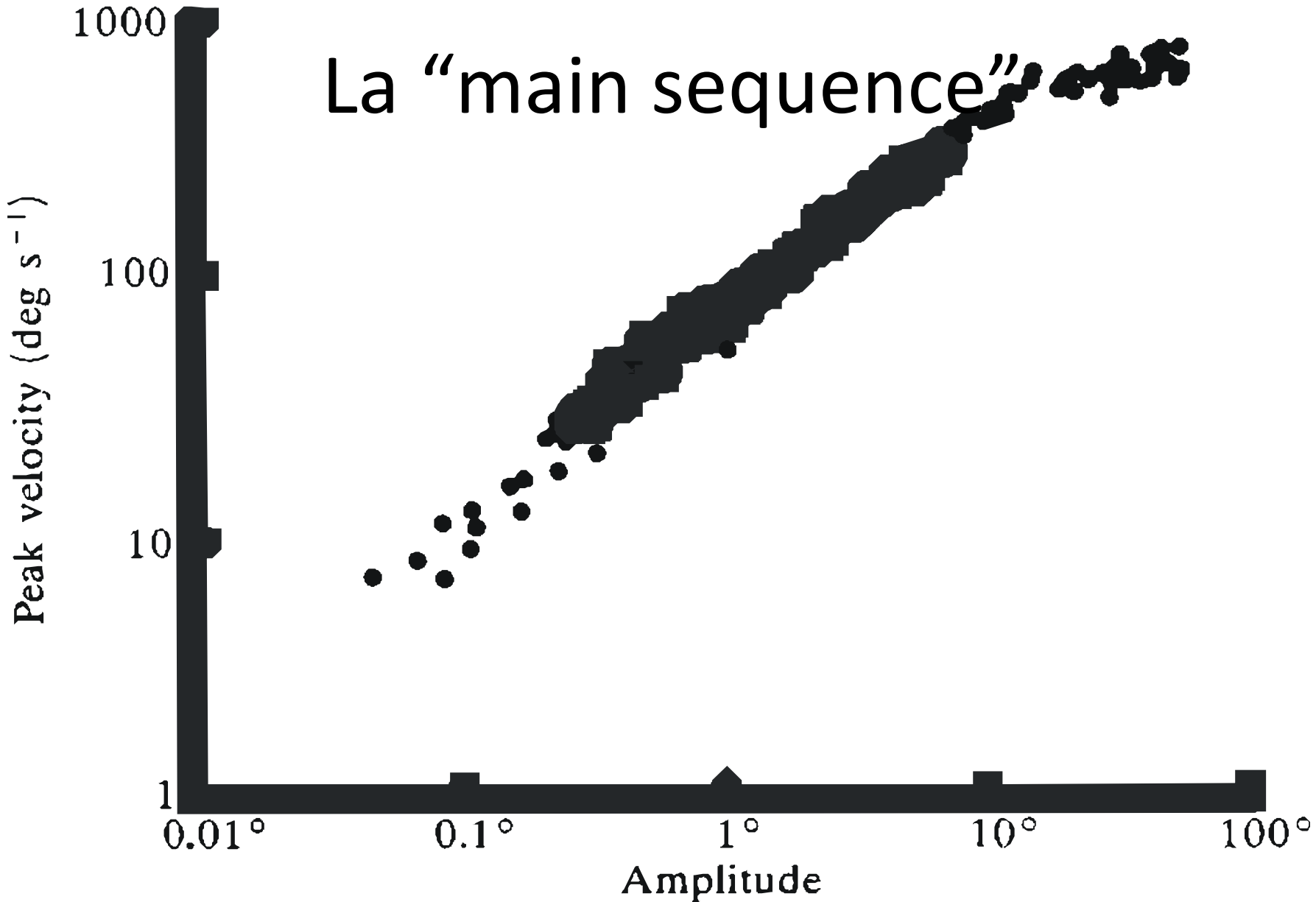
* Certaines études montrent des déviations de la courbures des saccades si un distracteur apparait en même temps qu'une cible, d'autres études suggèrent un arrêt prématuré de la saccade

Saccades

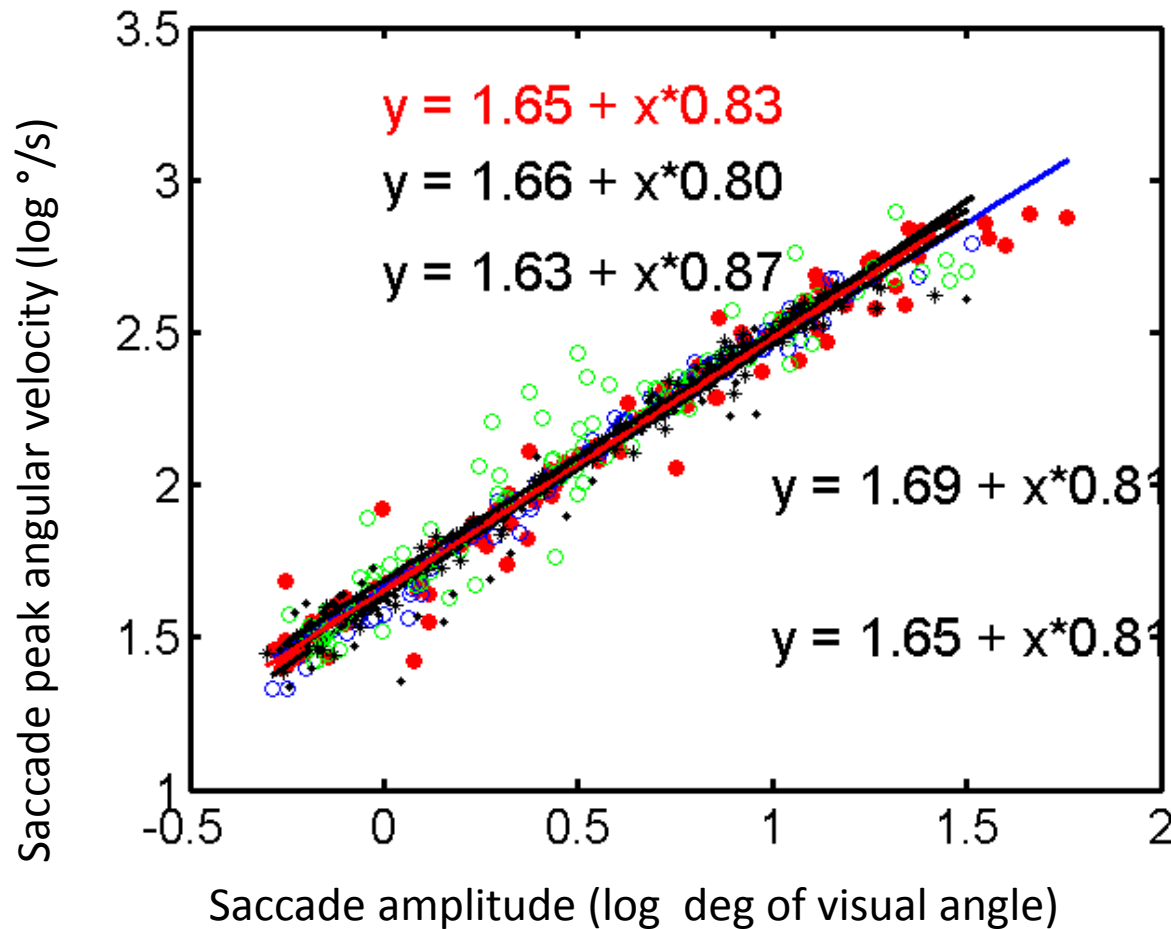
- Mouvement très rapide
- Pic de vitesse peut atteindre $800^\circ/s$
- Profil de vitesse « typique »



La "main sequence"



La “main sequence”



En rouge : « main sequence » d'un sujet adulte

Les autres équations modélisent les « main sequence » enregistrées chez des bébés de 3 mois

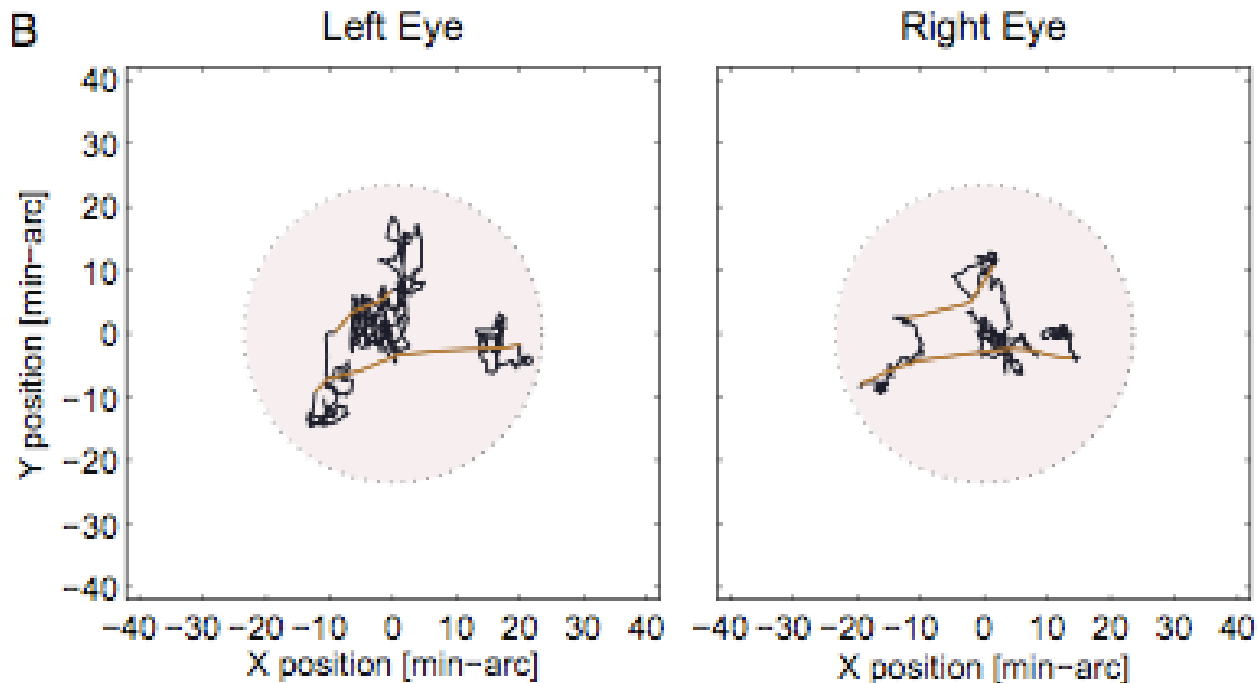
Fixations

En dehors de ces mouvements ?

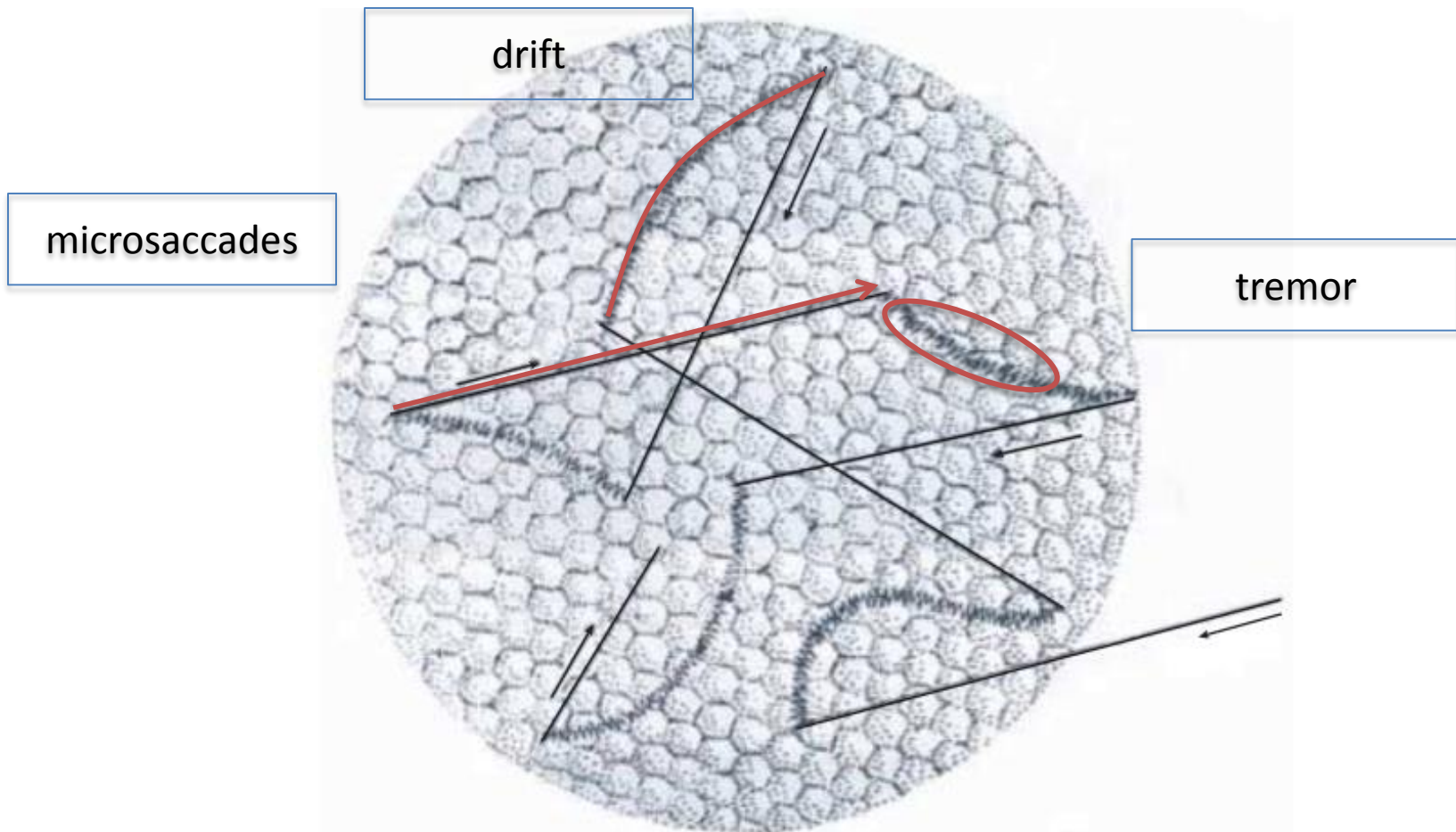
Stabilisation des deux yeux qui correspond à une phase de prise d'information, d'analyse détaillée de la région regardée et de décision de la fixation / saccade suivante

Fixations

Enregistrement des mouvements des 2 yeux pendant une fixation



Micro-mouvements (fixational eye movements)



Fond de l'œil : 0.5° centraux

Récapitulatif

Table 1 | **Oculomotor subsystems**

Subsystem	Computation	Reaction time (ms)	Velocity (deg. s ⁻¹)
Gaze shifting			
Saccadic	Distance of target image from fovea	200	400–800
Pursuit	Target velocity	125	0–30*
Vergence	Location of target in depth	160	30–150 [‡]
Gaze holding			
Vestibular	Rotation or translation of head or body	15	Follows head up to 800 deg. s ⁻¹
Optokinetic	Speed and direction of full-field image motion	60	Supplements VOR in low-frequency range

*If target motion is unpredictable. [‡]Faster if it occurs in conjunction with a saccade.
VOR, vestibulo-ocular reflex.

Mouvements
d'orientation

Observations de ces mouvements

Pourquoi ces mouvements (causes) ?

Un modèle de la baisse d'acuité visuelle en périphérie

Les bases cérébrales des saccades

MOUVEMENTS D'ORIENTATION DU REGARD

Observations de ces mouvements

Pourquoi ces mouvements (causes) ?

Un modèle de la baisse d'acuité visuelle en périphérie

Les bases cérébrales des saccades

MOUVEMENTS D'ORIENTATION DU REGARD

Mouvements oculaires: Saccades / Fixations



Une vidéo d'un participant (C. Breuil, PhD GIPSA-lab, 2017) visualisant une image de scène naturelle. On observe des mouvements des yeux (majoritairement horizontaux) et également des clignements.

Observations de ces mouvements

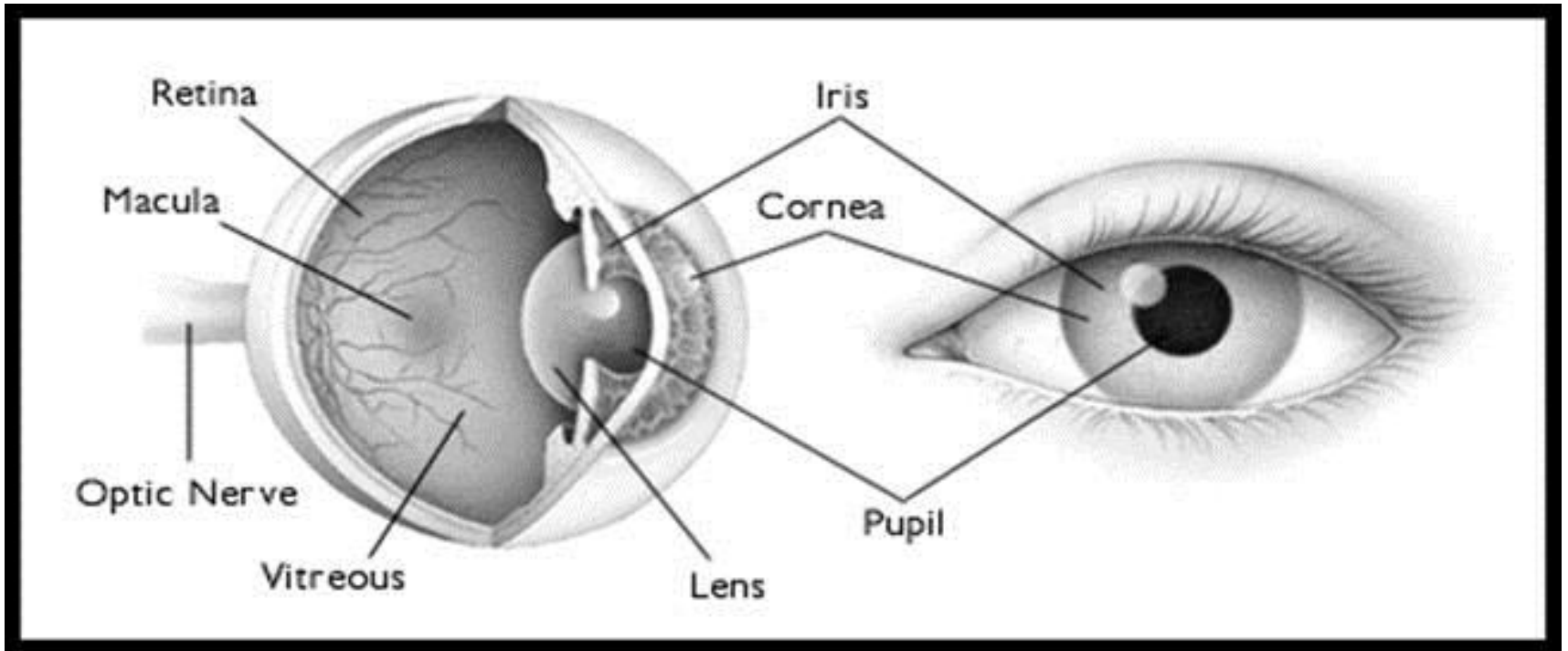
Pourquoi ces mouvements (causes) ?

Un modèle de la baisse d'acuité visuelle en périphérie

Les bases cérébrales des saccades

MOUVEMENTS D'ORIENTATION DU REGARD

Œil et la rétine



Les photorécepteurs

2 types de photorécepteurs:

- Les cônes (cones): ces photorécepteurs sont principalement activés en vision diurne
- Les bâtonnets (rods): ces photorécepteurs sont principalement activés en vision nocturne

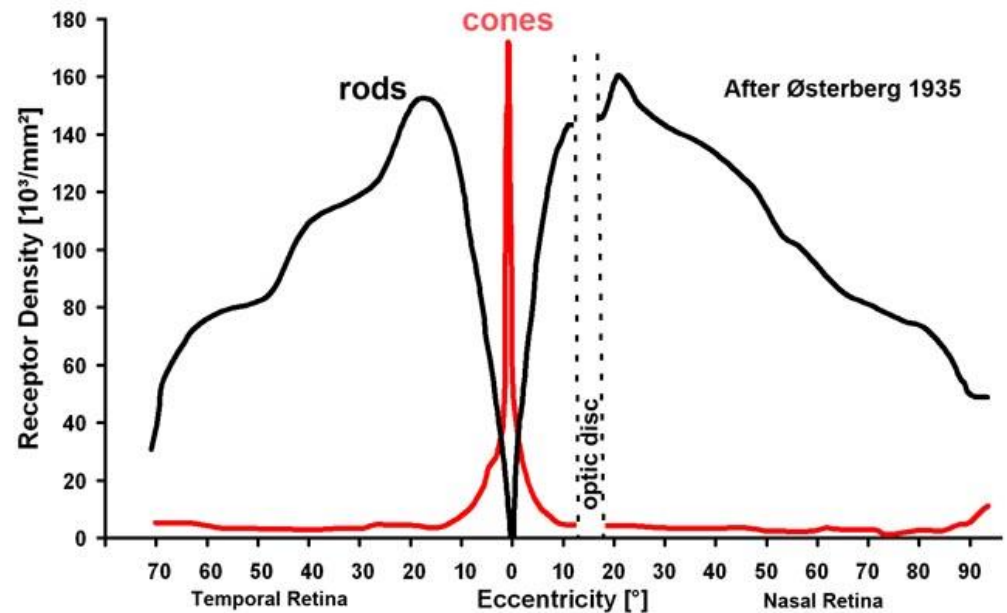
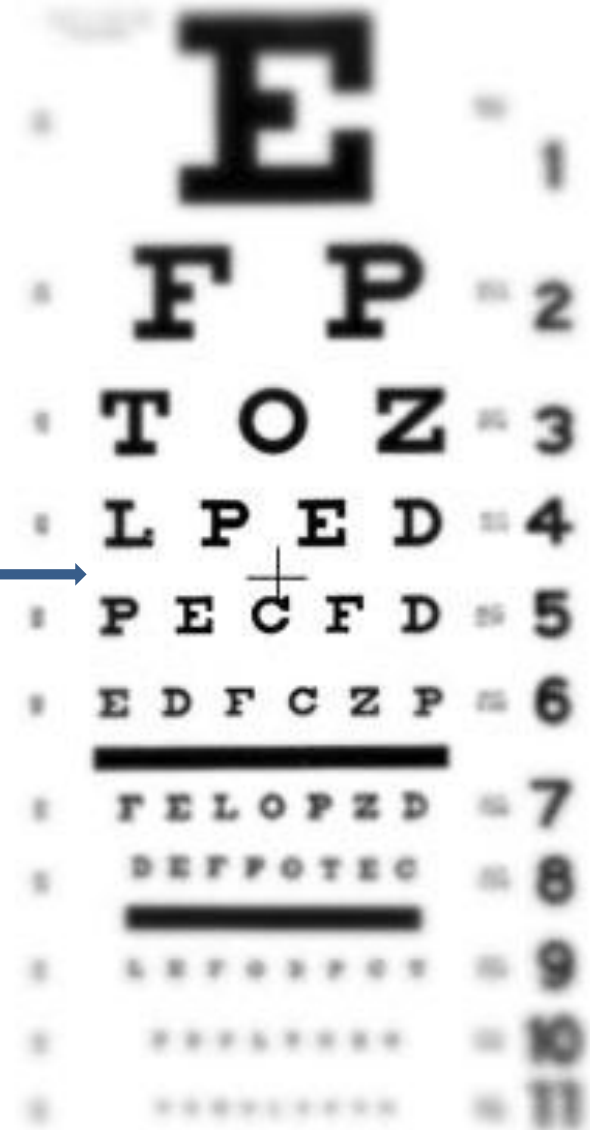


Fig. 20. Graph to show rod and cone densities along the horizontal meridian.

Nous verrons plus en détails le fonctionnement de la rétine dans le cours de SIMPV (Signaux, Images et Modèles de Perception Visuelle)

L'acuité varie avec l'excentricité

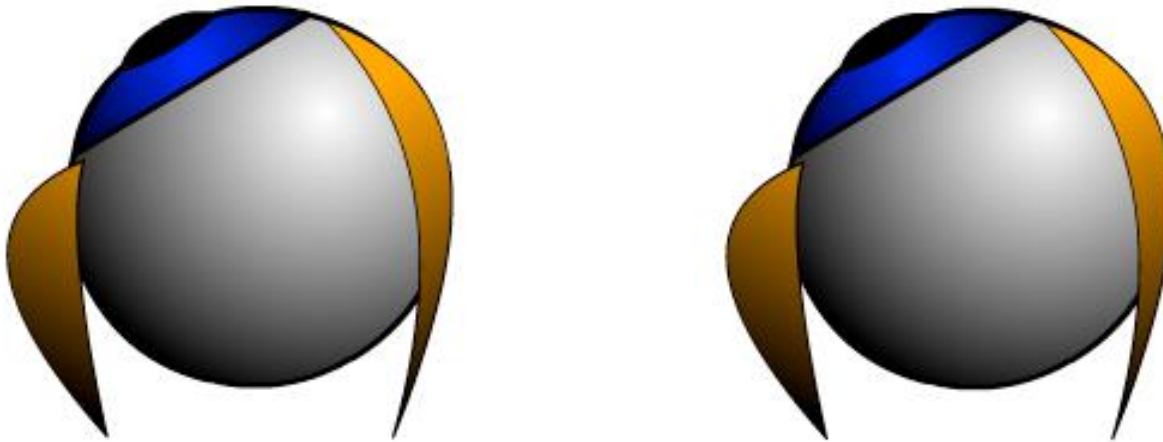
Point de fixation



La baisse d'acuité avec l'excentricité est due à la densité variable des photorécepteurs à la surface de la rétine mais également au rapport du nombre de cellules ganglionnaires par photorécepteurs en vision périphérique / vision centrale et la magnification corticale..... (cf cours SIMPV)

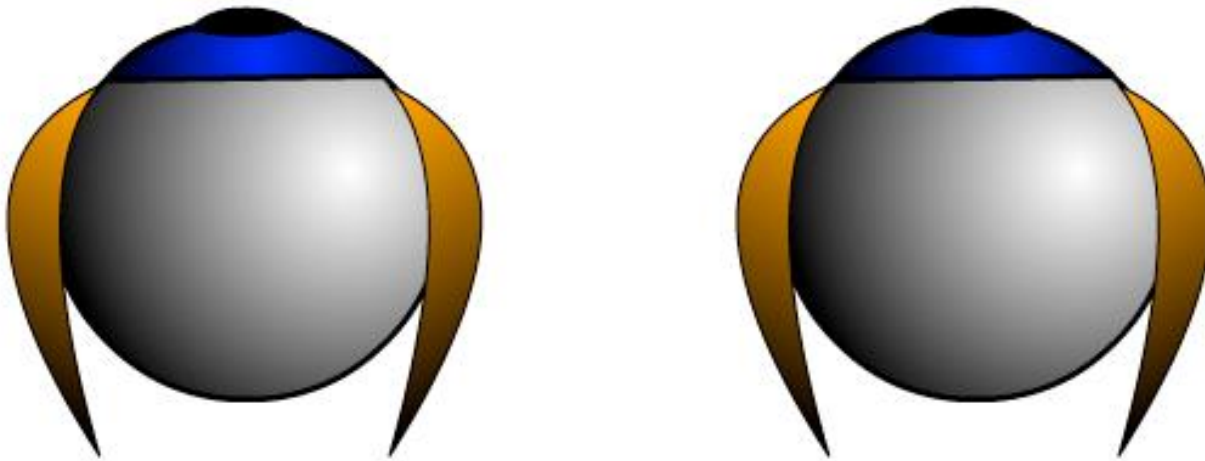
Conséquence en lecture

Saccades point the fovea to objects of interest,
like the words in this sentence.




Conséquence en lecture

Saccades point the fovea to objects of interest,
like the words in this sentence.



Conséquence en lecture

Saccades point the fovea to objects of interest, like the words in this sentence. 



Observations de ces mouvements

Pourquoi ces mouvements (causes) ?

Un modèle de la baisse d'acuité visuelle en périphérie

Les bases cérébrales des saccades

MOUVEMENTS D'ORIENTATION DU REGARD

Un modèle

<http://www.svi.cps.utexas.edu/>



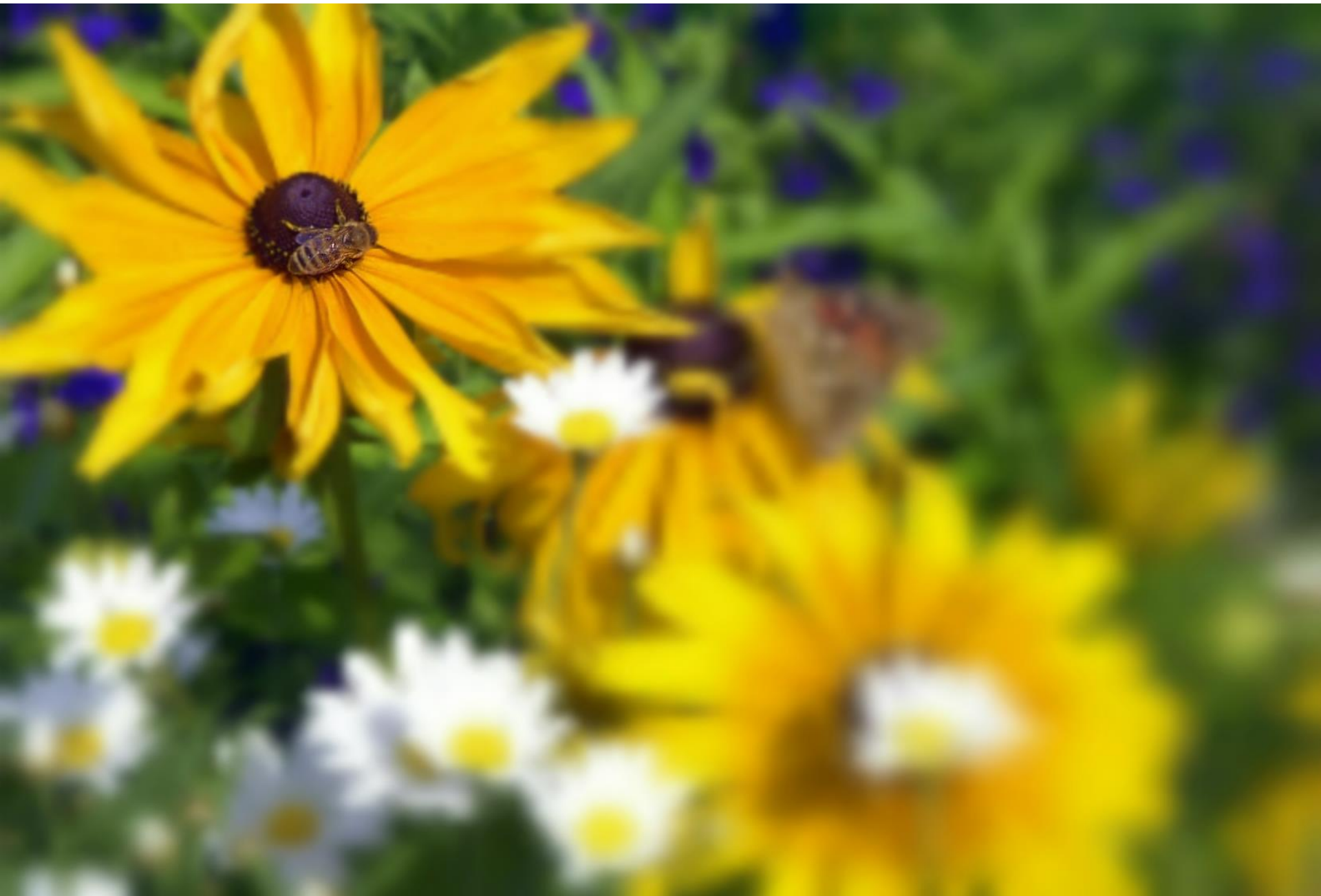
**Space Variant Imaging
Center for Perceptual Systems
The University of Texas at Austin**

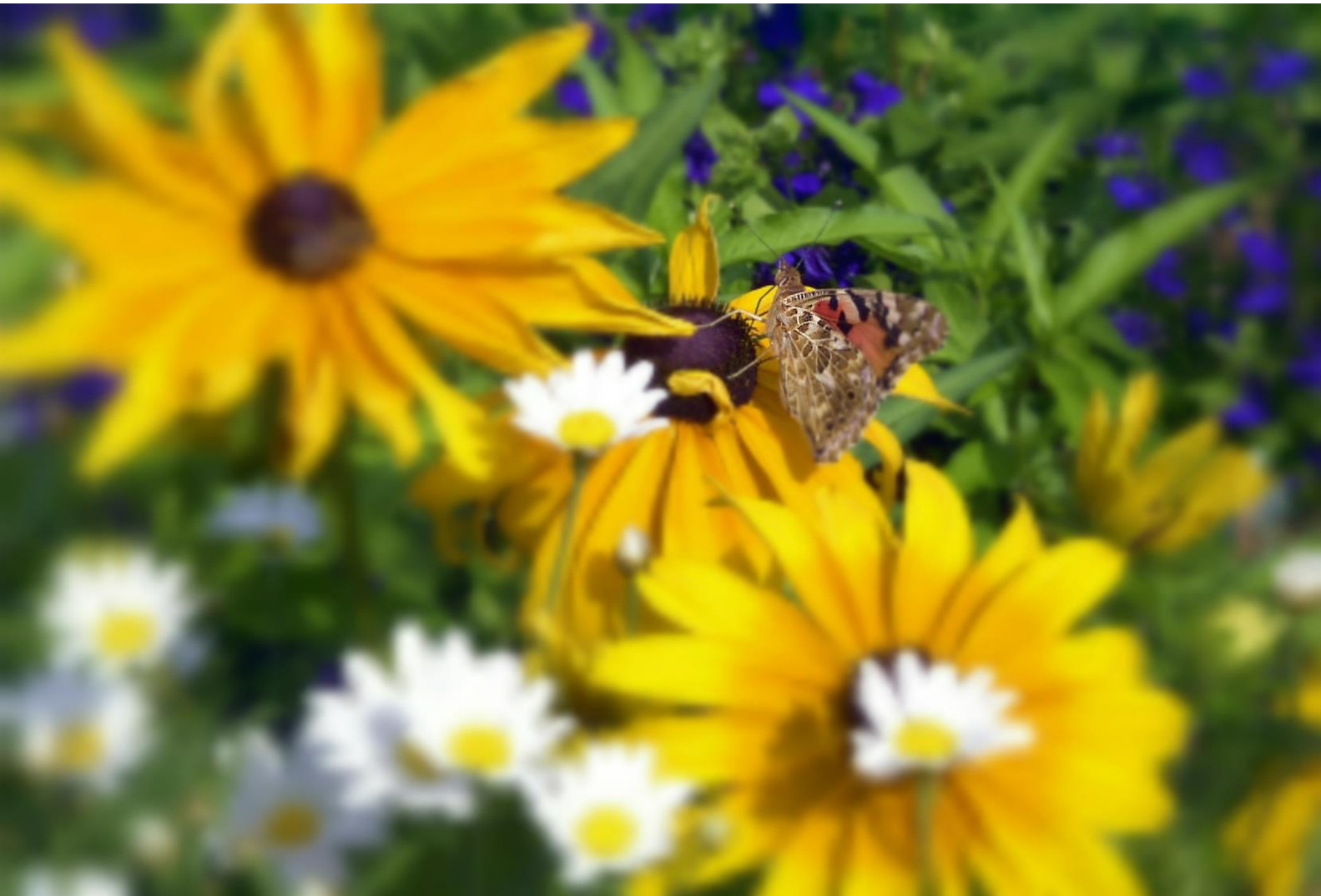
[Home](#)
[Publications](#)
[Software](#)
[Examples](#)
[Foveated MPEG](#)
[FAQ](#)
[Contacts](#)

Welcome to the Center for Perceptual Systems Space Variant Imaging Web Site at the University of Texas at Austin.

This site contains publications related to space variant imaging, information on foveated imaging, space variant imaging software, and some examples of space variant images and video.

Copyright (C) 2002-2019, Center for Perceptual Systems





Observations de ces mouvements

Pourquoi ces mouvements (causes) ?

Un modèle de la baisse d'acuité visuelle en périphérie

Les bases cérébrales des saccades

MOUVEMENTS D'ORIENTATION DU REGARD

Bases cérébrales des saccades

- PFC: PreFrontal Cortex
(CPF: Cortex PréFrontal)
- FEF: Frontal Eye Field
(COF: Champ Oculaire Frontal)
- PPC: Posterior Parietal Cortex
(CPP: Cortex Pariétal Postérieur)
- ACC: Anterior Cingulate Cortex
(CCA: Cortex Cingulaire Antérieur)
- SEF: Supplementary Eye Field
(COS: Champ Oculaire Supplémentaire)
- BG: Basal Ganglia
(GB: Ganglions de la Base)
- SC: Superior Colliculus
(CS: Colliculus Supérieur)

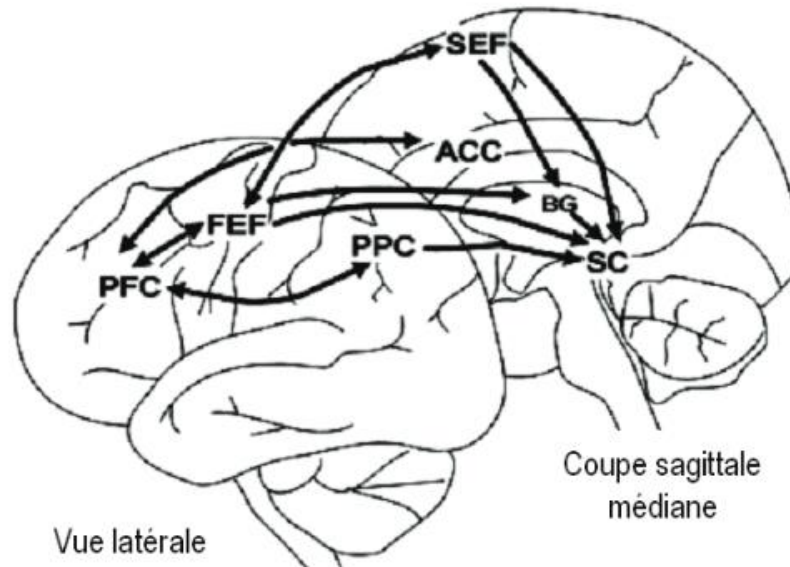
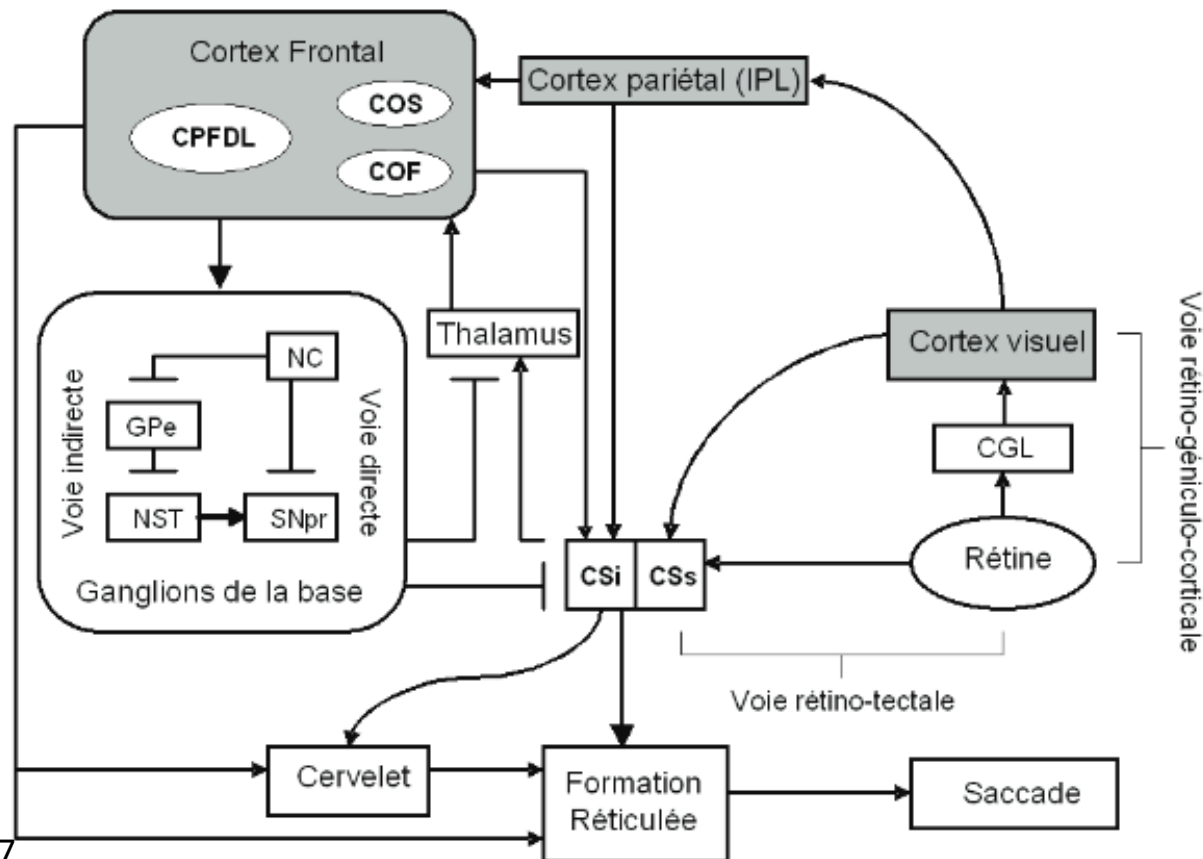


Schéma simplifié de la circuiterie cérébrale sous-tendant les saccades oculaires (adapté de Munoz & Everling, 2004). Les lignes se terminant par une flèche représentent les connexions excitatrices et celles se terminant par une barre, les connexions inhibitrices. Voir le texte pour explication. (CPF DL: cortex préfrontal dorsolatéral; COS: champ oculaire supplémentaire; COF: champ oculaire frontal; IPL: aire intrapariétale latérale; CSi & CSs: couches intermédiaires et superficielles du colliculus supérieur; CGL: corps genouillés latéraux; NC: noyau caudé; SNpr: partie réticulaire de la substance noire; GPe: segment externe du globule pallidus; NST: noyau sous-thalamique [ou corps de Luys].)



Différentes techniques

Exemple de l'EyeLink (vidéo-oculographie)

OCULOMETRIE

Différentes techniques

Exemple de l'EyeLink (vidéo-oculographie)

OCULOMETRIE

Oculométrie

L'**oculométrie** (eye-tracking ou gaze-tracking) regroupe un ensemble de techniques permettant d'enregistrer les mouvements oculaires.

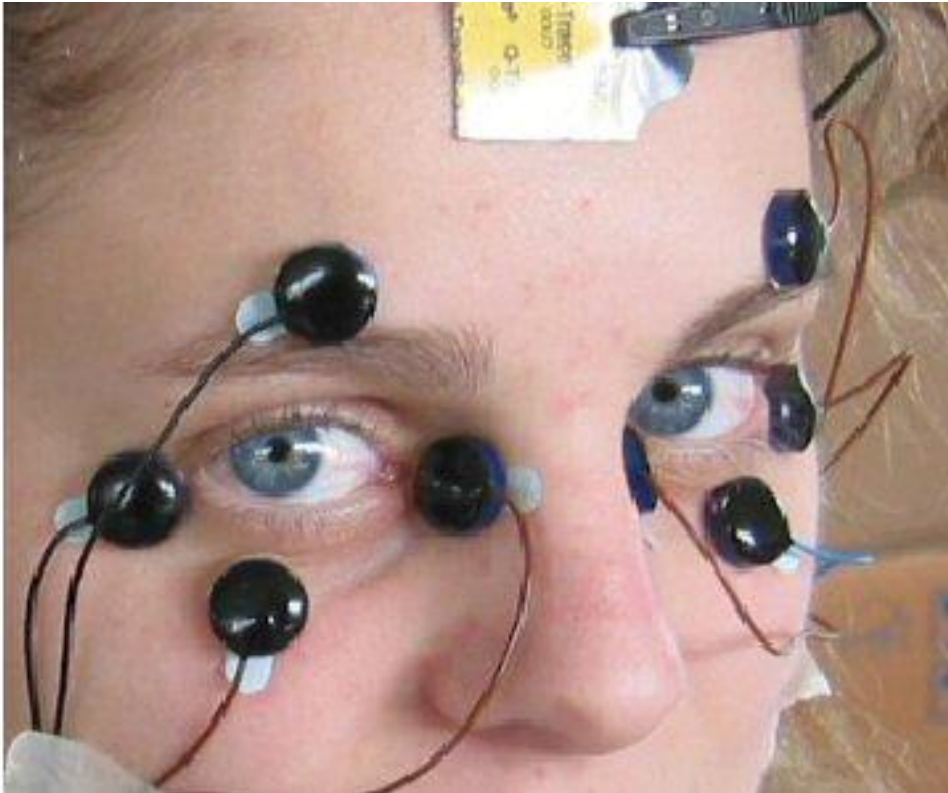
Les oculomètres les plus courants analysent des images de l'œil humain enregistrées par une caméra, souvent en lumière infrarouge, pour calculer la direction du regard du sujet. En fonction de la précision souhaitée, différentes caractéristiques de l'œil sont analysées.

D'autres techniques sont basées sur les variations de potentiels électriques à la surface de la peau du visage ou encore sur les perturbations induites par une lentille spéciale sur un champ magnétique.

On distingue:

- l'électro-oculographie (EOG)
- la galvanométrie
- la technique du reflet cornéen (capteur optique ou vidéo)

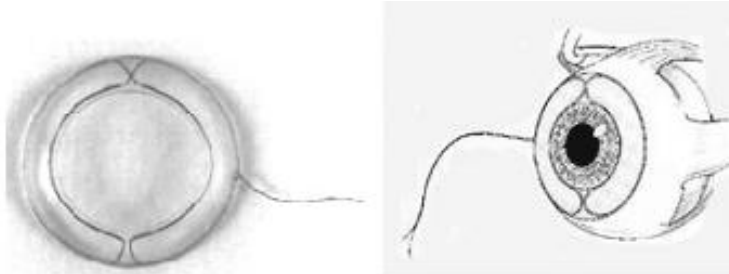
Electro-oculographie (EOG)



Elle permet de mesurer les différences de potentiels électriques induits par la rotation des yeux. Ces potentiels électriques sont captés par des électrodes placées autour des yeux.

- bonne résolution temporelle
mais faible résolution spatiale.

Galvanométrie



Le principe est de créer un champ magnétique et de repérer à l'intérieur de ce champ les variations d'un signal électrique traversant une lentille spéciale posée sur l'œil du sujet.



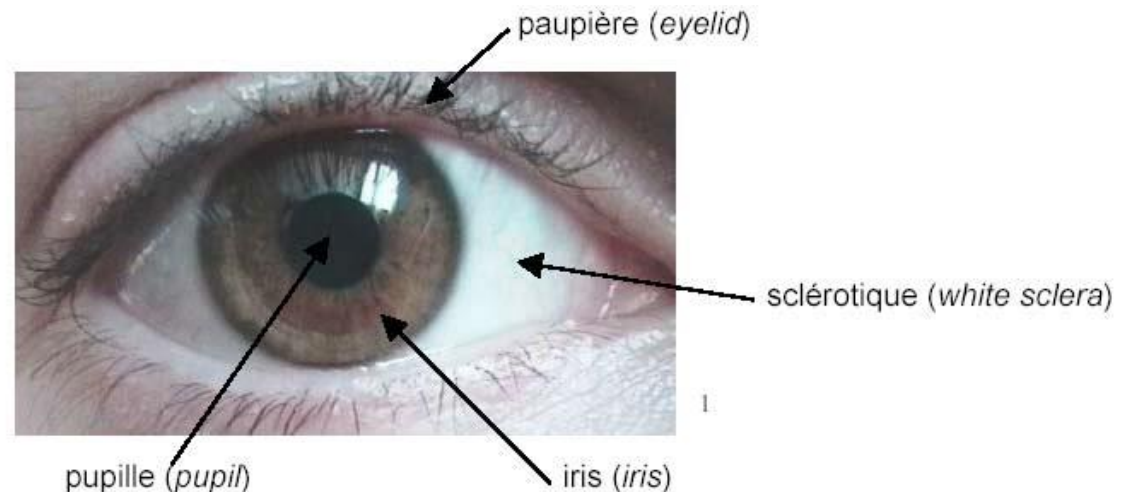
- bonnes résolutions temporelle et spatiale mais très contraignant!



Vidéo oculographie et reflet cornéen

Le principe consiste à envoyer au centre de la pupille une lumière infrarouge émise par une diode ou un ensemble de diodes. Le reflet infrarouge renvoyé par la cornée de l'œil est ensuite détecté.

Cette technique se prête facilement à des tests ergonomiques car il y a pas de contrainte (« tête libre »), la caméra étant placée sous l'écran et seule une phase de calibration est seulement nécessaire.



Vidéo-oculographie

Sur ce système, la lumière infrarouge illuminant l'œil amplifie la brillance de la pupille ce qui facilite son repérage par la caméra.

Après traitement informatique de l'image vidéo, le système est capable de repérer directement le centre de la pupille.

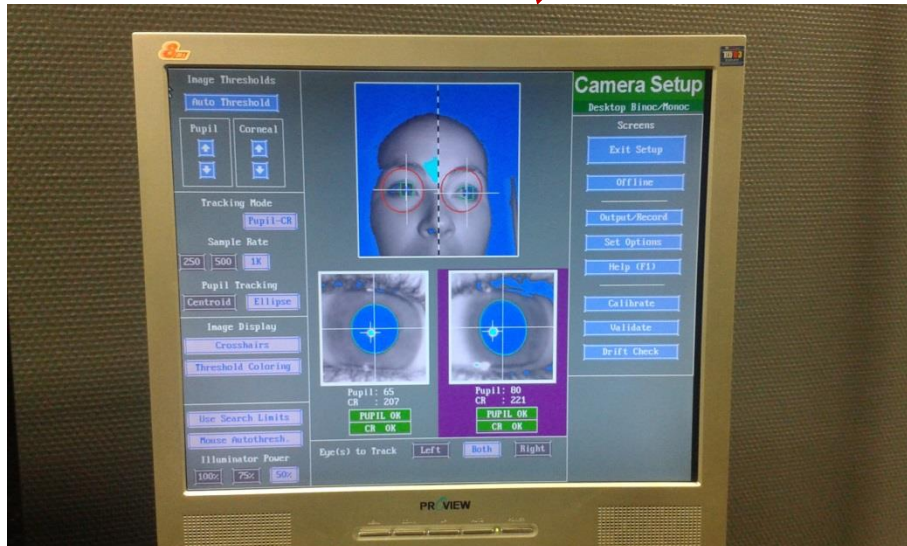
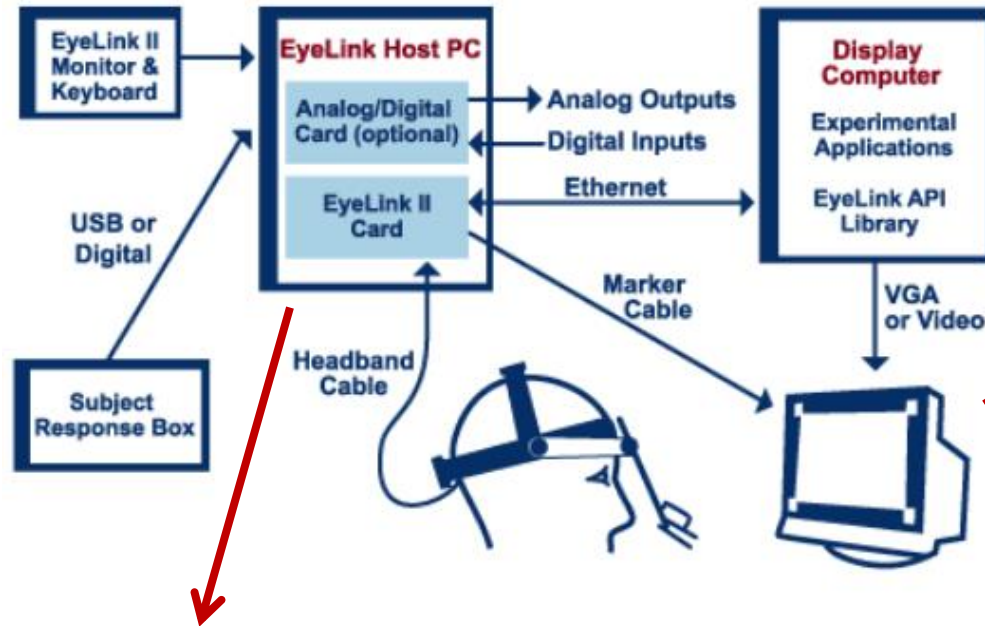
A chaque échantillon temporel, l'ordinateur calcule la position du regard dans les coordonnées de l'écran en mettant en correspondance la position calculée du centre de la pupille et celle du centre de la cornée extraites de l'image vidéo enregistrée.

Différentes techniques

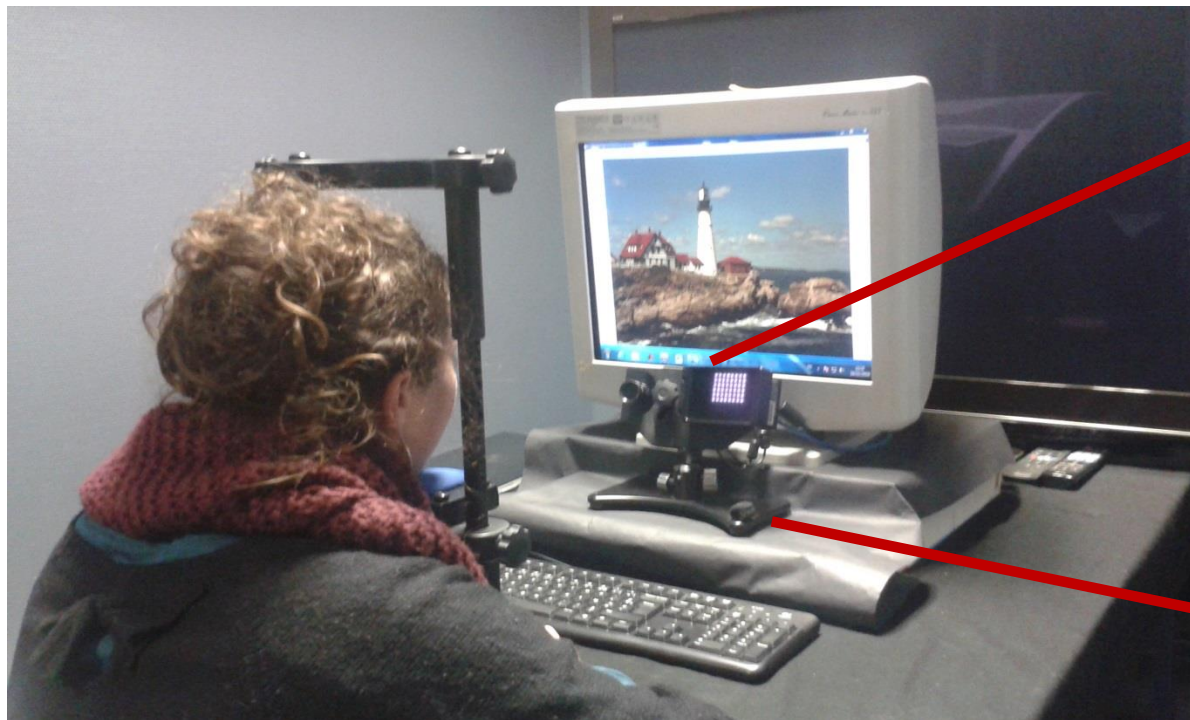
Exemple de l'EyeLink (vidéo-oculographie)

OCULOMETRIE

Exemple: SR Research et Eyelink

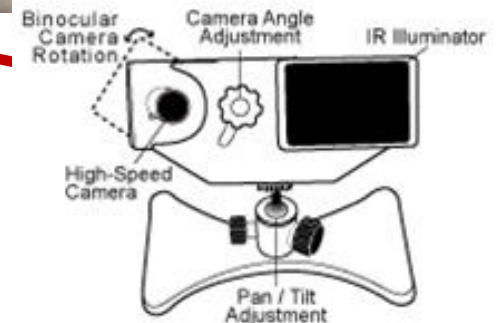


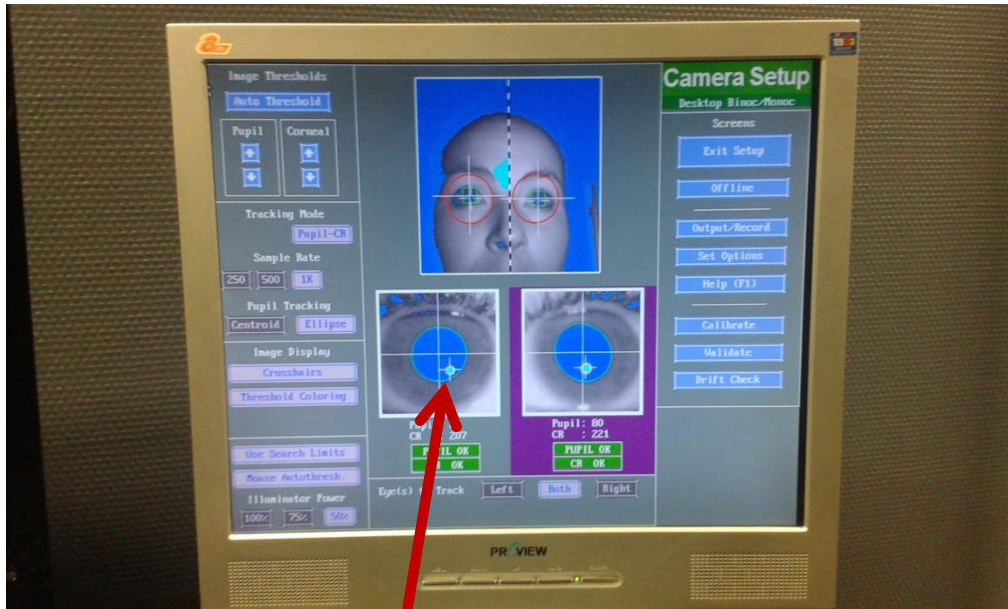
Example: SR Research et Eyelink



Caméra

Leds infra-rouge



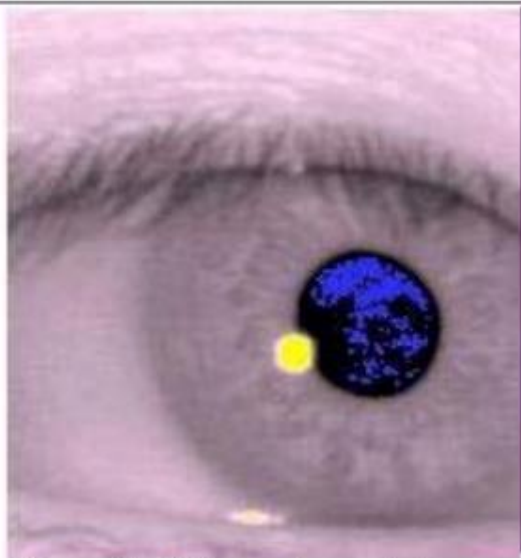


Les images de Purkinje (décrites par l'anatomiste tchèque Jan Evangelista **Purkinje**, 19e siècle), sont formées par les réflexions de la lumière incidente sur les surfaces des éléments optiques de l'œil : la cornée et le cristallin.

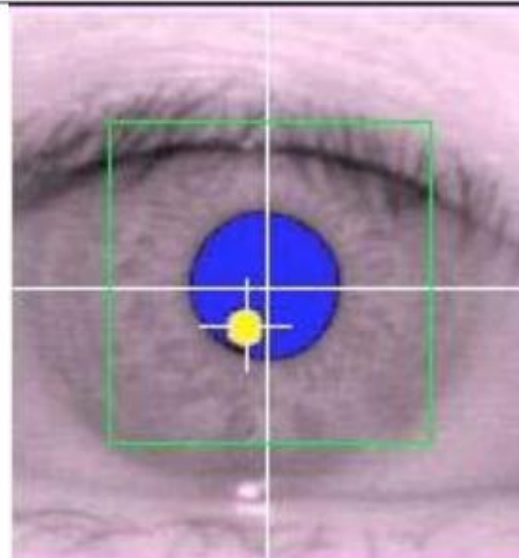
Elles peuvent être utilisées pour étudier la courbure et le décentrement relatif de ces surfaces optiques, ou repérer certains axes comme l'axe optique, et l'axe pupillaire.

Pour en savoir plus:

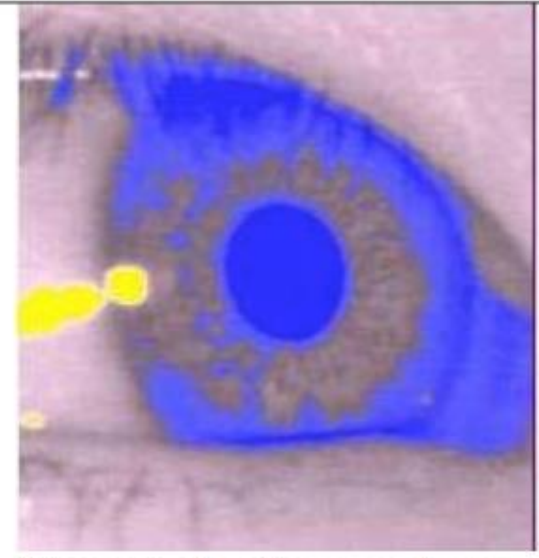
<https://www.gatinel.com/recherche-formation/axes-et-angles-remarquables-de-loeil/reflets-images-purkinje/>



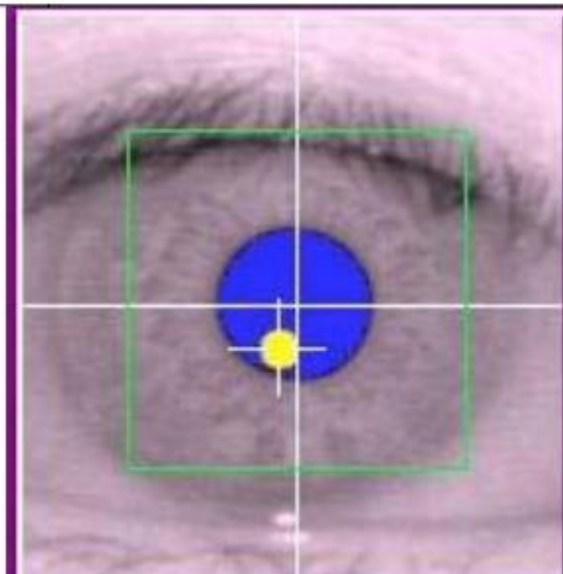
Pupil Clipped and Lost



Good



Corner shadow captures pupil



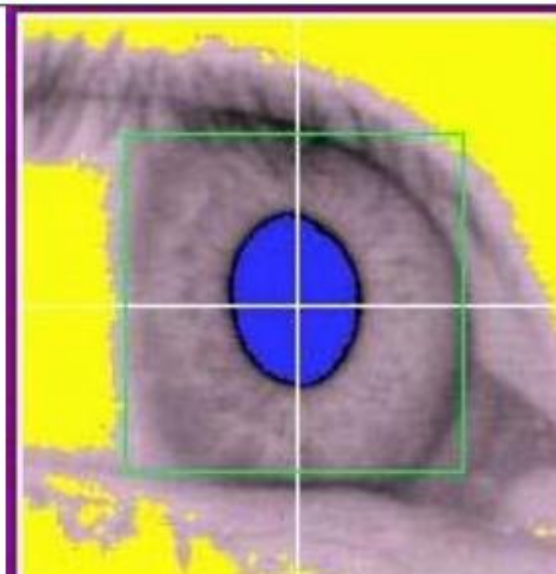
Thresholds :

P: 75

CR: 216

PUPIL OK

CR OK



Thresholds :

P: 76

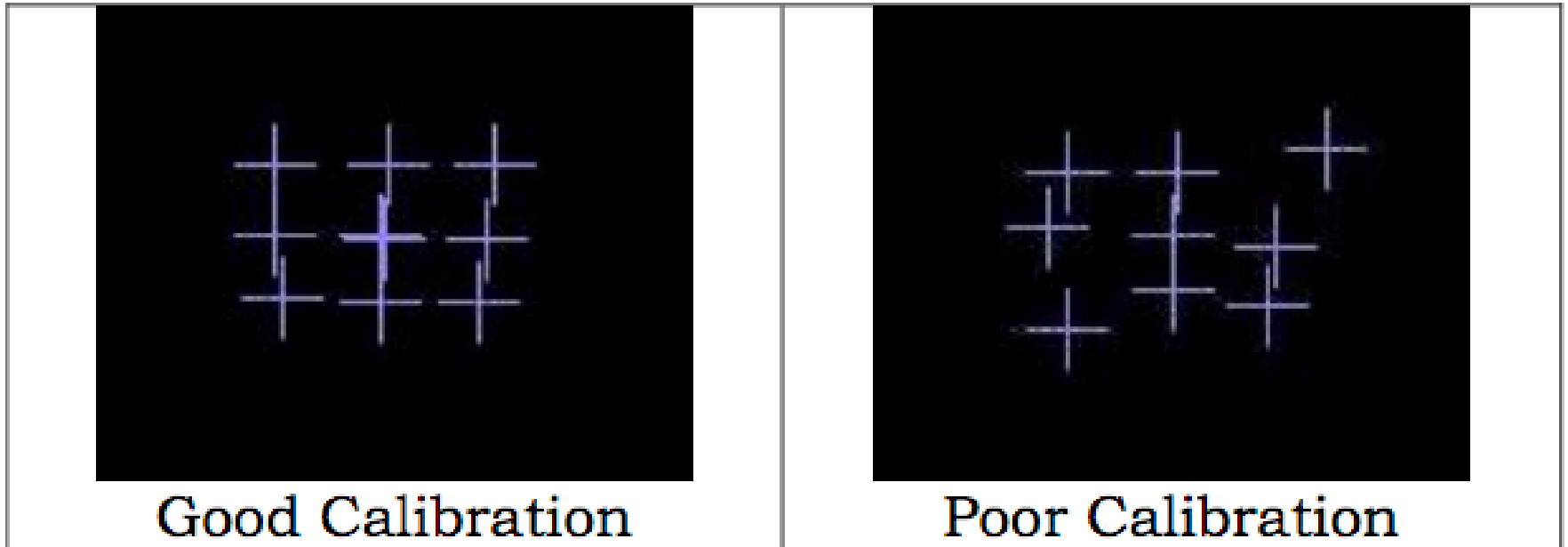
CR: 157

PUPIL OK

NO CR

Calibration

- La calibration
 - Permet de mettre en relation la direction du regard avec sa position sur l'écran



	Tower Mount	Primate Mount	Desktop and LCD Arm Mounts	
			Base System	Remote Option (license required)
Average Accuracy ¹	down to 0.15° (0.25° to 0.5° typical)		0.25-0.5° typical	
Sampling rate ²	Monocular: 250, 500, 1000, 2000 Hz		Monocular: 250, 500 Hz	
		Binocular*: 250, 500, 1000 Hz		
End-to-End Sample Delay ³	M < 1.8 msec, SD < 0.6 msec @ 1000 Hz M < 1.4 msec, SD < 0.4 msec @ 2000 Hz		M < 3.0 msec, SD=1.11 msec	
Blink/Occlusion Recovery	M < 1.8 msec, SD < 0.6 msec @ 1000 Hz M < 1.4 msec, SD < 0.4 msec @ 2000 Hz		M < 3.0 msec, SD=1.11 msec	
Spatial Resolution ⁴	< 0.01° RMS @ 1000 Hz < 0.02° RMS @ 2000 Hz		< 0.1° RMS	
Eye Tracking Principle ⁵	Dark Pupil - Corneal Reflection			
Pupil Detection Models	Centroid or Ellipse Fitting		Ellipse Fitting	
Pupil Size Resolution	0.2% of diameter		TBD	
Gaze Tracking Range	60° horizontally, 40° vertically		32° horizontally, 25° vertically	
Allowed Head Movements Without Accuracy Reduction	±25 mm horizontal or vertical ⁶ , ±10 mm depth		22x18x20 cm (horizontal x vertical x depth)	
Optimal Camera-Eye Distance	Fixed at about 38 cm		Between 40 - 70 cm	
Glasses Compatibility	Good		Excellent	Good
On-line Event Parsing	Fixation / Saccade / Blink / Fixation Update			
EDF File and Link Data Types	<ul style="list-style-type: none"> raw eye position HREF position gaze position pupil size buttons messages digital inputs 			
Real-Time Operator Feedback	Eye position cursor or position traces. Camera images and tracking status.			

* Binocular Recording not available with the LCD Arm Mount

¹ Measured with real eye fixations at multiple screen positions on a per subject basis.

² Availability of some sampling rates depends on the camera licensing. Values in Table are Color Coded: EyeLink 1000 system; [EyeLink 2000 system required](#)

³ Time from physical event until first registered sample is available via Ethernet or Analog output. Optional data filter algorithm adds one sample delay for each filtering level.

⁴ Measured with an artificial pupil.

⁵ Pupil-Only tracking mode is available for use in head fixed conditions.

⁶ Binocular tracking with Desktop Mount can reduce allowed head movement to approx. 25 mm Horizontal and Vertical.

Définition d'une saccade

- Une saccade est
 - Un déplacement, une vitesse et une accélération

Cognitive Configuration:	Pursuit and Neurological Configuration:
recording_parse_type = GAZE	recording_parse_type = GAZE
saccade_velocity_threshold = 30	saccade_velocity_threshold = 22
saccade_acceleration_threshold = 8000	saccade_acceleration_threshold = 4000
saccade_motion_threshold = 0.15	saccade_motion_threshold = 0.0
saccade_pursuit_fixup = 60	saccade_pursuit_fixup = 60
fixation_update_interval = 0	fixation_update_interval = 0

- Une fixation
 - N'est ni un clignement, ni une saccade

Fichier résultats

- Fichiers brutes
 - edf
 - asc : fichier texte
 - Extraction des événements
 - Synthèse par essais

Fichier résultats

1894431	226.8	142.4	1072.0	...	
1894435	227.2	143.3	1074.0	...	
1894439	227.5	144.0	1075.0	...	
1894443	227.2	144.8	1075.0	...	
EFIX L	18942911894443	156	227.5	140.3	1052
SSACC L	1894447				
1894447	223.6	143.8	1074.0	...	
1894451	215.7	139.7	1073.0	...	
1894455	205.8	132.8	1073.0	...	
1894459	200.1	126.7	1073.0	...	
ESACC L	18944471894459	16	223.6	143.8	200.1
126.7	1.10	99			
SFIX L	1894463				
1894463	199.3	126.1	1075.0	...	
1894467	201.3	128.8	1077.0	...	
1894471	203.2	131.2	1080.0	...	
1894475	204.7	132.5	1082.0	...	
1894479	205.6	132.9	1083.0	...	
1894483	205.9	133.8	1087.0	...	
1894487	205.3	134.3	1090.0	...	
1894491	204.7	134.0	1090.0	...	
1894495	203.9	133.8	1094.0	...	
1894499	203.9	133.6	1099.0	...	

Cursor Location:

Data: 673.8
Plot T: -79
File T: 3797615

File:

43PONEM.edf
43PONEM.vdf

Block: 38 of 72

TRIALID: PIX38 ima\ville23..

Plot Units:

X,Y: 1.0 pixel
T: 1.0 msec.

Pixels/deg:

X: 22.7
Y: 18.1

Filter: OFF

Data: Binocular

Plot	Key
L Gaze X	1
L Gaze Y	2
R Gaze X	3
R Gaze Y	4

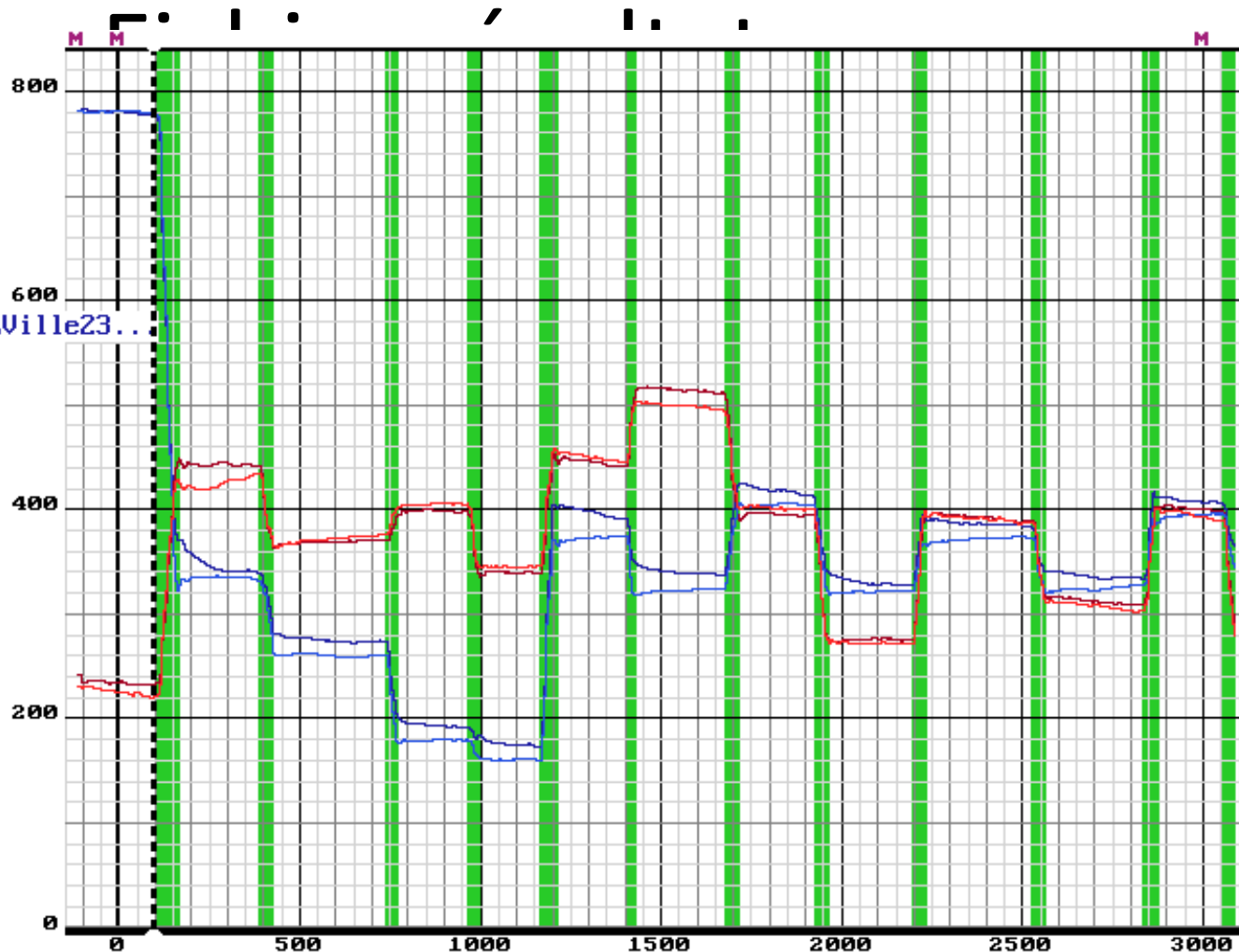
Saccade



Blink



Event



EVENT #17 Time: 98 to 162 (plot), 3797792 to 3797856 (file)

TYPE: Saccade Start (Left)

Duration: 64 msec.

Velocity ($^{\circ}$ /s): 347 avg. 599 pk, at 0.28

Avg Acceleration ($^{\circ}$ /s/s): 19609

Peak accel, decel: 51476, 23704

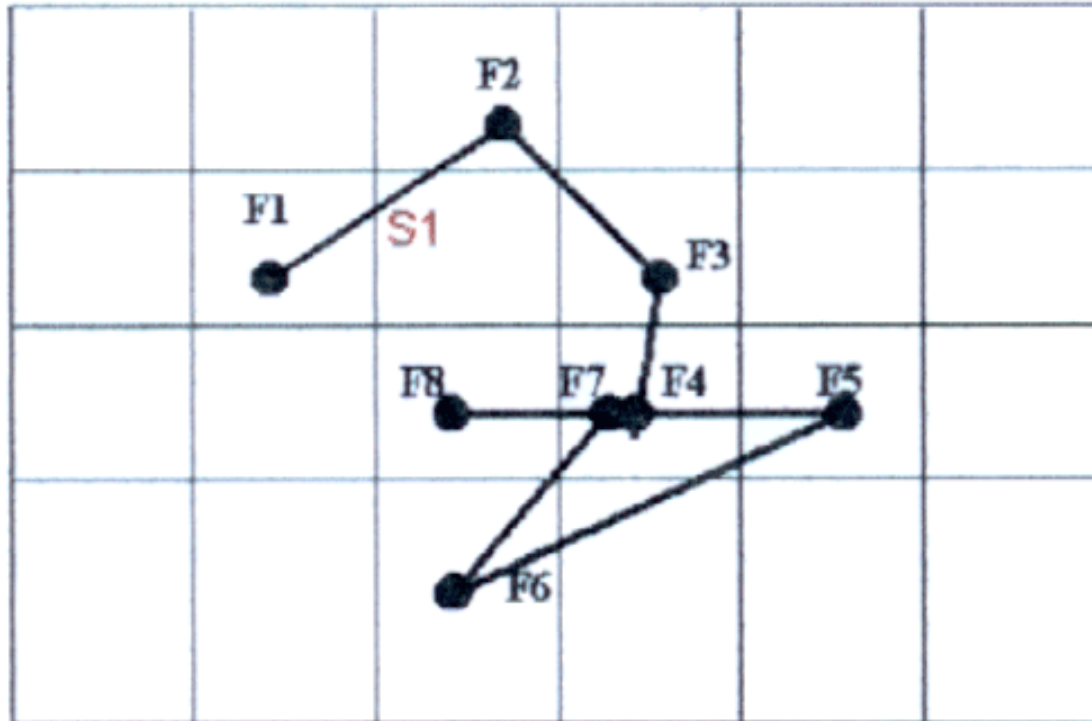
Amplitude: 21.96°

Scanpath Distance: 22.55°

Scanpath Angle: 149°

(cont'd)

Données



Saccades (Durée, amplitude, pic de vitesse)

Fixations (Position, durée)

Notion de Scanpath

Représentation schématique d'un parcours oculaire avec numérotation des fixations F_i
(une saccade S_i étant définie comme l'intervalle entre deux fixations)

SACCADES ET ATTENTION VISUELLE

Qu'est-ce- que l'attention?

- « Everyone knows what attention is. It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalisation, concentration, of consciousness are of its essence » - James (1890)
- L'attention correspond au processus qui nous permet de nous focaliser sur un attribut spécifique de l'environnement ou sur certaines pensées ou activités

Attention visuelle

- Quand nous regardons un stimulus visuel ou une scène qu'est-ce – qui dirige notre attention visuelle?
- Est-ce que l'attention est capturée par les propriétés de la scène visuelle ou est-ce que nous pouvons de manière intentionnelle portée notre attention sur telle ou telle région ou attribut?
- En d'autres mots est ce que l'attention est contrôlée par « nous » ou par le stimulus?
 - « Top-down » versus « bottom-up » processes
- On distingue l'attention visuelle covert (sans mouvement oculaire) et l'attention visuelle overt

« Spotlight » métaphore

- L'attention visuelle peut être vue comme un « spot » lumineux qui bouge et qui nous permet de sélectionner des régions de l'environnement visuel
- Michael Posner (1980) a montré qu'à l'endroit de ce « spotlight » les performances de traitement / détection de l'information visuelle étaient augmentées
- Donc l'attention est dirigée par des endroits de l'espace (space-based model of attention)
- Posner (1978, 1980) a étudié l'effet d'un indicage spatial (visually pre-cueing) d'une région du champ visuel sur la détection d'une cible
- Les premières expériences utilisant ce paradigme se faisaient sans mouvement oculaire (covert attention)

Posner task

Subjects are instructed to fixate on a central marker.

One of two boxes (left/right) flashes to capture the subject's attention (an automatic, involuntary response).

After a short delay (stimulus onset asynchrony - SOA) an asterisk appears in one of the boxes.

The subject has to report as quickly as possible in which box the asterisk appeared.

Results:

For short SOAs (< 200 ms), subjects respond faster if flash and asterisk appear on the same side than when they appear on different sides.

⇒ Cueing of attention to relevant location allows faster response.

For longer SOAs (up to 1000 ms), subjects respond more slowly if flash and asterisk appear on the same side.

⇒ Inhibition-of-Return mechanism makes attention less likely to return to the side of the flash until the asterisk appears.

About eye movements and visual attention

Usually, saccades follow shifts of attention to provide high acuity at the attended position.

It is possible to look at an object without paying attention to it (staring).

It is possible to shift attention without eye movement (covert shifts of attention).

It is impossible to perform a saccade while not shifting attention.

During specific, natural tasks it is reasonable to assume that saccades follow shifts of attention.

Tâches saccadiques

Exploration de scènes

« Saccadic reaction time »

PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

Tâches saccadiques: fonctions exécutives

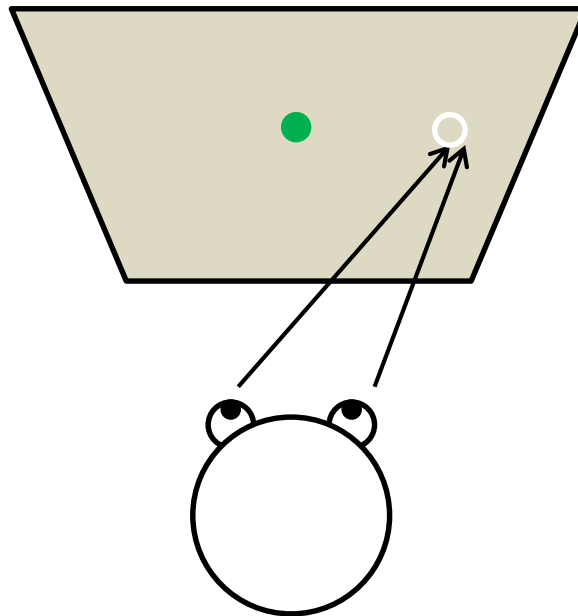
Exploration de scènes

« Saccadic reaction time »

PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

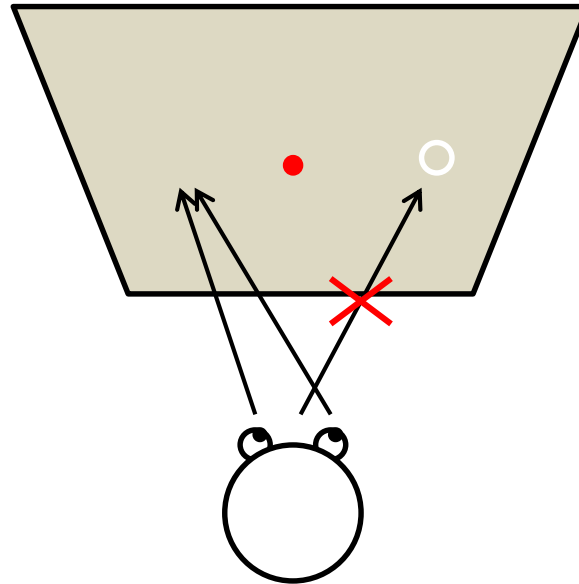
Pro-saccades (PS)

→ Orienter son regard en direction de l'indice périphérique.



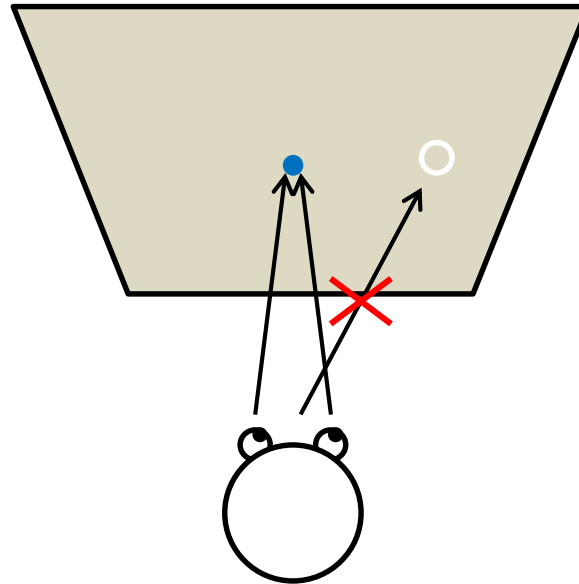
Anti-saccades (AS)

- Orienter son regard à l'opposé du côté d'apparition de l'indice périphérique.
- Inhibition de la pro-saccade automatique + programmation d'une saccade en position miroir.



Non-saccades (NS)

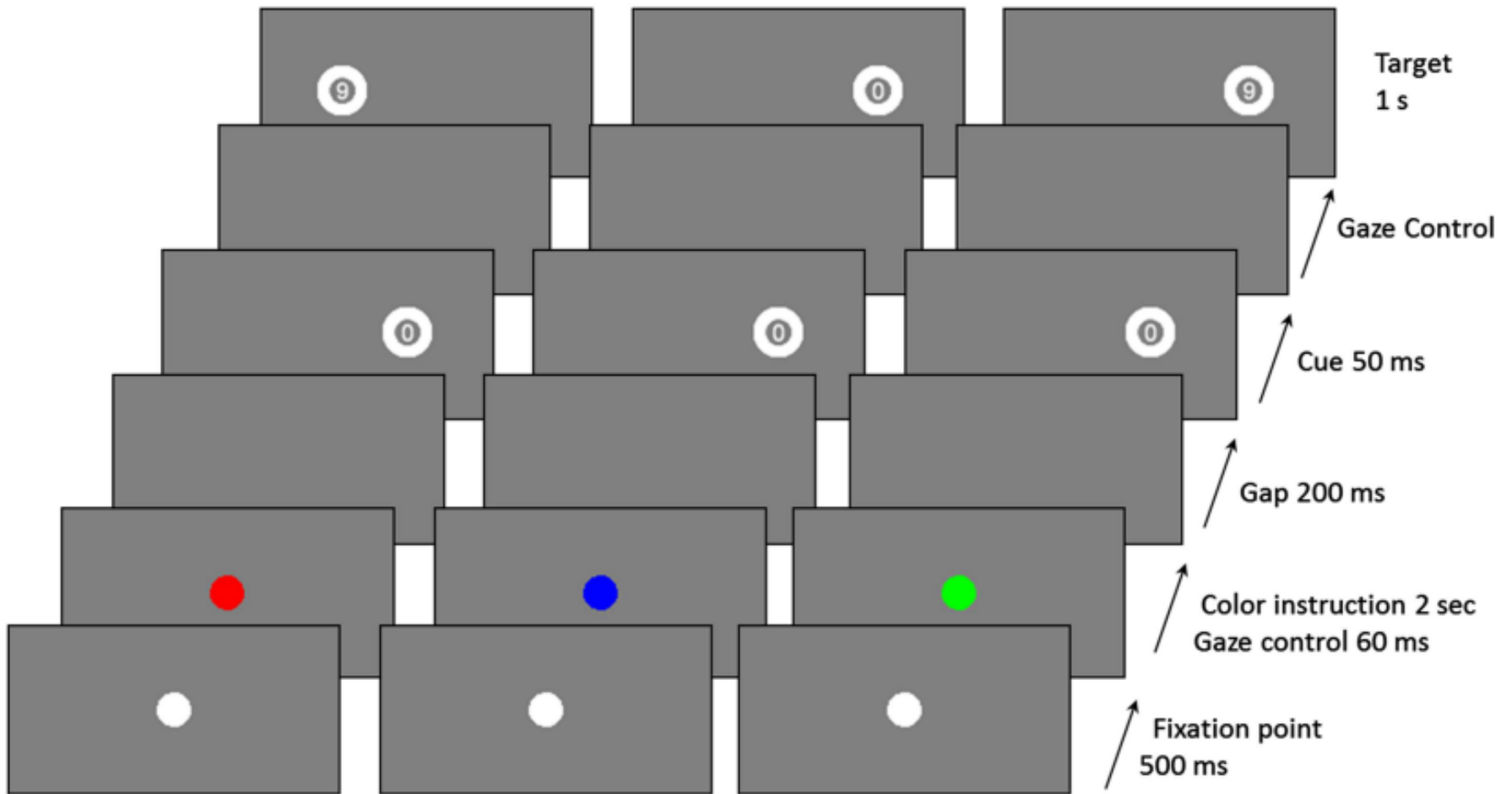
- Maintenir son regard au centre de l'écran.
- Inhibition de la pro-saccade automatique.



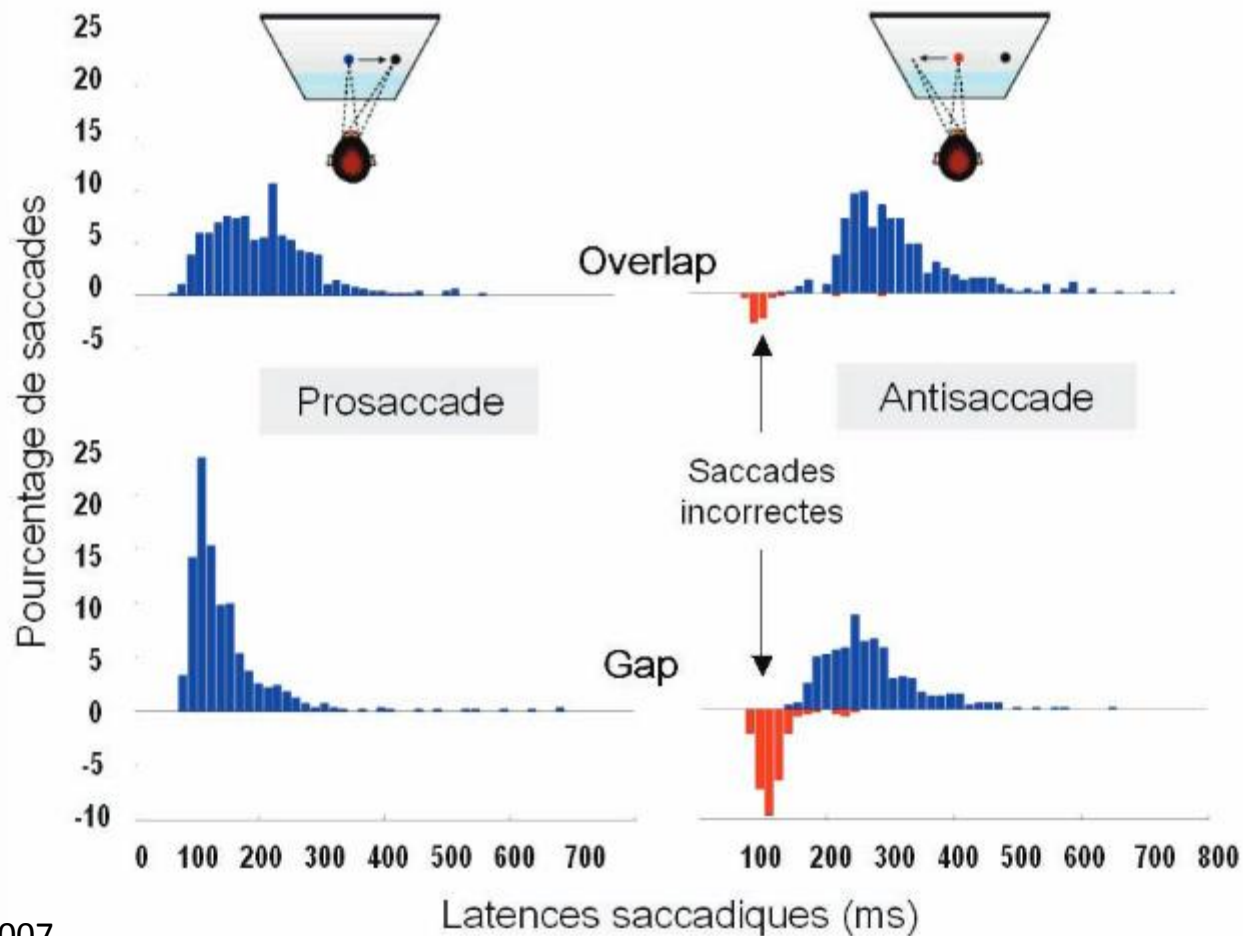
Variables dépendantes

- Variables mesurées :
 - **Latences (essais corrects en ms)** en PS et AS.
 - **Erreurs (%)** en NS et en AS.

Paradigme SPAN



Exemples de distributions de latences saccadiques individuelles (obtenues par Malsert et al., 2007) en fonction du type de saccade (Prosaccade vs. Antisaccade) et de la présence (Gap) ou non (Overlap) d'un intervalle temporel de 200 ms entre l'extinction du point de fixation et la présentation de la cible. Les latences présentées au dessus de la ligne des abscisses correspondent à des saccades correctes. Celles au dessous de la ligne, à des saccades dans la direction opposée.



Outils en clinique....

- De très nombreuses recherches
 - Schizophrénie
 - Troubles de l'humeur
 - Bipolarité
 - Troubles de l'attention/hyperactivité

Everling S, Fischer, B. The antisaccade: a review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia*. 1998;36(9):885–899.

Hutton SB, Ettinger U. The antisaccade task as a research tool in psychopathology: a critical review. *Psychophysiology*. 2006;43(3): 302–313.

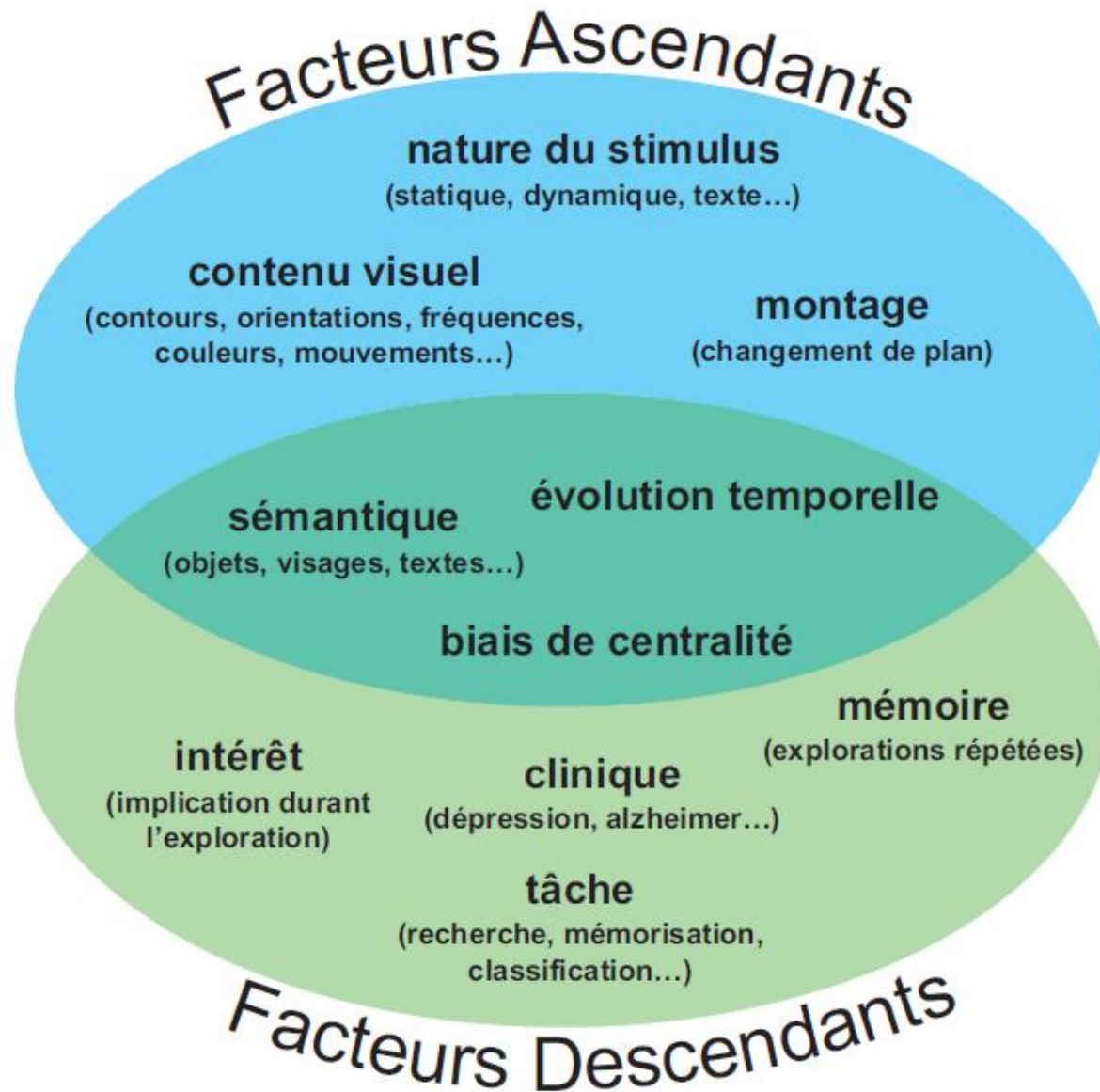
<http://www.optomotorik.de/blicken/anti-rev.htm>

Tâches saccadiques

Exploration de scènes

« Saccadic reaction time »

PROTOCOLES EXPERIMENTAUX



Consignes / intention



economic level?



Activity of the family?



Pos. of people & objects



Free exploration



how old?



Clothing



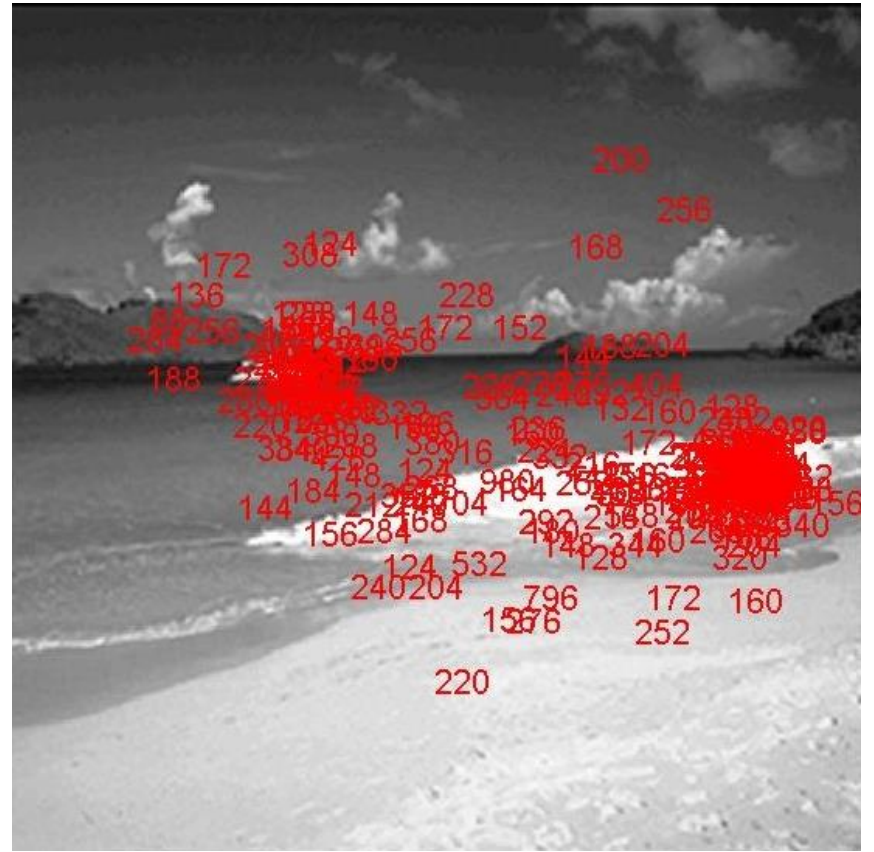
Since how long the visitor..



From 1 to 7, the subject is asked to answer a different question, Yarus (1967).

Différentes analyses/expériences

On enregistre les mouvements oculaires de participants visualisant des images



Différentes analyses/expériences

On enregistre les mouvements oculaires de participants visualisant des images:

- (1) et on étudie les statistiques « signal » des régions fixées comparativement aux régions non fixées
- (2) et on modifie le stimulus visuel et on regarde l'effet de cette modification sur les mouvements oculaires des participants
- (3) et on compare les régions fixées à des modèles d'attention visuelle (de saillance)

Remarque: dans la suite chaque cas d'étude est illustré à travers une ou plusieurs expériences (mais attention il existe de très nombreuses autres études....)

(1) Statistiques « signal »

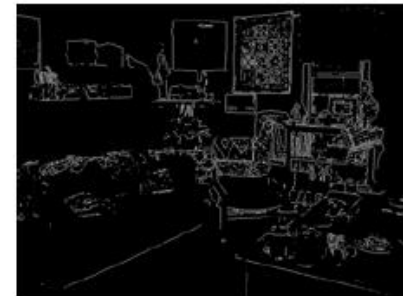
A Original Image with Grid



B Luminance



C Edge Density



D Clutter

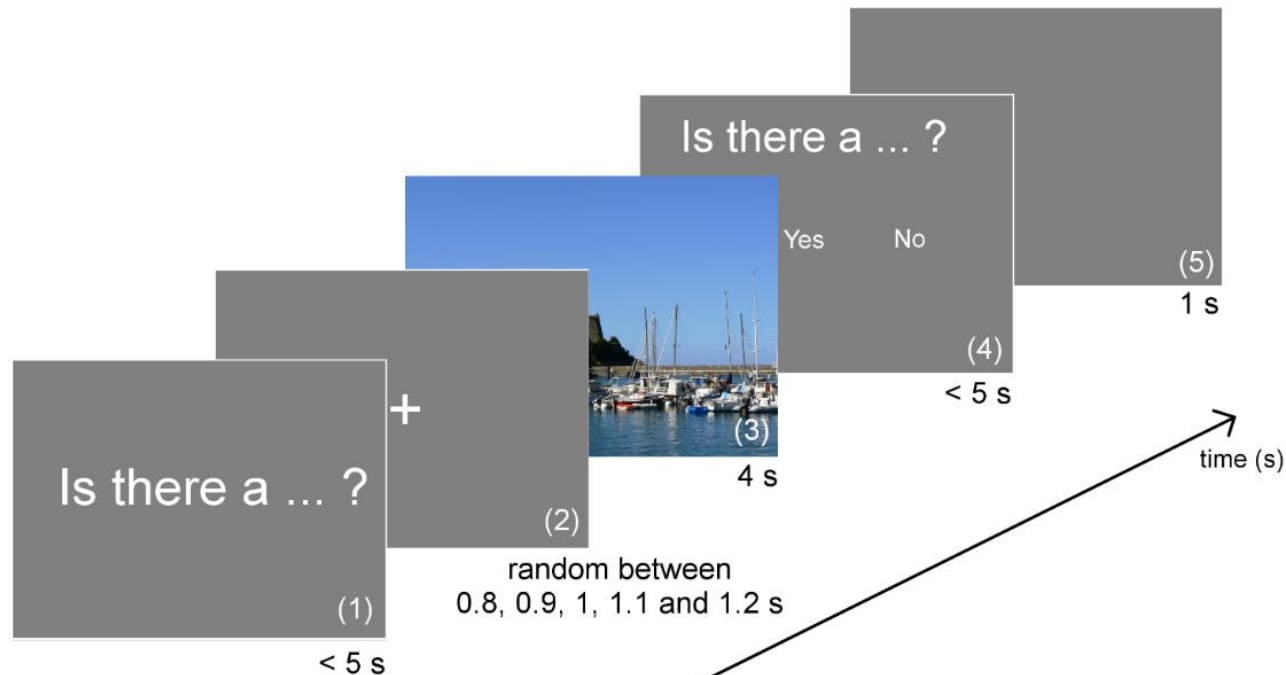


E Image Segmentation



Figure 1. Example image and feature maps. (A) The original image with the analysis grid overlaid. (B) Luminance map. (C) Edge density map after filtering the image with a Sobel operator. (D) Feature-congestion visual clutter map. (E) Synergistic segmentation of the scene, resulting into 2,277 homogenous tiles.

(2) Modification de la tâche / d'une région de l'image/ d'un objet



4 experimental sessions one per task (Tatler, Gilchrist & Rusted (2003):

- Free exploration (FE)
- Categorization (CAT)
- Visual search (VS)
- Spatial Organization (SO)

39 observers were eye-tracked
240 color images : 120 indoor and
120 outdoor (768 x 1024 pixels,
subtended 30° x 40°)



FE: Free Exploration



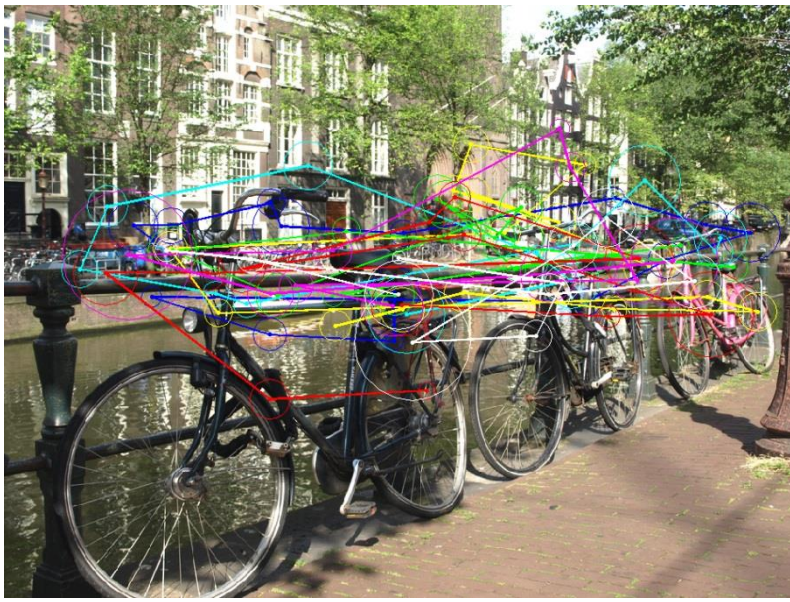
CAT: Categorization



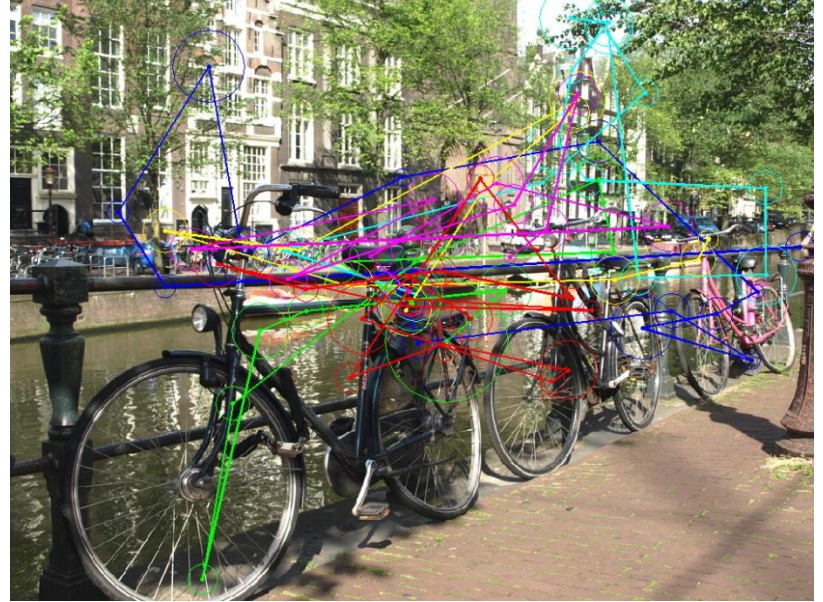
VS: Visual Search
Is there a blue truck?



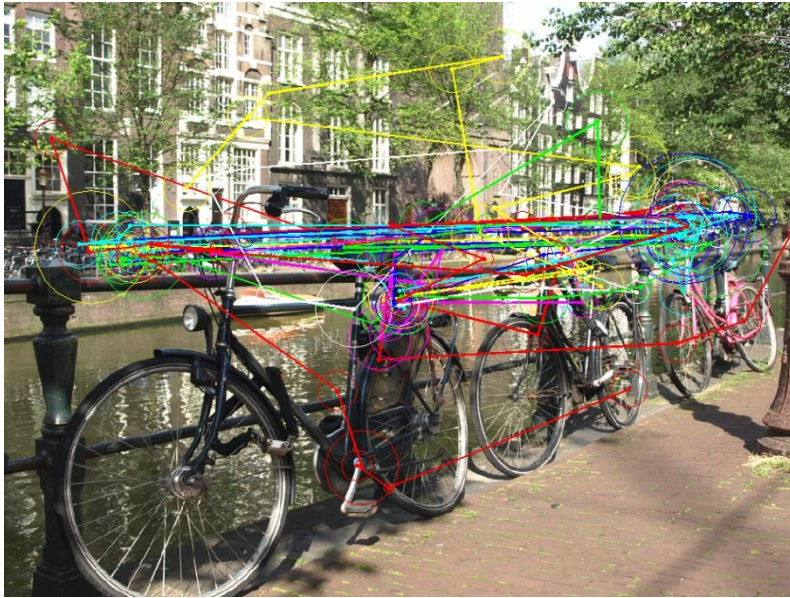
SO: Spatial Organization
Is the pink bicycle on the left or right side of the bicycl



FE: Free Exploration



CAT: Categorization



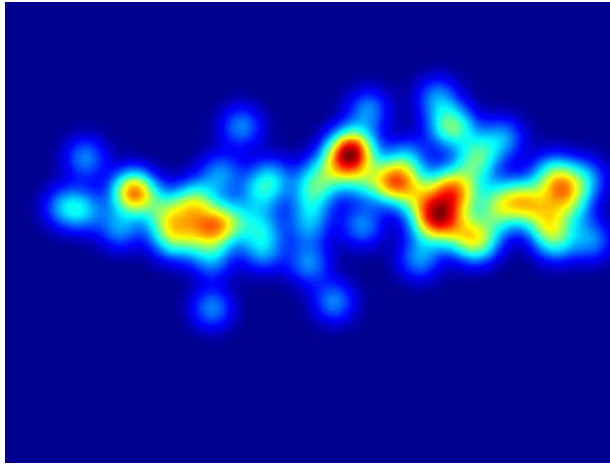
VS: Visual Search



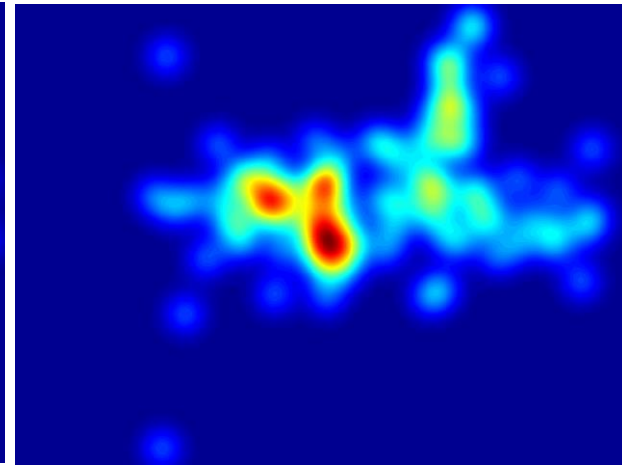
SO: Spatial Organization

Positions of fixations

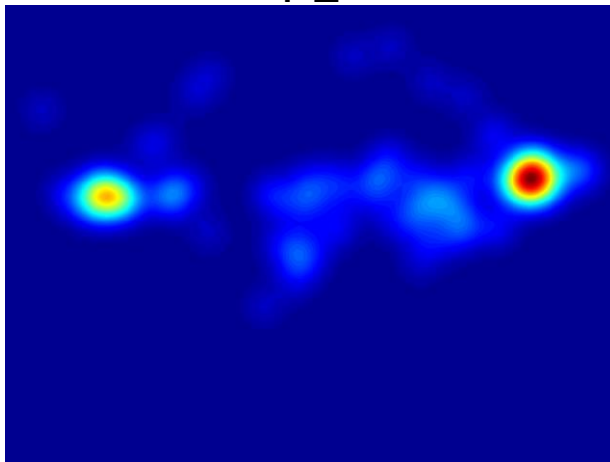
Eye fixation density maps



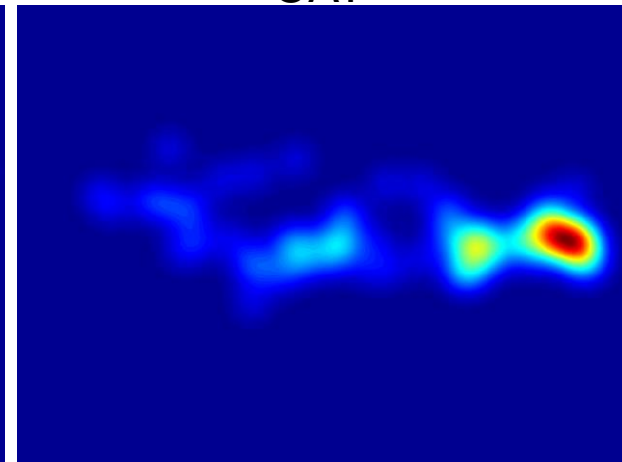
FE



CAT



VS



SO

(3) Modèle d'attention visuelle

IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 35, NO. 1, JANUARY 2013

State-of-the-Art in Visual Attention Modeling

Ali Borji, *Member, IEEE*, and Laurent Itti, *Member, IEEE*

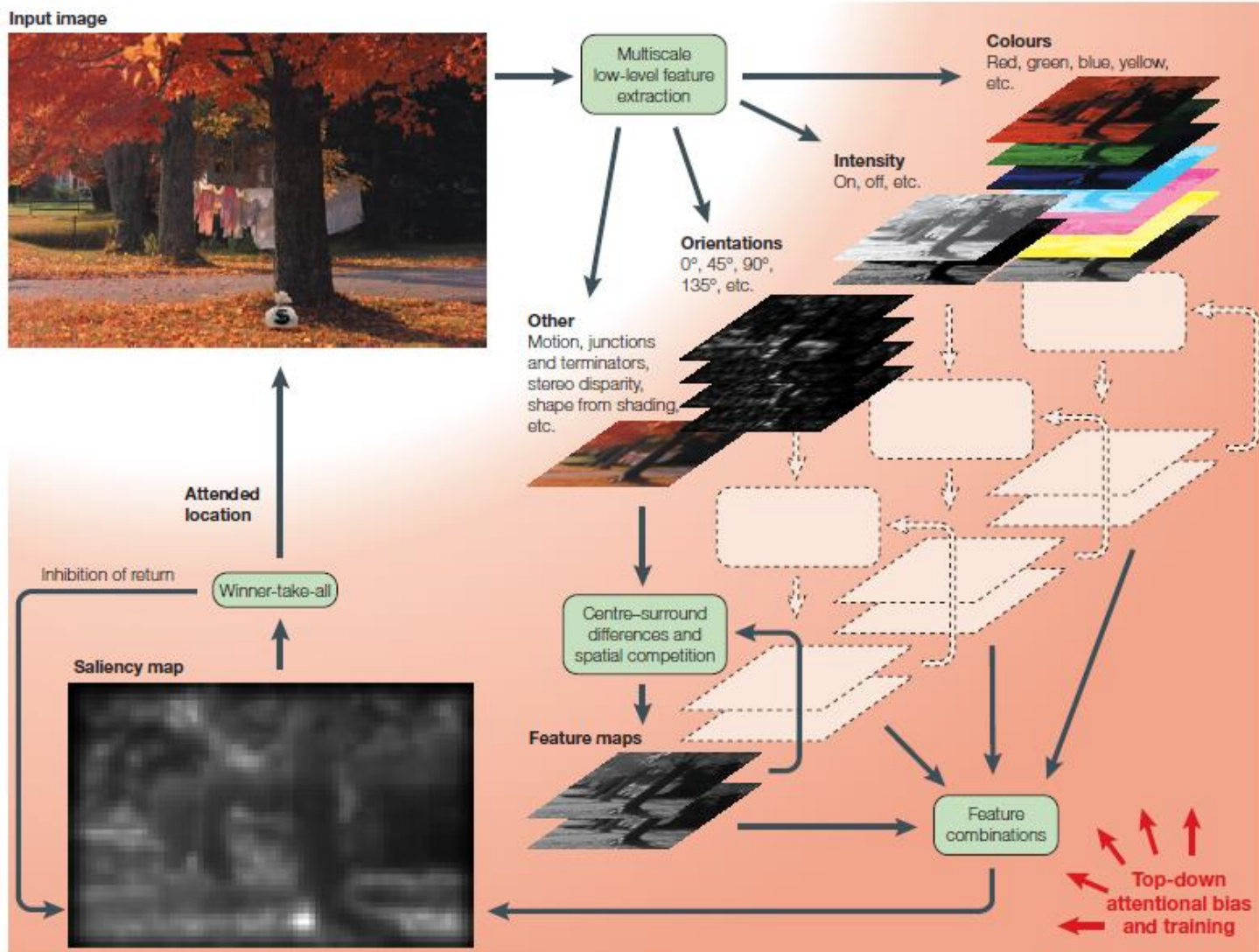
A taxonomy of models:

- Information Theoretic
- **Cognitive**
- Graphical
- Spectral analysis
- Pattern classification
- Bayesian

COMPUTATIONAL MODELLING OF VISUAL ATTENTION

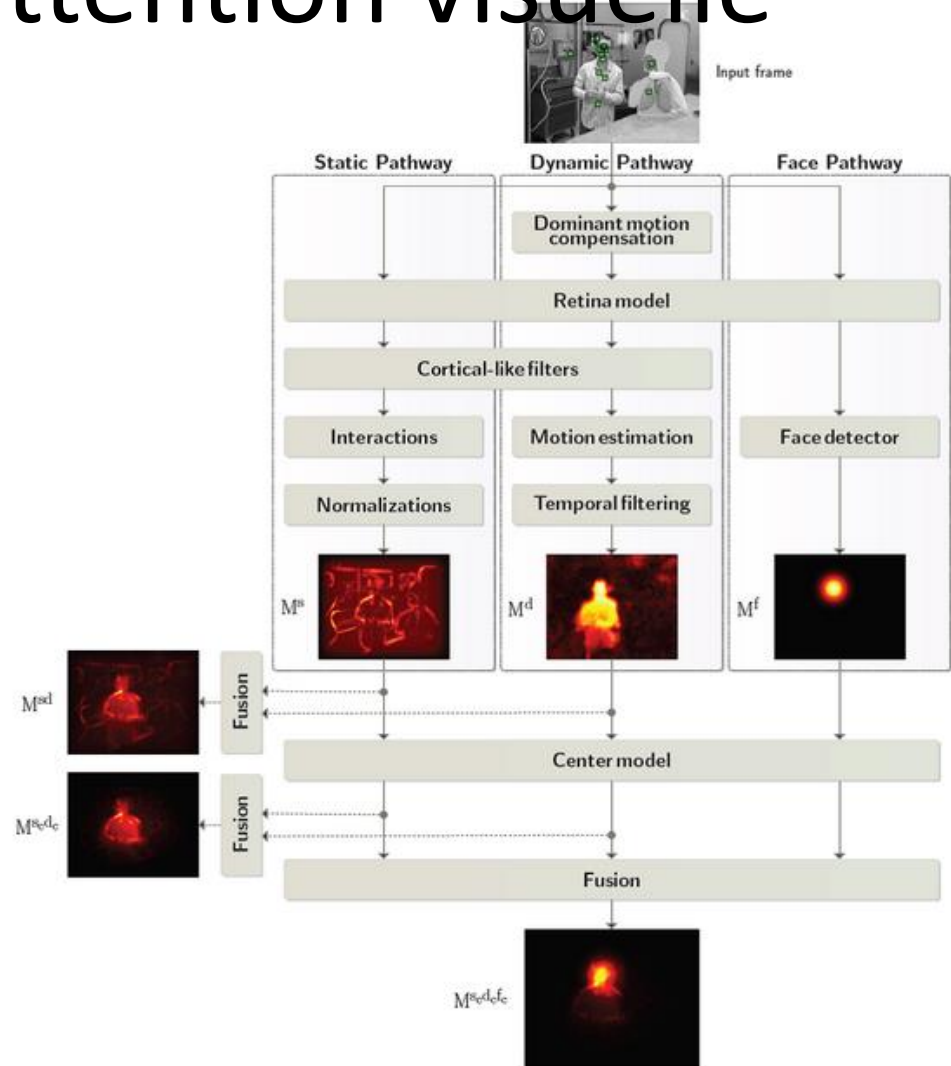
Laurent Itti* and Christof Koch†

Input image



(3) Modèle d'attention visuelle

- Since, the model of Koch & Ullman, models have been improved:
 - from basic visual features to more complex features like faces and sound (previous talk Coutrot)
 - ... the centre bias*



* Tseng, Carmi, Cameron, Munoz, & Itti, 2009

(4) Comparaison Modèle/Positions oculaires

Plusieurs critères (Lemur & Baccino, 2013 pour une revue)

- DKL (Divergence de Kullback Leibler)
- NSS (Normalized Scanpath Saliency, Petters & Itti, 2008)
- Corrélacion spatiale
- ROC (AUC, area under the curve of Receiver Operating Characteristics)

Voir aussi

<https://sites.google.com/site/saliencyevaluation/home>

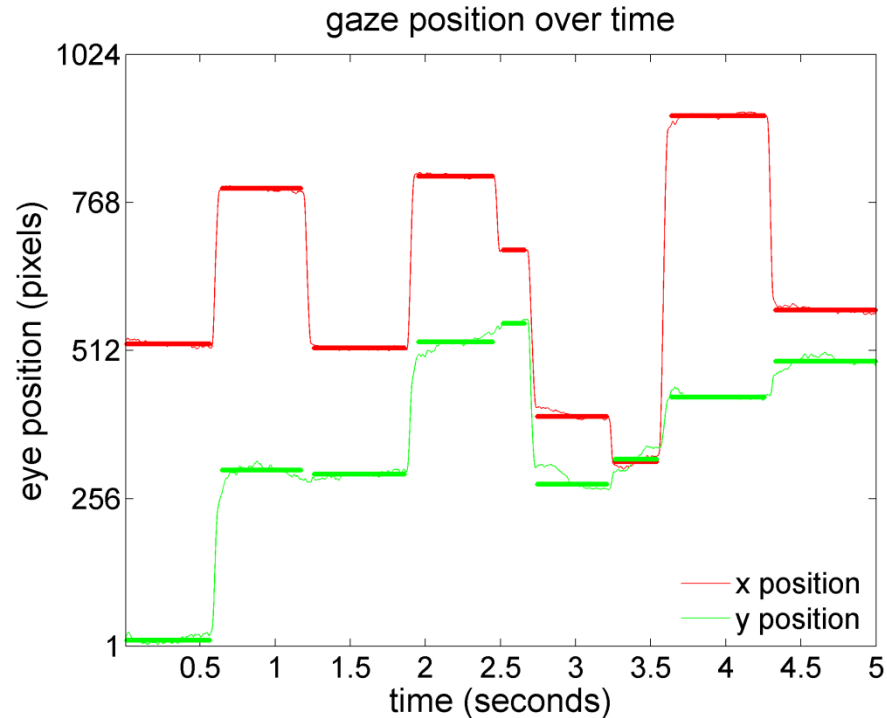
Des outils pour comparer des scanpaths:

- Voir ScanMatch (<http://seis.bris.ac.uk/~psidg/ScanMatch/>)

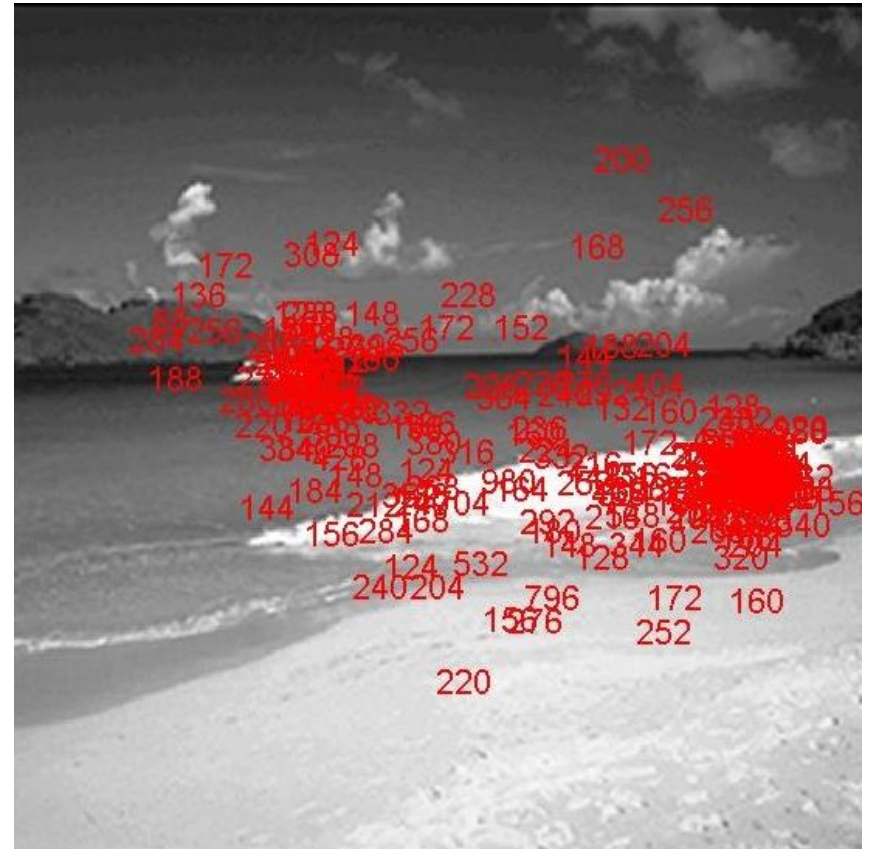
Autres analyses/résultats possibles

Classiquement on analyse les positions des fixations via des cartes de densité mais on peut aussi analyser les durées des fixations, les directions des saccades etc...

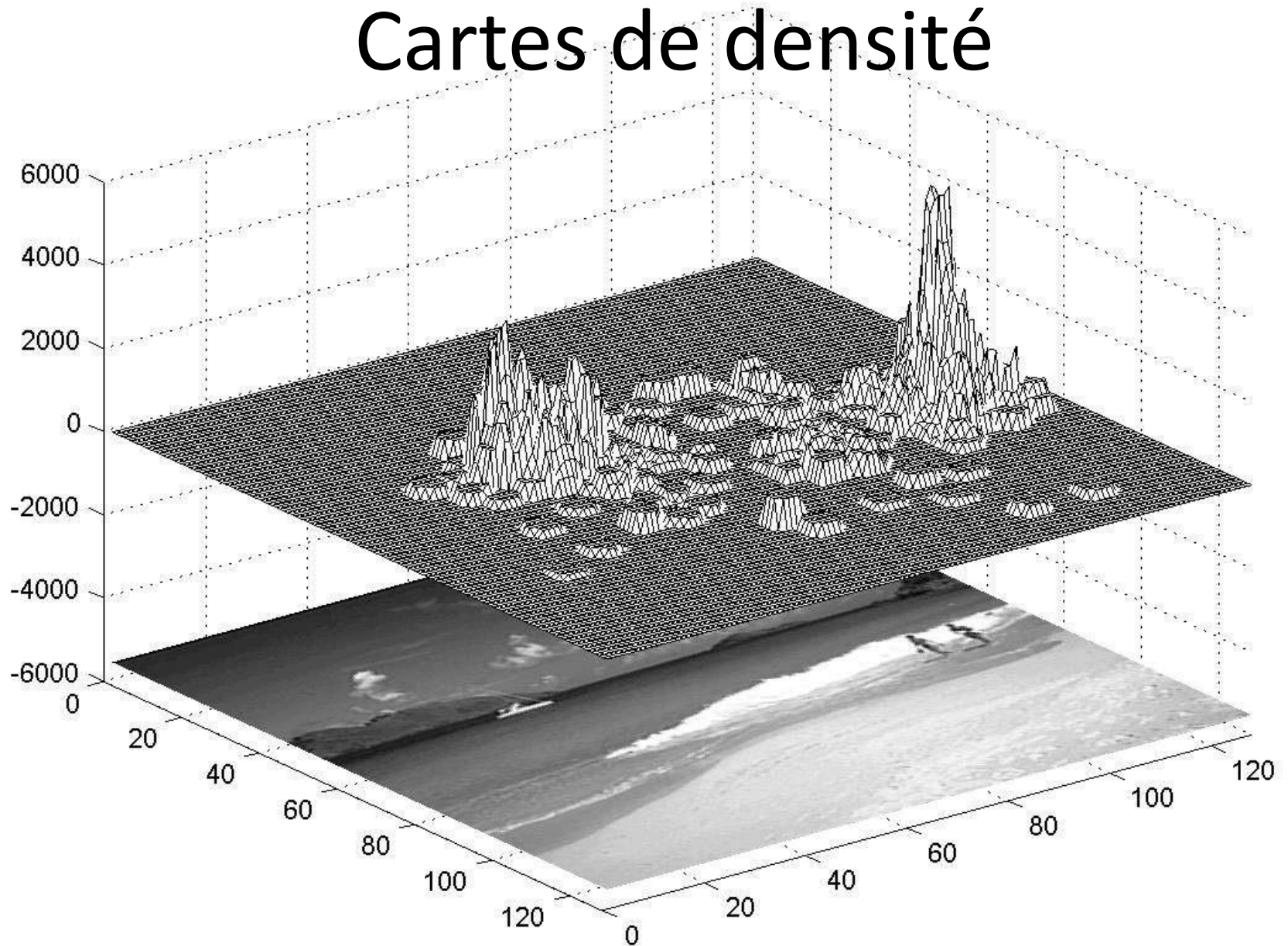
Représentation spatiale



Cartes de densité



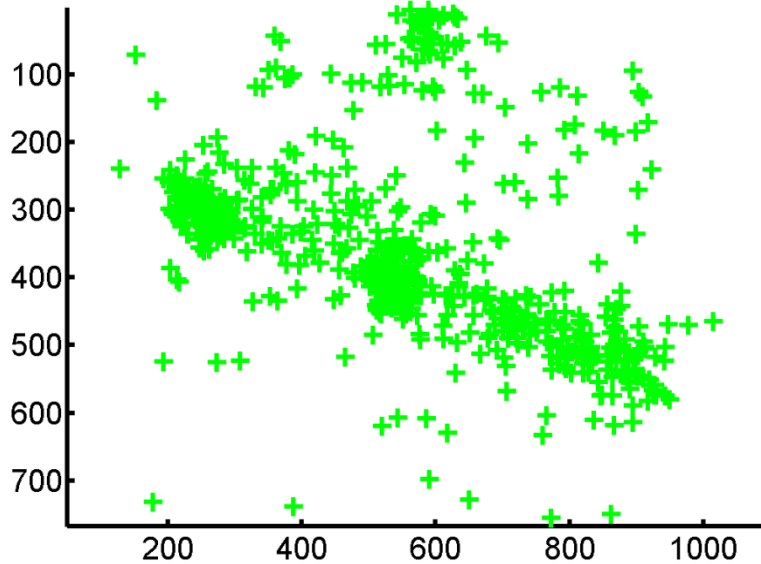
Cartes de densité



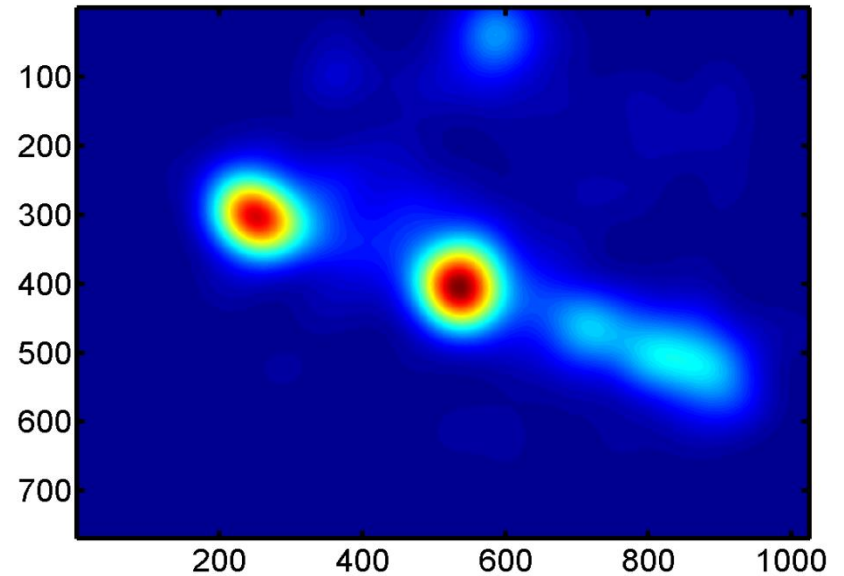
Représentation spatiale



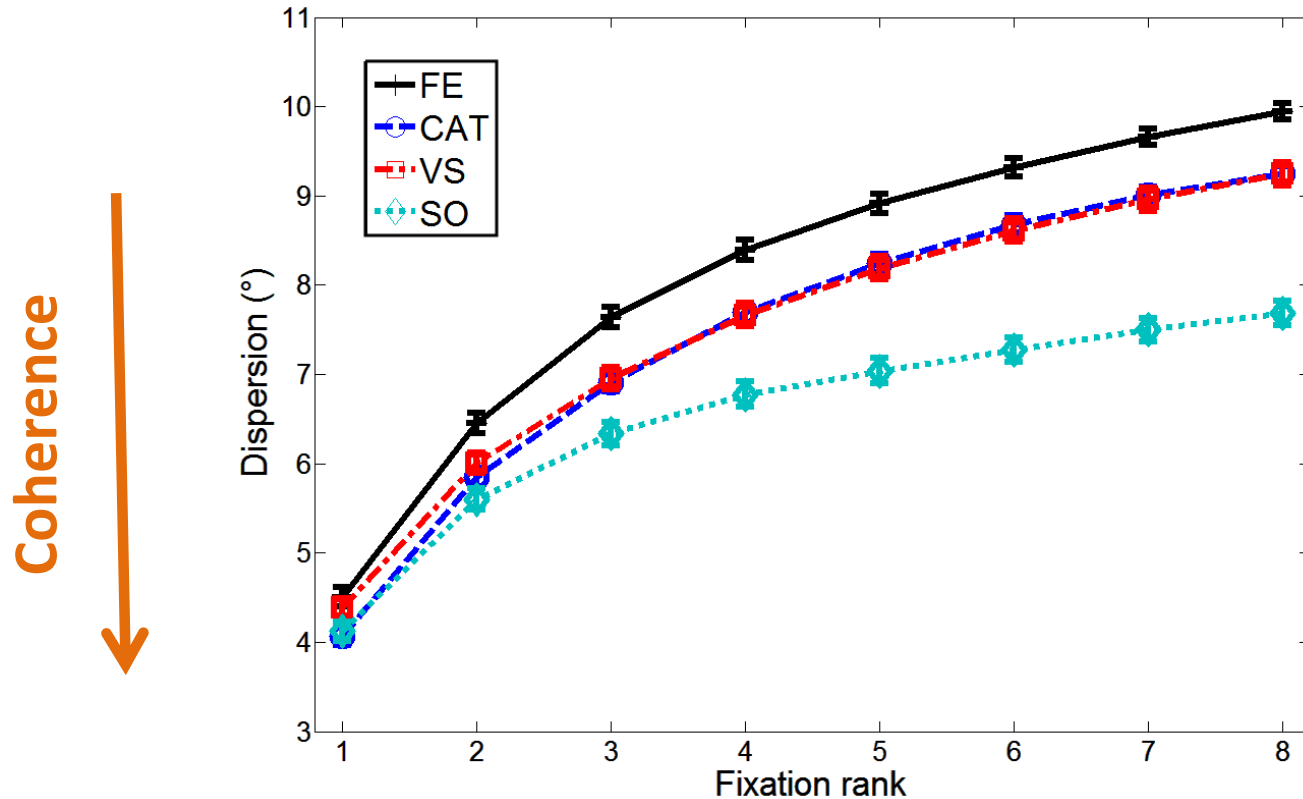
test fixation set



smoothed reference map

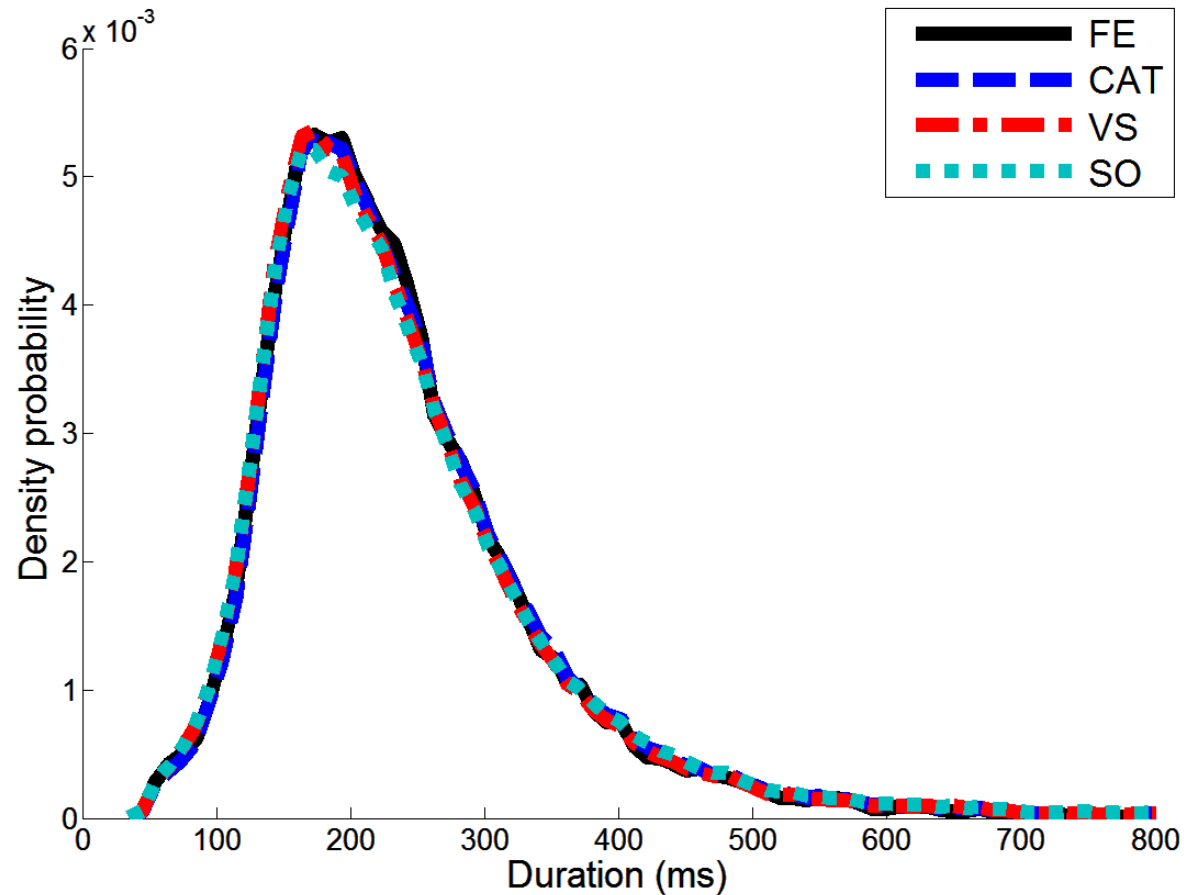


Coherence between observers across the exploration



Dispersion between the fixation positions of different observers as a function of the fixation rank for the different tasks

Durations of fixations

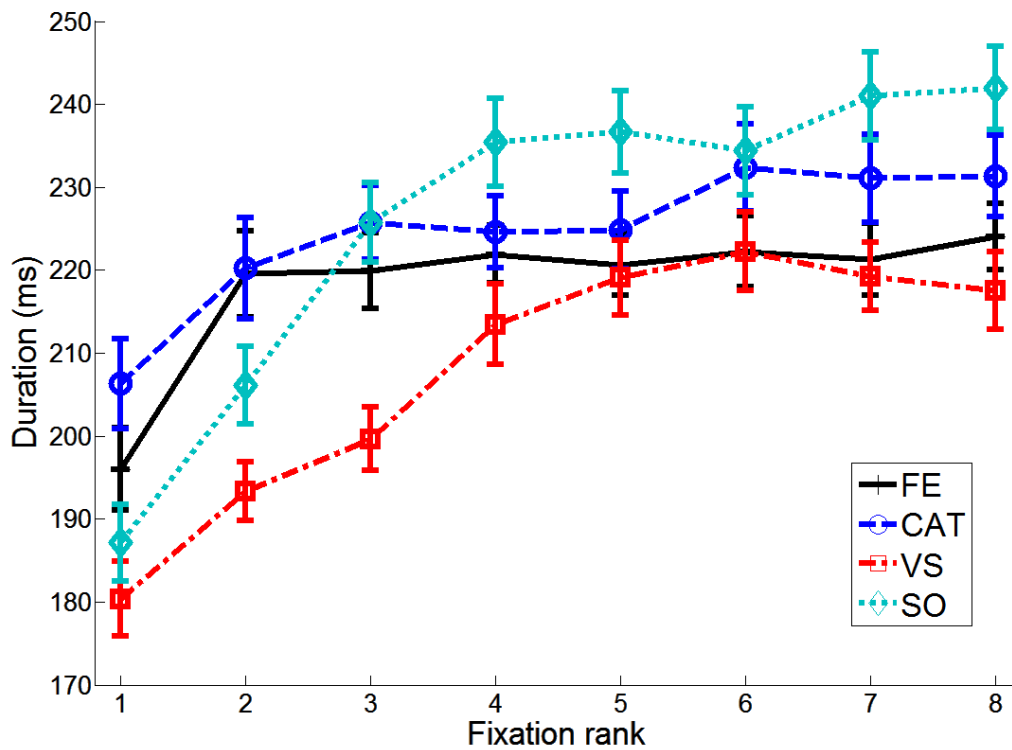


FE: Free Exploration
CAT: Categorization

VS: Visual Search
SO: Spatial Organization

Durations of fixations

Conditions	FE	CAT	VS	SO
Fixation duration (msec)	216.05 (3.46)	224.42 (4.21)	<u>206.38</u> <u>(3.19)</u>	223.63 (3.66)

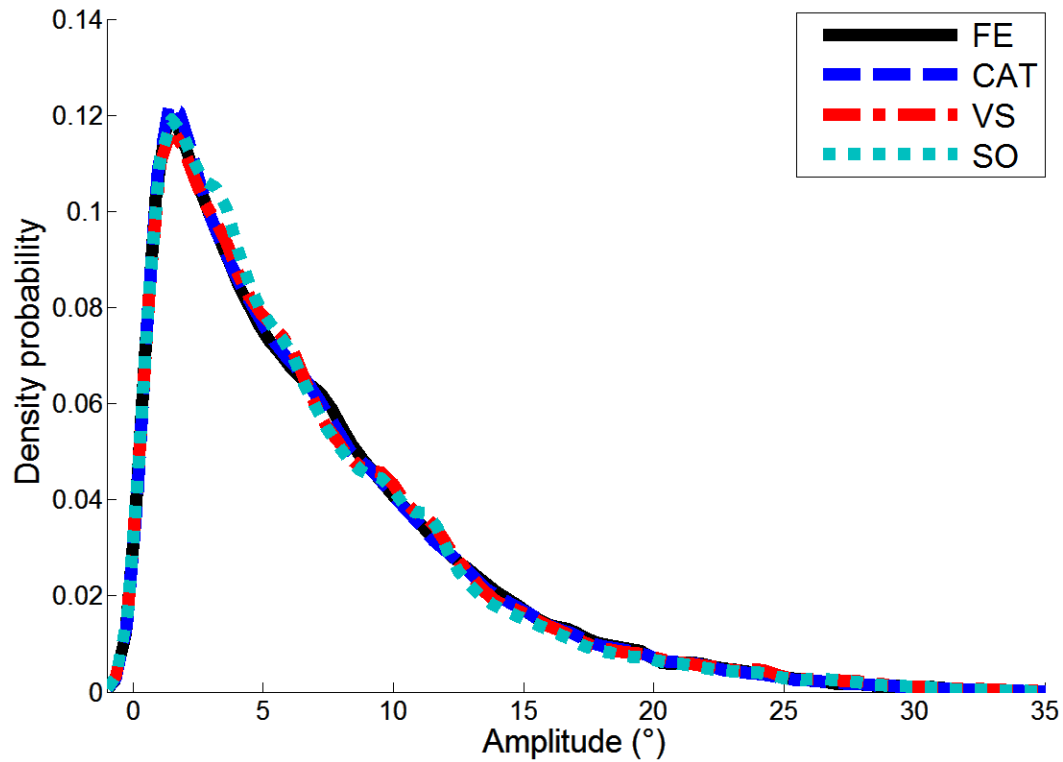


Task difficulty

FE: Free Exploration
CAT: Categorization

VS: Visual Search
SO: Spatial Organization

Amplitudes of saccades

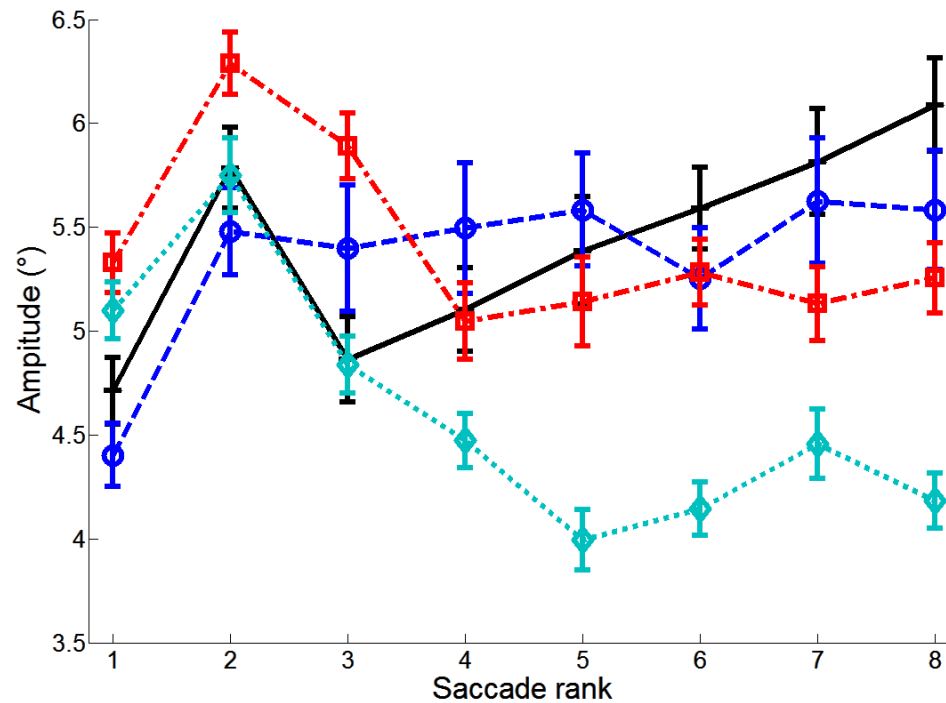


FE: Free Exploration
CAT: Categorization

VS: Visual Search
SO: Spatial Organization

Amplitudes of saccades

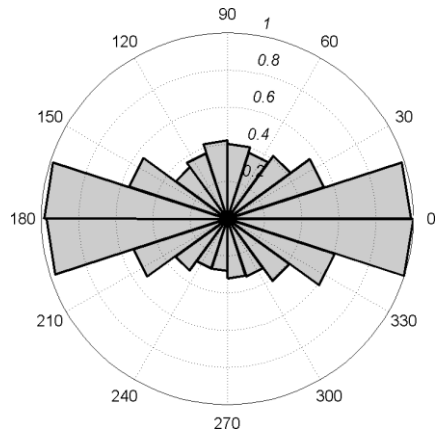
Conditions	FE	CAT	VS	SO
Saccade amplitude (°)	5.39 (0.14)	5.20 (0.17)	5.25 (0.09)	<u>4.67</u> (0.08)



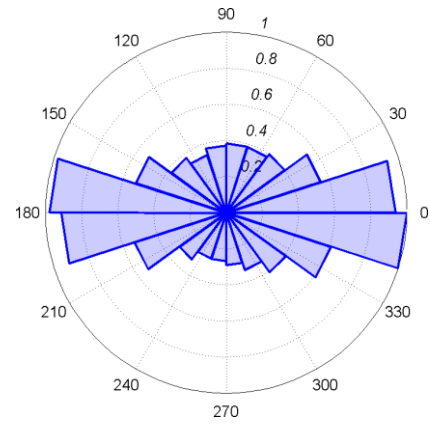
FE: Free Exploration
CAT: Categorization

VS: Visual Search
SO: Spatial Organization

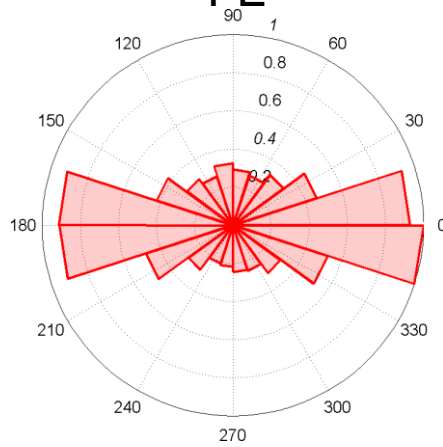
Orientations of saccades



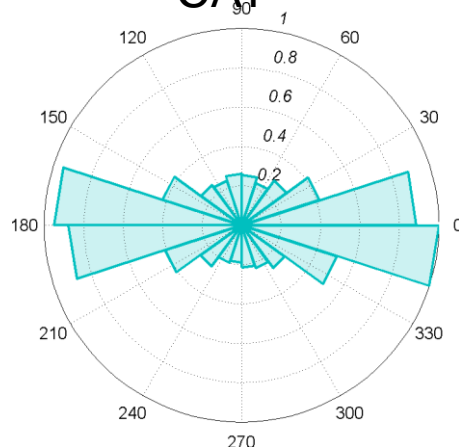
FE



CAT



VS



SO

FE: Free Exploration
CAT: Categorization

VS: Visual Search
SO: Spatial Organization

Tâches saccadiques

Exploration de scènes

« Saccadic reaction time »

PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

Saccade = temps de réaction



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Vision Research 46 (2006) 1762–1776

**Vision
Research**

www.elsevier.com/locate/visres

Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: Visual processing speed revisited ☆

Holle Kirchner *, Simon J. Thorpe

*Centre de Recherche Cerveau et Cognition (UMR 5549), CNRS - Université Paul Sabatier Toulouse 3, Faculté de Médecine de Rangueil,
31062 Toulouse Cedex 9, France*

Received 16 May 2005; received in revised form 28 September 2005

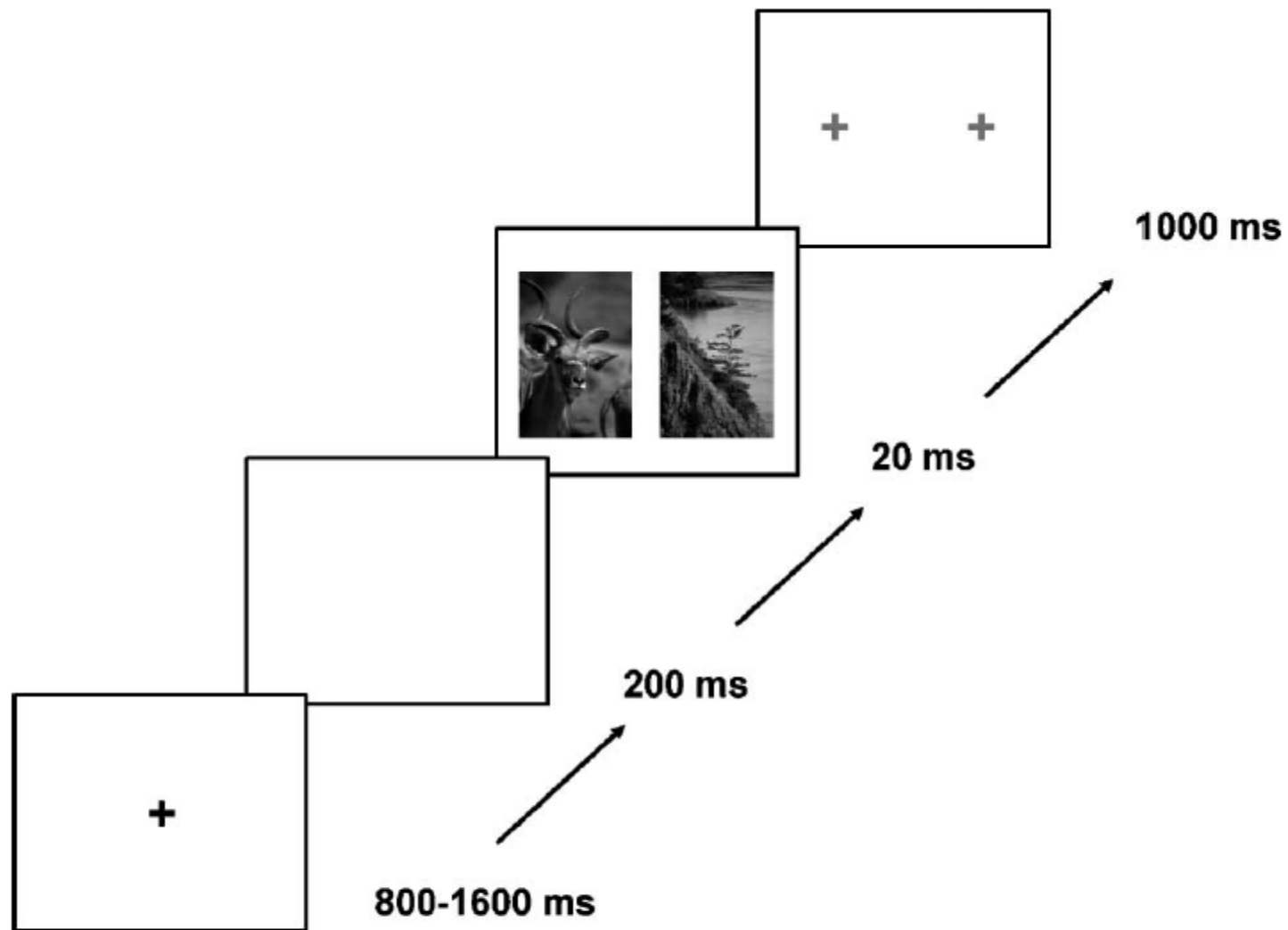
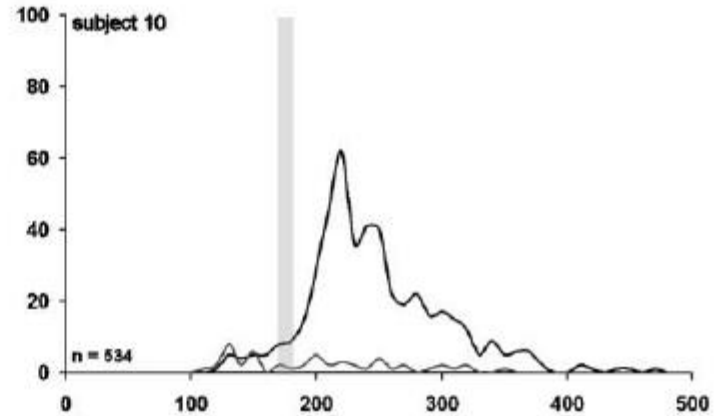
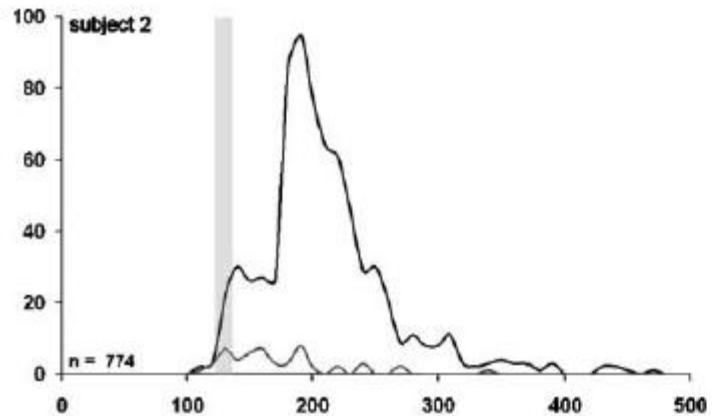
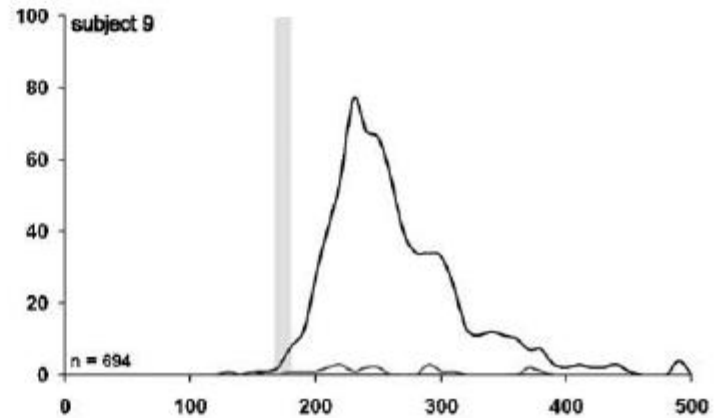
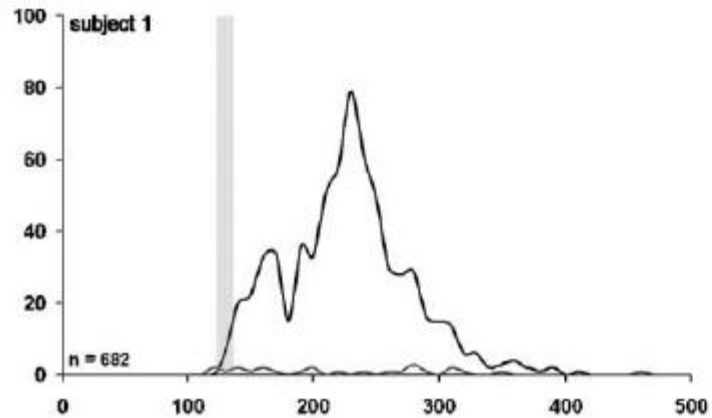


Fig. 1. Choice saccade task. After a pseudo-random fixation period, a blank screen (gap period) for 200 ms preceded the simultaneous presentation of two natural scenes in the left and right hemifields (20 ms). The images were followed by two grey fixation crosses indicating the saccade landing positions.



Distribution des SRTs (saccadic reaction time en ms) pour les saccades correctes et les saccades erreurs

Saccade = temps de réaction

Journal of Vision (2010) 10(4):16, 1–17

<http://journalofvision.org/10/4/16/>

1

Fast saccades toward faces: Face detection in just 100 ms

Sébastien M. Crouzet

Centre de Recherche Cerveau and Cognition, UMR, CNRS,
Université Toulouse, Toulouse, France



Holle Kirchner

Centre de Recherche Cerveau and Cognition, UMR, CNRS,
Université Toulouse, Toulouse, France



Simon J. Thorpe

Centre de Recherche Cerveau and Cognition, UMR, CNRS,
Université Toulouse, Toulouse, France



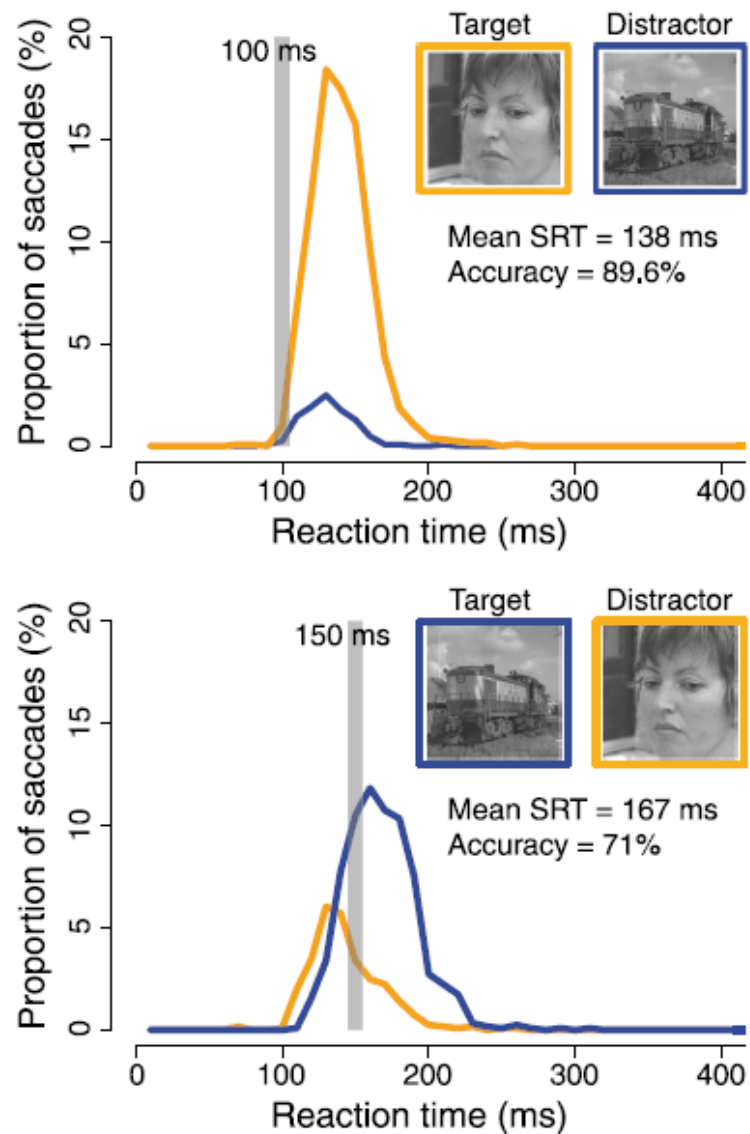


Figure 4. (Top) Distribution of SRT over all subjects when the task is to saccade toward faces (responses toward faces in orange, vehicles in blue). (Bottom) Distribution of SRT for all subjects when the task is to saccade toward vehicles. The gray vertical bar indicates the bin where correct responses start to significantly outnumber errors.

AUTRES...

Pupille

Pupil Dilation Dynamics Track Attention to High-Level Information

Olivia E. Kang, Katherine E. Huffer, Thalia P. Wheatley*

Psychological & Brain Sciences, Dartmouth College, Hanover, NH, United States of America

Abstract

It has long been thought that the eyes index the inner workings of the mind. Consistent with this intuition, empirical research has demonstrated that pupils dilate as a consequence of attentional effort. Recently, Smallwood et al. (2011) demonstrated that pupil dilations not only provide an index of overall attentional effort, but are time-locked to stimulus changes during attention (but not during mind-wandering). This finding suggests that pupil dilations afford a dynamic readout of conscious information processing. However, because stimulus onsets in their study involved shifts in luminance as well as information, they could not determine whether this coupling of stimulus and pupillary dynamics reflected attention to low-level (luminance) or high-level (information) changes. Here, we replicated the methodology and findings of Smallwood et al. (2011) while controlling for luminance changes. When presented with isoluminant digit sequences, participants' pupillary dilations were synchronized with stimulus onsets when attending, but not when mind-wandering. This replicates Smallwood et al. (2011) and clarifies their finding by demonstrating that stimulus-pupil coupling reflects online cognitive processing beyond sensory gain.

Pupille

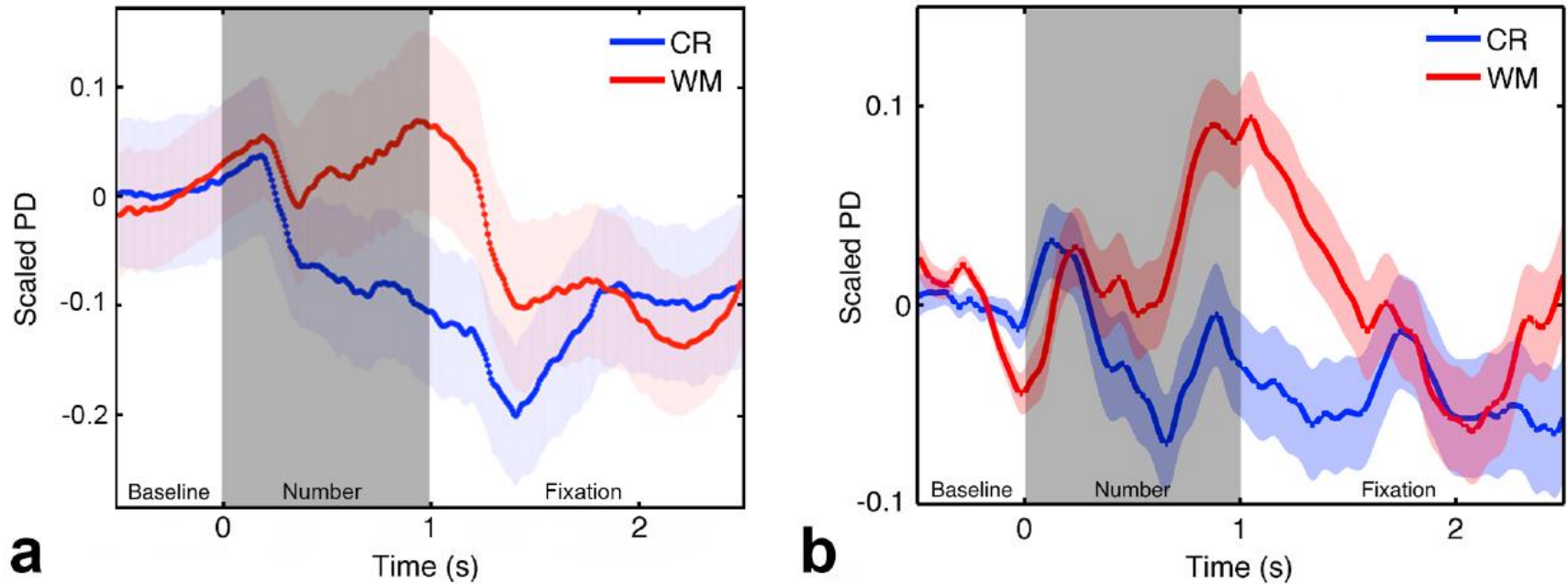


Figure 3. Pupil dilation patterns in response to information differ as a function of attention. (A) Pupils exhibited task-evoked dilations to stimuli only when they were task-relevant, $F(2.841, 42.621) = 5.818$, $p < .002$. Error bars indicate one standard error of the mean. Given controlled luminance across conditions, we attribute this coupling to the information carried by the stimulus, and not to changes in low-level luminance. (B) Smallwood and colleagues' findings (adapted from [25]) for comparison.
doi:10.1371/journal.pone.0102463.g003

Écrire «avec son esprit» sera bientôt possible pour les personnes paralysées

SCIENCES Cette technique, basée sur la réaction de la pupille à la lumière, pourrait permettre aux personnes paralysées d'écrire...



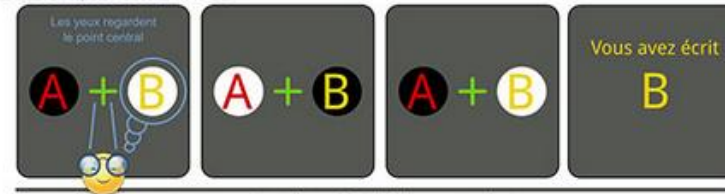
IMPRIMER ENVOYER



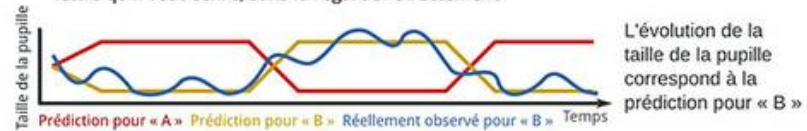
L'« attention périphérique »

« Mais il n'est pas nécessaire de regarder directement la lumière, donc la lettre, pour obtenir ce réflexe. Il suffit de porter son attention sur la lettre et la pupille répond tout de même. On appelle cela " l'attention périphérique". Le réflexe pupillaire est moins fort mais est toujours présent », précise Sebastiaan Mathôt.

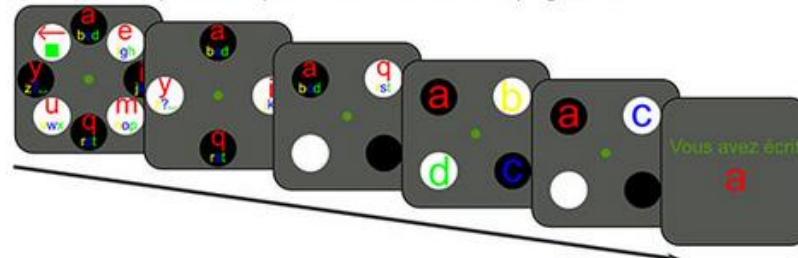
a) Le cas simple : écrire A ou B



Le participant porte son « attention périphérique » sur la lettre qu'il veut écrire, sans la regarder directement



b) Écrire avec l'alphabet complet en faisant des sélections progressives



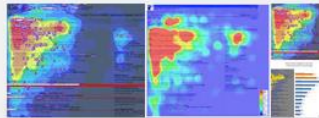
Conclusions



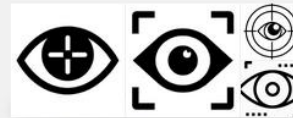
Eye Tracking Neuromarketing



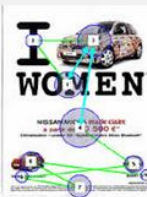
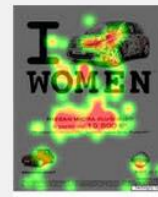
Eye Tracking Marketing



Eye Tracking Google



Eye Tracking Icon



Ecrire avec les yeux...

- Jean Lorenceau:

<https://www.youtube.com/watch?v=u-3EhmdDP-c>