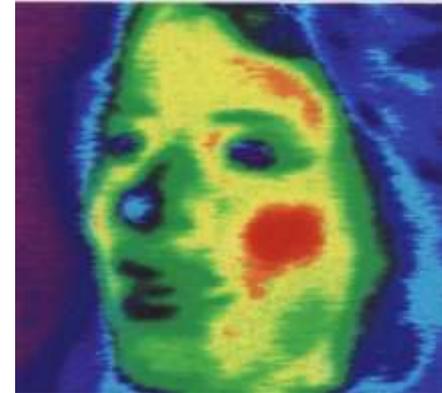




Suis-je trop rapide?
Oui, alors je suis invisible!!!



"Voir l'Invisible"

Pierre Slangen

Ecole des Mines d'Alès - *LGEI*

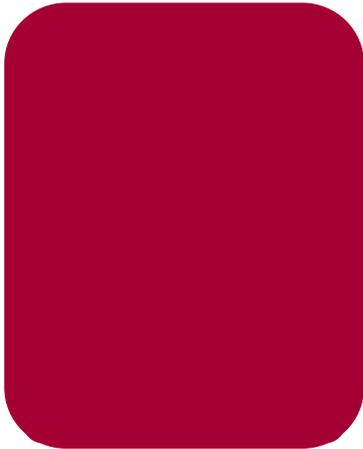
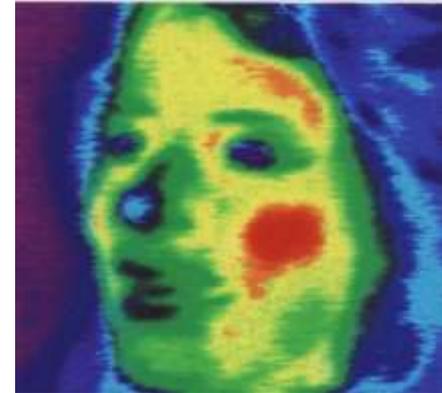
Institut des Sciences des Risques

Lycée J.F. CHAMPOLLION LATTES

Mercredi 22 janvier 2014

6° journée de l'Optique Photonique

Suis-je trop rapide?
Oui, alors je suis invisible!!!

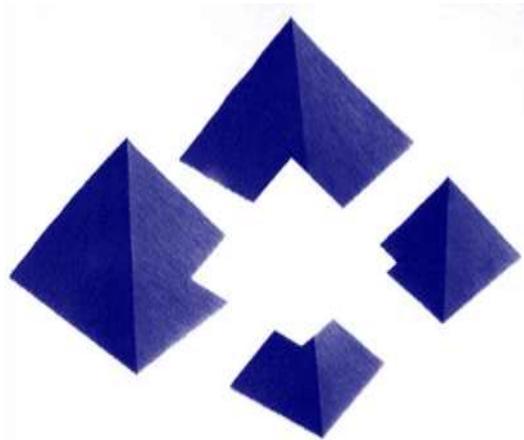


"Voir l'Inv"

Pierre Slangen

Ecole des Mines d'Alès - *LGEI*

Institut des Sciences des Risques



Lycée J.F. CHAMPOLLION LATTES

Mercredi 22 janvier 2014

6° journée de l'Optique Photonique

■ Un problème d'énergie

- Énergie radiante spectrale
 - Intensité lumineuse
 - Composantes chromatiques

■ Un problème de taille/dimension

■ Un problème d'énergie

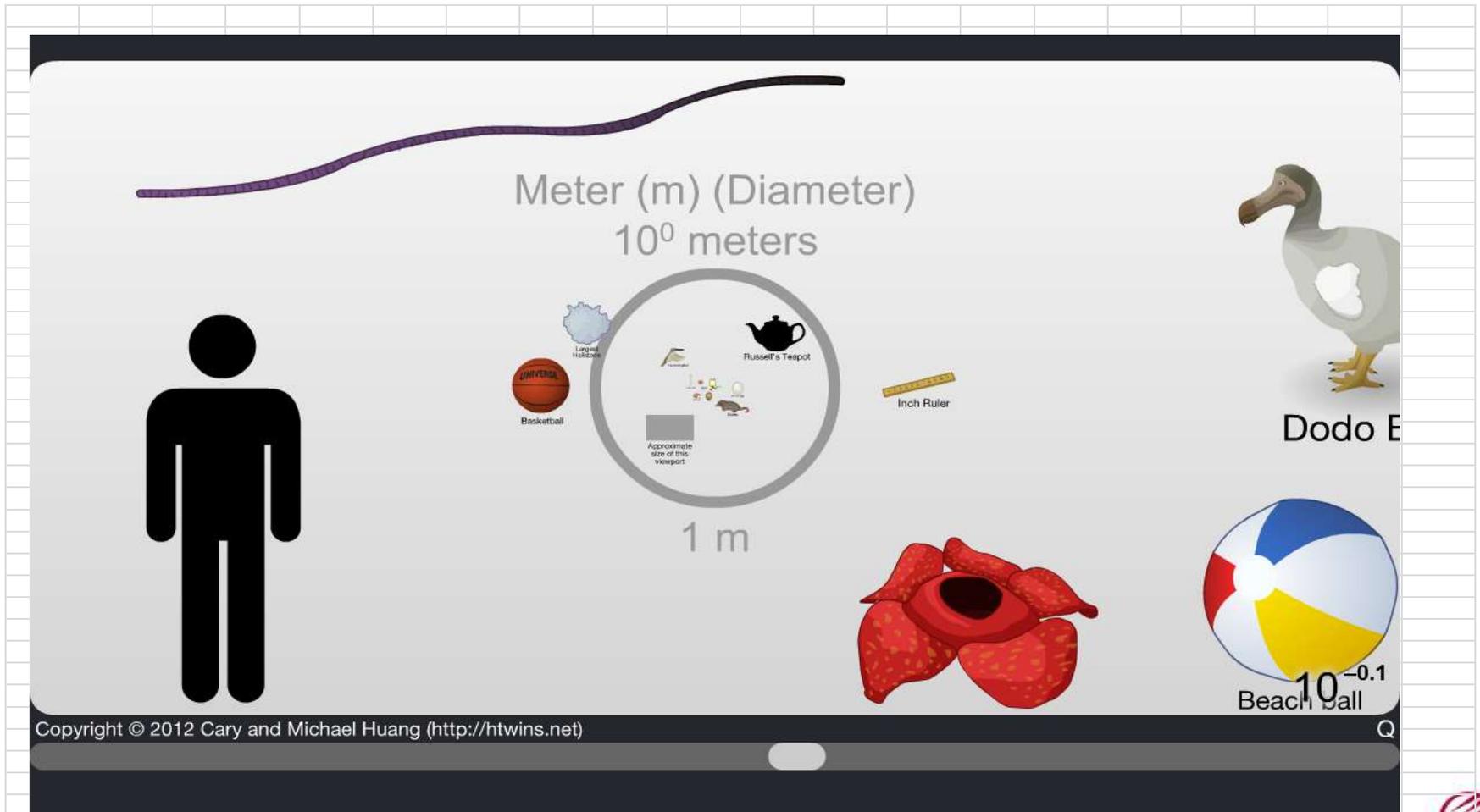
- Énergie radiante spectrale
 - Intensité lumineuse
 - Composantes chromatiques

■ Un problème de taille/dimension

- Trop petit pour être vu
- Trop grand pour être perçu

Visibilité - Invisibilité

- Un problème de taille: <http://htwins.net>



Visibilité - Invisibilité



- Satellite PLEIADES, Proche IR, Montpellier Nord, Juin 2013

Image Courtesy
of
CNES

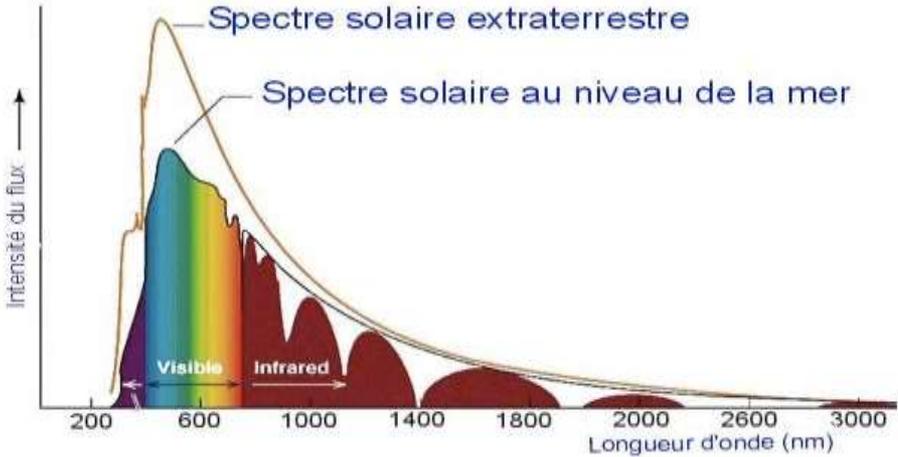


Notions d'Invisible

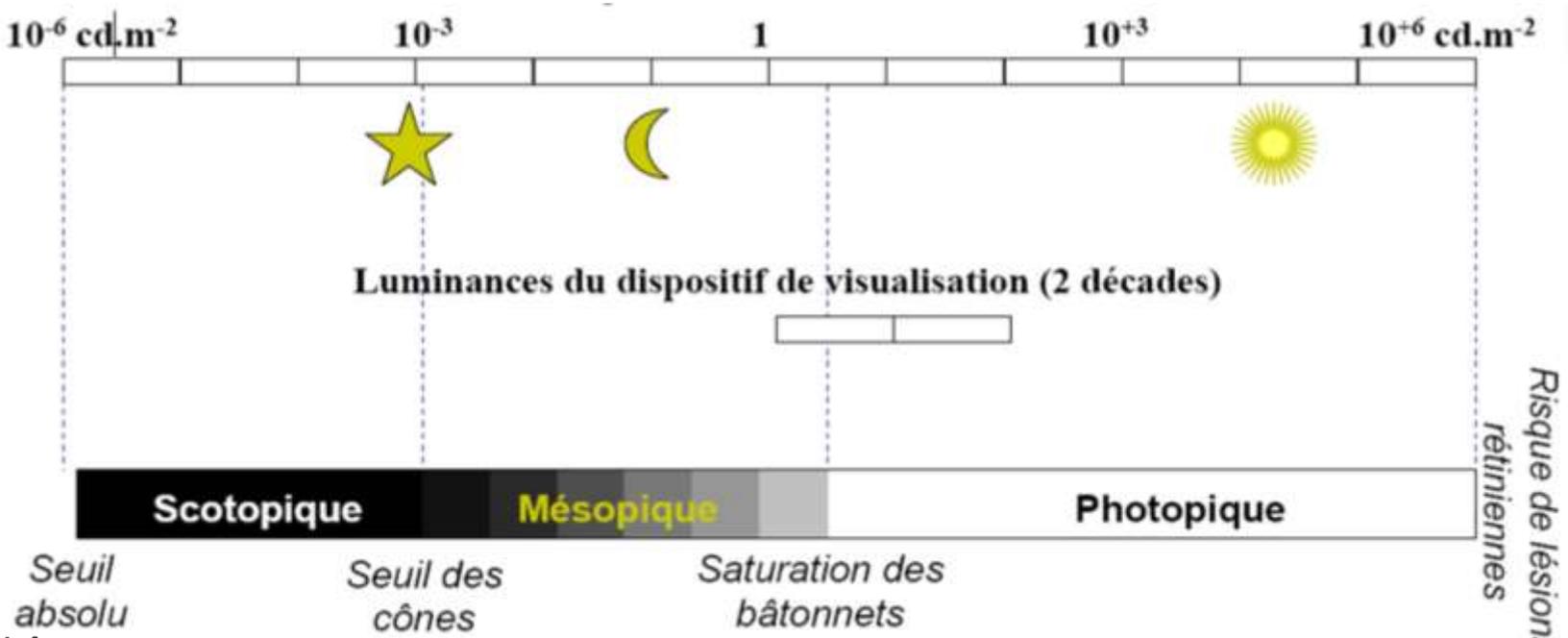


■ Pour l'œil humain...

- 4 grandes familles



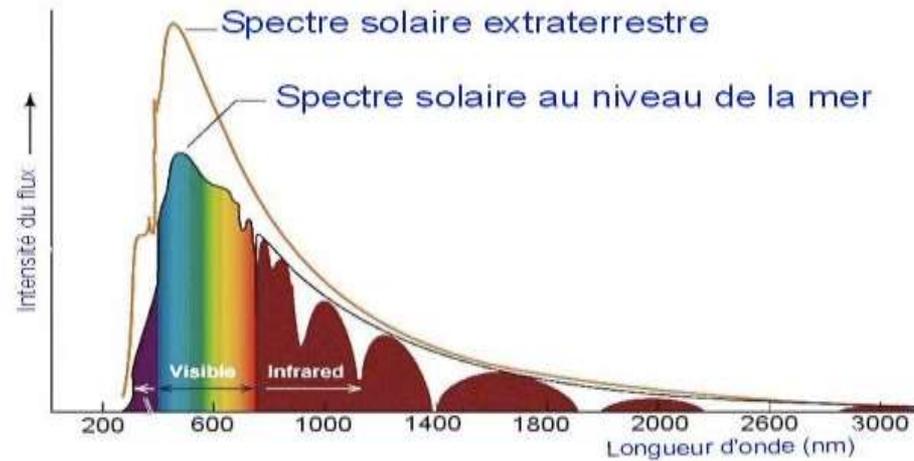
— Sensibilité: $< 10^{-6} \text{cd/m}^2$ ou Hors du spectre visible [390nm, 780nm]



Notions d'Invisible

■ Pour l'œil humain...

- 4 grandes familles



— Sensibilité: $< 10^{-6} \text{cd/m}^2$ ou Hors du spectre visible [390nm, 780nm]

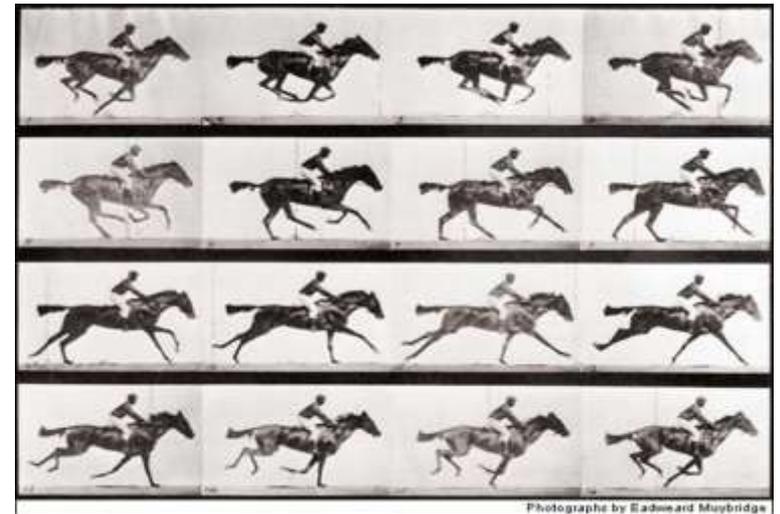
— Résolution temporelle: Vitesse

- Rapide: $f_t > f_{t\text{-œil}} \sim 10\text{Hz}$
- Longue durée: pas de mémoire

— Résolution spatiale: Paire de lignes

- Élevée: $f_s > \text{FTM}_{\text{œil}} \sim 10 \text{lp/mm}$

— Pas assez de **Contraste**



"The farm", Stanford (~1880).

L'œil a une grande dynamique,
Mais le cerveau est influençable.

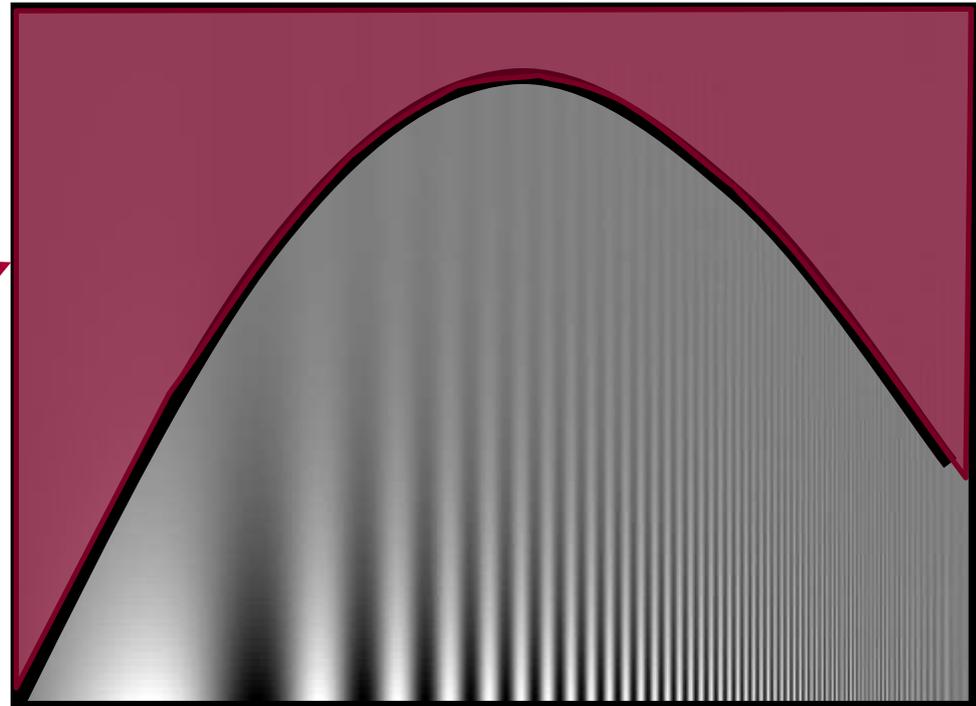
Invisible pour l'œil humain



■ Courbe de Campbell-Robson

- Permet de mieux comprimer les images en sacrifiant *l'invisible*

■ Contraste en Couleurs

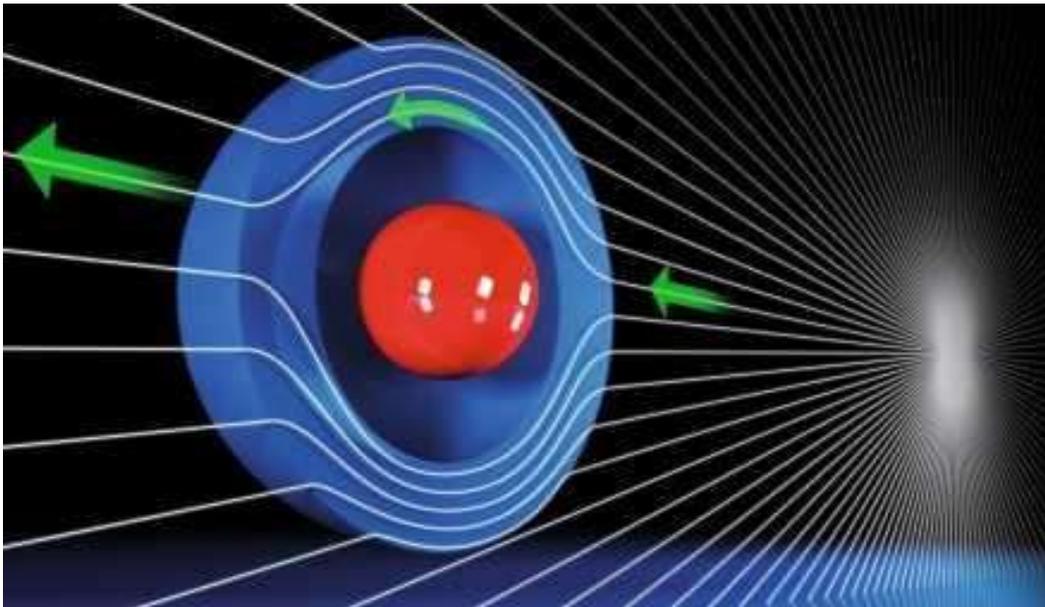


Notions d'invisibilité

■ La Cape... en métamatériaux plasmoniques (26/03/2013), USA

- Université du Texas: fils de cuivre de $66 \mu\text{m}$ collés avec un filet de film en polycarbonate flexible de $100 \mu\text{m}$.

Cylindre de 18 cm rendu invisible... aux micro-ondes à 3.6GHz



- 2 plasmons créés en entrée contournent l'objet, puis se recombinent

Notions d'invisibilité

■ Camouflage interactif

- Lu Biolin: "Hiding in the City"



Notions d'invisibilité

■ L'arrière reprojété sur l'avant: Keio University, Japon

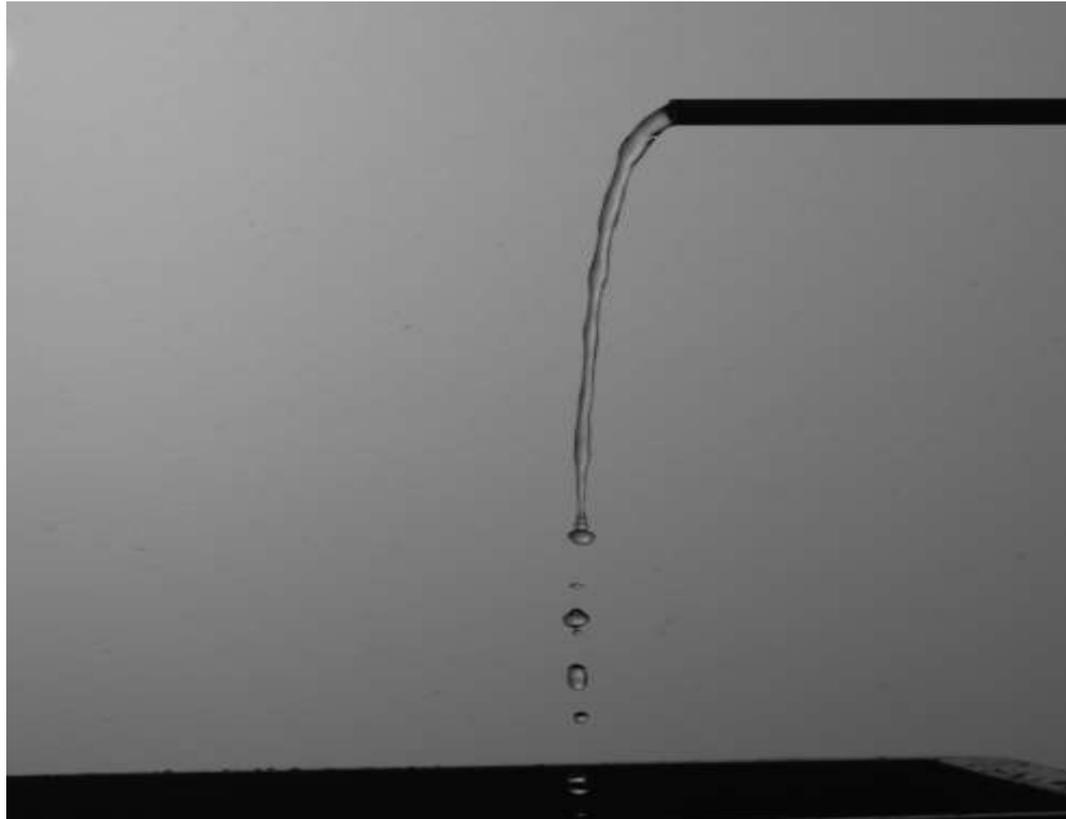
- Capture de l'image arrière
- Reprojection sur un matériau hautement rétro réfléchissant



Notions d'invisibilité

■ Trop rapide...

- Jet d'eau filmé à 24fps et à 7000fps



Notions d'invisibilité ... rendue visible

■ Le Slow-Mo: Imagerie en super ralenti

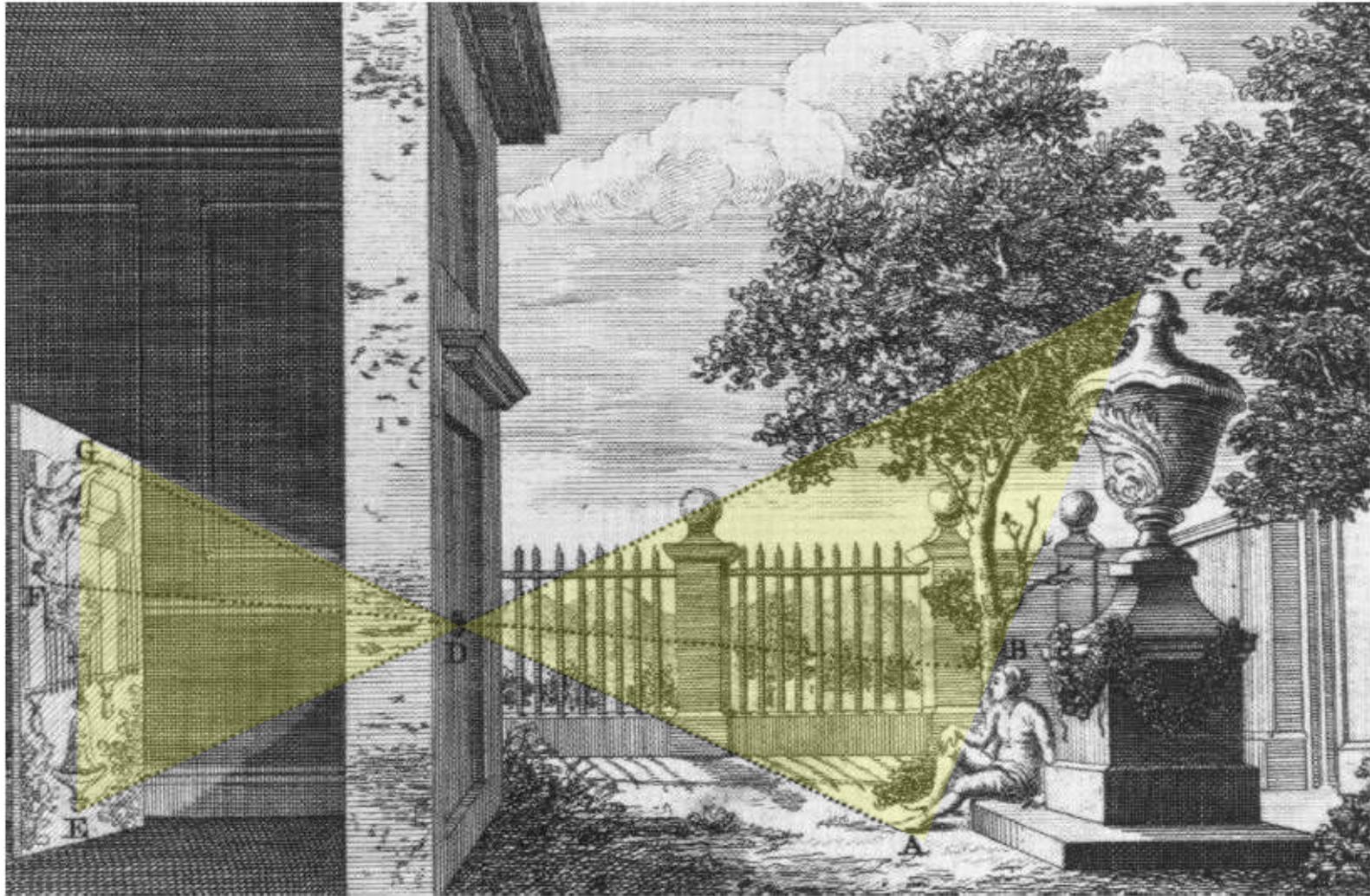
- <http://www.youtube.com/user/theslowmoguys>: excellents



Formation d'images



La "camera obscura"



Et depuis la camera obscura



KODAK CO.'S BROWNIE CAMERAS \$1.00

Now priced at 24, a 24 inches lens in "Double" with our 10-1/2 inch film cartridge and a complete dry cell for ready operation.

Operated by any School Boy or Girl.

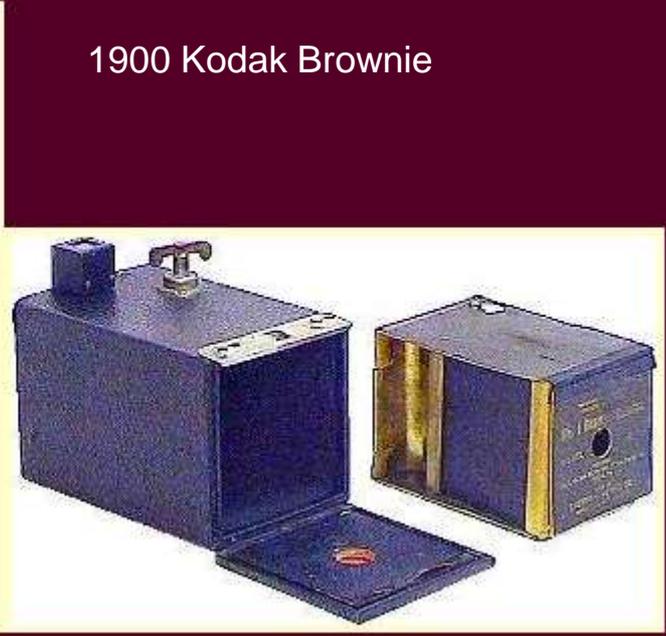
Send with five Brownie boxes and one complete dry cell cartridge to the Eastman Kodak Co., 111 West 40th St., New York, N. Y.

Camera Club.

For more information on BROWNIE CAMERAS, the members of the Club appear in the following table. The names of the members are given in the order in which they were elected to the Club. The names of the members who have since died are given in italics.

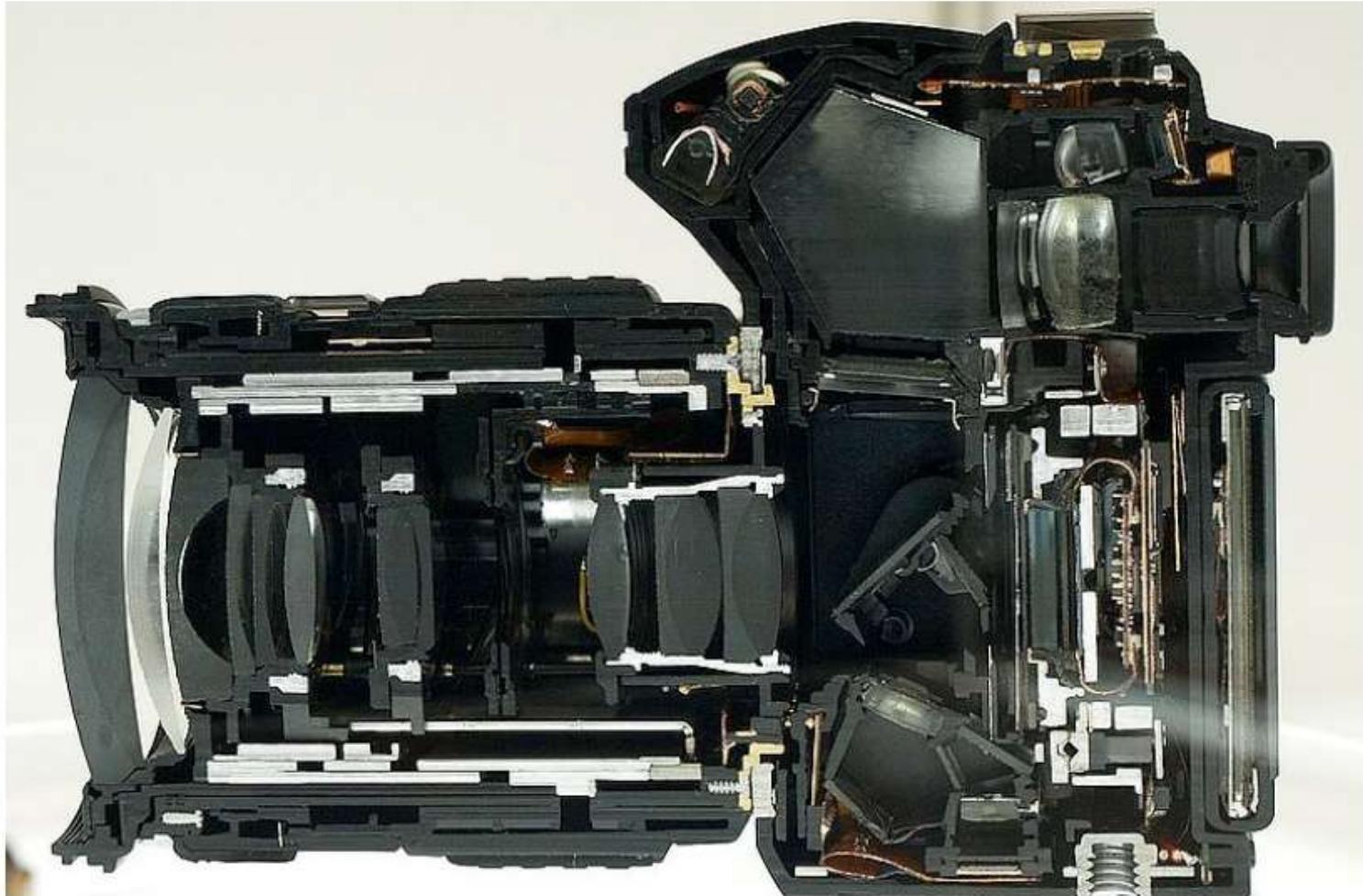
Mr. E. A. Dyer	1900
Mr. J. H. Dyer	1901
Mr. J. H. Dyer	1902
Mr. J. H. Dyer	1903
Mr. J. H. Dyer	1904
Mr. J. H. Dyer	1905
Mr. J. H. Dyer	1906
Mr. J. H. Dyer	1907
Mr. J. H. Dyer	1908
Mr. J. H. Dyer	1909
Mr. J. H. Dyer	1910
Mr. J. H. Dyer	1911
Mr. J. H. Dyer	1912
Mr. J. H. Dyer	1913
Mr. J. H. Dyer	1914
Mr. J. H. Dyer	1915
Mr. J. H. Dyer	1916
Mr. J. H. Dyer	1917
Mr. J. H. Dyer	1918
Mr. J. H. Dyer	1919
Mr. J. H. Dyer	1920

EASTMAN KODAK CO.
Rochester, N. Y.

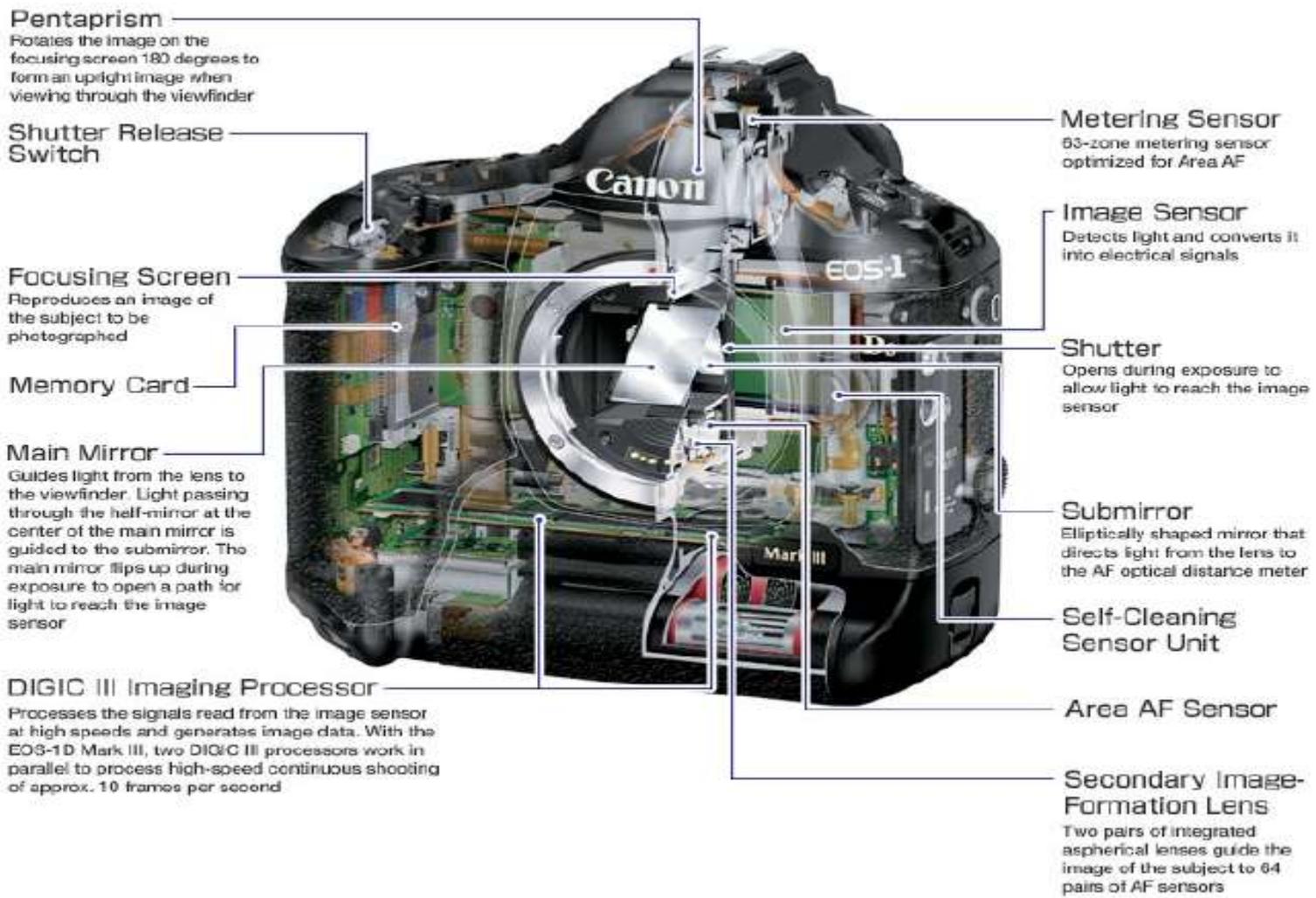


enne photo couleur conservée: Prokudin-Gorskii

L'obscurité d'une caméra



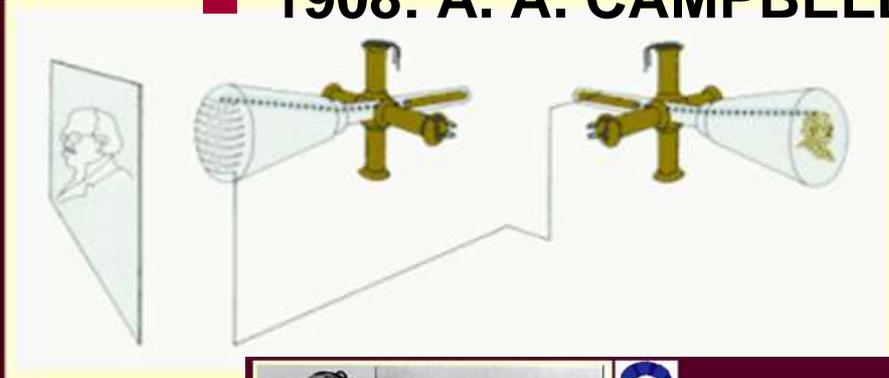
Le côté obscur d'une caméra



Photographie électronique

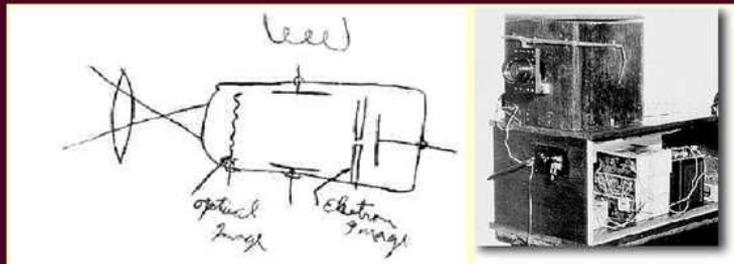


■ 1908: A. A. CAMPBELL SWINTON 25 images/s



PHILO T. FARNSWORTH TELEVISION - 1932. A Utah-born Idaho farm boy, Philo T. Farnsworth helped create television as we know it today. At fourteen, he visualized trapping light in an empty jar and transmitting it one line at a time onto a magnetically deflected beam of electrons. By the time Farnsworth was 21 he had developed the first all-electronic system of television. A 1922 Sketch by Farnsworth shown to his high school physics and chemistry teacher illustrated how an image might be electronically transmitted through the air to a receiver by breaking the image up into a number of horizontal slices. This image process which we now call a raster image occurred to Farnsworth when as a fourteen-year old boy he looked across the rows of a field he was plowing. Besides his contributions to television, Farnsworth patented more than 130 inventions during his lifetime.

■ 1932: P.T. FARNSWORTH Principe de la télévision



1922 Farnsworth High School Sketch of His TV Camera Tube and First Farnsworth TV Camera



Et le Silicon...silicium

■ 1947: Premier transistor (Nobel 1956)

- Shockley, Bardeen, Brattain (Bell's)

■ 1956: Premier cristal de silicium

- Shockley, Jones (Palo Alto, Californie)

■ 1959: Premier circuit imprimé: 1 transistor + 1 condensateur

- Bob Noyce (Fairchild), créera Intel en 1968
- Jack Kilby (Texas Instrument): Calculette portable

Ex: TI-57, affichage lumineux en rouge... à LEDs,

❖ 50 pas de programmes (de 00 à 49)

❖ 8 mémoires (de 0 à 7)

le tout volatile !!!!!!



Mesure de luminosité TTL

- 1964: Pentax Spot Eye (Spotmatic)



Autofocus



- 1978: Konica



- 1981: Pentax ME-F



- 1985: Canon T80



- 1985: Minolta Maxxum (AF sur film)



Premier microprocesseur

- 1976: Canon AE-1



■ 1969: Caméra CCD

- Willard S. Boyle et George E. Smith, Bell Laboratories



■ 1961: Ordinateur pour créer une image

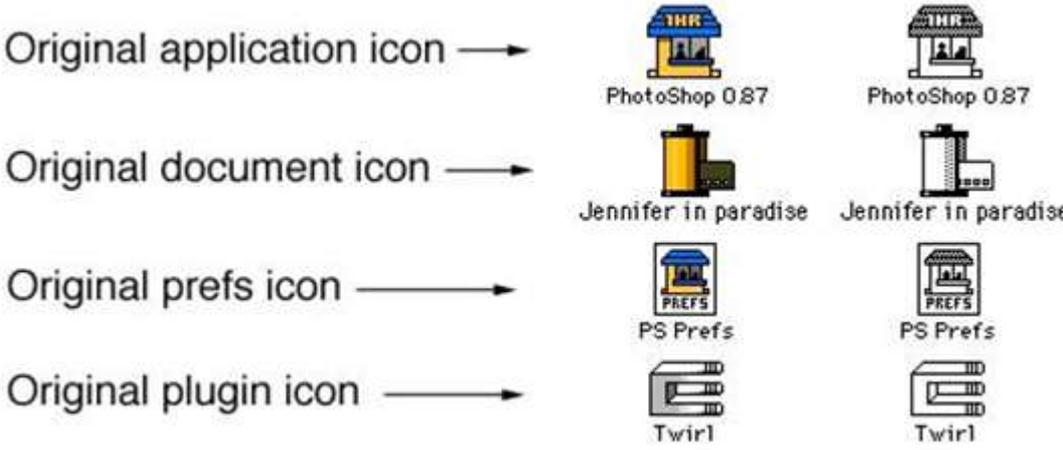
- Ivan Sutherland, "Sketchpad", MIT PhD thesis



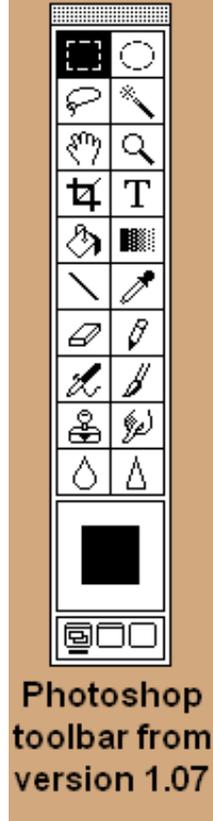
Programmes de retouche



- 1972: Superpaint, 8 bits
- 1975: Paint, 8 bits puis 24 bits
- 1987: Photoshop sur PC
- 1990: Photoshop 1.0 sur Mac

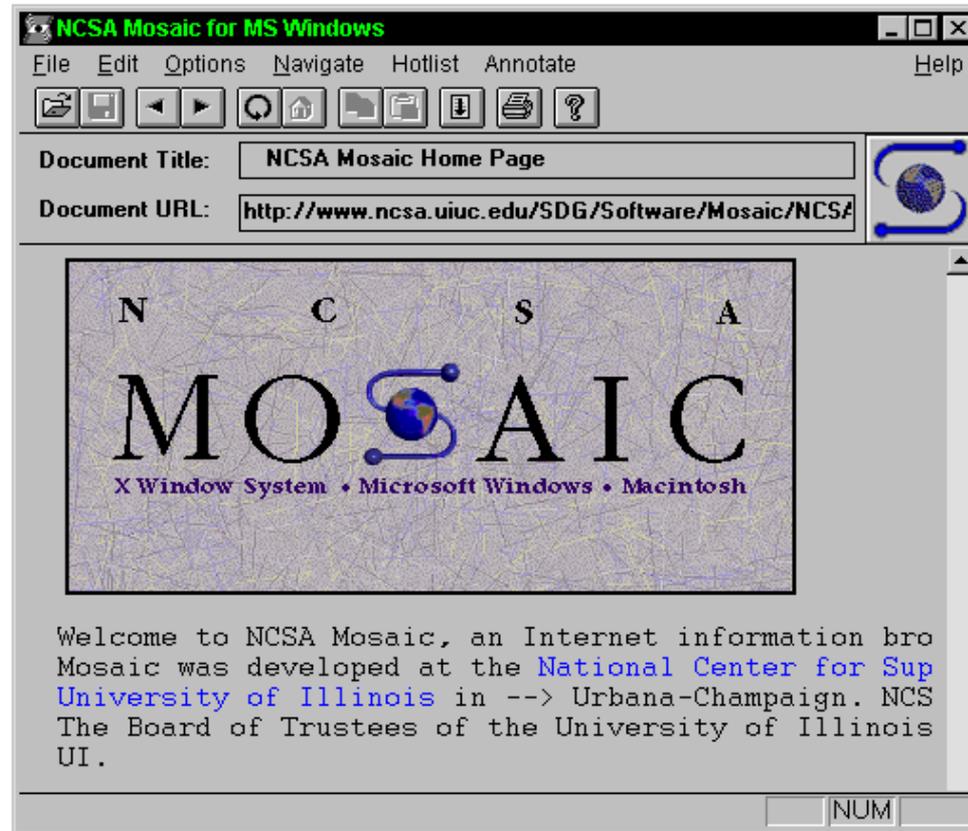


The original application icons designed by John Knoll.



Voir des photos... sur Internet

- 1992: Mosaic, NCSA, Urbana Champaign, Illinois



Premier appareil numérique

■ 1975: Steve Sasson, Kodak

- CCD semiconducteur Fairchild de 0.01 Mpixels...10 000 pixels
- 23 secondes d'exposition, enregistrement sur **cassette**



Appareils numériques

- 1981: Sony Mavica (sur floppy disk)
- 1991: Logitech (tout numérique)
- 1994: Apple, 640x480 pixels
 - Avec mémoire interne
- 1987: Kodak Videk, 1,4Mpixels
 - Avec carte d'acquisition dans PC



Appareils numériques GP



■ 1992: Kodak DCS 200, 1.5Mpixels, boitier Nikon

■ 1999: Nikon D1, 2.7MPixels



■ 2012: Canon EOS 5D Mark III, 22.3Mpixels



Ah oui, et ça aussi

■ 2000: Sharp et J-Phone... au Japon seulement

■ 2013: Apple iPhone 5

- 8 Mpixels, taille $1,5 \mu\text{m}$
- Ouverture $f/2,2$
- Flash 2 LEDs true tone
- Autofocus et Stabilisation active



2013: Nokia Lumia 1020
41 Mpixels

Caméras rapides

■ 2014: Phantom V2010, capteur CMOS

- 22 kilo fr/s
- 1280x800 pixels
- Buffer tournant de maxi 96Go

Soit 96000 images plein format



■ 2012: Shimadzu HPV2, capteur IS-CCD

- 1Mega fr/s
- 312x260 pixels
- Buffer tournant...de 100 images
- Stockage: In Situ CCD



Ultrasupermégatop...rapide



Ultimate High-Speed Video Camera

■ 2013

Kirana



924 x 768
180 frames
2 Million Frames Per Second

Architecture	μ CMOS
Number of Active Pixels	924 (W) x 768 (H)
Pixel Size	30 μ m
Digitisation	10bits Monochrome
Number of Frames	180 (Continuous 2s at 1,000fps)
Exposure Time	250ns (min) variable in 10ns steps



La plus rapide



■ 2013: Hadland UHSI Ultra High Speed Framing

- **200 Mega fr/s, 5ns...**
- **1000x860** pixels, IS CCD
- **24 images**
- Intensificateur en entrée



CCD

Pixels
Dynamic Range

4872 (h) x 3248 (v) with 7.4 μ m pixels
65dB – Digitized to 12 bit

System

Frames
Resolution

12 + 12 (12 images @ 200M fps + further 12 @ 200M fps).
24 Frames @ 1000 x 860 pixels per image.
System dynamically resolves > 400 TV lines per picture height.
200MHz (5ns period) system clock. Trigger jitter to clock \pm 2.5ns.
200M fps
5ns to > 1ms in 5ns steps. Multiple exposures allowed.

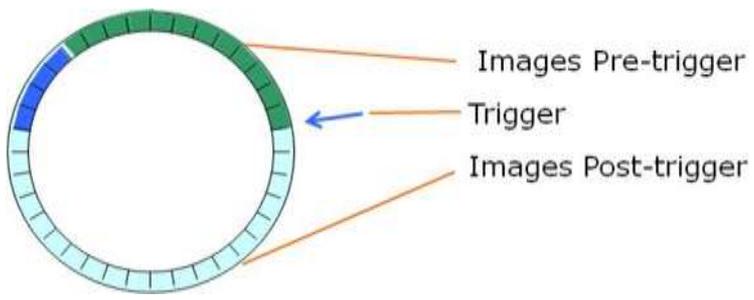
Timing / Trigger Jitter
Framing Rate
Exposures

Caméras rapides: 2 grandes familles



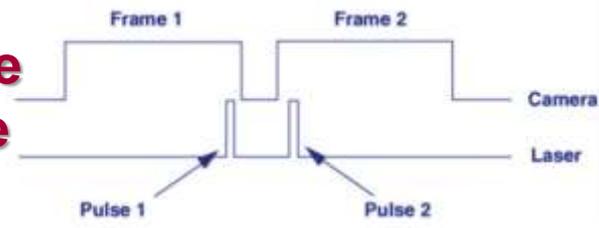
■ CMOS et Mémoire embarquée

- Buffer tournant, Résolution variable



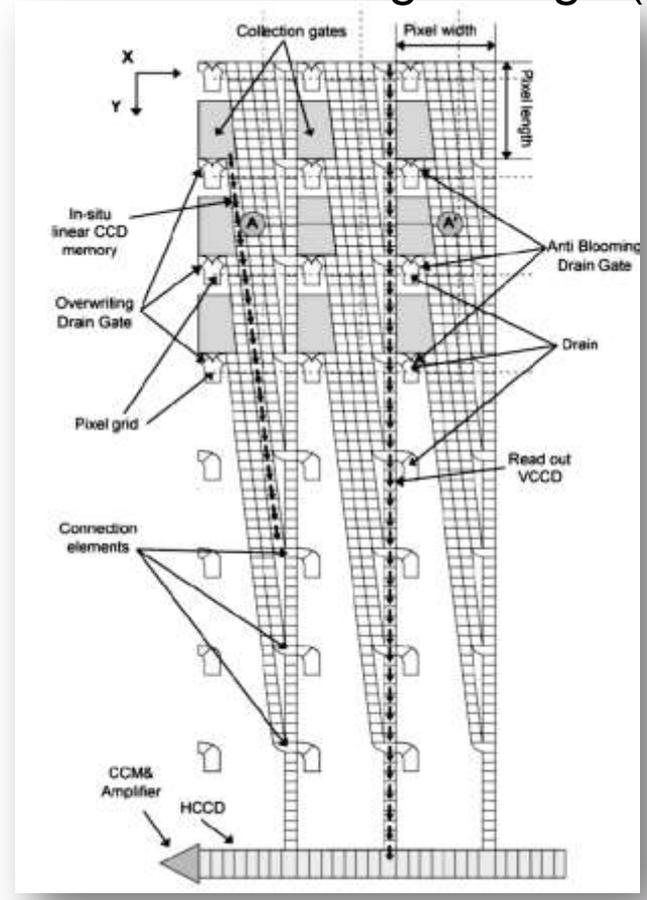
- Mémoire embarquée $\leq 96\text{Go}$
- Straddle time $\geq 293\text{ns}$ (Photron)
- Disque dur SSD externe
 - CineMag...512Go, SATA RAID (To)
- Transfert images vers PC: 10Go/s

Fréquence limitée par straddle time



■ CCD et Stockage sur site

- In Situ Storage Image (ISIS)

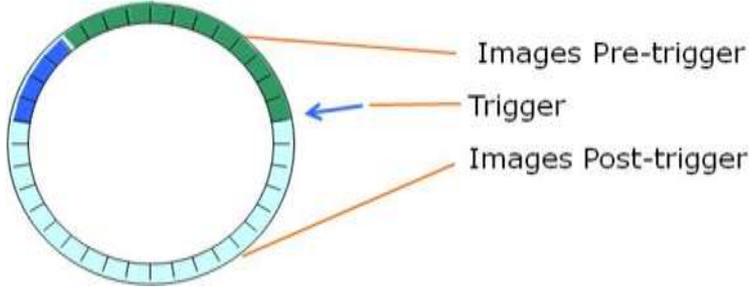


Caméras rapides: 2 grandes familles



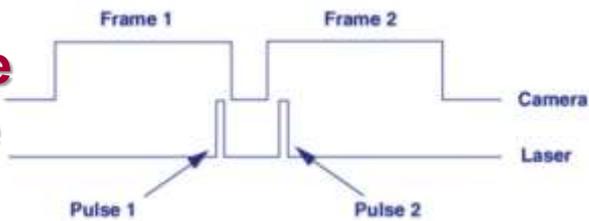
■ CMOS et Mémoire embarquée

- Buffer tournant, Résolution variable



- Mémoire embarquée $\leq 96\text{Go}$
- Straddle time $\geq 293\text{ns}$ (Photron)
- Disque dur SSD externe
 - CineMag...512Go, SATA RAID (To)
- Transfert images vers PC: 10Go/s

Fréquence limitée par straddle time



■ CCD et Stockage sur site

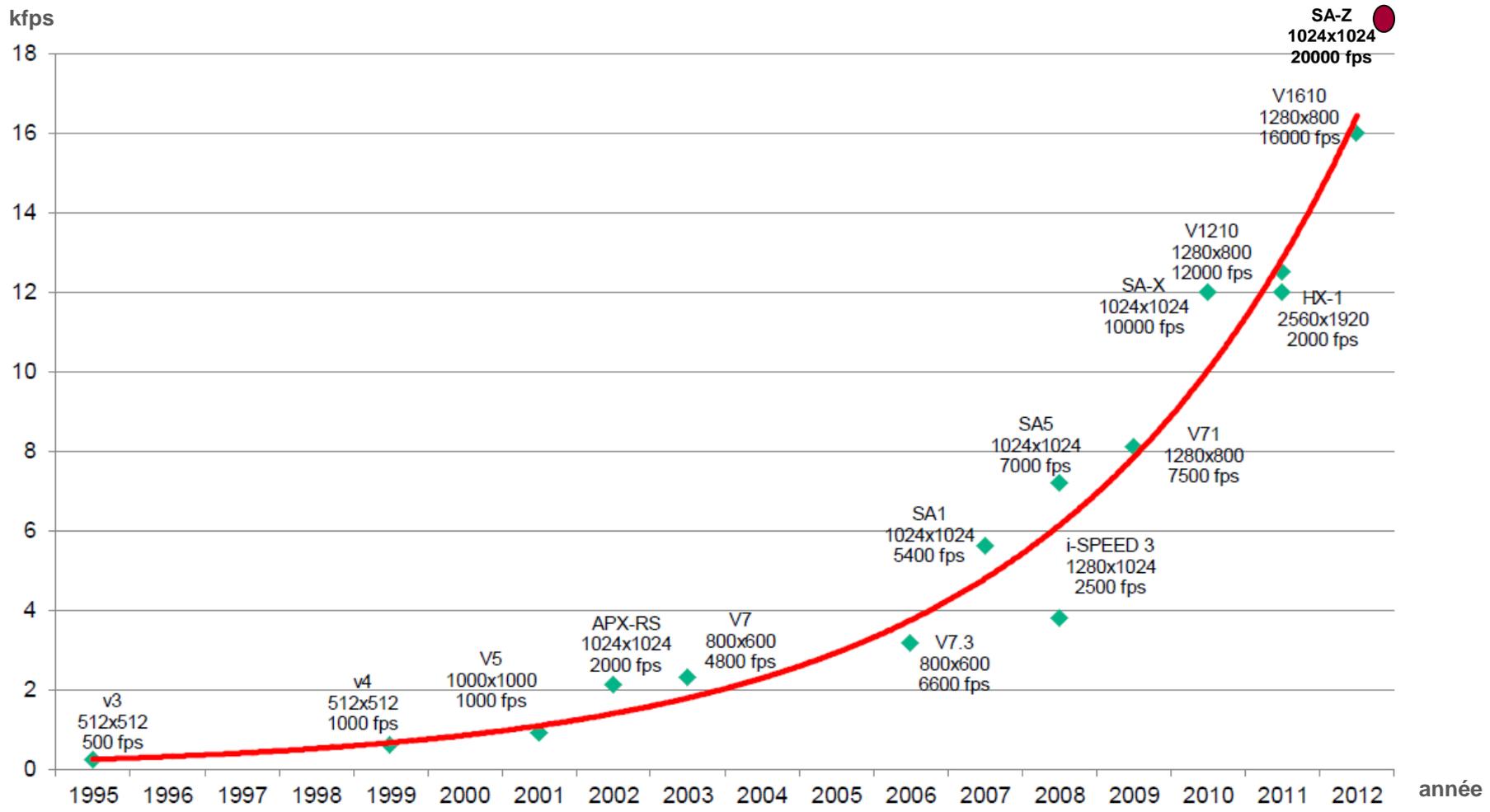
- In Situ Image Storage (ISIS)
- Résolution élevée
- Peu d'images (de 24 à 180)
- Jusqu'à 200 000 000 fps
- Temps obturation = $1/\text{fps} \geq 5\text{ns}$
- Lumière, lumière, **LUMIÈRE**
- Très sensible au bruit e⁻
- Déclenchement ultraprécis
- Prix....

Nombre limité d'images par encombrement sur site



Course de Vitesse ... à l'armement

PhantomV2010
1280x800
22000 fps



■ Sources halogènes et HMI

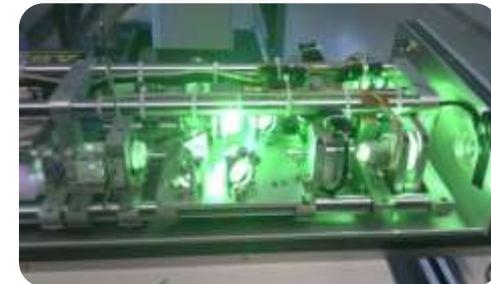
- Continues et intenses
- Ça chauffe "Ne pas rôtir l'objet..."
- Ça consomme 4,5kW: 25-30 lumen/Watt

■ Sources LED

- Continues ou pulsées: 15000 lux à 1m...15klumen
- Ne chauffe pas, flux intense
- Consomme peu (300W LED \approx 2kW HMI)

■ Lasers continu et double pulse

- Continu ou pulsé (30mJ 1kHz), sync sur straddle time
- Cohérent ou pas (fibré, fluorescence)
- Monochromatique ou blanc
- Encombrant... et très réglémenté



Voir l'invisible.... Méthodes de Gradient

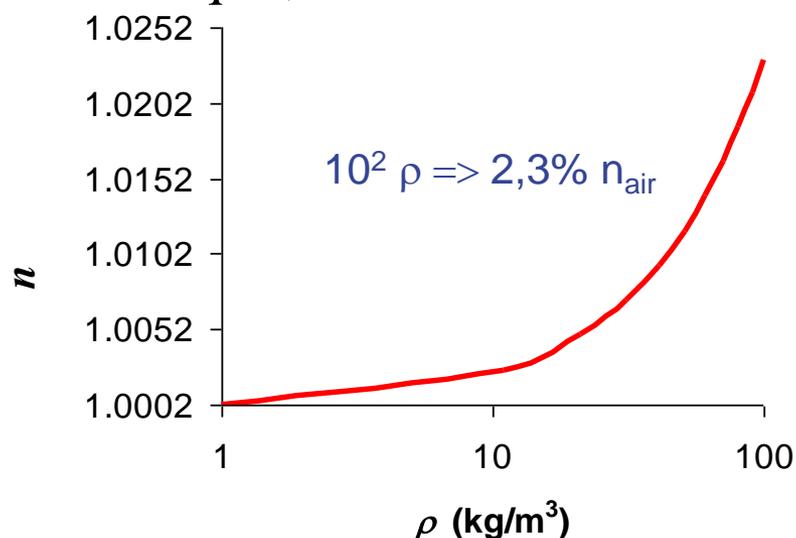
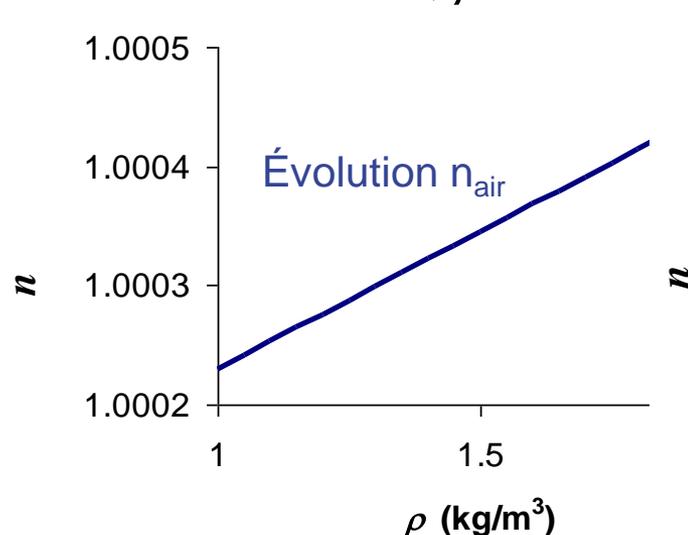
■ Détecter un Changement d'Indice de Réfraction

- Réaction du milieu à perturbation: Δp , ΔT , mélange ...

- Relation de Gladstone- Dale

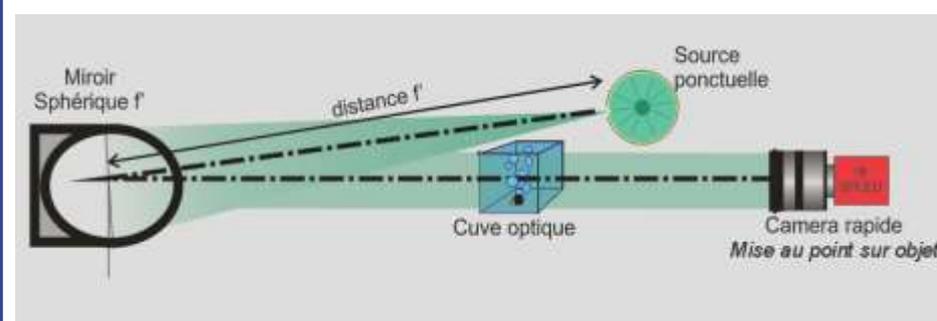
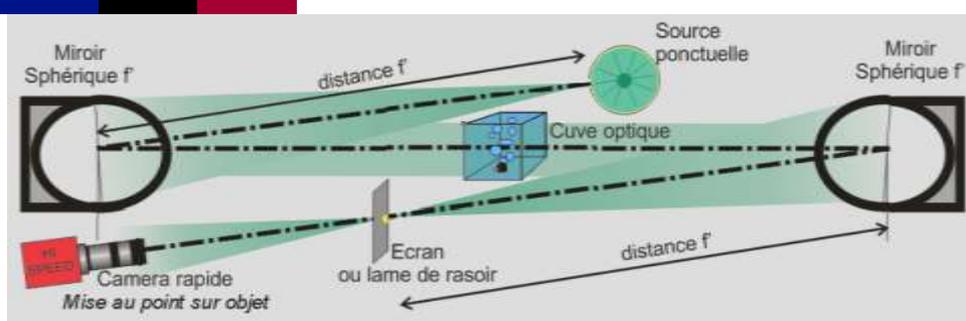
$$n - 1 = k\rho \quad \text{ex : } k_{\text{air}} \approx 0.23 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$n - 1$: réfractivité, ρ : masse volumique, k : coef Gladstone - Dale



- Compression $\Delta p > 0$: $\Delta r > 0 \Rightarrow \Delta n > 0$ --- Thermique $\Delta T > 0$: $\Delta r < 0 \Rightarrow \Delta n < 0$
- Interférométrie, Ombroscopie, Strioscopie (Schlieren)

Méthodes de Gradient : Strioscopie - Ombroscopie



■ Strioscopie

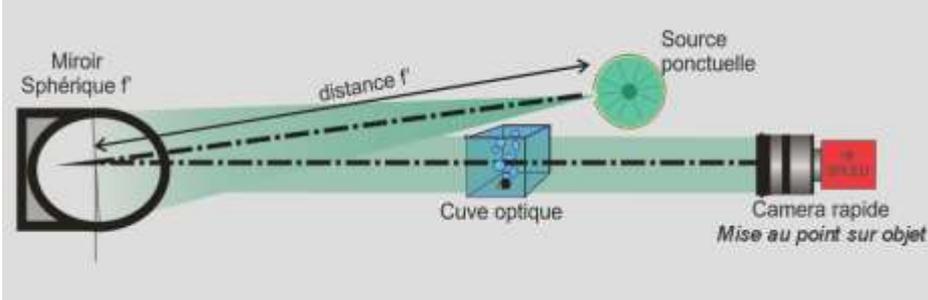
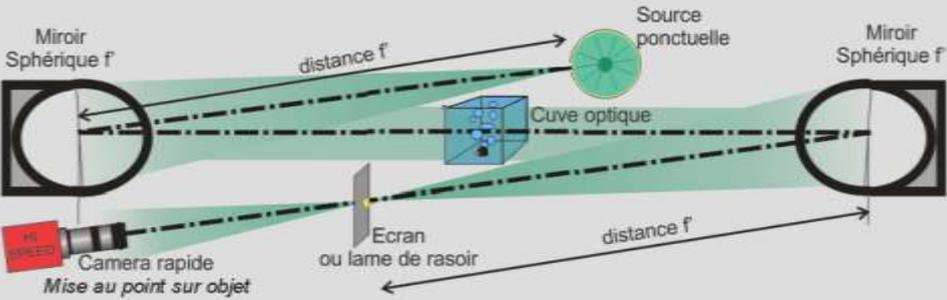
- Présence d'un couteau filtre
- Sensible à $\partial n / \partial x_i$
- Montre l'angle de déflexion
- Plus sensible
- Difficile à mettre en oeuvre
 - Petites surfaces
 - Miroirs, lentilles

■ Ombroscopie

- Image d'une ombre ...
- Sensible à $\partial^2 n / \partial x_i^2$
- Montre le déplacement du rayon
- Moins sensible (sauf onde de choc)
- Facile à mettre en oeuvre
 - Vu dans la nature
 - Grande surface -> PILS

Principalement Qualitatif
pour mesure de n

Méthodes de Gradient : Strioscopie - Ombroscopie



■ Strioscopie



■ Ombroscopie



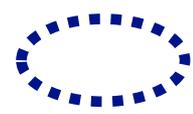
Méthodes de Gradient: Ombroscopie



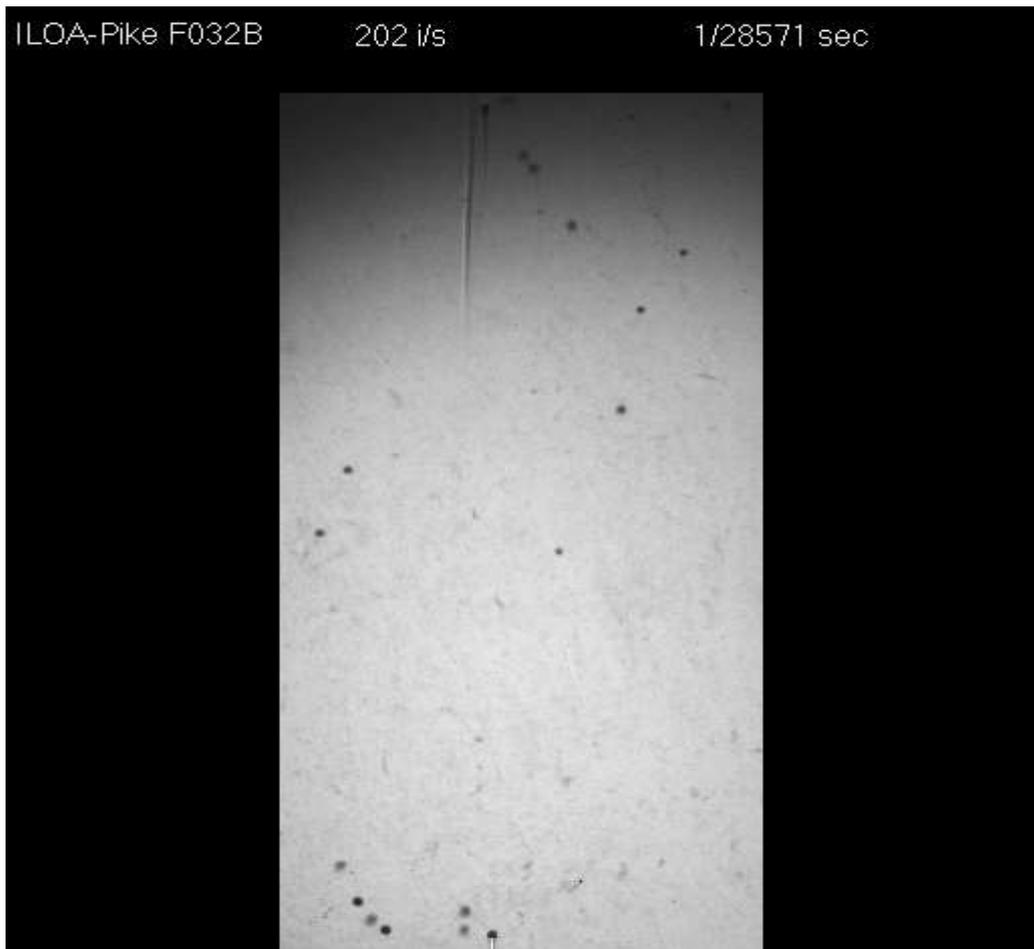
■ Pollution marine: Détection de polluant dans la colonne d'eau



Lumière Diffuse

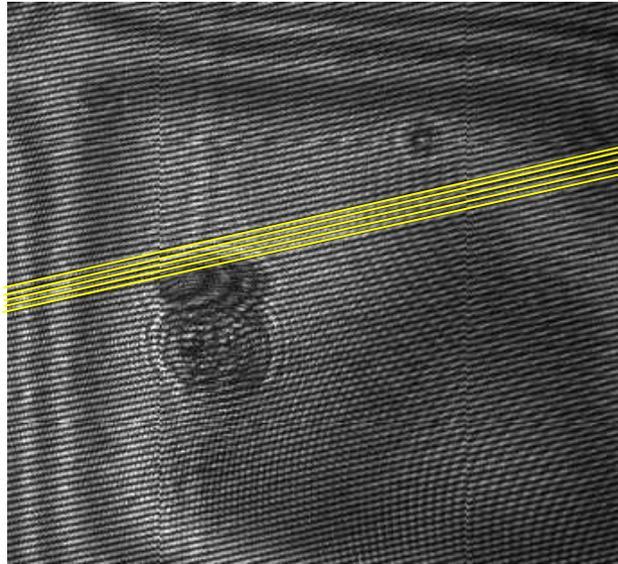
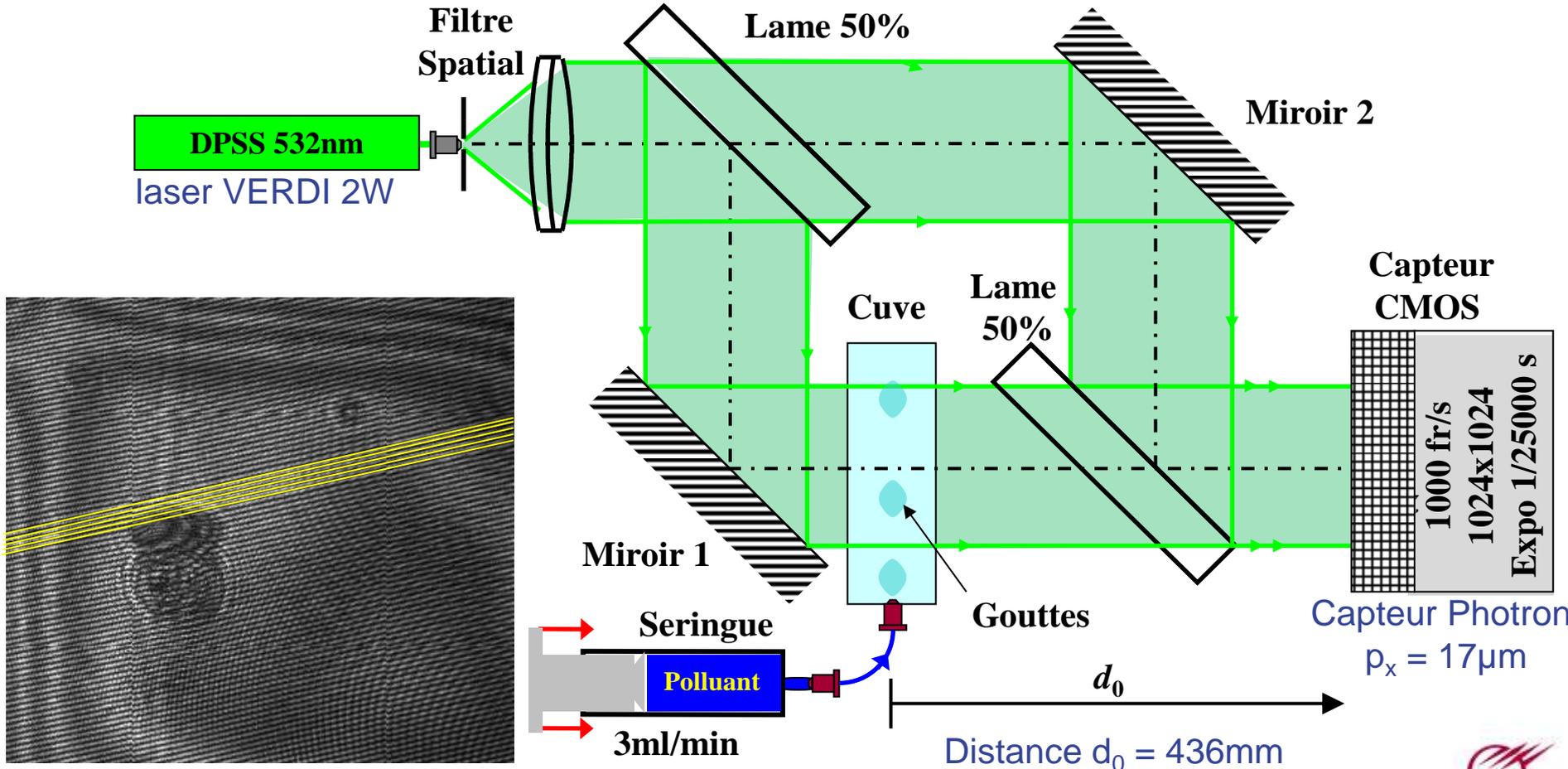


Lumière Collimatée



Méthodes de Phase : Holographie - Speckle

TRDHI: 1000fr/s, Pollution marine

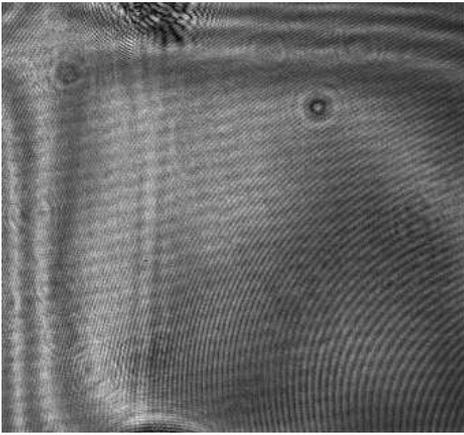


Méthodes de Phase : TRDHI

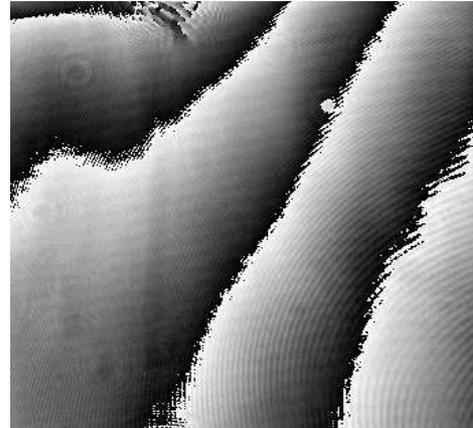


■ TRDHI: 1000fr/s, Pollution marine

Amplitude Initiale: a_i



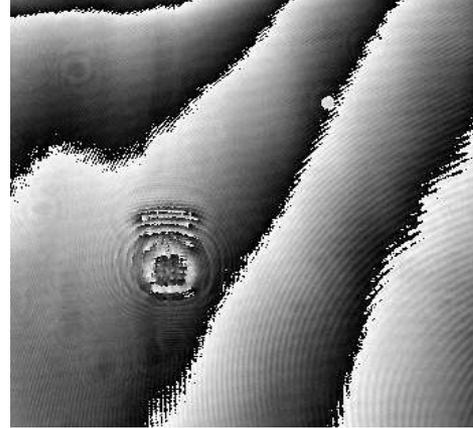
Phase Initiale: φ_i



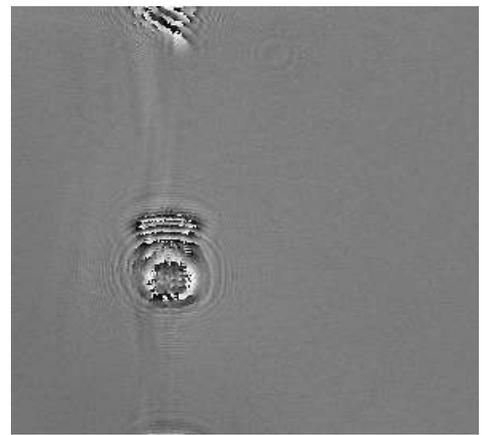
Amplitude avec goutte: a_o



Phase avec goutte: φ_o



Phase Compensée $\Delta\varphi$



LAUM

PICART P., APRIN L., HEYMES F., SLANGEN P., "Visualization of Pollutant Droplets Solubilization in Seawater by Phase-Only Digital Holography", *Digital Holography & 3-D Imaging (DH) – OSA, April 2013*

Conclusion

■ On peut voir l'Invisible ...

- **Spatial**: Télescope (Hubble), Microscopie (AFM, SNOM)
- **Temporel**: "Slow-Mo" et "Time-lapse"

■ Capteurs et Moyens d'éclairage appropriés

- **Imagerie rapide**
- Optiques et éclairages télécentriques, grandes ouvertures
- **Montages dédiés**: Ombroscopie, Strioscopie, Interférométrie

■ On sera *Invisible... sûrement un jour*



Merci de votre attention et Faites attention



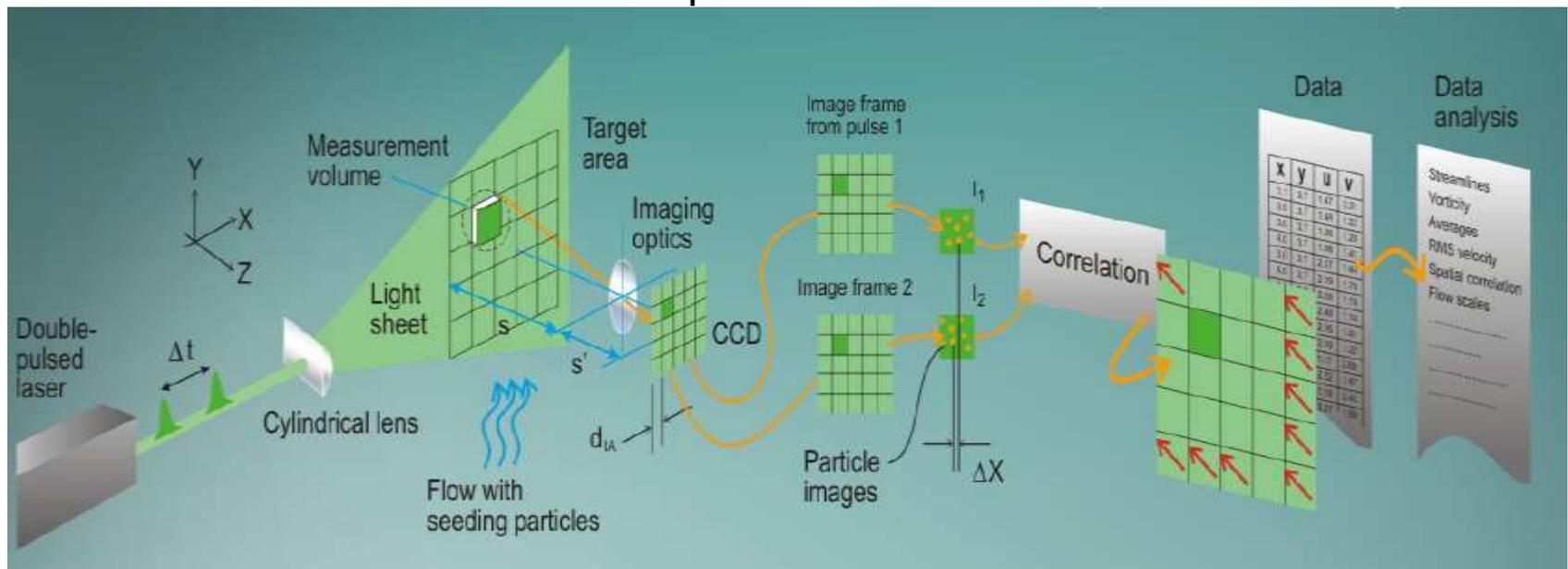
Méthodes à marqueurs: CIN (DIC – PIV): Corrélation

■ Mesure de déplacement ou de vitesse

- Identifier et Suivre un marqueur caractéristique (sur l'objet ou dans le flux)

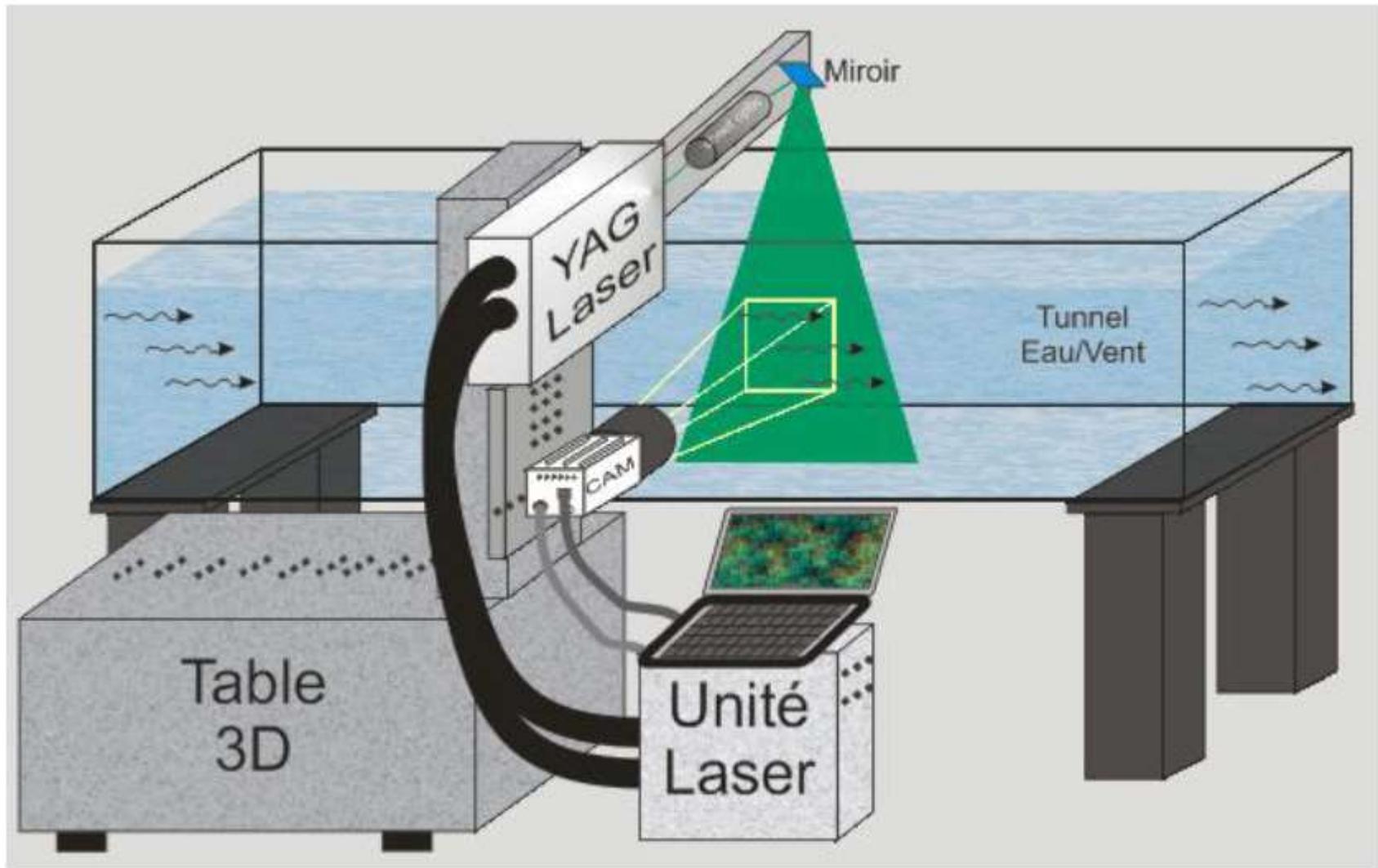
PIVSR/PIVTR : Éclairage couplé avec Caméra Double frame ou Rapide

- Maillage image (variable, évolutif) -> routines de corrélation (CIN)
- Résultats : Cartes de Déplacement ou de Vitesse



Principe de la PIV (image Dantec Dynamics)

Montage de PIV



PIV : Soufflerie Aéraulique ISR



PIVSR 532nm
2048*2048 pixels
10 Hz

Rendre Visible et "Se souvenir que l'air nous porte"

