

Le cerveau fait son cinéma

Jean Cumps

Prof. émérite UCL

I. Introduction:

Le cerveau

Le cerveau: une machine prédictive

- **La théorie du codage prédictif** (ou du traitement prédictif) du cerveau postule que celui-ci infère un modèle interne du monde extérieur qui est utilisé pour générer en permanence des prédictions afin d'anticiper les entrées sensorielles. L'anticipation revient à utiliser le passé pour prédire le présent afin d'interpréter les entrées sensorielles bruitées, et même à remplacer un stimulus masqué ou absent.

Codage prédictif et neurosciences

- **Étape 1**: le codage prédictif suggère que le cerveau élabore à chaque instant des modèles de son environnement, c'est-à-dire des «**croyances**».
- **Étape 2**: il utilise ensuite ces modèles pour prédire les futures entrées sensorielles.
- **Étape 3**: Lorsqu'il y a un décalage entre les prédictions et les stimuli, le cerveau génère une **erreur de prédiction** et utilise cette nouvelle information pour modifier ses croyances, et ainsi améliorer ses prédictions futures.

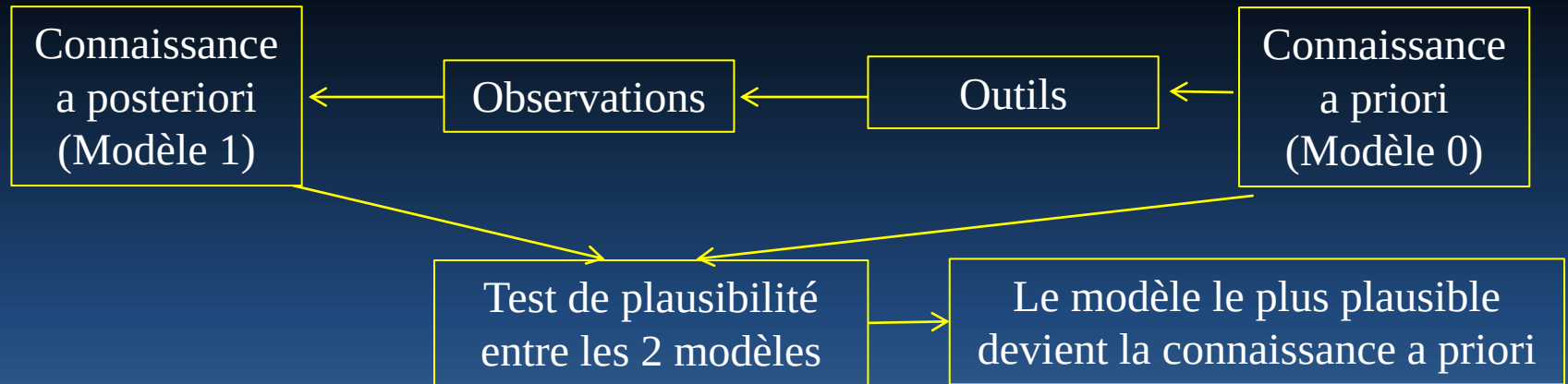
Avantages selon cette théorie

Les avantages sont nombreux:

- **Gain de temps:** on dispose d'informations, parfois avant qu'elles n'atteignent les récepteurs sensoriels;
- **Aide à l'interprétation des entrées sensorielles bruitées ou absentes:** grâce à l'utilisation du passé pour prédire le présent, on peut même remplacer totalement un stimulus masqué ou absent;
- **Simplification du traitement de données,** en comprimant l'information (un peu comme la compression d'images (jpeg) ou des sons (mp3). Notre cerveau n'a peut-être pas besoin de se représenter ou de transmettre ce qu'il sait déjà prédire, seule compte pour lui l'erreur de prédiction.

Importance du fil historique

- Les neurosciences nous ont appris que pour comprendre un concept complexe, le cerveau a besoin d'**observations** auxquelles il va donner un **sens** et peu à peu construire une **connaissance** qui va modifier la connaissance qu'il avait avant l'observation (connaissance a priori) qui devient une connaissance a posteriori.



- La comparaison de modèles sur base de la plausibilité a été mise au point par le R.P. Bayes au 18^e siècle et redécouverte au début du 21^e siècle par les neurosciences.

I. Introduction:

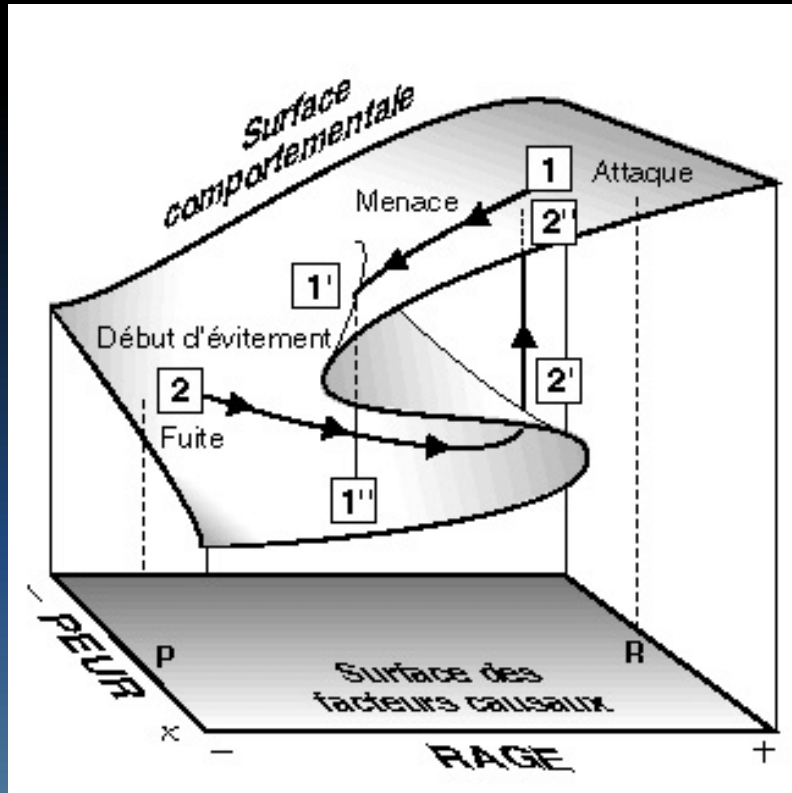
Le cerveau

Le cinéma (mouvement)

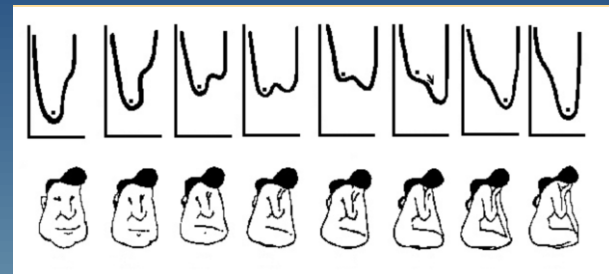
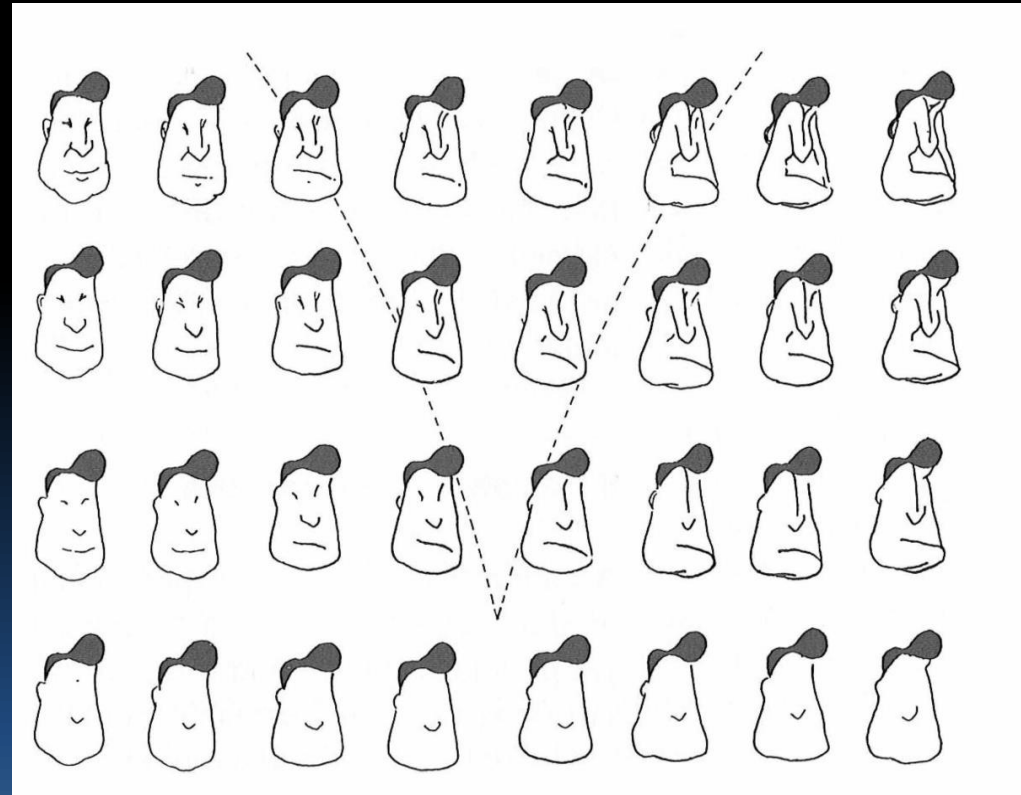
Évolution du cerveau

- Pour les êtres vivants, du bas de l'échelle jusqu'à l'homme, l'adaptation aux modifications de l'environnement est une question de survie. Ces modifications concernent la forme, la couleur ou l'espace (mouvement).
- La **détection du mouvement est essentielle à la survie**. Les objets en mouvement représentent:
 - une **nourriture** en puissance (approche d'un gibier). La décision : **attaquer**.
 - **un danger**: on est le gibier potentiel. La décision: **fuir**.
- Dans les deux cas, une action rapide et appropriée s'avère essentielle: attaquer ou fuir. Par contre, les objets stationnaires sont le plus souvent ignorés.

La fronce selon la théorie des catastrophes de Thom

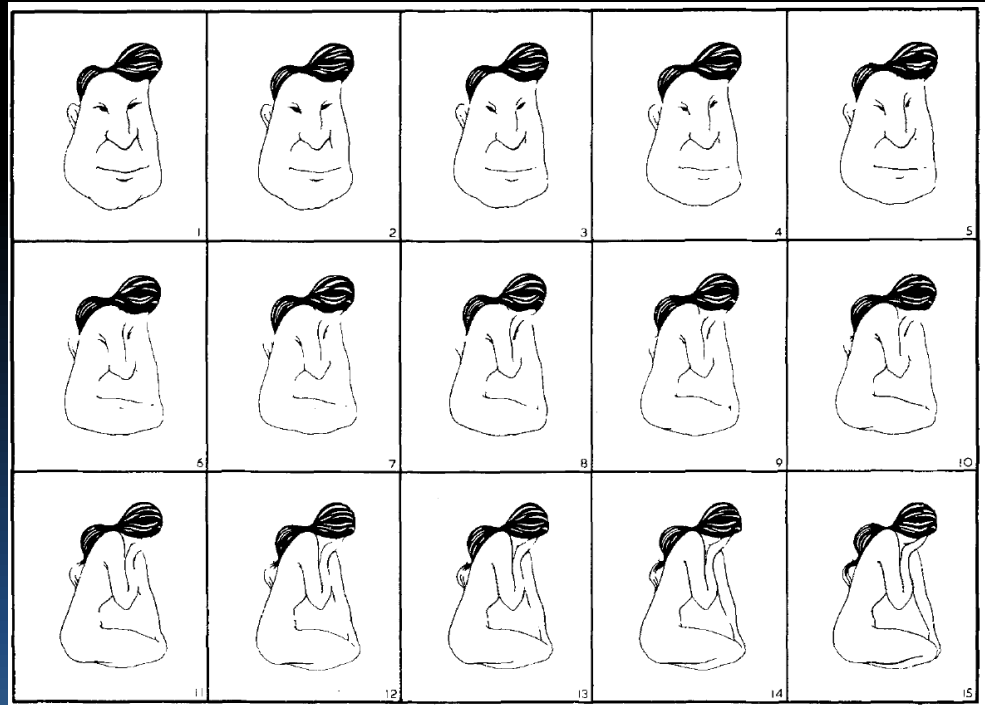


Fuite/attaque



Homme / Femme

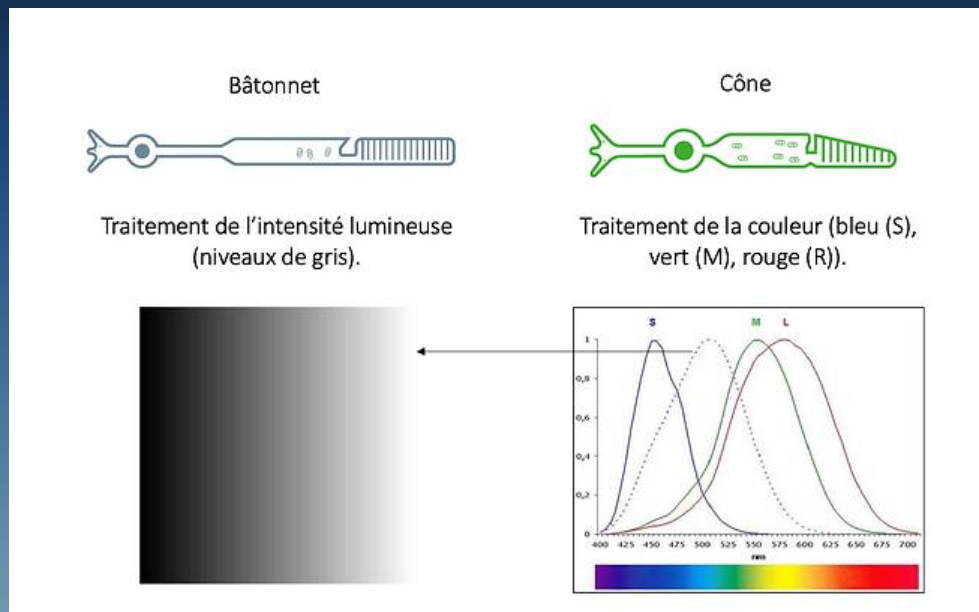
Perception des figures ambiguës



Aspect	1	2	3	4	5	6	7	8*	9	10	11	12	13	14	15
"Man"	50	50	50	49	46	41	33	28	20	19	7	6	4	3	2
"Girl"	0	0	0	1	4	9	17	22	30	31	43	44	46	47	48

La rétine

- Les bâtonnets sont regroupés à la périphérie (100 millions). Ils ne permettent pas de voir les détails, mais sont sensibles au mouvement.
- Les cônes sont moins nombreux (5 millions, regroupés dans la partie centrale (fovéa). Ils permettent de voir les détails.

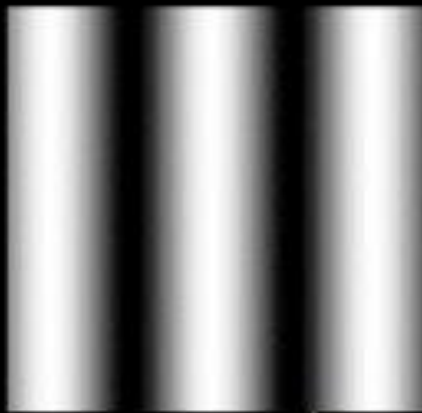


Tout signal visuel est analysé par deux systèmes qui ont des propriétés distinctes et complémentaires:

- **Le système magnocellulaire** (ou voie M): vision globale et mouvement;
 - doté d'un **grand champ récepteur**;
 - **achromatique**: vision en noir et blanc;
 - **passé-bas** au niveau des **fréquences spatiales**: vision globale et vision du mouvement
 - **passé-haut** au niveau des **fréquences temporelles**: réactivité rapide;
 - localisé principalement en **périphérie**.
- Le **système parvocellulaire** (ou voie P): vision détaillée et couleur;
 - doté d'un **petit champ récepteur**;
 - **chromatique**: vision des couleurs;
 - **passé-haut** au niveau de **fréquences spatiales**: vision des détails;
 - **passé-bas** dans les **fréquences temporelles**: réactivité lente;
 - localisé principalement dans la **partie centrale (fovéa)**;

FREQUENCES SPATIALES

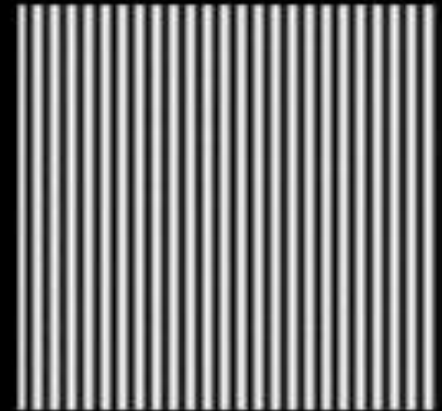
2 cycles par degré



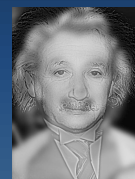
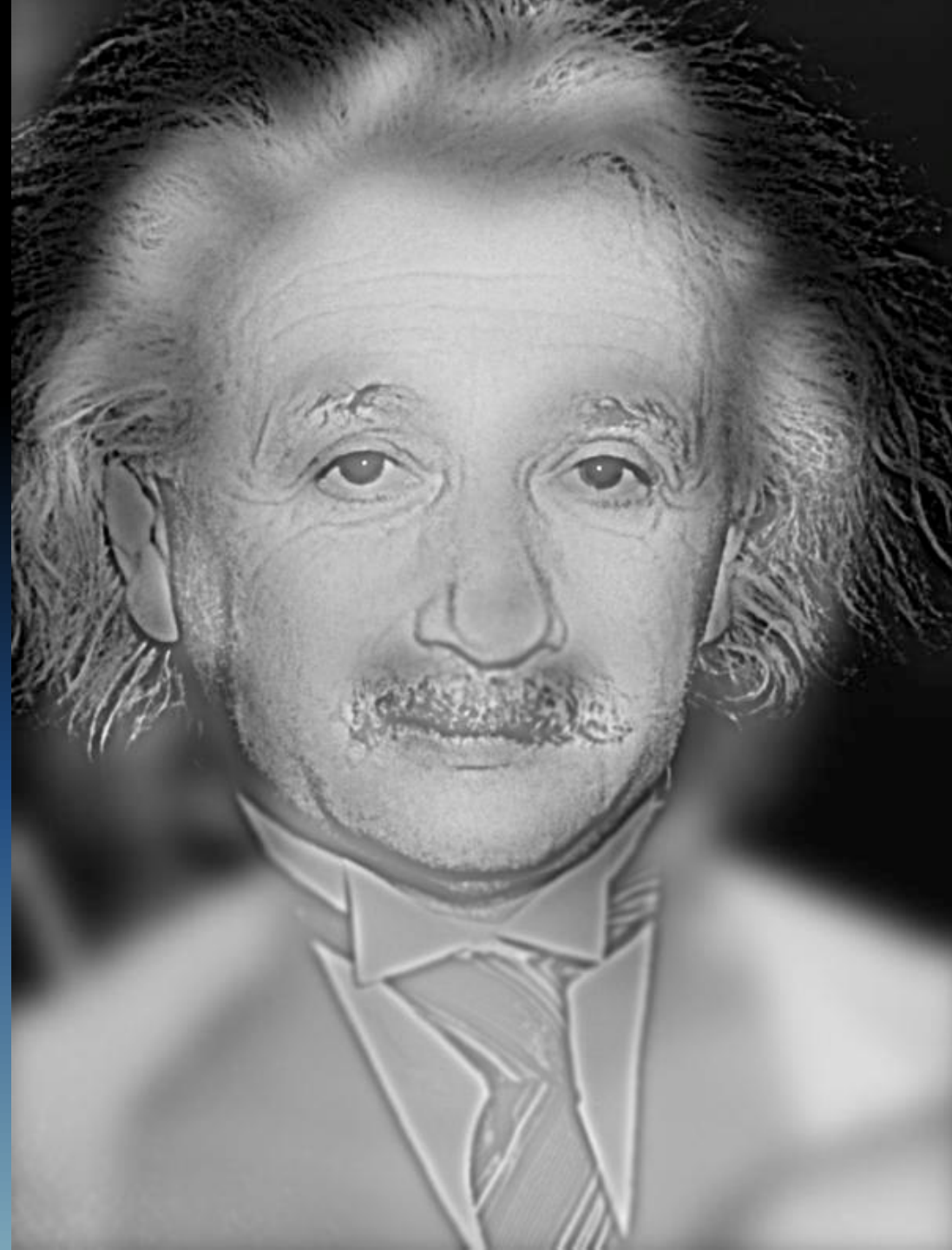
4 cycles par degré



18 cycles par degré



www.gatinel.com



Mona Lisa « filtrée »



Basses fréquences

Moyennes fréquences

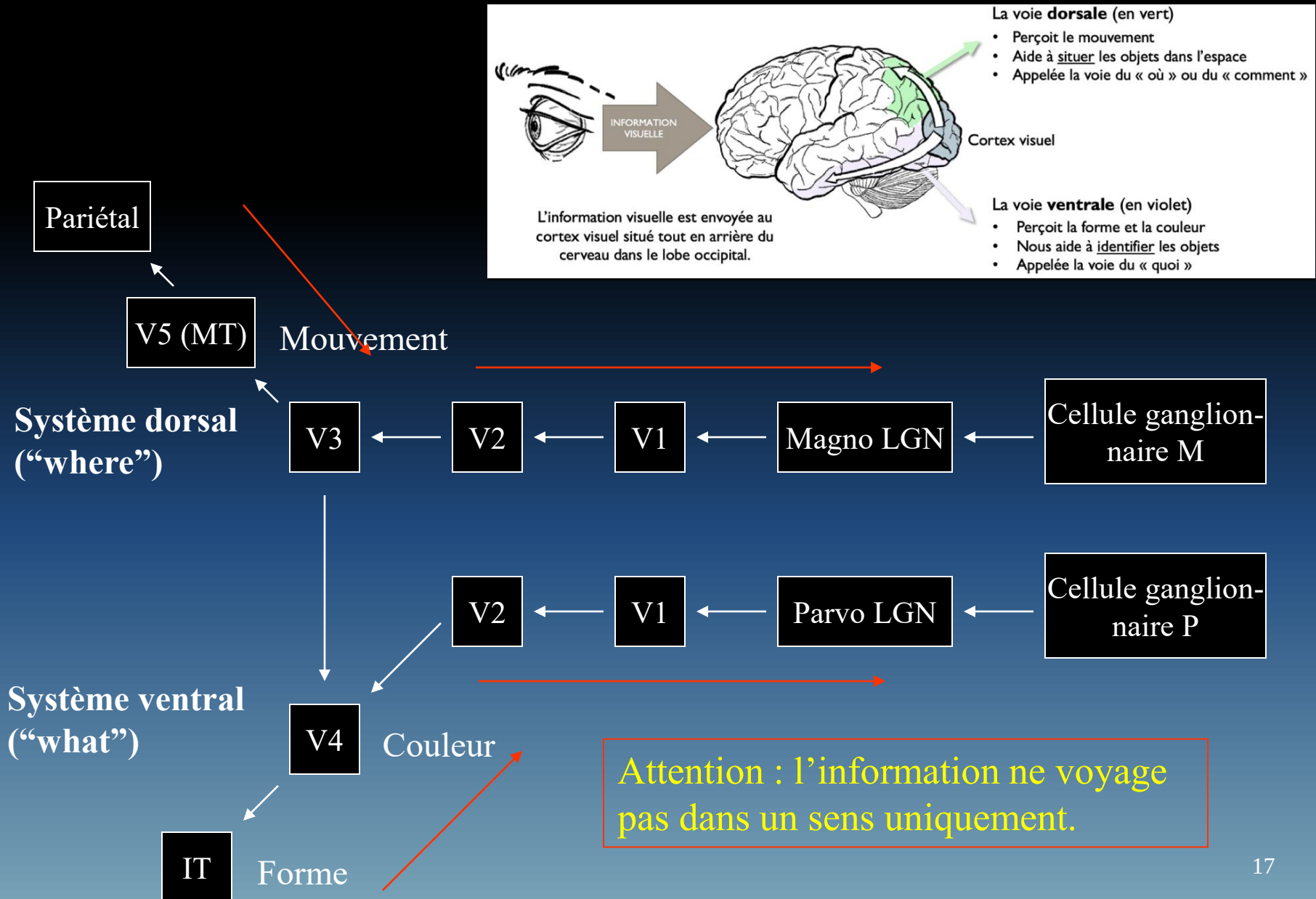
Hautes fréquences

Margaret Livingstone rend compte du mystérieux sourire de la Joconde par la distribution des fréquences spatiales des différentes parties du portrait (qui font qu'on ne voit le sourire clairement que lorsqu'il est perçu en vision périphérique). Livingstone, 2002.

Transmission au cerveau

- L'architecture fonctionnelle du cortex établie depuis les années 50 est constituée d'un ensemble d'aires (une trentaine à l'heure actuelle) contenant des neurones sélectivement sensibles à différentes caractéristiques de stimuli visuels, et pour certains aux mouvements oculaires.
- Cette spécialisation fonctionnelle se manifeste tout d'abord par l'existence de deux principales voies de traitement:
 - une voie **ventrale** sensible aux configurations complexes des caractéristiques spatiales et à la couleur des objets (voie du « Quoi? »);
 - une voie **dorsale**: les neurones répondent au mouvement et à la disparité binoculaire (voie du « Où? »).

Diagramme simplifié

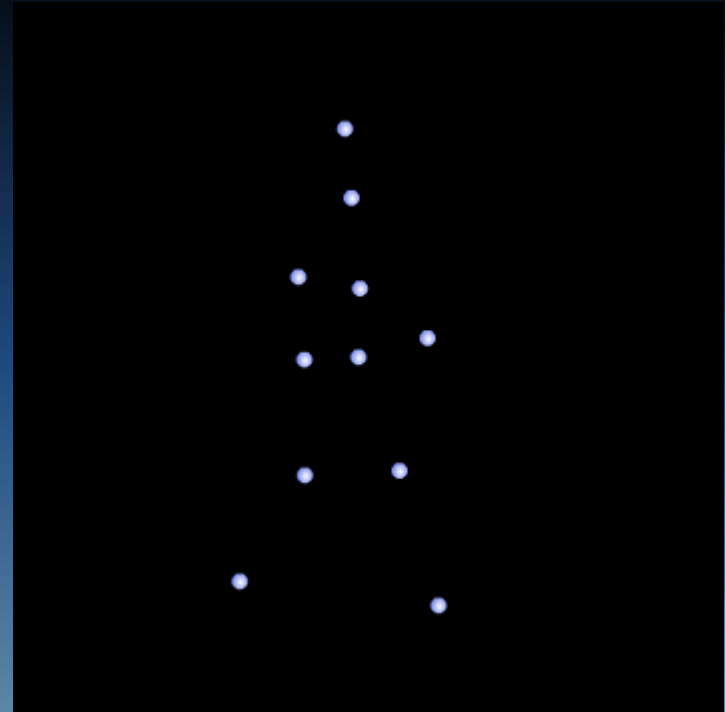
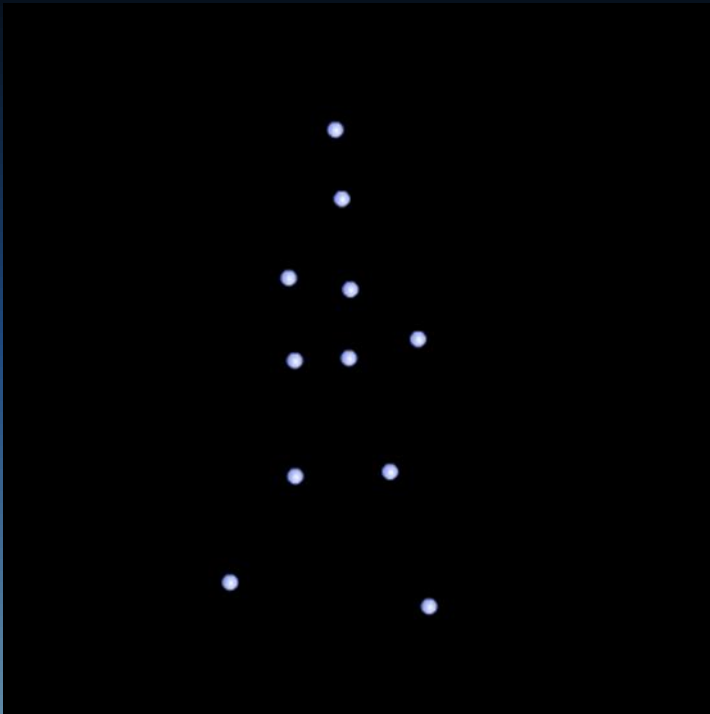


Approches complémentaires

- Deux mondes se sont développés dès le début de l'histoire humaine:
 - **un monde « empirique »** qui va explorer le mouvement par essai et erreur, souvent sans laisser de traces écrites hormis les machines réalisées. C'est l'équivalent de la voie dorsale de la vision globale.
 - **un monde dit « scientifique »** qui va réfléchir sur le mouvement, laisser des écrits souvent philosophiques et théoriques. C'est l'équivalent de la voie ventrale de la vision analytique.
- Le monde empirique a été souvent négligé, car anonyme, technique et appliqué au monde de la magie et de la curiosité. Mais ce monde a souvent précédé le monde scientifique en découvrant par hasard certains truquages.

Le sens donné par le mouvement

Souvent, c'est le mouvement qui va donner un sens aux stimuli perçus et créer la forme.



Le terme « *cinéma* » vient du grec ancien *kínêma* qui signifie « *mouvement* ».



Fil conducteur

- Mettre en parallèle le monde du cinéma et celui du cerveau les éclaire mutuellement:
 - on comprend mieux le fonctionnement du cerveau à la « lumière » du cinéma. Les illusions utilisées par le cinéma permettent de mieux comprendre la reconstruction de la « réalité » par le cerveau. Comme le cinéma, le cerveau utilise des « truquages » pour reconstituer le mouvement.
 - L'étude du cerveau par les nouvelles techniques des neurosciences (IRMf et EEG) permet de comprendre l'efficacité de certains films, comme ceux réalisés par Hitchcock dans le domaine du suspens et de l'horreur.
- Dans un certain sens, le cerveau « monte » la réalité, comme le cinéaste monte son film. C'est ainsi que l'on peut dire que **le cerveau fait son cinéma.**

I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

1. Approche philosophique et scientifique

Persistance visuelle dans l'Antiquité

- Depuis l'Antiquité, on a remarqué que l'observation dans l'obscurité d'un objet lumineux comme une bougie, ne s'efface pas en même temps que l'on ferme les yeux. Elle continue de persister durant un intervalle de temps variant selon l'intensité lumineuse.
- Ce même phénomène est mis en relation avec cette illusion optique qui faisait que la rotation rapide d'un tison ardent dans l'obscurité le transforme aussitôt en un cercle lumineux continu.

- **Aristote** avait constaté que lorsqu'il fixait le soleil, il était ensuite incapable d'en effacer l'image de ses yeux, bien que les marques rouge vif qu'il notait dans sa vision finissaient par s'estomper. Il en conclut, dans son opuscule *Des Rêves (De Insomniis)*, que des impressions sensorielles laissent des traces rémanentes dans les organes sensoriels qu'elles affectent. Une sensation peut ainsi persister de la même manière qu'un objet en mouvement préserve la force qui lui a été transférée.
- **Lucrèce** propose une théorie différente pour la persistance visuelle: les objets observés par l'œil projettent dans l'espace des "simulacres" qui conservent la forme et la couleur des objets. Ces émanations pénètrent les yeux, mais certaines d'entre elles s'infiltrèrent jusqu'à l'âme, et ce sont elles qui donnent naissance aux rêves.

Les effets consécutifs du mouvement

- Il s'agit de l'illusion de mouvement provoquée par l'observation, dans une région constante du champ visuel, d'un mouvement continu dans le même sens (chute d'eau, troupe en marche, rotation d'un cylindre strié, d'une spirale, etc.) : si on regarde ensuite des objets fixes, on perçoit un mouvement en sens inverse du premier.
- La description de cet effet dans l'Antiquité provient également d'Aristote et Lucrèce dans les mêmes traités que précédemment.
- Il a fallu attendre 1820 avec une étude de Purkinje sur le vertige pour une étude scientifique du phénomène. En 1834, le psychologue Adams nommera cet effet « l'illusion de la chute d'eau ».

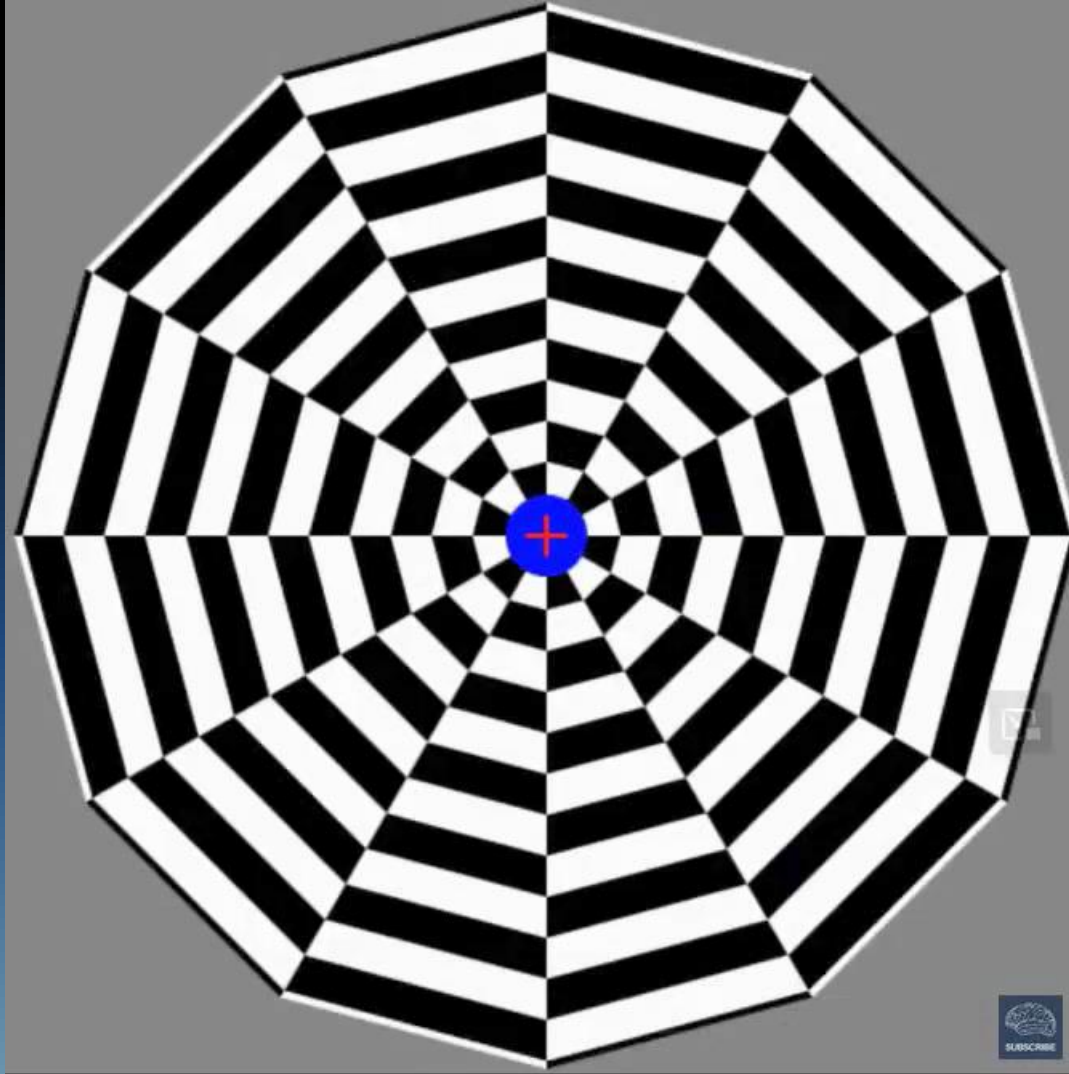
- **Aristote** décrit le phénomène de mouvement rémanent après avoir regardé un point fixe dans une rivière aux eaux vives : « *De même, lorsque l'on détourne <le regard> des objets en mouvement, par exemple des rivières, notamment quand leur cours est rapide [20] alors les objets au repos paraissent en mouvement.* » (Aristote, Petits traités d'histoire naturelle, Des rêves, ch. 2, §4, in Œuvres complètes d'Aristote, Flammarion, 2022).
- **Lucrèce**, dans le Chant IV du Rerum Natura écrit:« [420] *Enfin quand notre fougueux cheval s'arrête au milieu du fleuve, et que nous laissons tomber le regard vers les eaux rapides du cours d'eau, le corps du cheval qui le barre, bien qu'immobile, une force paraît l'emporter, et le pousser contre le courant, précipitamment ; et où que nous jetions les yeux, tout nous semble emporté [425] et suivre le courant de la même façon.* »

Mouvement consécutif bas-haut

When the animation is shown,
stare at the dot below for 30 seconds.
Continue to fixate on the dot after the
image changes to experience the aftereffect.



Mouvement consécutif avant-arrière



I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique**

I. Animation pariétale



Paléolithique

Chauvet ~ 37 000 AEC

D'après Marc Azéma,
certaines instances de l'art
pariétal du paléolithique
sont conçues pour être
animées.



Lascaux (France, Dordogne). From copy A. Glory.

© Marc Azéma

Le bison à huit pattes de la grotte
Chauvet Pont d'Arc (Ardèche)

Une animation néolithique?

- Sur le site archéologique de Shar-e Sükhté (sud-est de l'Iran), les archéologues ont retrouvé d'innombrables objets datés de l'Âge de bronze (vers -2.500). Parmi eux, une poterie pourrait bien constituer la plus ancienne trace de tentative de dessins animés:

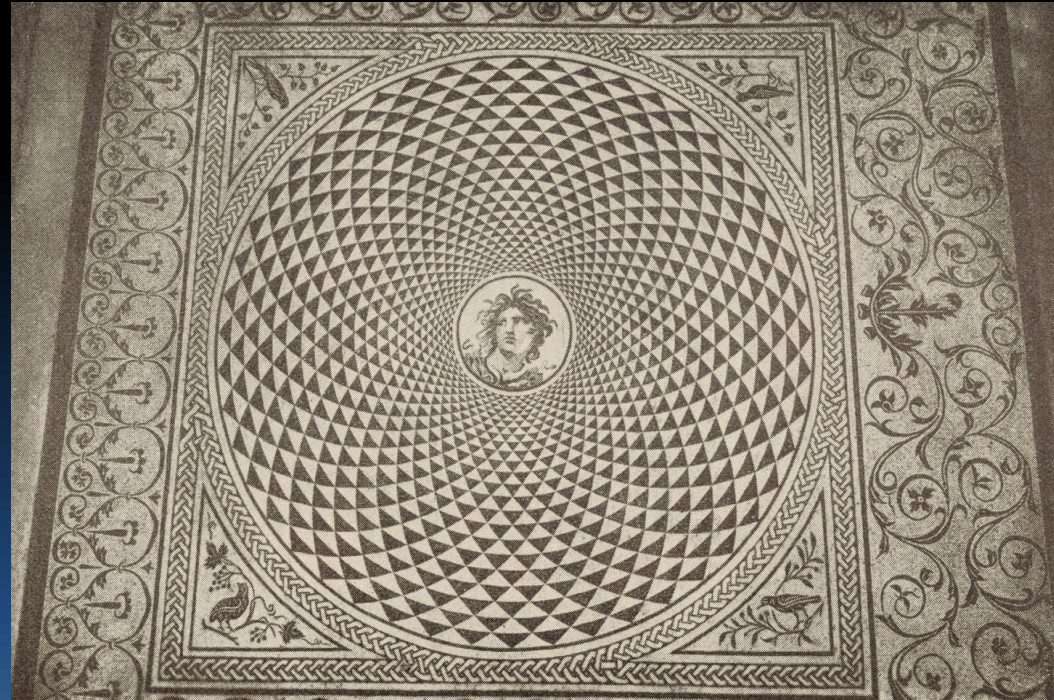


Ptolémée (100-168)

- Autour de 165, Ptolémée décrit dans le livre II de l'Optique consacré à la vision certaines illusions:
 - un tour de potier en rotation avec des couleurs différentes montre une fusion dans une seule couleur;
 - les points apparaissaient comme des cercles lorsque la roue tournait très vite.
 - Lorsque les lignes sont tracées sur l'axe du disque, elles donnent l'impression que la surface entière est de couleur uniforme.

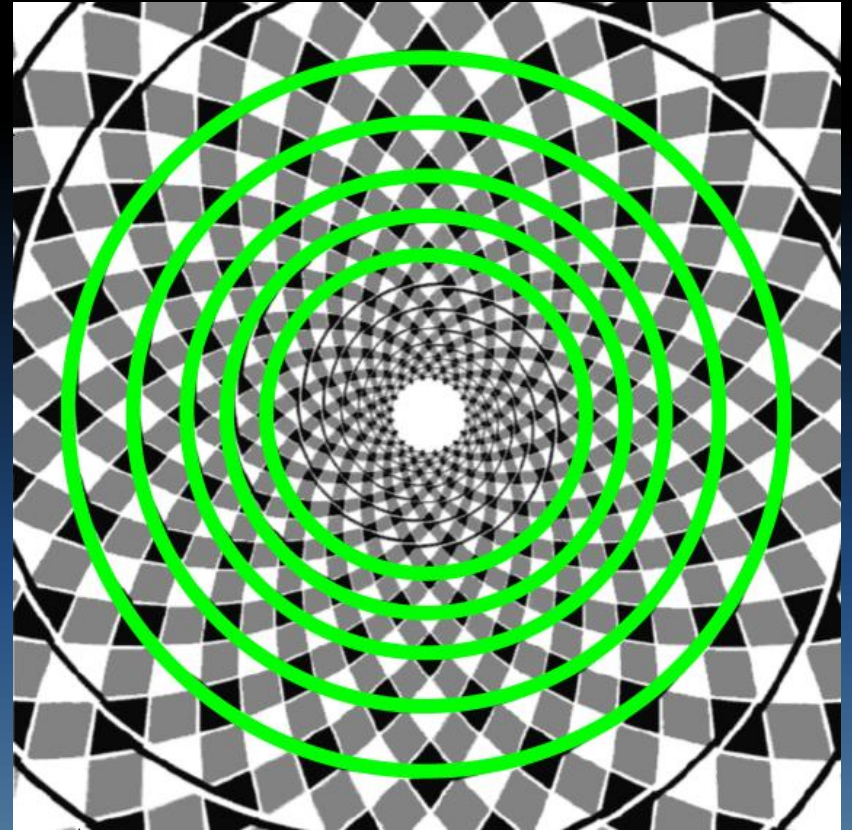
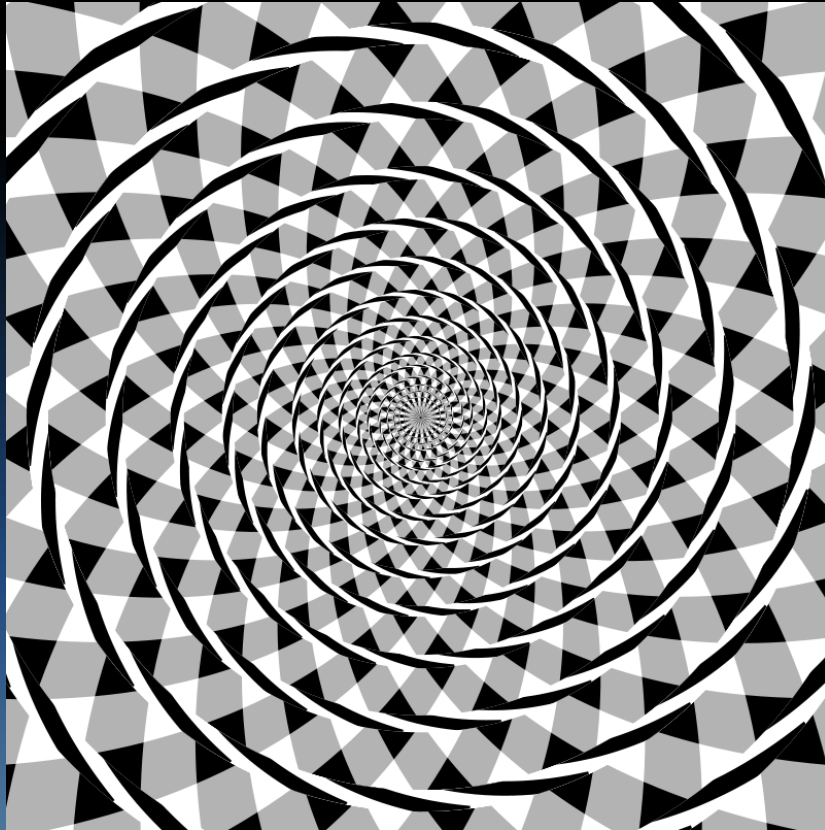


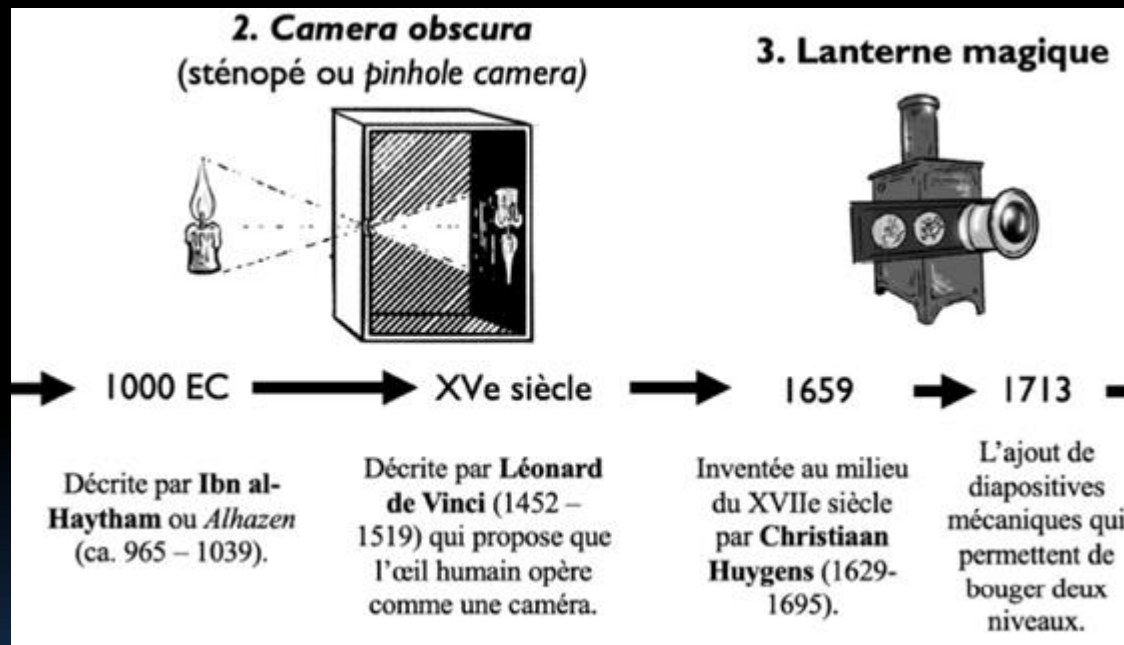
Mosaïque romaine trouvée rue Emanuele Filiberto à Rome, IIe siècle apr. J.-C.



Mosaïque avec tête de Méduse, romaine, 115-150 apr. J.-C. trouvé à Rome, Italie, 1910. Tesselles en pierre, 530 × 450 cm. Musée national romain - Palazzo Massimo alle Terme, 56253

Figure de Frazer (1908)

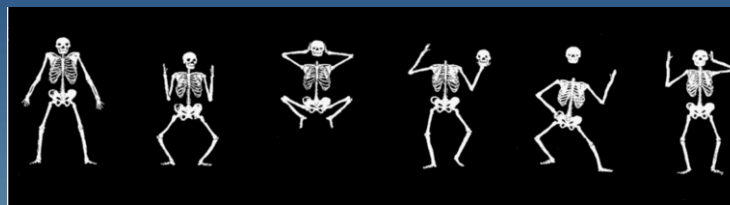
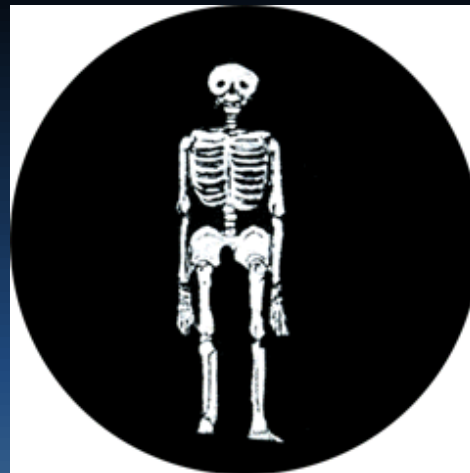
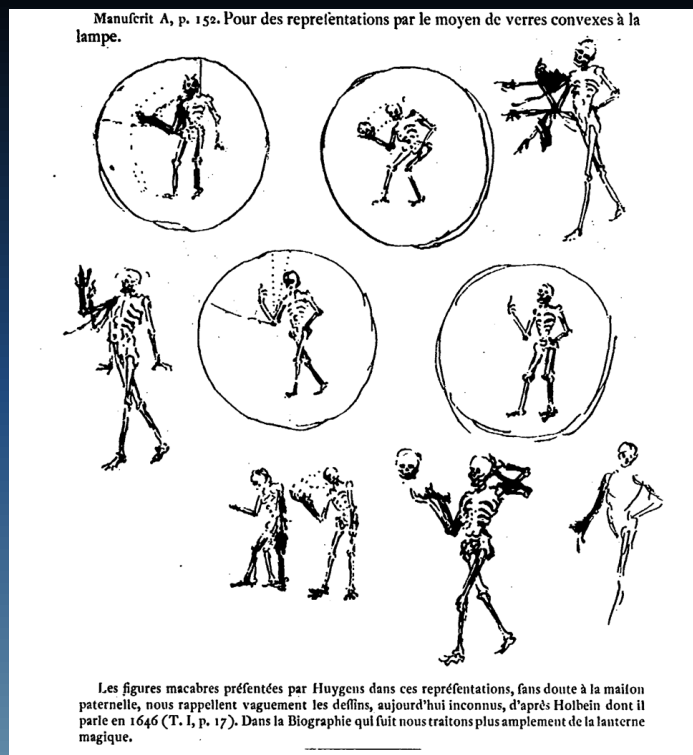




Le principe de la lanterne magique, ancêtre des appareils de projection, est resté identique, à quelques variantes près, du XVIIe siècle jusqu'au début du XVIIIe siècle. C'est une boîte d'optique, en tôle, en cuivre ou en carton, de forme cubique, ronde ou cylindrique, munie d'une source lumineuse et d'une lentille convergente, qui projette sur une surface blanche, une image transparente, agrandie, peinte sur une plaque en verre. Cette image est fixe, mais peut être « animée » lorsque la plaque est pourvue d'un système mécanique qui permet de faire bouger le sujet représenté.

La lanterne magique

- Christian Huygens (1629-1695) laisse un document de 1659 concernant la lanterne magique. Il y a dessiné dix petits croquis d'un squelette enlevant son crâne, au-dessus desquels il a écrit «pour des représentations au moyen de verres convexes avec la lampe».

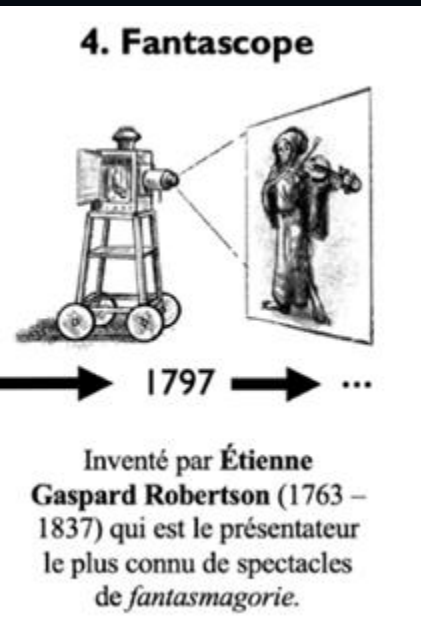


Plaque animée de lanterne magique, dessinée par Huygens en 1659. (Photo B.N.)

Disney: Skeleton dance (1929)



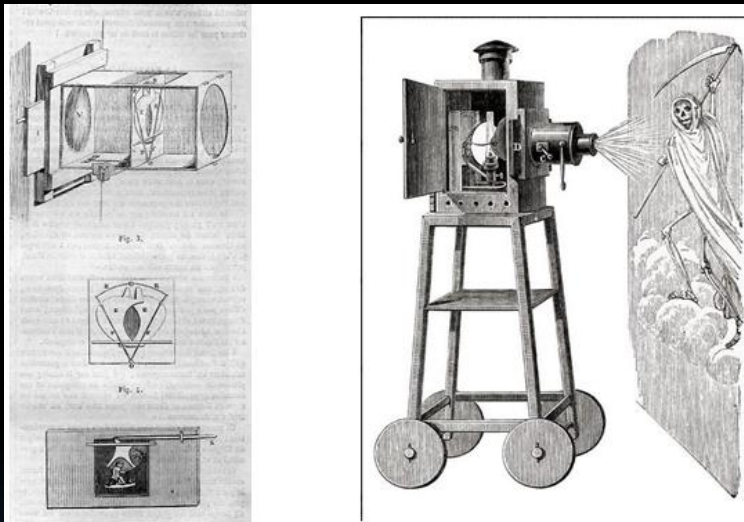
Le Fantascope de Robertson (1797)



Etienne Gaspard Robertson (1763-1837), peintre, dessinateur, «physicien-aéronaute », mécanicien, opticien, « fantasmagoricien », homme de spectacle, est représentatif des divers croisements que réalisent à cette époque science, technique et art.

En 1798, Robertson ouvre le premier théâtre de « Fantasmagories » et en 1799, il crée une vraie salle de projection qui sera l'ancêtre de nos futures salles de cinéma.

Robertson apparaît ainsi comme l'inventeur du traveling, redécouvert en 1914 dans le film *Cabiria* et du zoom inventé en 1949



Fantoscope d'après le Magasin Pittoresque (1844)
et le Traité de physique de Ganot (1859)



Une Scène de fantasmagorie, d'après Moreau.



« La Fantasmagorie. Le physicien Robertson » – Fantasmagorie de
Robertson dans la cour des Capucines en 1797, gravure



Fantasmagorie de Robertson. Gravure extraite de l'Optique de F. Marion (1869)

Plaques de fantasmagorie articulées



Plaques de fantasmagorie, vers 1800. Verre peint à la main, bois.



I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique**

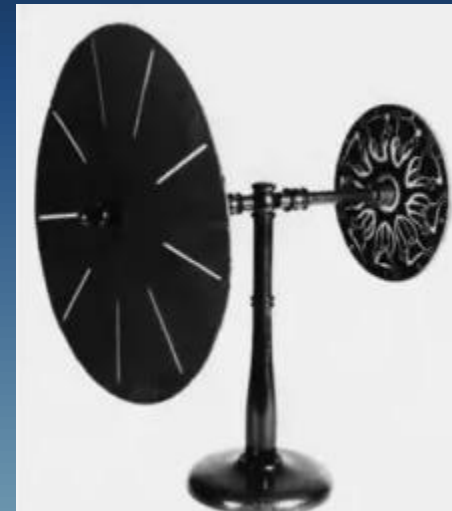
B. XIXe siècle

- 1. Approche scientifique**

- Le XIXe siècle a été le témoin d'une révolution dans l'étude de la vision : elle a été déplacée de l'environnement naturel vers le laboratoire.
- Après 1840, l'étude de la vision est passée d'une discipline d'observation à une discipline expérimentale.
- L'analogie entre l'œil et l'appareil photo a focalisé l'intérêt sur les propriétés géométriques de l'image rétinienne et sur la manière dont deux images rétiniennes pouvaient être combinées.

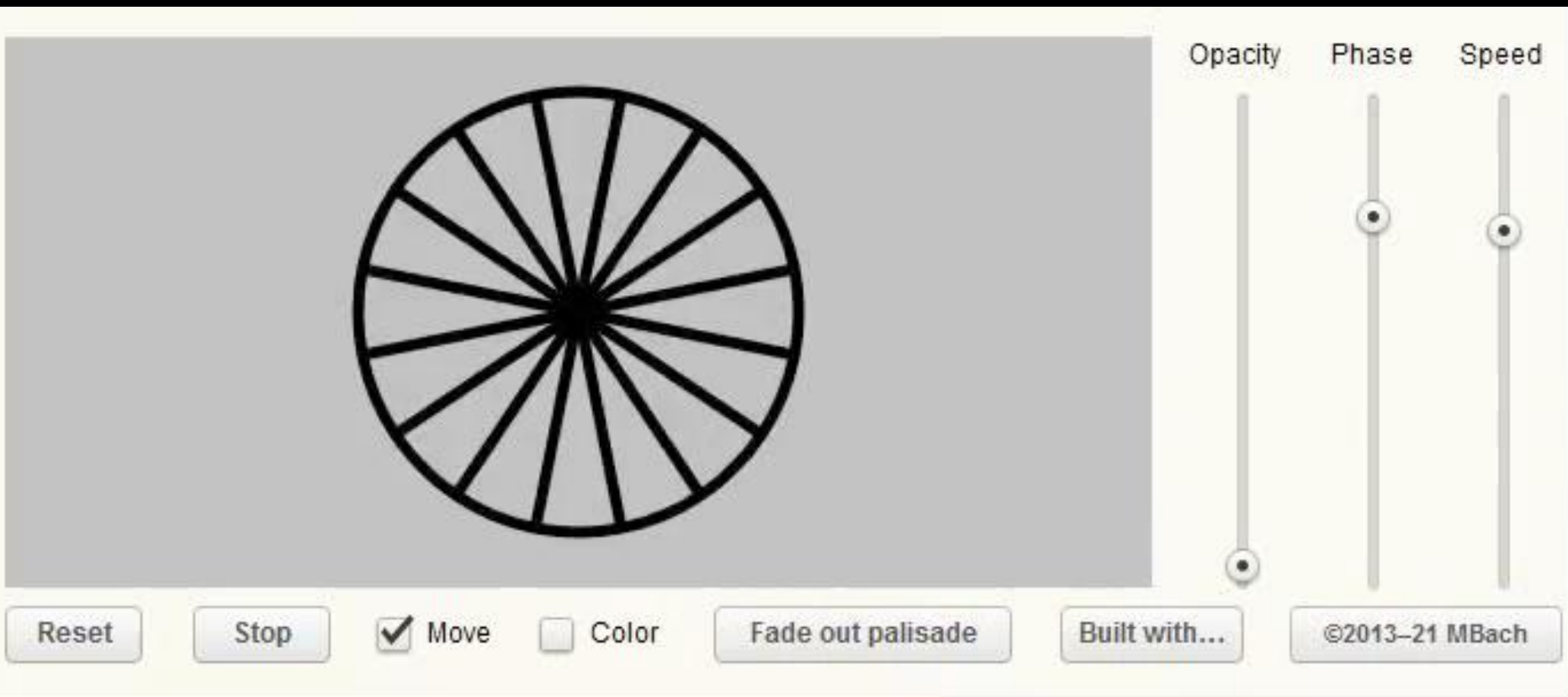
Purkinje (1787-1869)

- Purkinje analyse de manière scientifique l'illusion du mouvement induit (illusion de la chute d'eau) dans son ouvrage de **1820** sur les vertiges
- Il a utilisé sa version du phénakistiscope, appelée Phorolyt, dans des conférences depuis 1837. En 1861, l'un des sujets qu'il a illustrés était le battement d'un cœur.



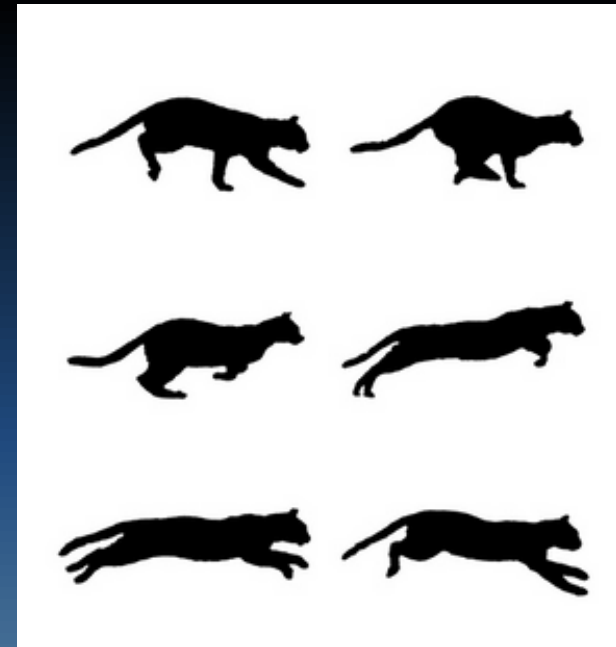
Peter Mark Roget (1779-1869)

1825



Procédé d'animation par calque moiré

- L'animation par calque moiré permet de créer l'illusion du mouvement à partir d'une image fixe et d'un cache rayé. L'image fixe est composée d'un entrelacement de différentes images.
On découpe chacune de ces 6 images représentant les silhouettes successives du saut d'un chat, en très fines bandes verticales. Puis on réalise une image entrelacée en alternant la bande 1 de l'image 1, puis la bande 2 de l'image 2, puis la bande 3 de l'image 3, etc., jusqu'à la bande 6 de l'image 6. On poursuit avec la bande 7 de l'image 1, puis la bande 8 de l'image 2, et ainsi de suite, jusqu'à composer l'image entière.





Joseph Plateau (1801-1883)

- La recherche scientifique sur le mouvement provient essentiellement du physicien belge Joseph Plateau. En 1829, il réalise sa thèse de doctorat consacrée aux impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue.
- Pour Plateau, les images que nous recevons de l'extérieur se forment au fond de notre œil sur une couche sensible appelée la rétine. Cette rétine envoie « le message visuel » à notre cerveau par l'intermédiaire du nerf optique. La rétine possède une substance, le « pourpre rétinien », qui est décomposé par la lumière, mais se reforme extrêmement vite, en environ **1/12ème de seconde.**
- Plateau est responsable de découvertes et d'inventions qui, selon Sadoul, l'historien du cinéma font de lui à la fois le « père » du cinéma » responsable de la diffusion de la persistance rétinienne dans les écrits francophones.

DISSERTATION

SUR

QUELQUES PROPRIÉTÉS

DES

IMPRESSIONS PRODUITES PAR LA LUMIÈRE

SUR L'ORGANE DE LA VUE,

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE,

SOUS LE RECTORAT DE M^r J. KINKER,

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Le 3^e Mars 1829, à 4 heures,

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PAR

JOSEPH PLATEAU, DE BRUXELLES.

LIÈGE,

H. DESSAIN, IMPRIMEUR-LIBRAIRE, PLACE DU PALAIS.

MDCCCXXIX.



La persistance rétinienne selon Joseph Plateau est le phénomène par lequel l'œil continue de percevoir une image même après sa disparition physique, créant ainsi une illusion de continuité dans la perception visuelle.

Ce concept a des implications importantes dans notre compréhension de la vision, de la perception du mouvement et des médias visuels comme le cinéma.

- L'une de ses expériences les plus célèbres impliquait un disque avec des motifs dessinés dessus. Lorsque le disque était tourné rapidement, les motifs semblaient fusionner en une seule image continue. Cela a démontré que la persistance rétinienne permettait au cerveau de fusionner des images successives en une perception fluide du mouvement.

Le « Mythe » de la persistance rétinienne

- Le principe fondamental qui sous-tend l'idée de la persistance visuelle est qu'une sensation est une force qui se propage à travers le système perceptuel et continue d'être sentie après que le stimulus ait disparu. Il en est de même pour l'audition: nos oreilles bourdonnent après un concert ou nos narines peinent à purger des odeurs âcres.
- Cette théorie, infusée de concepts hérités de l'Antiquité (Aristote) est simple et élégante. De plus elle provient du monde scientifique et a été expérimentée sur nombre de jouets optiques dont le principal fut le cinéma.
- Cette théorie va s'ancrer dans les écrits cinématographiques depuis le XIXe siècle. La plupart des livres sur la technique du cinéma font référence à la persistance rétinienne. Il en est de même sur de nombreux sites Internet.
- Cette théorie sera infirmée par les études psychologiques du début du 20^e siècle et par les neurosciences à la fin du 20^e siècle.
- Elle reste cependant très populaire (connaissances a priori)

I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique**

B. XIXe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique: les jouets optiques**

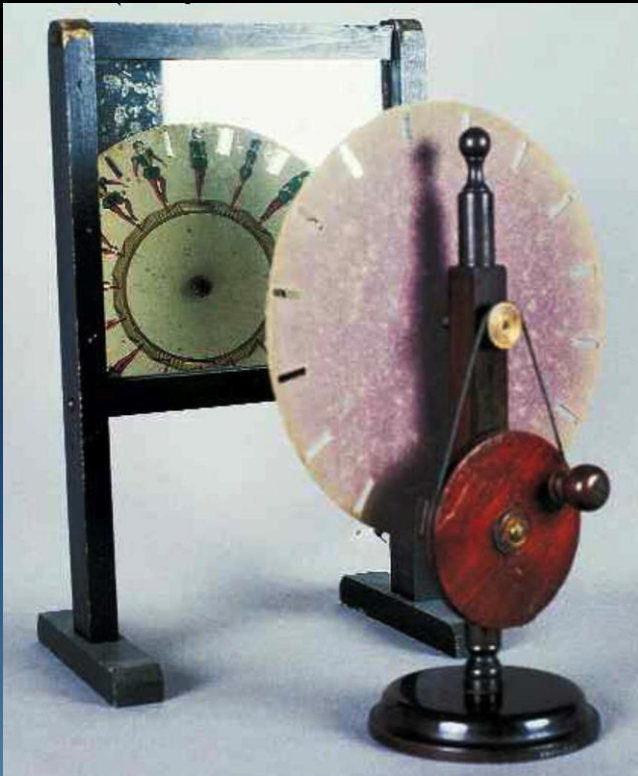
- Entre 1800 et 1914, L'Europe devient le grand chaudron de la révolution industrielle dans lequel scientifiques, ingénieurs et artistes découvrent et créent à un rythme jamais égalé dans l'histoire.
- Dès 1832, des images se mettent à « bouger toutes seules » : c'est la naissance du dessin animé ! Malgré de nombreuses imperfections, le public s'enthousiasme pour ce nouvel art qui trouve sa concrétisation en 1895 avec le cinématographe de Louis et Auguste Lumière.

6. Phénakistiscope



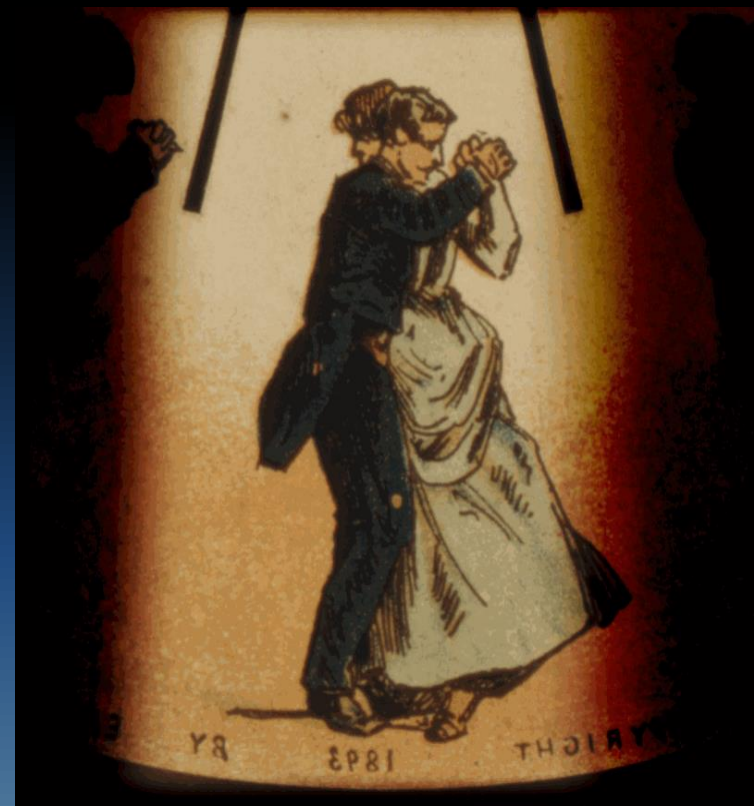
1832

Inventé par
Joseph Plateau
(1801-1883).





Disque de phénakistiscope réalisé par Muybridge (1893)



Ce que le spectateur voyait dans le miroir

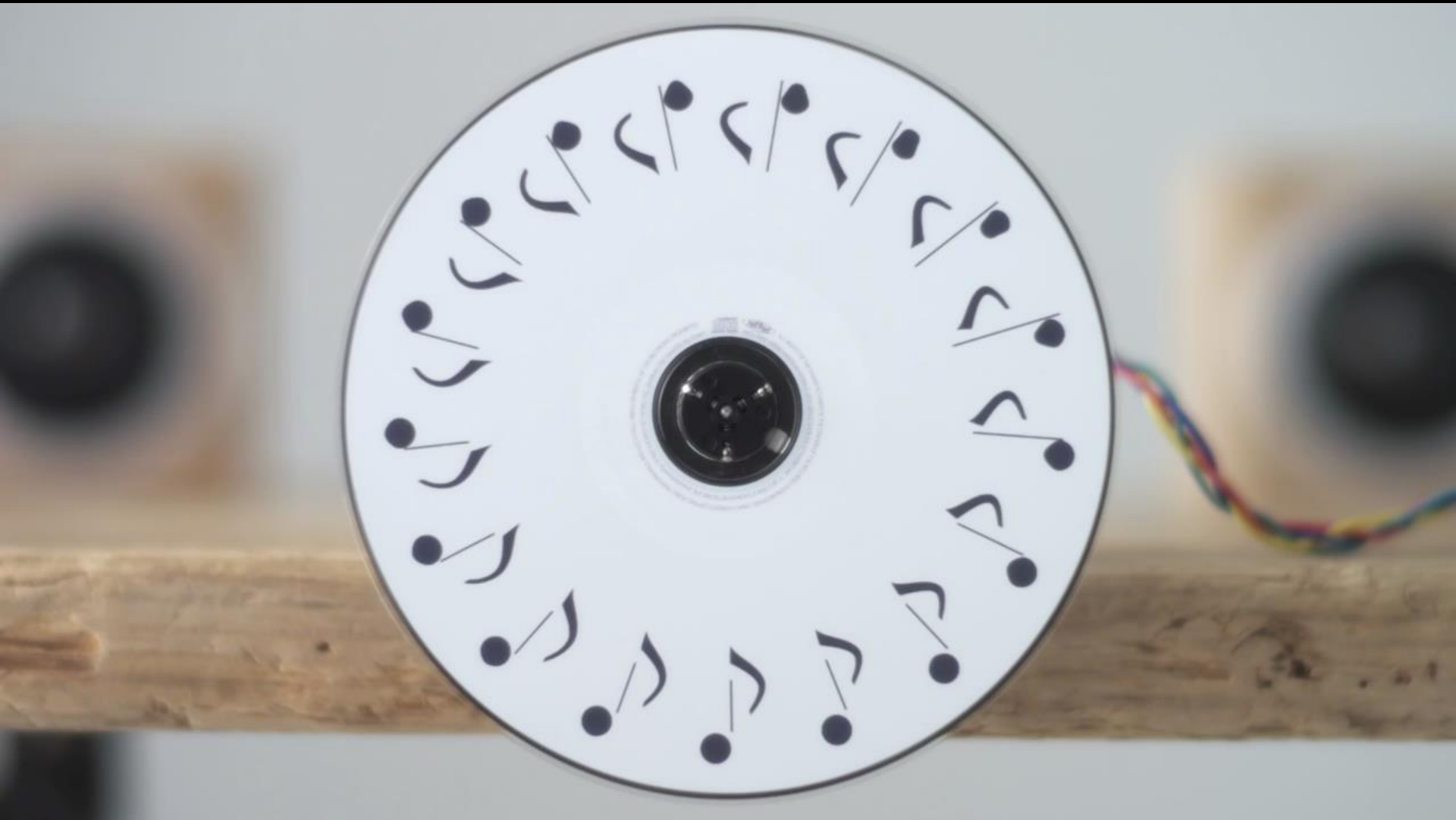


Dessin de Joseph Plateau 1833



Disque de phénakistiscope de Plateau, illustré par le peintre et lithographe Jean-Baptiste Madou (qui a donné son nom à une place de Bruxelles)

Sour: Life is music (2013)

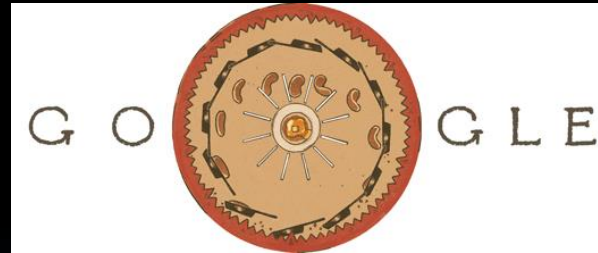


Music for Exposition Electro par le duo Sculpture 2019



Depuis 2010, le duo audiovisuel Sculpture a sorti plusieurs des disques d'images avec des animations très élaborées à visionner sous un stroboscope clignotant exactement 25 fois par seconde.

Hommage rendu par Google le 14/10/2019 à la date du 218e anniversaire de Plateau.
Il fut affiché dans 41 pays.



Version ordinateur



Version application

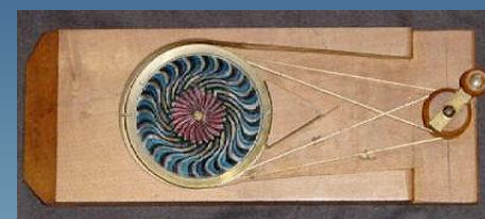
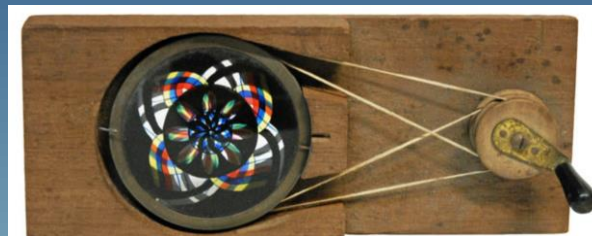


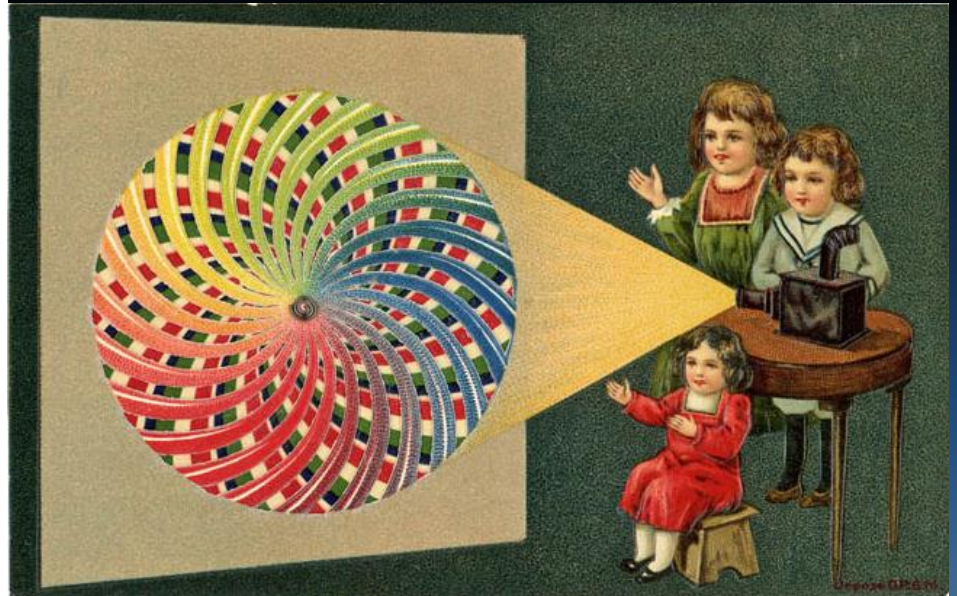
Version mobile

«Doodle», logo customisé qui remplace périodiquement les lettres colorées du moteur de recherche

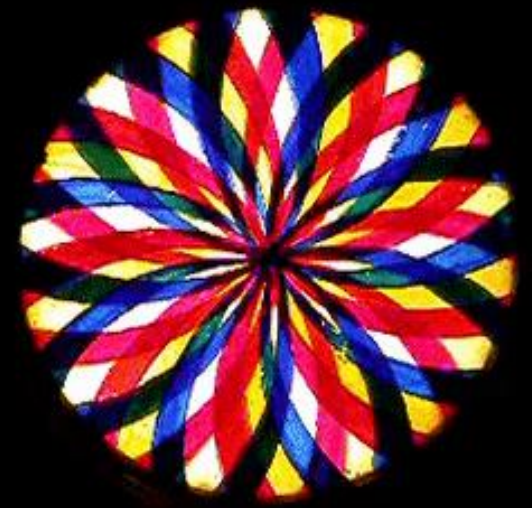
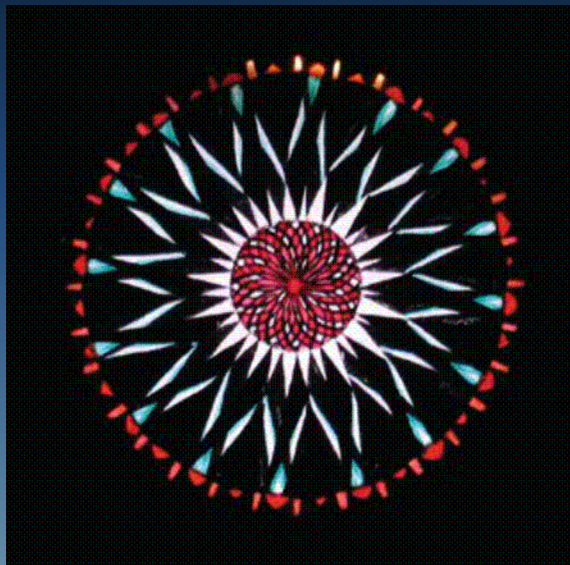
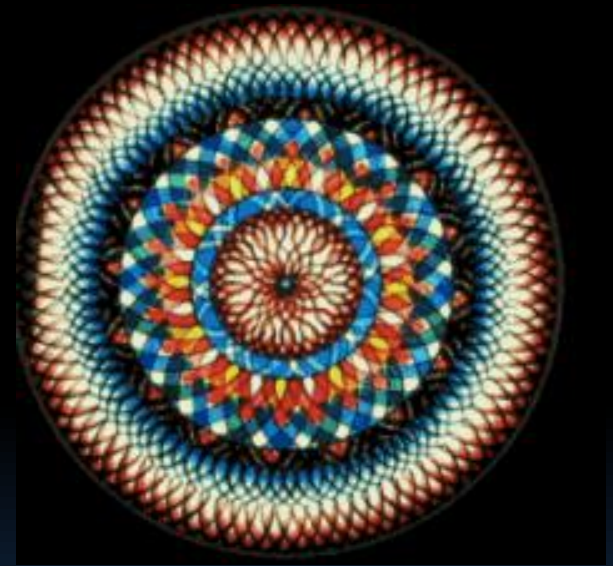
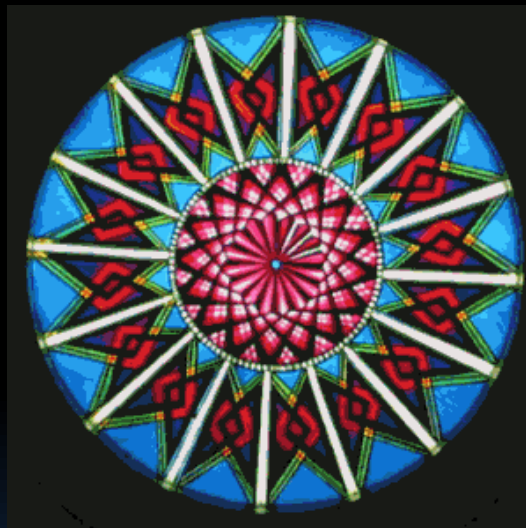
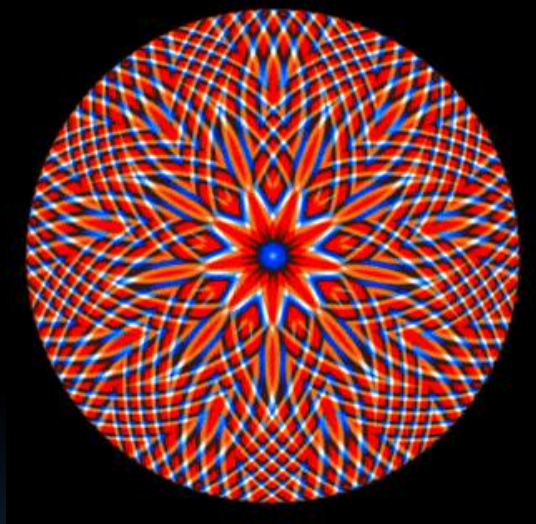
1850: le Chromatrope de projection

- Le **chromatrope** (du grec *chrôma* « couleur » et *tropos* « tour ») est une variante de la lanterne magique permettant de projeter de saisissants effets lumineux.
- Apparu dans les années 1850, le **chromatrope** est constitué d'un châssis en bois équipé d'une manivelle qui fait tourner en sens inverse deux couronnes métalliques. Celles-ci supportent chacune un verre peint de motifs géométriques interchangeables.





Lanterne de projection pour chromatope



8. Folioscope / 9. Kineograph



1834 / 1868

L'invention du folioscope est parfois attribuée au Français **Pierre-Hubert Desvignes** en 1834, mais le *Kinetograph*, qui est le même dispositif, est breveté en 1868 par l'Anglais **John Barnes Linnett**.

- Ce sont de drôles de petits livres qu'on appelle des **folioscopes** ou encore des **flip books**, qui fonctionnent sur le principe très simple de l'effeuillage rapide avec le pouce d'une série empilée de vignettes dessinées, dont la succession donne l'illusion d'un mouvement continu.
- Nombre de ces carnets étaient offerts en publicité par les grands magasins entre 1890 et 1910.



Le mutoscope (1894)

[1895/1899] American Mutoscope and Biograph Company.
Brevet Herman Casler, 26 février 1896.



Flip book de Marie-Thérèse Walther par Picasso (1927)



Flip Book Andy Warhol

Il a été présenté au 'Flip Book Show » de Dusseldorf (Daumeniko) en juillet 2005



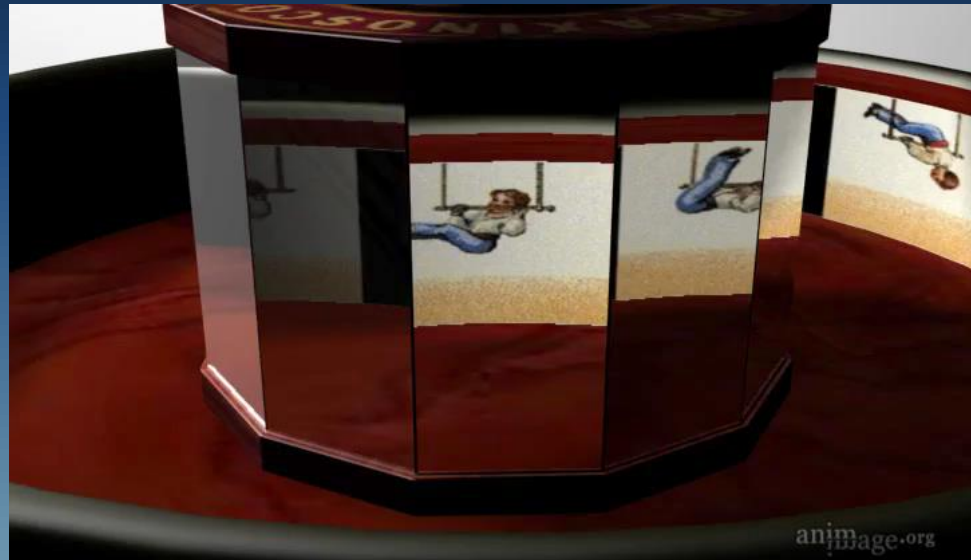
- **Le praxinoscope** (du grec praxis, "action" et scopeo, "je regarde") est inventé par **Emile Reynaud en 1877**. Pour pallier l'assombrissement des images vu leur passage rapide devant les fentes obturatrices du phénakistiscope ou du zootrope, il décide de remplacer les fentes par une série de miroirs prismatiques.
- L'appareil se présente comme une « cage de glaces », 12 petits miroirs verticaux, collés côte à côte de manière à former un polygone prismatique, disposé au centre.

10. Praxinoscope



➡ 1877 ➡ ...

Inventé par **Émile Reynaud** (1844-1919)
en 1877.



1879: Praxinoscope-Théâtre de Reynaud



Praxinoscope-Théâtre

Émile Reynaud
(France, 1879)



1956: Red Raven Movie Records

- Plusieurs sorties de musique vinyle ont des animations de type phénakistiscope sur les étiquettes ou sur le vinyle lui-même. En 1956, Red Raven Movie Records a lancé une série de singles 78 tours avec des animations à visionner avec un appareil avec de petits miroirs comme un praxinoscope à placer au centre du disque.

The little red engine

13. Théâtre optique

→ 1888



Inventé et breveté en 1888
par **Émile Reynaud**
(1844-1919).

Teatre Òptic Théâtre Optique

Émile Reynaud

(1892-1900)

14. Kinétographe et Kinétoscope

1893



En 1893, **Thomas Alva Edison** (1847-1931) obtient les brevets pour sa caméra, le *Kinétographe* et pour le *Kinétoscope*, qui est un cabinet dans lequel une personne peut visionner un film.

15. Cinématographe

1895



Créé par Louis Lumière et son frère Auguste, le cinématographe est une caméra et un projecteur.

Les Lumière organisent la première projection publique d'un film.

L'appareil cinématographique

1921: Ombro cinéma

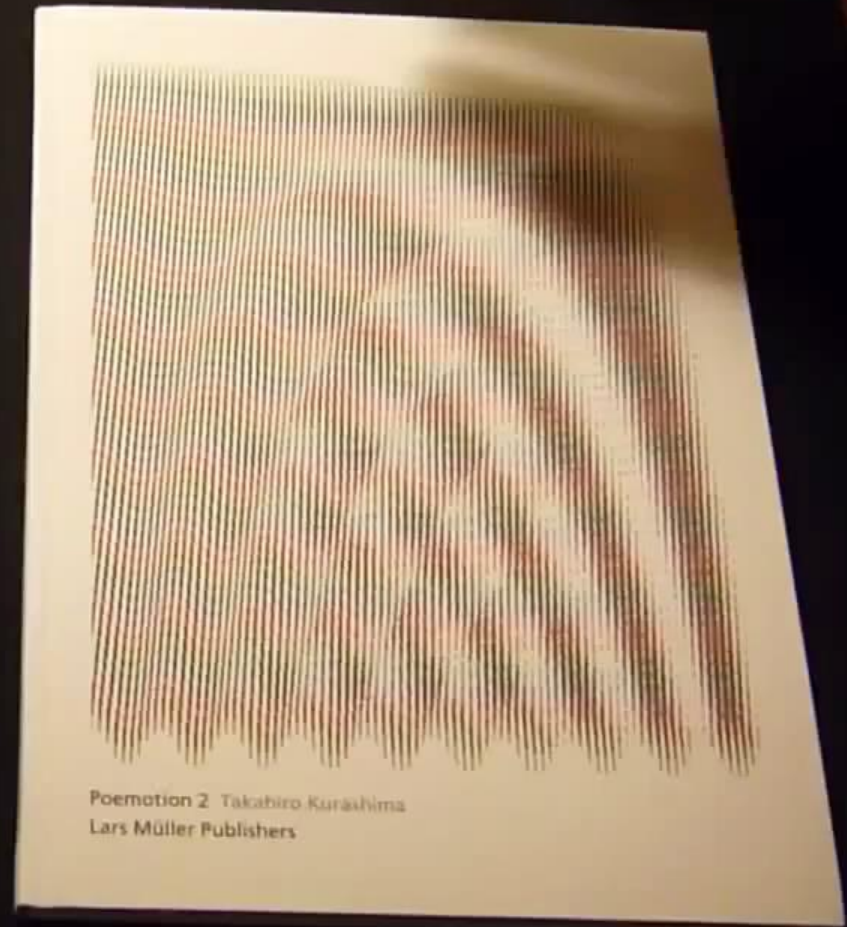
- Le jouet Ombro-Cinéma produit par Ed Saussine à Paris est breveté en 1921 et six mois plus tard, a reçu une médaille d'or au 19e Concours Lépine . Saussine avait déjà publié des versions avec des silhouettes régulières non animées sur le livre, comme *Ombres chinoises, mécanisme* breveté en 1897.



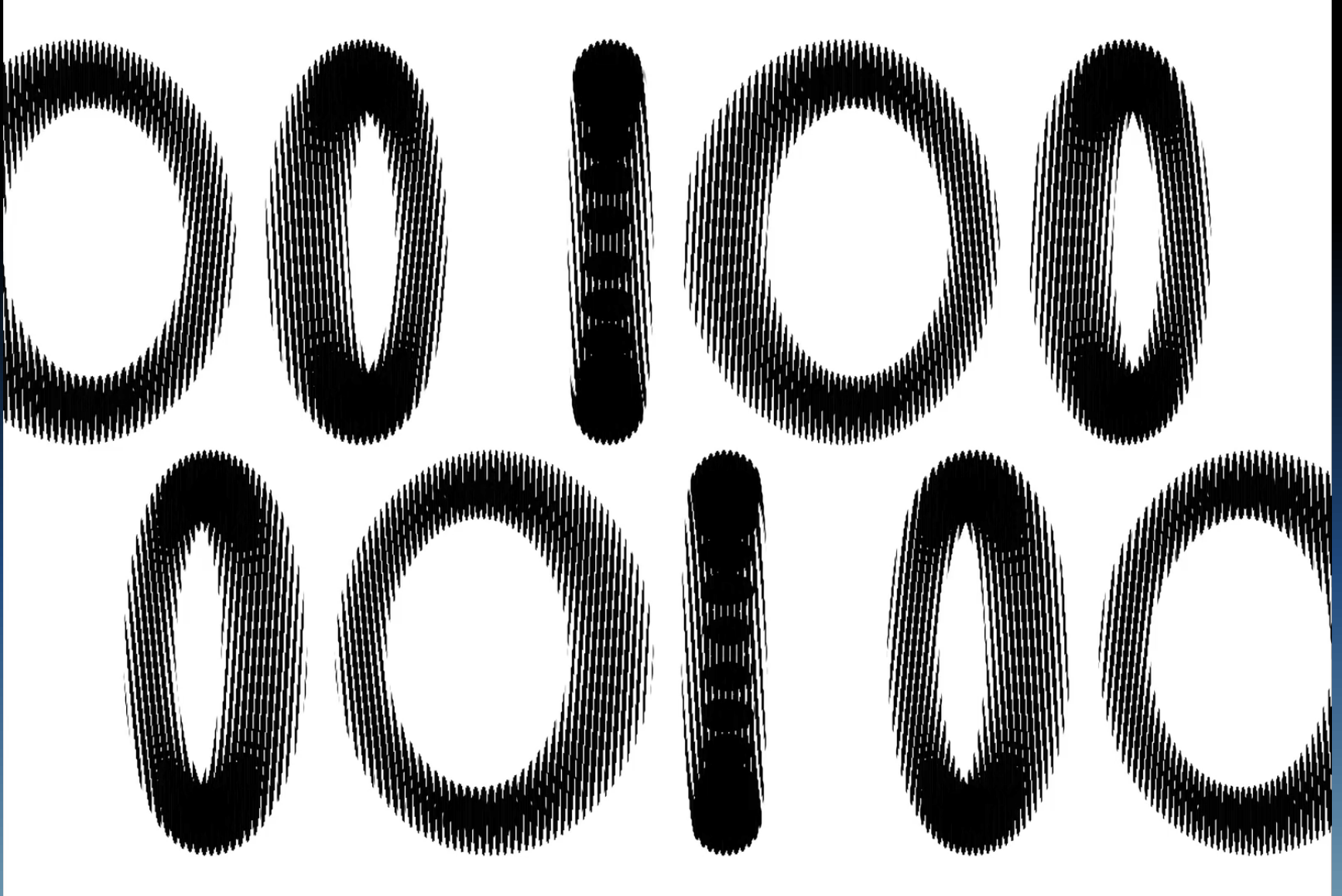
L'Ombro cinéma (1920)



Takahiro Kurashima: Poemotion (2013)



Moiremotion (2020)



I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique**

B. XIXe siècle

- 1. Approche scientifique**
- 2. Approche empirique**

C. XXe siècle

- 1. Approche scientifique: Psychologie de la Gestalt**

Sigmund Exner (1846-1926)

- Exner identifie en 1875 trois régimes temporels de mouvement apparent :
 - les **intervalles longs** entre les stimuli donnent lieu à une **succession**;
 - les **intervalles courts** donnent lieu à une **simultanéité**;
 - les **intervalles intermédiaires** appropriés donnent lieu à un **mouvement apparent (mouvement bêta)**.
- Cependant, aucune observation quantitative n'est réalisée quant à la durée des intervalles.

Max Wertheimer (1880-1963)

- Avec un soin méticuleux, Wertheimer a exploré les étapes intermédiaires du mouvement découvert par Exner en 1875.
- En **1912**, il publie un livre sur la perception du mouvement apparent. Il s'agit d'une apparition d'un mouvement qui se produit lorsque deux lumières clignotent :



Observations de Wertheimer (1912)

Observations de Max Wertheimer (1912)

Succession



SD : 500 ms
Cadence : 1 i/s

Mouvement β



SD : 250 ms
Cadence : 4 i/s

Simultanéité



SD : 42 ms
Cadence : 24 i/s

Le mouvement phi

- En plus des trois phénomènes (succession, mouvement et simultanéité), Wertheimer découvre un quatrième phénomène qui changera l'histoire de la psychologie et qui causera indirectement la confusion dans les écrits sur le mouvement filmique.
- Entre la simultanéité et le mouvement apparent, c'est-à-dire lorsque la durée de l'intervalle se situe entre **80 et 100 ms**, Wertheimer observe un mouvement pur qui est sans forme, car il connecte les figures, mais est désincarné.
- Une autre particularité du phénomène est que sa couleur est celle du fond de l'image plutôt que la couleur des objets affichés. Il s'agit du mouvement phi (ϕ), pour « phénomène ».

Mouvement optimal ou bêta

- Lorsque l'intervalle temporel est d'environ 250ms, Wertheimer recrée le mouvement apparent (catalogué comme mouvement bêta par Korte) qui a été observé par Exner en 1875.
- Par contre, il ne qualifie pas ce mouvement de « bêta » ou d'« apparent ». Il l'appelle plutôt « **mouvement optimal** ».

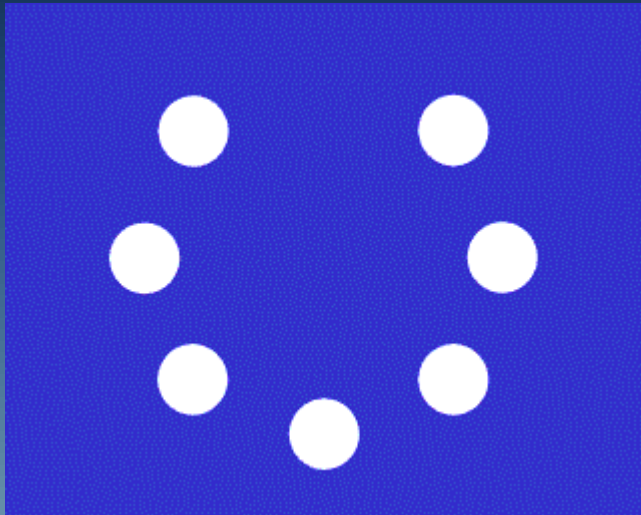
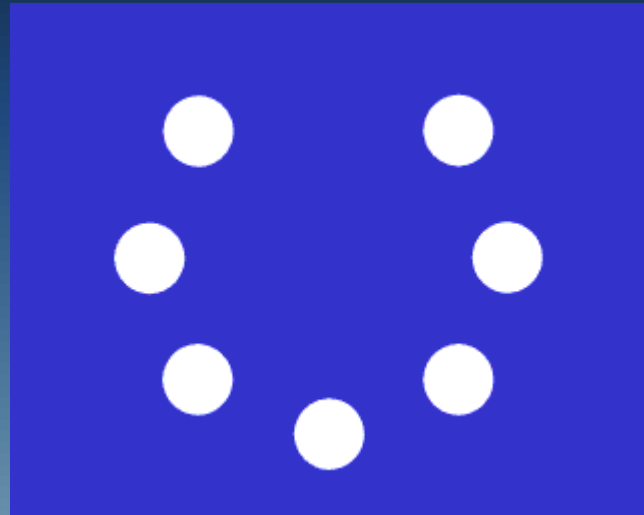
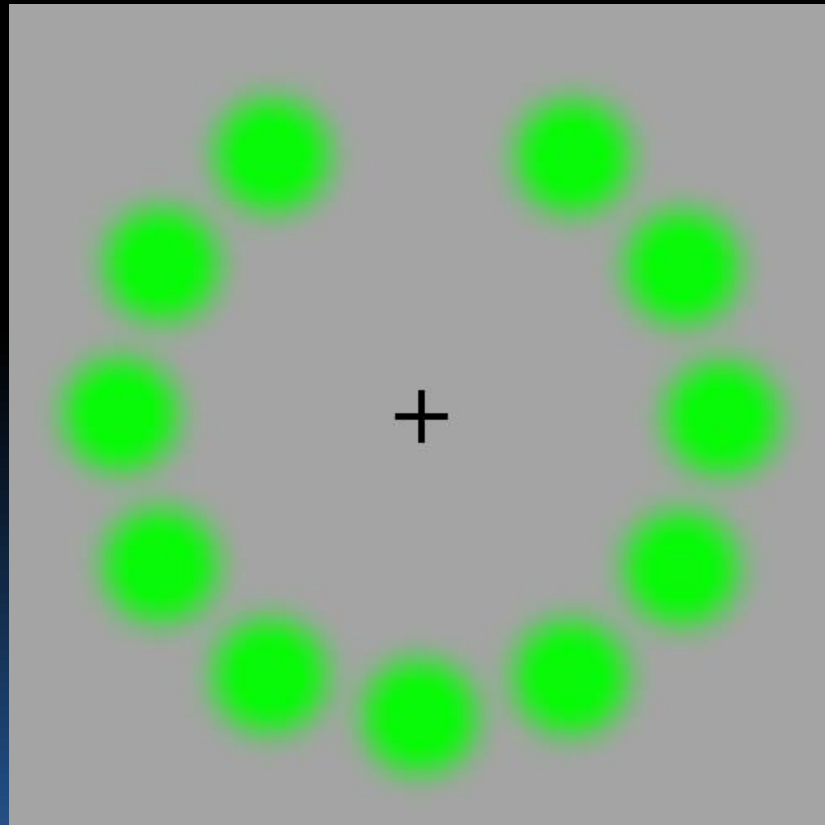
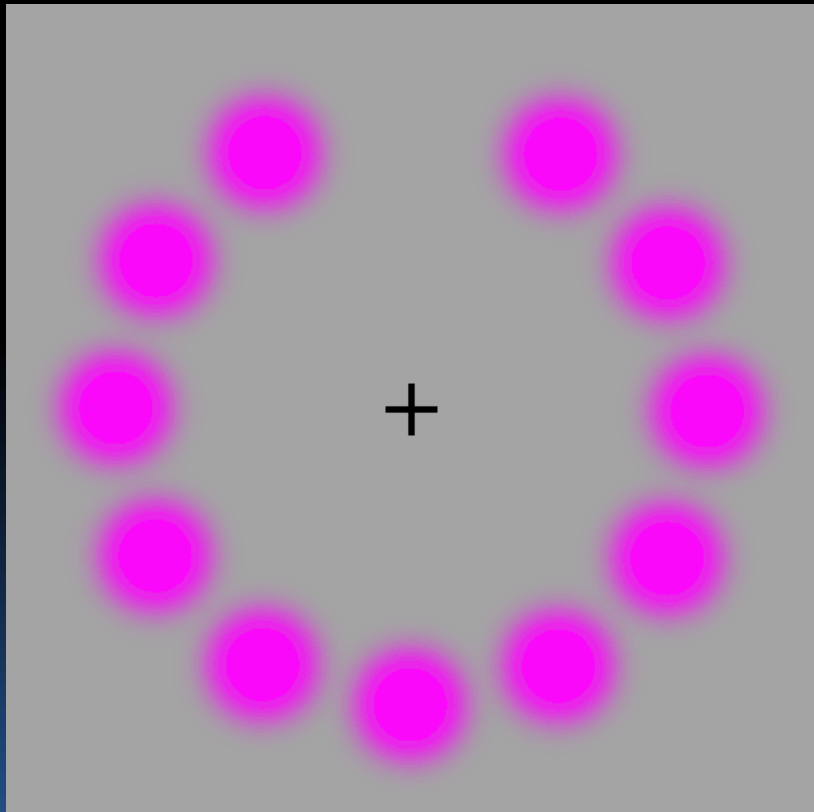


image fixe

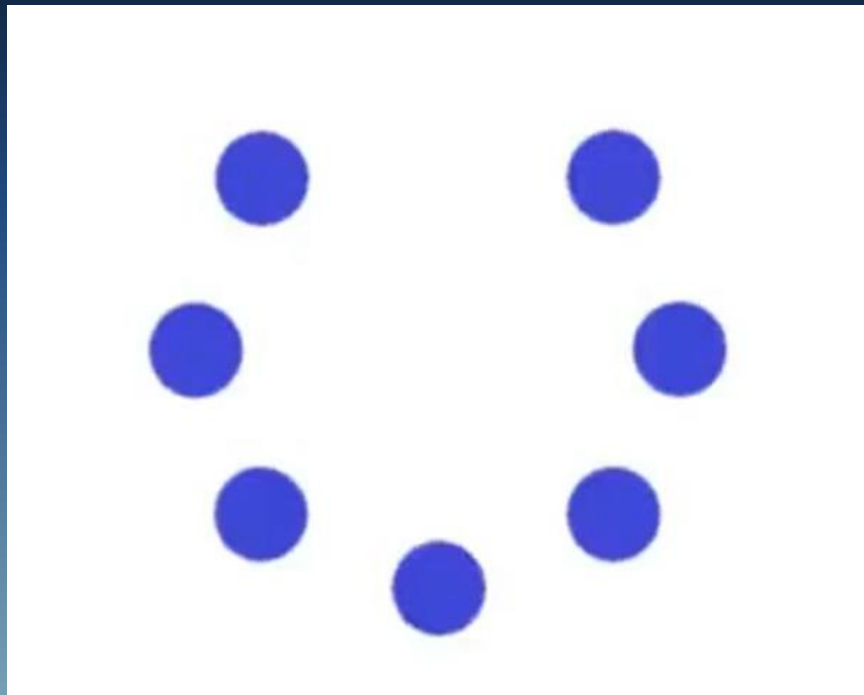


Mouvement bêta



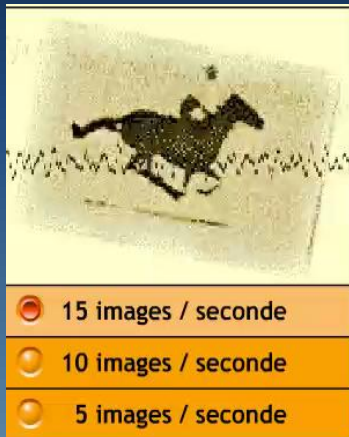
Mouvement phi

- Une autre perception plutôt énigmatique est souvent appelée *phi pur* ou *mouvement sans objet*. Dans ce cas, le mouvement est ressenti même si les deux éléments de stimulus sont perçus comme étant stationnaires. Il apparaît pour une durée d'affichage de 80-100 ms.

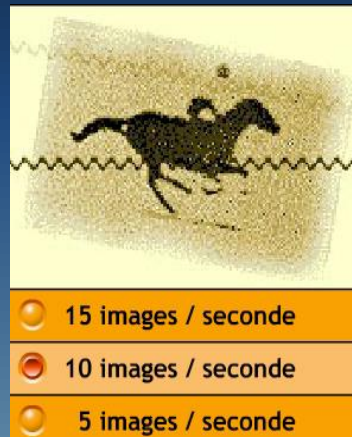


Influence du rythme du film

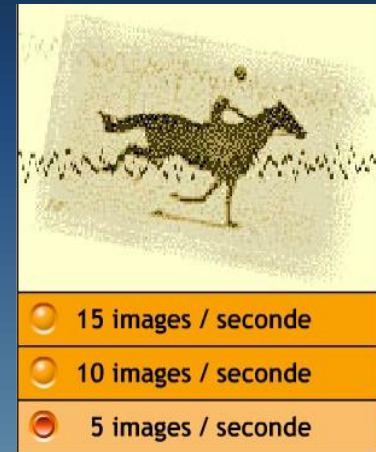
- L'explication de l'illusion du mouvement au cinéma par la persistance rétinienne a cependant été rejetée par les psychologues pour plusieurs raisons. D'abord parce que nous continuons d'avoir une impression de mouvement quand les images fixes nous sont présentées à un rythme aussi bas que dix images par seconde et même moins.



15 images/seconde



10 images/seconde



5 images/seconde

- Autre problème: la persistance rétinienne n'apparaît qu'environ 50 millisecondes après la cessation de l'image. Or durant cette période, au moins deux images fixes sont vues par le spectateur lors d'une projection normale, ce qui cause un sérieux problème à la thèse de la fusion des images persistantes pour assurer l'effet de mouvement.

I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

- 1. Approche philosophique et scientifique**
- 2. Approche empirique**

B. XIXe siècle

- 1. Approche scientifique**
- 2. Approche empirique: les jouets optiques**

C. XXe siècle

- 1. Approche scientifique: Psychologie de la Gestalt**
- 2. Approche artistique: l'Optical Art**

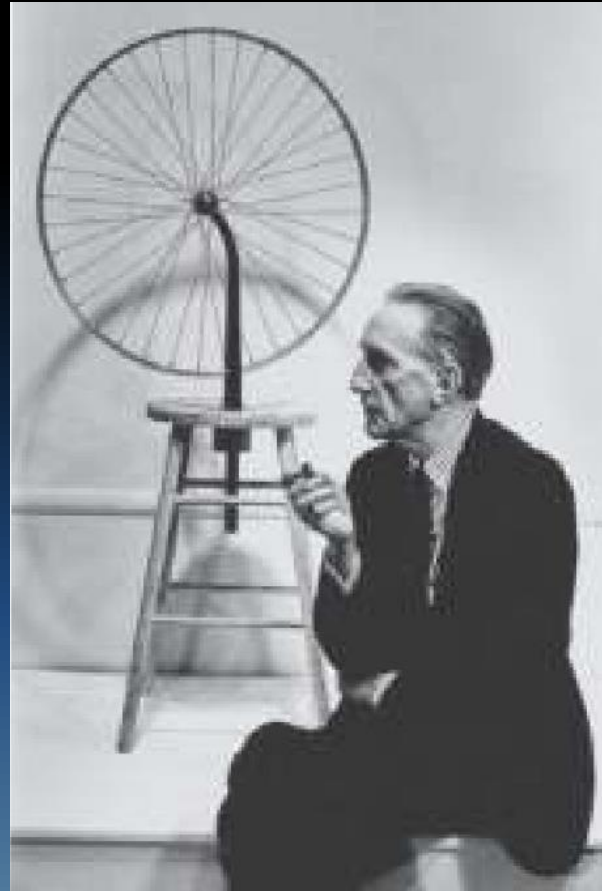
Expériences issues de la psychologie

- Duchamp était fasciné par la visualisation du mouvement et aurait été au courant des études de Max Wertheimer.
- Il est également concevable qu'il ait profité de son séjour à Munich, durant l'été 1912, pour approfondir ces études.
- De retour à Paris en 1913, il construit sa première bicyclette dans son atelier parisien. À l'origine, il ne s'agissait pas d'une œuvre d'art. Il a déclaré qu'il voulait simplement un objet à portée de main pour pouvoir le mettre en mouvement manuellement et l'observer facilement.

Duchamp et la roue



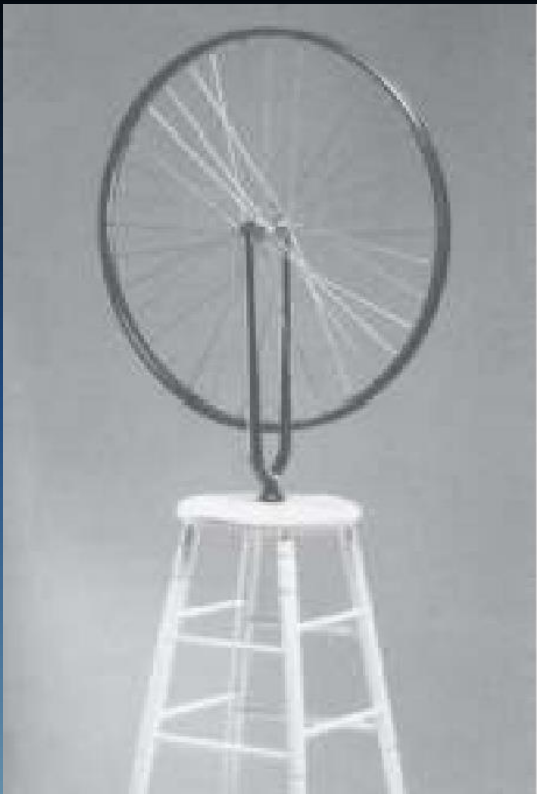
Max Wertheimer devant un tachistoscope à roue



Marcel Duchamp avec sa roue de bicyclette, premier *Readymade*

Roue de bicyclette (1913)

- Premier ready-made de l'histoire de l'art contemporain (*Roue de bicyclette* exposée en 1913).



- La roue de Duchamp n'est pas seulement le premier *readymade* connu, elle peut aussi être considérée comme la première sculpture cinétique.

Duchamp semble avoir une affinité particulière pour tout ce qui tourne, comme les roues et les moulins à vent. On trouve des objets en forme de roue dans ses tableaux après 1911, par exemple dans *Moulin à Café*

Roue de bicyclette, 1913, réplique d'un original perdu

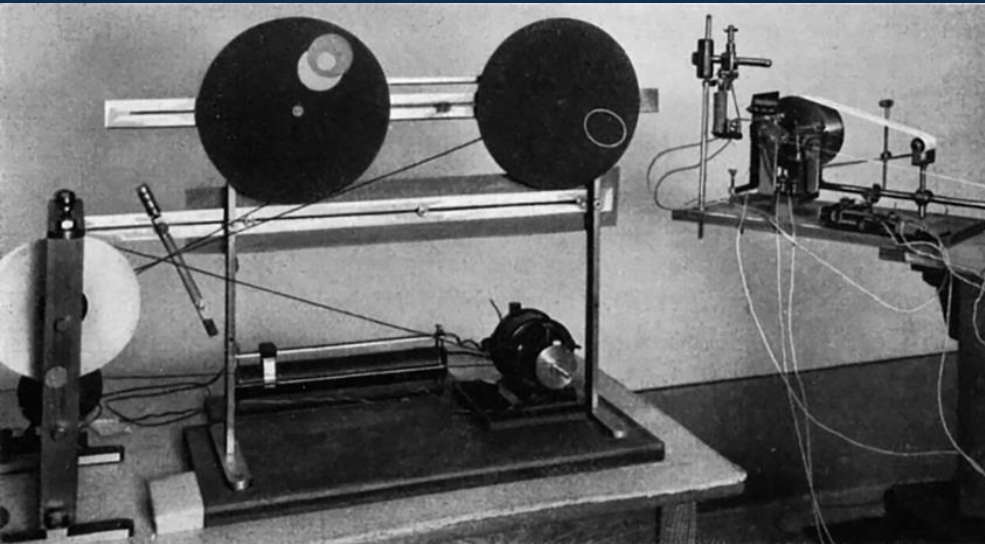
Rotative plaque de verre (1920)

- Il expérimente le mouvement circulaire mécanisé de ses spirales en 1920, avec sa *Rotative plaque de verre* et sa *Rotative demi-sphère*, avant de s'interroger :
« Au lieu de fabriquer une machine qui tourne, comme j'avais fait à New York, je me suis dit : pourquoi ne pas tourner un film ? ».



L'illusion stéréocinétique

- L'illusion stéréocinétique est produite par des motifs de cercles excentriques tournant lentement, donnant l'impression tridimensionnelle de cônes ou de trous coniques qui peuvent osciller au fur et à mesure de la rotation. Cette illusion a été étudiée par des chercheurs de l'Université de Padoue comme Benussi et Musatti.



Les Rotoreliefs (1935)

- Les plaques rotatives deviennent en 1935, les « **rotoreliefs** » ou « machines optiques ») sous la forme de plaques tournantes. Conçus pour produire l'illusion du volume, les *Rotoreliefs* constituent un ensemble de six disques de carton imprimés en recto verso, dont les dessins numérotés de 1 à 12 s'intitulent *Corolles*, *Œuf à la coque*, *Lanterne chinoise*, *Poisson japonais*, *Escargot*, *Éclipse totale* ou *Spirale blanche*.
- « Divertissements visuels », selon leur auteur, d'une taille de 20 cm de diamètre pour les plus grands, ces disques colorés aux motifs psychédéliques avant l'heure s'utilisent sur un phonographe – déployant des effets de creux ou de reliefs fascinants sous l'effet de leur rotation.



Rotorelief n° 3 (Lanterne chinoise)



Rotorelief n° 8 (Cerceaux)



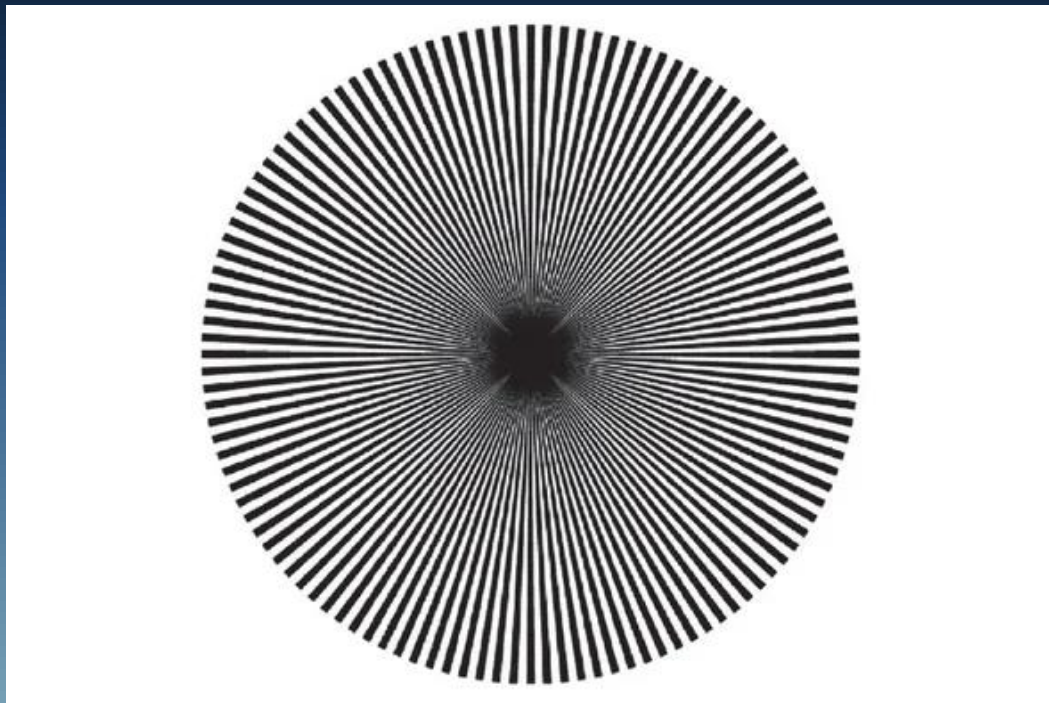
Rotorelief n° 5 (Poisson japonais)



Rotorelief n° 12 (Spirale blanche)

Rayons MacKay (1957)

- Cette illusion, créée en 1957 par le neuroscientifique Donald M. MacKay, montre que de simples schémas de stimuli réguliers ou répétitifs, tels que des lignes radiales, peuvent induire la perception d'un mouvement chatoyant ou illusoire. Pour voir l'illusion, regardez le centre du cercle et remarquez le miroitement périphérique.



Victor Vasarely

(1908-1997)

La période Noir-blanc de Vasarely s'étend sur la période 1950-1960.

L'Optical Art s'attache à suggérer le mouvement sans jamais le réaliser véritablement.



RR9, 1951, Gouache et collage sur papier

Bridget Riley (1931-)

- Bridget Riley étudie les pointillistes et dirige ses recherches sur les moyens de créer l'illusion du mouvement dans un tableau statique. Elle propose des systèmes linéaires rythmiques aux effets spatiaux illusionnistes, des tableaux de rayures. C'est le spectateur qui détermine le mouvement en se déplaçant devant la toile.



Brigitte Riley Blaze 4 , 1964

I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

B. XIXe siècle

C. XXe siècle

D. Fin XXe –Début XXIe siècle

Approche du mouvement en neurosciences

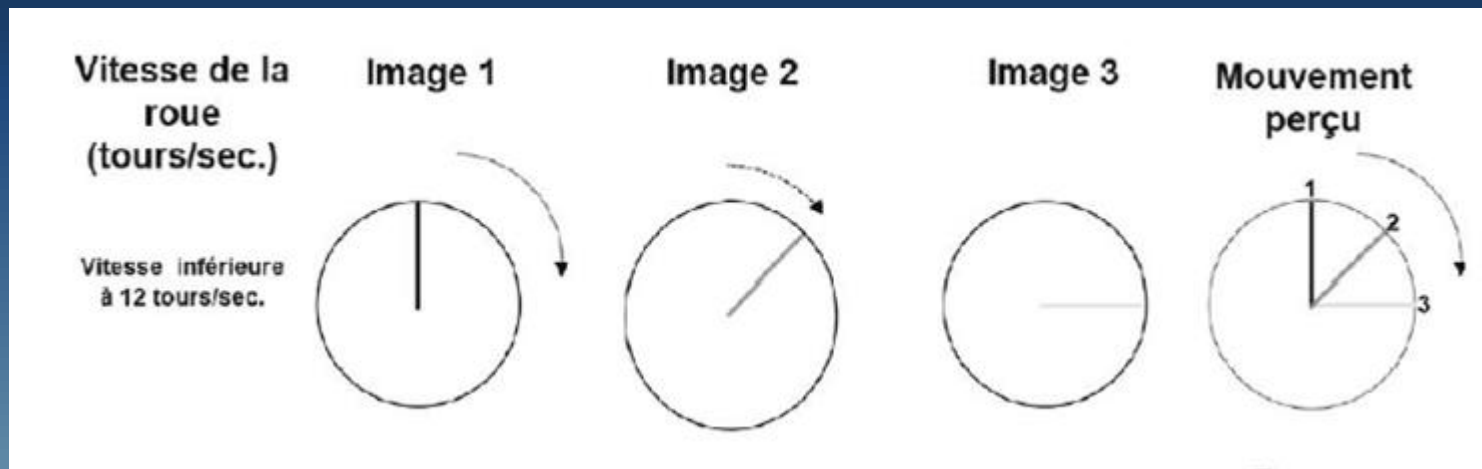
1. le mouvement au cinéma

Le mouvement au cinéma

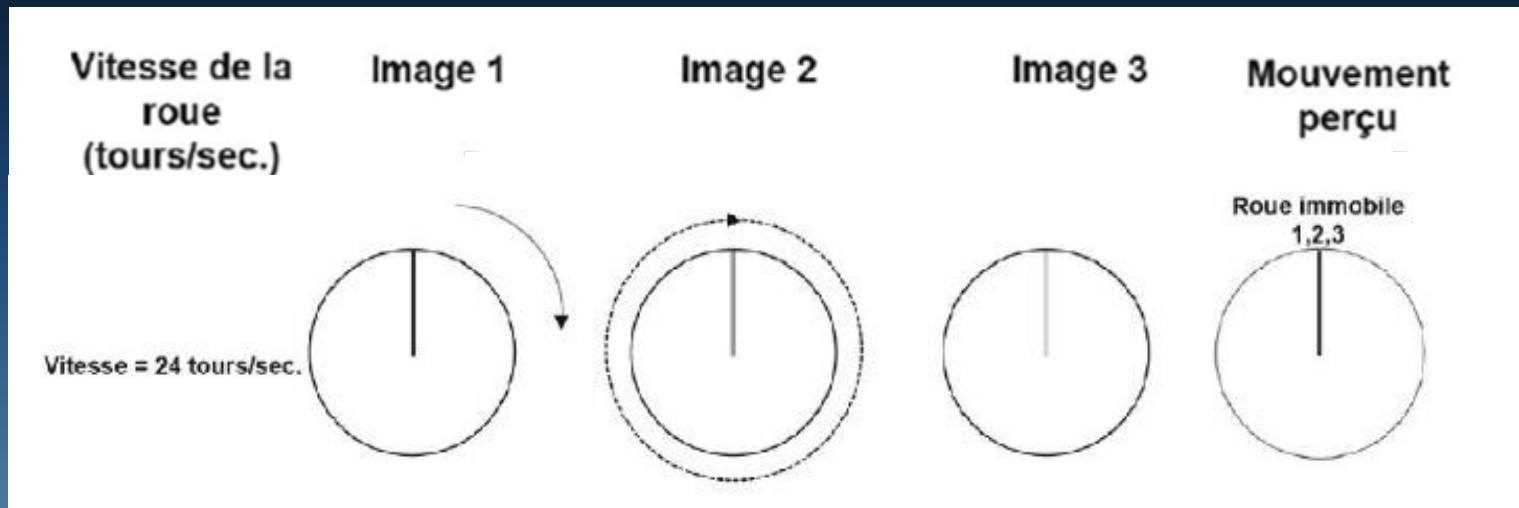
- Lorsque le rayon de la roue accomplit un tour, il traverse une infinité de positions successives. Le film ne va nous montrer que quelques-unes de ces positions au sein de cet infini répertoire. Il effectue un « échantillonnage. Dans notre cas, il va nous montrer chacune des positions occupées par le rayon et ce; toutes les $1/24^e$ de seconde, car le film échantillonne 24 images par seconde.
- La caméra (ou le projecteur) échantillonne le mouvement, réduisant un mouvement continu à une suite d'images fixes dont chacune capture une position donnée de la roue.

Mouvement de la roue

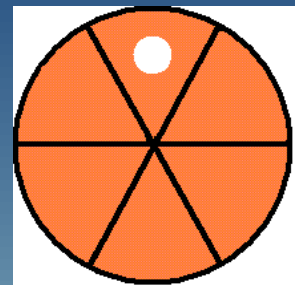
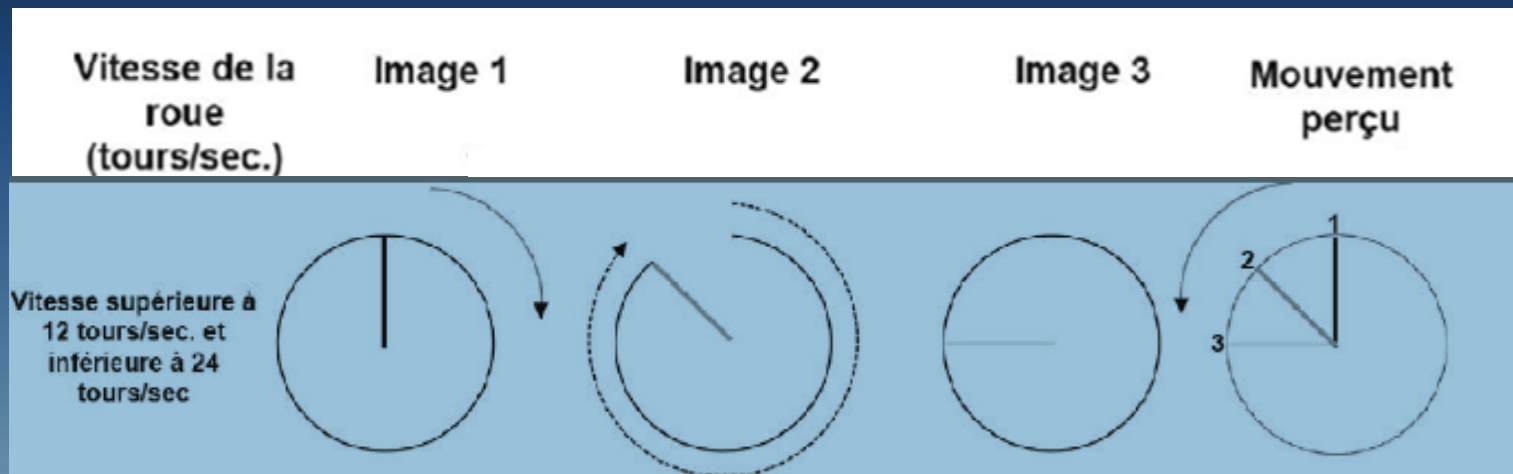
- Pour comprendre la reconstitution du mouvement, prenons le cas simple d'une roue avec un seul rayon. Le cinéma nous fait passer 24 images par seconde. Nous allons examiner différents cas de figure.
- Dans notre cinéma intérieur, le cerveau qui tente de reconstituer le mouvement sur base de perceptions discontinues explique le passage de la position P₁ à P₂ (2 visions successives sur notre rétine) par une rotation dans le sens horaire qui est le plus court chemin



- À une vitesse de 24 tours/seconde, le rayon paraîtra immobile, car la vitesse de projection est de 24 images/seconde.
- Dans notre interprétation, la roue est immobile.



- Si la vitesse augmente (entre 12 et 24 tours/seconde), il arrive que l'explication par le plus court chemin pour relier les 2 visions successives corresponde à un mouvement antihoraire.
- L'interprétation par un mouvement antihoraire de la roue semble la plus plausible



Roue à aubes de la forge d'Aube dans l'Orne



I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

B. XIXe siècle

C. XXe siècle

D. Fin XXe –Début XXIe siècle

Approche du mouvement en neurosciences

1. le mouvement au cinéma

2. Le mouvement dans la vie réelle

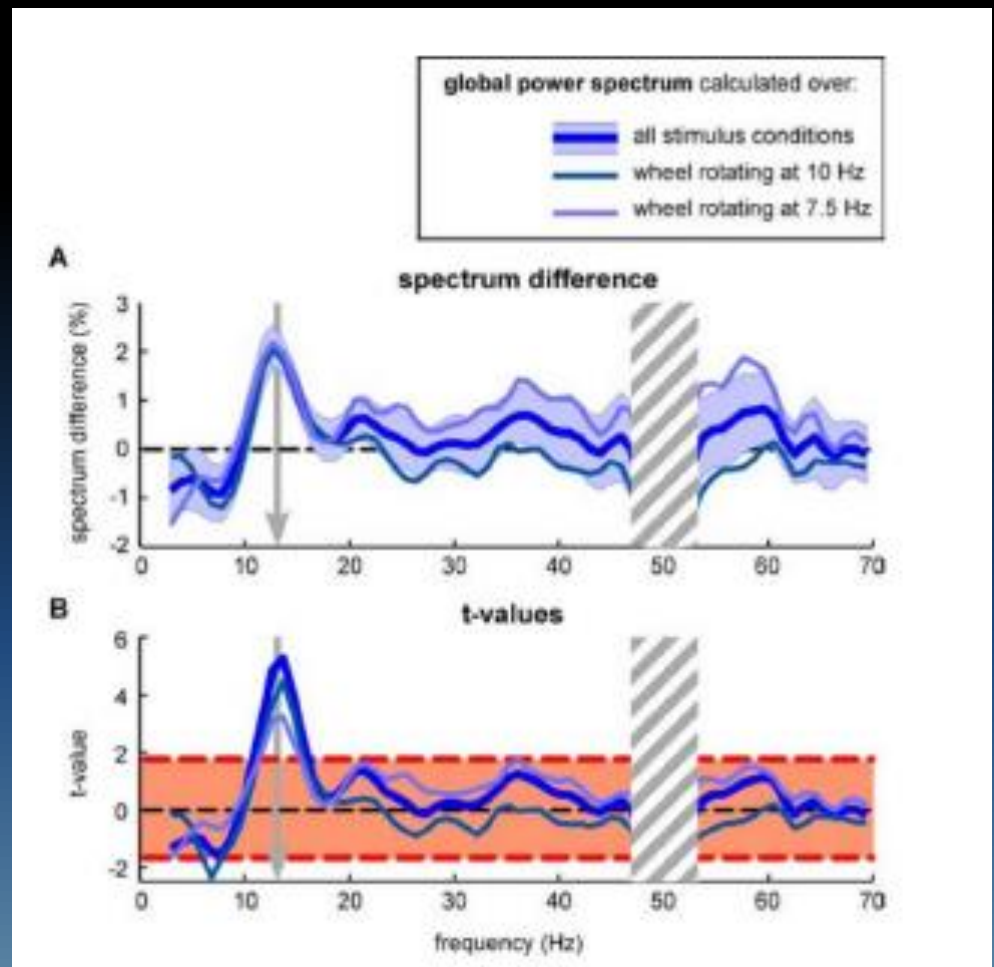
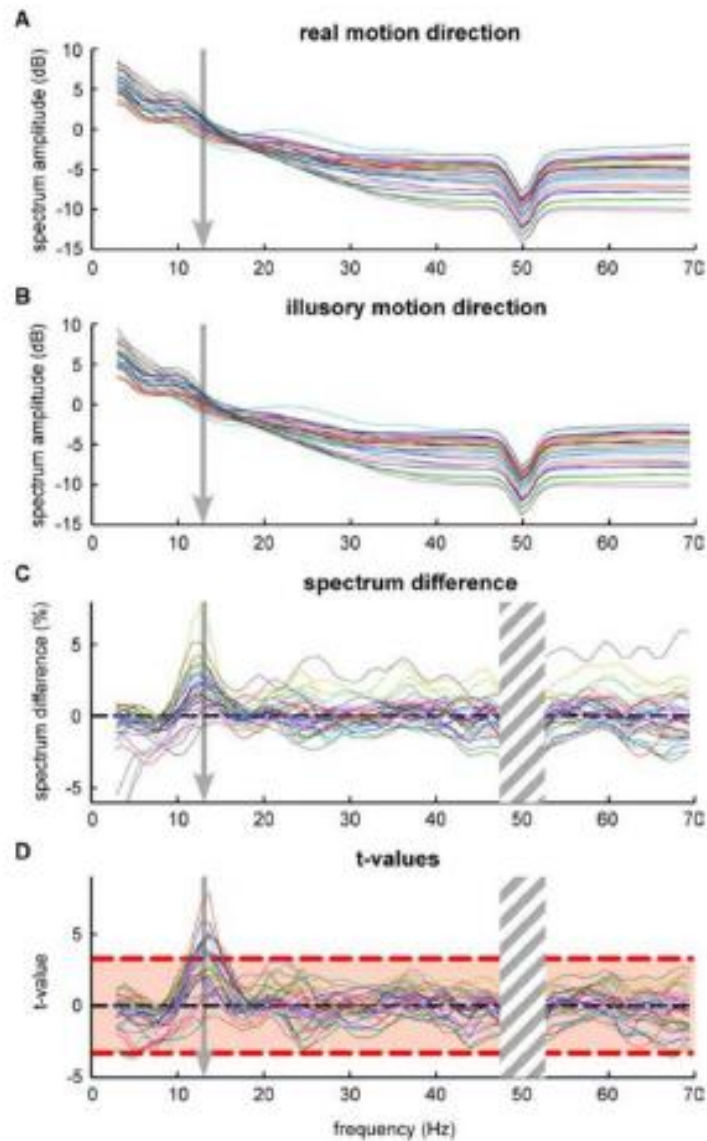
Le mouvement dans la vie réelle

- Une hypothèse audacieuse s'avance alors sur la scène de notre esprit : et si nous fonctionnions comme une caméra de cinéma ? Et si, face à un objet qui se déplace, notre esprit/cerveau réalisait des sortes de clichés photographiques successifs qui, aussitôt projetés sur la scène de notre conscience, nous apparaîtraient comme le film continu de cet objet en mouvement.
- Pour répondre à la question : percevons-nous le monde comme un flux continu d'informations ou en épisodes discrets ou instantanés ? Une expérience va être réalisée sur l'illusion de la roue de chariot.

- Cette expérience, réalisée par Purves et collaborateurs en 1996 (*The wagon wheel illusion in movies and reality*, Purves et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 93, 3693-3697, 1996) conclut qu'il est possible de provoquer l'illusion de la roue qui tourne à l'envers même lorsque la roue tourne devant nous, et donc que ses mouvements ne sont pas filmés (donc pas échantillonnés) par une caméra, mais perçus dans la « vraie vie ».
- Le fait que cette illusion des « roues de chariot » s'observe dans la réalité laisse supposer que le système visuel humain traite des épisodes séquentiels d'information plutôt qu'un flux continu.
- En découvrant expérimentalement cette illusion de la roue en lumière continue, Purves et ses collègues ont jeté les fondements d'une théorie de la perception visuelle.
- Cette stratégie de la vision laisse supposer pourquoi les films sont si réalistes puisque c'est ainsi que nous percevons les choses et que nous détectons les mouvements.

L'illusion du mouvement en neurosciences

- En 2006, VanRullen, Reddy et Koch ont étudié l'illusion de la roue en lumière continue tout en enregistrant l'activité cérébrale des participants à l'aide d'un électroencéphalogramme, une technique qui dispose d'une très grande précision temporelle.
(The Continuous Wagon Wheel Illusion Is Associated with Changes in Electroencephalogram Power at 13 Hz, The Journal of Neuroscience, 2006 26(2), 502–507).
- En collectant les résultats d'EECG de 12 personnes fixant une roue en rotation constante. Les données spectrales ont été scindées en périodes de mouvement réel perçu (la roue tourne réellement en arrière) et en périodes de mouvement illusoire expérimenté (la roue tourne en arrière, suite à une illusion).



- Ils ont pu ainsi mesurer indirectement la fréquence du « cinéma intérieur » : environ 13 images par seconde. On notera que la fréquence de notre cinéma intérieur est deux fois plus lente que le « vrai » cinéma. Cette relative lenteur permet d'échantillonner le « vrai » cinéma et le percevoir sans difficulté.

I. Introduction

II. Histoire de la création du mouvement

A. Préhistoire – XVIIIe siècle

B. XIXe siècle

C. XXe siècle

D. Fin XXe –Début XXIe siècle

Approche du mouvement en neurosciences

1. le mouvement au cinéma

2. Le mouvement dans la vie réelle

3. Conclusions

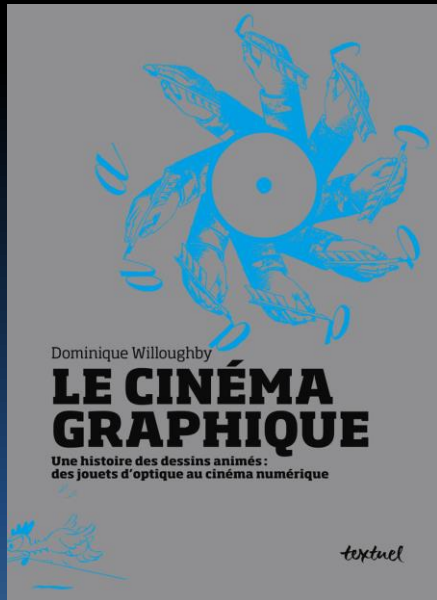
L'illusion du mouvement

- Récemment, les recherches en neurosciences nous ont fait découvrir des analogies entre le cerveau et le cinéma.
 - **Dans le monde de la perception:**
 - notre œil transmet un flux de clichés instantanés à notre cortex visuel;
 - cette projection dans « notre cinéma intérieur », se fait au rythme de 13 images par seconde;
 - avec comme résultat l'impression d'un mouvement fluide.
 - **Dans le monde du cinéma:**
 - le projecteur transmet sur un écran 24 images fixes par seconde;
 - avec comme résultat pour le spectateur: l'illusion d'un mouvement fluide perçu.

I. Introduction

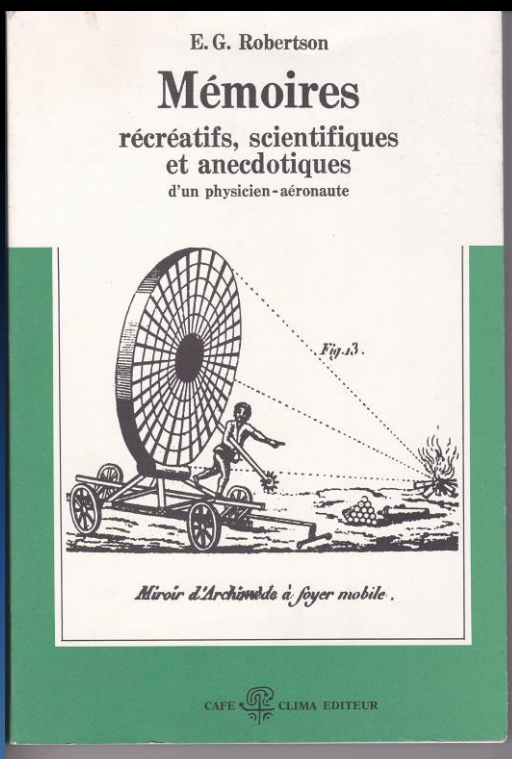
II. Histoire de la création du mouvement

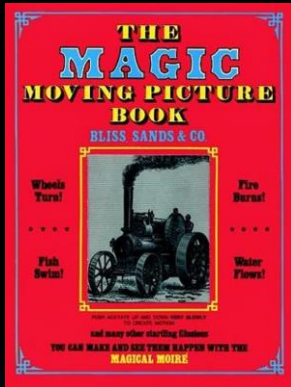
III. Bibliographie



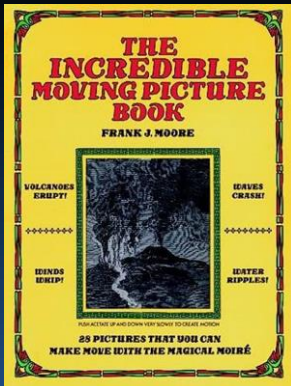
Ce livre présente une vue d'ensemble inédite d'un art visuel apparu voici 175 ans : le mouvement des images créé par une série de dessins, gravures ou peintures, depuis son invention en 1833 avec les disques stroboscopiques jusqu'aux techniques numériques contemporaines. À l'origine du cinéma, cet art éminemment attractif n'a cessé de se diversifier et de se réinventer, tirant parti de chaque mutation technique : photographique, électronique, numérique. Dominique Willoughby examine ces techniques successives et montre leurs liens avec les différentes formes et époques du cinéma graphique, des jouets d'optique du XIX^e siècle à la vogue de l'anime japonais en passant par le cartoon, le cinéma expérimental, les nouvelles formes de longs-métrages d'animation graphique, jusqu'aux techniques numériques actuelles d'animation, de traitement d'images et de trucage. C'est une vision renouvelée d'un art en pleine expansion et mutation qui est proposée. Illustré de nombreux documents originaux, ce livre éclaire de façon stimulante la continuité des diverses branches du cinéma graphique, de ses formes les plus expérimentales aux plus populaires, selon une triple approche historique, esthétique et technique. Il constitue un nouvel ouvrage de référence et de connaissance pour les amateurs de dessin animé et d'animation, comme des nombreux domaines où ces techniques s'exercent aujourd'hui : cinéma, arts, spectacles, télévision, Internet, design audiovisuel, jeux vidéo.

Longtemps, de la Monarchie finissante aux troubles révolutionnaires, de l'Empire vainqueur aux années de la Restauration, E.G. Robertson promènera sa silhouette de savant et de montreur d'images à travers l'Europe. Voyageur incroyable, il le sera sur les routes, mais aussi dans la pensée et par le regard. Physicien-aéronaute, il fréquente les milieux savants, lance des expériences qui touchent à l'ensemble des sciences expérimentales d'alors - la physique et l'optique, la chimie et la médecine, l'univers tourmenté du magnétisme. Au cœur de ces savoirs encore enthousiastes personne ne lui est inconnu ; à l'affût, il capte les découvertes, interroge, discute, modifie. Expert en mécanique, il utilise les idées de chacun, invente des machines à merveilles. Il s'en prend au monde des images qui deviennent sa passion, conçoit et met en œuvre la fantasmagorie dont les scènes cocasses ou tragiques confondront les Cours, les Salons et l'ensemble des villes d'Europe. Au hasard du répertoire La Nonne sanglante, Nostradamus et Marie de Médicis, Louis XVI recollant sa tête, l'Apothéose d'Héloïse, le Tsar Paul I- et la métamorphose des bêtes... A chacune de ses randonnées, il s'éprend des paysages et des airs lors de ses exhibitions en ballon aérostatique. Constamment en éveil, il observe les contrées, ici la Russie ou le Danemark, là le Portugal ; note le détail des lieux, relève les coutumes et les mœurs.

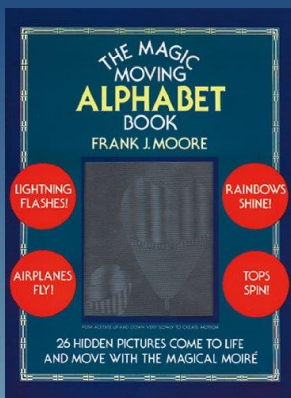




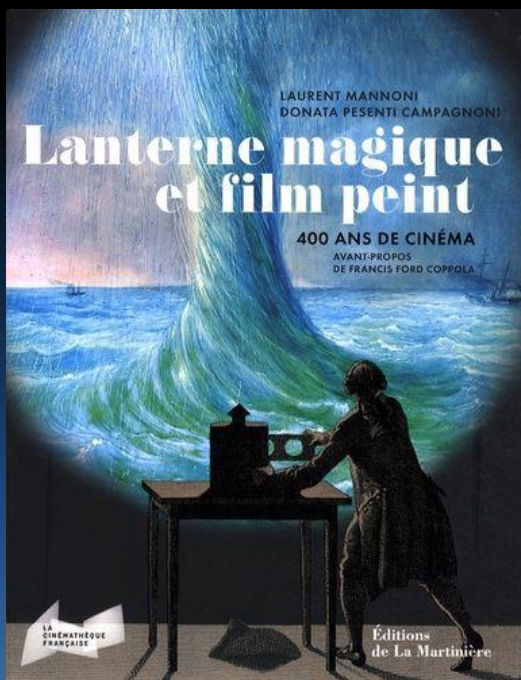
Des volcans éclatent, des maisons s'enflamment, un bateau à vapeur traverse l'eau et 15 autres illusions prennent vie lorsque vous utilisez l'écran en acétate spécialement réglé fourni dans une poche intérieure.



Travail qui reproduit des dessins de la fin des années 1800 et comprend un écran en acétate. En déplaçant l'écran sur les images, elles sembleront bouger. Le livre d'accompagnement est, The Magic Moving Picture Book, le livre d'images animées Motograph de 1898



26 motifs, un pour chaque lettre de l'alphabet, qui prennent vie et donnent l'illusion de mouvement lorsqu'ils sont vus à travers l'écran moiré fourni.



Etrange boîte pourvue d'un jeu de lentilles et d'une lampe à pétrole, la lanterne magique voit le jour au milieu du XVIIe siècle. Son rôle consiste à projeter dans une salle obscure des images peintes sur des plaques de verre. Grâce à des procédés mécaniques d'animation toujours plus élaborés, les limites entre le réel et l'imaginaire disparaissent, et le public est de plus en plus captivé - ou effrayé. Publié à l'occasion d'une exposition inédite à la Cinémathèque française en 2009 puis à Turin en 2010, *Lanterne magique et film peint* présente plus de 500 documents (plaques de verre, lanternes, films peints, gravures, etc.) qui illustrent la diversité des thématiques abordées lors des projections: saynètes de la vie quotidienne, décors exotiques, récits mythologiques, cours théologiques, images érotiques...

Laurent Mannoni et Donata Pesenti Campagnoni retracent ainsi la révolution esthétique et technique que constituèrent les lanternes magiques, et leur influence sur les débuts du cinéma jusqu'à l'avant-garde la plus moderne. Francis Ford Coppola, fervent collectionneur de lanternes magiques et de jouets d'optique, a préfacé cet ouvrage.

MAGIE LUMINEUSE

du théâtre d'ombres à la lanterne magique



Jac Remise
Pascale Remise
Regis van de Walle

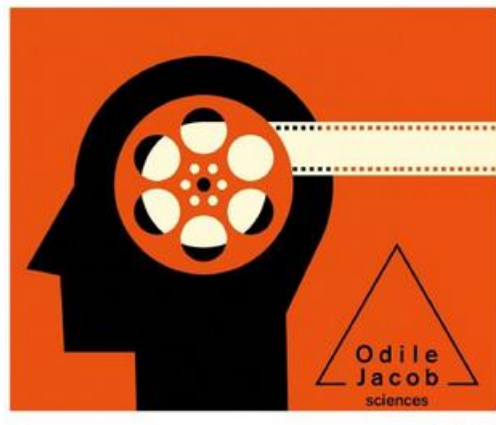
Balland

Les origines de la lanterne magique ;
La fantasmagorie de Robertson ;
Les grandes heures de la lanterne magique ;
Les récréations optiques ;
Les ombres.

Lionel Naccache

Le Cinéma intérieur

Projection privée
au cœur de la conscience



L'homme, selon Lionel Naccache, est un créateur de fictions. Il vit dans un monde dont il produit le sens, comme dans un film dont Je est le héros. « Il existe en nous une sorte de cinéma intérieur qui s'apparente au cinéma tout court par de très surprenantes similitudes, mais qui s'en distingue également par d'incroyables prouesses. »

Notre esprit présente une propriété fondamentale qui consiste à créer des significations à tout ce que nous sommes en train de vivre, penser ou imaginer. Inconsciemment et consciemment. Dans ce livre, l'auteur, neurologue et chercheur en neurosciences cognitives, explore, avec les outils des neurosciences les plus récentes, la manière dont notre esprit/cerveau produit notre perception du monde et de nous-même. Il montre ainsi comment le sujet tisse l'« étoffe de ses fictions » et élabore le sens que les choses ont pour lui, au croisement du cerveau et de l'expérience subjective du monde.

Avec beaucoup d'esprit et de talent, Lionel Naccache file dans ce livre la métaphore cinématographique et en révèle la spectaculaire fécondité.