

De la photographie numérique à la photographie computationnelle

Séance 1 Du photon à l'octet

Frédéric SUR

École des Mines de Nancy
LORIA

www.loria.fr/~sur/enseignement/photo/

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Préliminaire

Photographie = « écriture de la lumière »

But du cours :

- une introduction aux problèmes scientifiques de la photographie (numérique) ;
- en particulier, impact du *logiciel* sur l'*image* ;
- problèmes scientifiques / techniques actuels et implications sur ce qu'est une image numérique.

Pour aller plus loin : traitement du signal (math. / proba.), électronique, optique, cours de photographie, histoire de l'art, etc.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Une brève histoire de la photographie

Ou : qu'est-ce qu'une image ?

- 1997 : première photographie couleur en « une » du *New York Times*.
- ~ 6 milliards de photos sur Flickr en 2011.
- ~ une heure de vidéo déposée chaque seconde sur Youtube en 2012.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

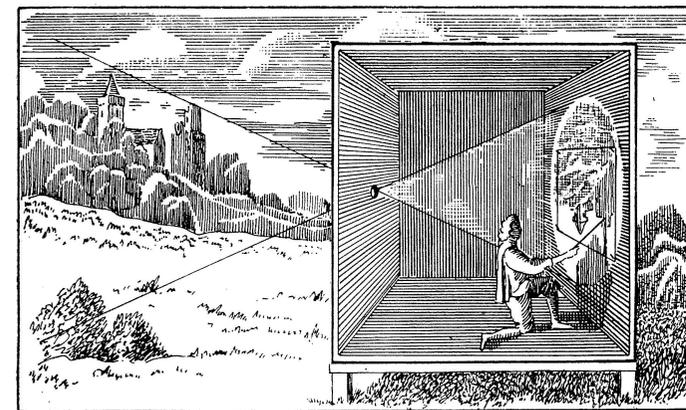
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Chambre noire (camera obscura, pinhole camera)



Sténopé

Connu d'Aristote (4ème siècle av. J.-C.)
Renaissance : « découverte » de la perspective

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Nicéphore Niépce



« Procédé héliographique » : 1820-1830
Surface sensible : bitume de Judée sur une plaque de verre

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Point de vue du Gras



Première photographie (1827)
Temps de pose : sans doute plusieurs jours !
Problème : arrêter la réaction chimique due à la lumière.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

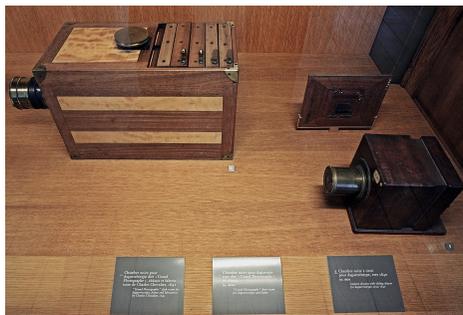
Photographie computationnelle

Contenu du cours

5/58

6/58

Daguerréotype



Louis Daguerre, associé de Niépce.

Plaque de cuivre recouverte de iodure d'argent, développée à la vapeur de mercure.

Pas de négatif stable (pas de reproduction)

Brevet acquis par le gouvernement français, qui en « dote libéralement le monde entier ».

Daguerréotypes chers, mais « daguerréotypomanie ».

« À partir d'aujourd'hui, la peinture est morte ! »

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

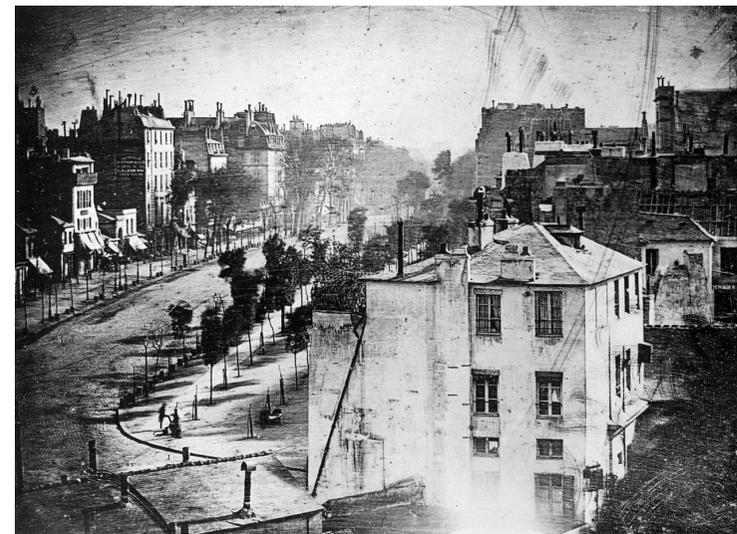
Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Le Boulevard du Temple (1838)



Temps de pose : > 10 minutes.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

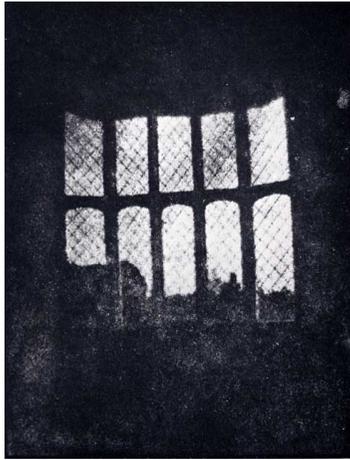
Photographie computationnelle

Contenu du cours

7/58

8/58

Procédé Talbot : le calotype



Abbaye de Lacock (1835)
1ère photographie avec négatif.

William Henry Fox Talbot : « photogenic drawing ».

Feuille de papier enduite de chlorure d'argent dans sa chambre noire : le négatif.

Moins bonne qualité que daguerréotype, et brevet.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

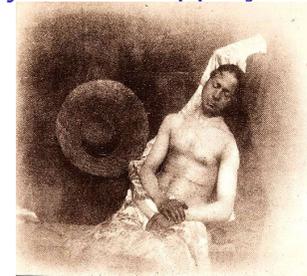
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Noyade de Hippolyte Bayard, 1840



Positif sur papier
(pas de reproduction)

1839 : première exposition de photographies.

Le cadavre du Monsieur que vous voyez ci-dérrière est celui de M. Bayard, inventeur du procédé dont vous venez de voir ou dont vous allez voir les merveilleux résultats. À ma connaissance, il y a à peu près trois ans que cet ingénieux et infatigable chercheur s'occupait de perfectionner son invention. L'Académie, le Roi et tous ceux qui ont vu ces dessins que lui trouvait imparfaits les ont admirés comme vous les admirez en ce moment. Cela lui fait beaucoup d'honneur et ne lui a pas valu un liard. Le gouvernement qui avait beaucoup trop donné à M. Daguerre a dit ne rien pouvoir faire pour M. Bayard et le malheureux s'est noyé. Oh ! instabilité des choses humaines ! Les artistes, les savants, les journaux se sont occupés de lui depuis longtemps et aujourd'hui qu'il y a plusieurs jours qu'il est exposé à la morgue personne ne l'a encore reconnu ni réclamé. Messieurs et Dames, passons à d'autres, de crainte que votre odorat ne soit affecté, car la figure du Monsieur et ses mains commencent à pourrir comme

10/58 vous pouvez le remarquer.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

La photographie en couleurs : l'autochrome



Frères Lumière 1903.

Grains de féculé de pomme de terre teints en rouge, vert, bleu, sur une plaque de verre.

Image unique.

Temps de pose : plusieurs minutes.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Kodak Brownie (1900)



George Eastman (fondateur Kodak) : film celluloid (1885).
Premiers films en couleur modernes : Kodachrome (1935) et Agfacolor (1936).

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Leica (1925)



Oskar Barnack - Leica 1925
Film « 24x36 » : appareil compact
Problème petit format : agrandissement nécessaire
(donc grain de la pellicule fin)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Etc.



Jusque fin XXème siècle, améliorations des techniques
chimie / optique / électronique
(automatismes : autofocus, mesure d'exposition...)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

13/58

14/58

L'appareil photo numérique



Mavica (Sony) : prototype en 1981.
490 x 570 points (280 000 pixels)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

APN



1997-2000 Premiers APN grand public : Sony Mavica.
Lecteur de disquette 3,5 pouces
1.3Mp
600 - 1000 dollars

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

15/58

16/58

XXIème siècle (1)



10-20 megapixels
Camera : quelques dollars.
Mais traitement d'images (logiciel)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

XXIème siècle (2)



Logiciel embarqué

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

17/58

18/58

Plan

- 1 Une brève histoire de la photographie
 - De la lumière...
 - À l'image...
 - Au pixel
- 2 Principes de la photographie
 - Le sténopé
 - Objectif
 - Profondeur de champ
 - Défauts optiques
 - Exposition
- 3 Photographie computationnelle
- 4 Contenu du cours

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

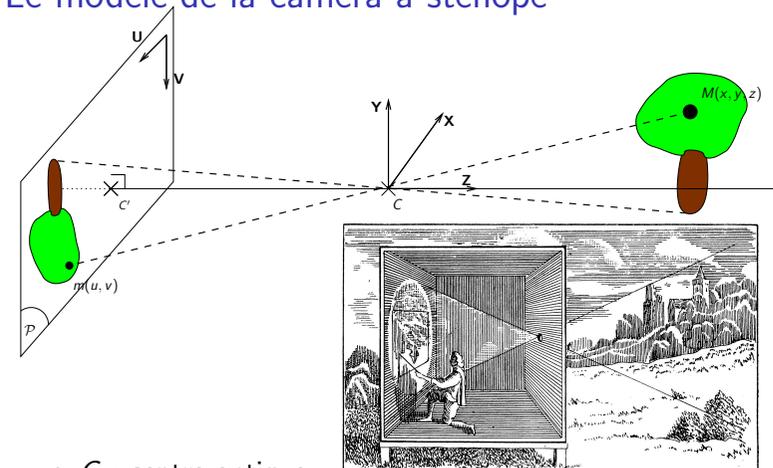
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Le modèle de la caméra à sténopé



- C : centre optique
- (CC') : axe optique
- C' de coordonnées $(0, 0, -f)$ dans (C, X, Y, Z)
- f : distance focale

Théorème de Thalès et relation entre (U, V) et (X, Y)
donne (u, v) en fonction de (x, y, z) .

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

19/58

20/58

Anamorphose de volume



Source : DXO

→ défaut inhérent à la projection sur un plan.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

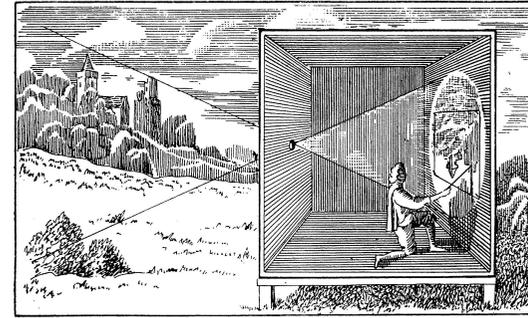
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Inconvénients de la caméra à sténopé



→ nécessite un temps de pose long
(plusieurs secondes / minutes avec un film moderne)

→ taille du sténopé :

- trop grand : image floue, peu contrastée
- trop petit : diffraction (donc flou)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

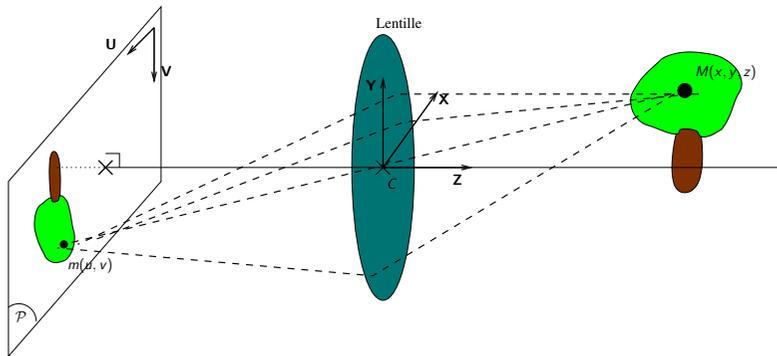
Photographie computationnelle

Contenu du cours

21/58

22/58

Avec une lentille



(modèle de lentille mince)

avec lentille : intégration des rayons lumineux

→ objectif

Lien [www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

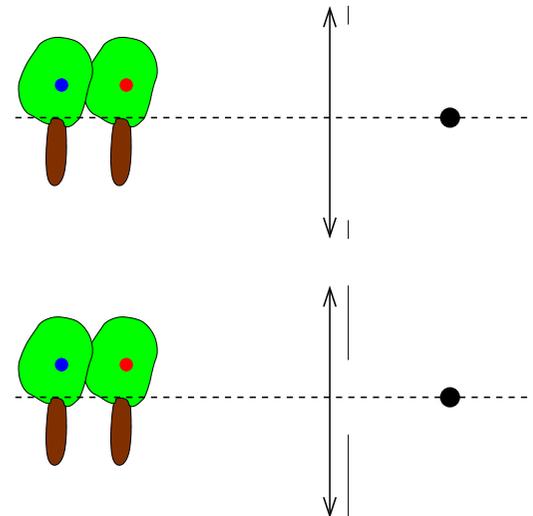
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Exercice 1



De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

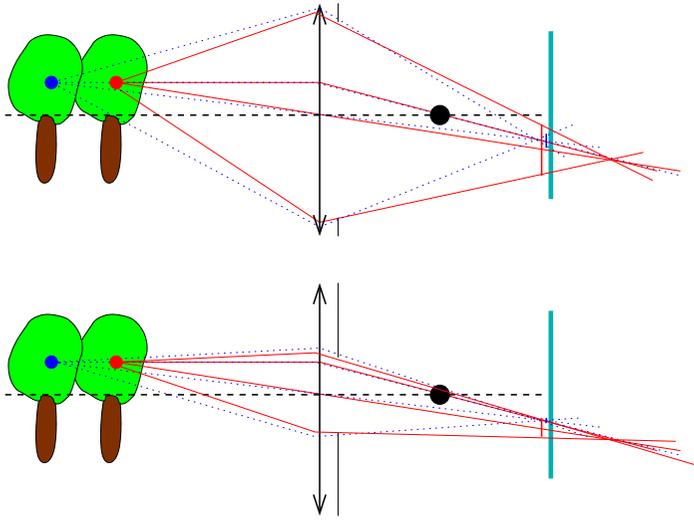
Photographie computationnelle

Contenu du cours

23/58

24/58

Solution



De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

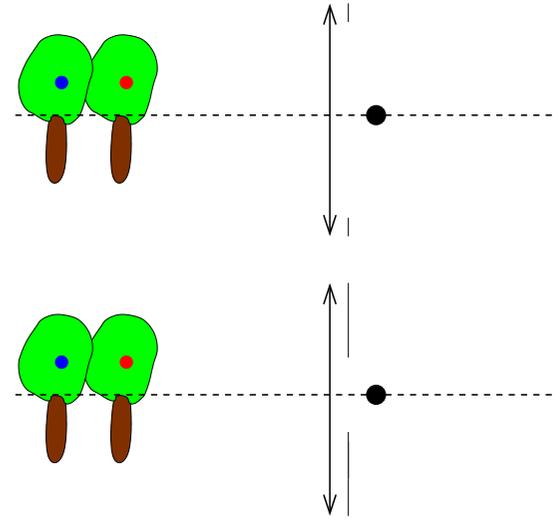
Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Exercice 2



De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

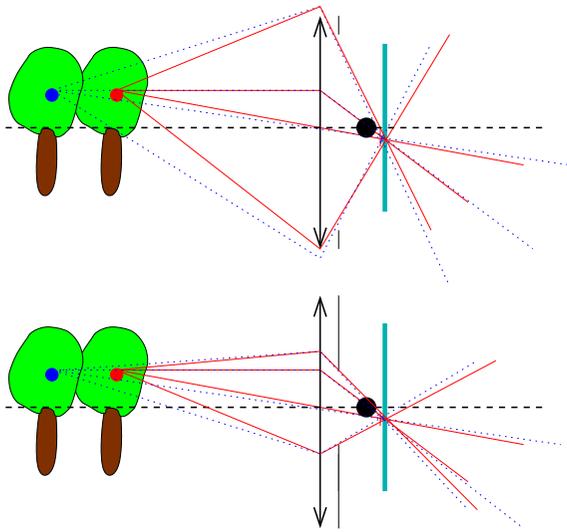
Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Solution



De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

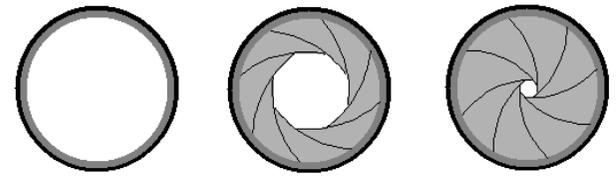
Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Notion de profondeur de champ



Diaphragme = pupille

Lien [www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Notion de profondeur de champ



Grande ouverture



Faible ouverture

À focale fixée :

- ouverture grande : faible profondeur de champ
- ouverture petite : grande profondeur de champ

À ouverture fixée :

- longue focale : plus faible profondeur de champ
- faible focale : plus grande profondeur de champ

→ portrait : focale assez longue, grande ouverture (anamorphose réduite, sujet détaché du fond)

→ paysage : diaphragme fermé.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Défauts des lentilles : vignettage



Problème inhérent à la lentille mince / au sténopé.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

31/58

32/58

Défauts des lentilles : distorsions géométriques



En barrillet



En coussinet

Corrections : groupement de lentilles

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

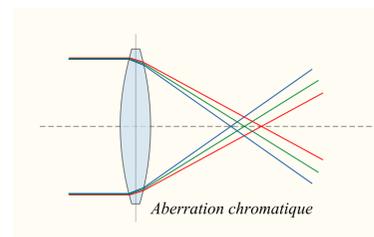
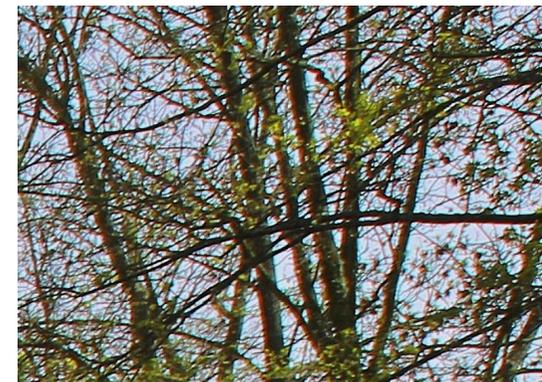
Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Défauts des lentilles : aberrations chromatiques



Aberration chromatique

Corrections :

Utilisation de fluorine

Doublet achromatique

Triplet apochromatique

Cas de la photo IR ou UV.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

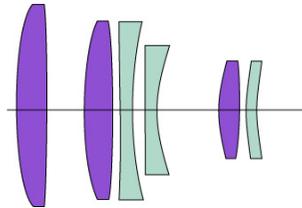
33/58

34/58

Défauts des lentilles : et aussi...

- Astigmatisme / coma (défauts de non-uniformité)
- Courbure de champ
- Réflexions parasites diffuses (*flare*)...

Finalement :



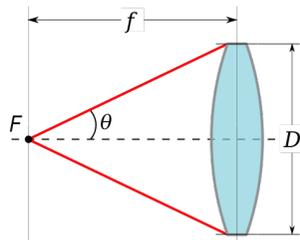
Focale fixe : 4 à 8 lentilles, éventuellement groupées.
Téléobjectif : 2 à 7 groupes (jusque 15-20 lentilles).

La notion d'exposition

Où comment sont liés :

- quantité de lumière incidente
- ouverture du diaphragme,
- temps de pose
- sensibilité de la surface où se forme l'image

Éclairement : le nombre d'ouverture



Diaphragme vu en F sous l'angle solide : $\Omega = \pi D^2 / (4f^2)$.
Éclairement par un flux lumineux parallèle à l'axe optique (en lux) :

$$E = \Omega \cdot T \cdot L = \frac{\pi D^2}{4f^2} TL = \frac{\pi TL}{4N^2}$$

- T : facteur de transmission de l'objectif
- L : luminance de la source lumineuse (proportionnelle à l'intensité lumineuse de la source).
- $N = f/D$ est le **nombre d'ouverture**

Ouverture : f/N



Ouverture du diaphragme : $D = f/N$

→ objectif ouvrant à $f/2$ (i.e. $N = 2$), $f/4$ (i.e. $N = 4$), etc.

Éclairement inversement proportionnel à N^2

→ ouvertures standardisées en progression géom. raison $\sqrt{2}$:
 $f/1, f/1.4, f/2, f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11...$ (*cran*)

Principe de réciprocité

Durée d'exposition : t

Exposition lumineuse : $H = E \cdot t$

→ quantité de lumière cumulée par unité de surface pendant t
(en lux.s)

Principe de réciprocité :

Multiplier (resp. diviser) le temps de pose par 2 en fermant
(resp. ouvrant) d'un cran donne la même exposition.

De la photographie
numérique à la
photographie
computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire
de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la
photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie
computationnelle

Contenu du cours

Exercice

Même exposition pour :

- $t = 1/100$ sec., $f/4$
- $t = \text{-----}$ sec., $f/2,8$
- $t = 1/25$ sec., $f/\text{-----}$
- $t = \text{-----}$ sec, $f/22$

De la photographie
numérique à la
photographie
computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire
de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la
photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie
computationnelle

Contenu du cours

39/58

40/58

Sensibilité

Photographie *correctement exposée* lorsque la surface
sensible reçoit la « bonne » quantité de lumière

→ celle qui permet d'obtenir une image qui n'est ni « trop
claire » ni « trop sombre ».
(notion forcément un peu arbitraire)

Définition : sensibilité $S = H_0/H$

où H est l'exposition nécessaire, et H_0 une constante.
Unité de la sensibilité : ISO.

→ une surface de sensibilité 200 ISO a besoin de 2 fois
moins d'exposition lumineuse qu'une surface de sensibilité
100 ISO pour être correctement exposée.

De la photographie
numérique à la
photographie
computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire
de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la
photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie
computationnelle

Contenu du cours

Exercice

Exemple : même exposition pour :

- 100 ISO, $t = 1/100$ sec., $f/4$
- ----- ISO, $t = 1/200$ sec., $f/2,8$
- 200 ISO, $t = 1/100$ sec., $f/\text{-----}$
- 200 ISO, $t = \text{-----}$ sec., $f/4$
- ----- ISO, $t = 1/800$ sec., $f/5,6$

De la photographie
numérique à la
photographie
computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire
de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la
photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie
computationnelle

Contenu du cours

42/58

43/58

Ouverture / temps de pose / sensibilité

→ effets esthétiques.

Kamera Simulator : [Lien www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle
Contenu du cours

Plan

- 1 Une brève histoire de la photographie
 - De la lumière...
 - À l'image...
 - Au pixel
- 2 Principes de la photographie
 - Le sténopé
 - Objectif
 - Profondeur de champ
 - Défauts optiques
 - Exposition
- 3 Photographie computationnelle
- 4 Contenu du cours

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle
Contenu du cours

45/58

46/58

Vers la photographie computationnelle

Définition : (wikipedia)

Computational photography or computational imaging refers to computational image capture, processing, and manipulation techniques that enhance or extend the capabilities of digital photography.

→ à la croisée de l'optique, du traitement du signal / image, de la vision par ordinateur.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle
Contenu du cours

High dynamic range (HDR)

The Washington Post

Washington

Monday 4/27 • Tomorrow: Partly sunny 38/23 • DETAILS, B10

FRIDAY, JANUARY 13, 2012

washington

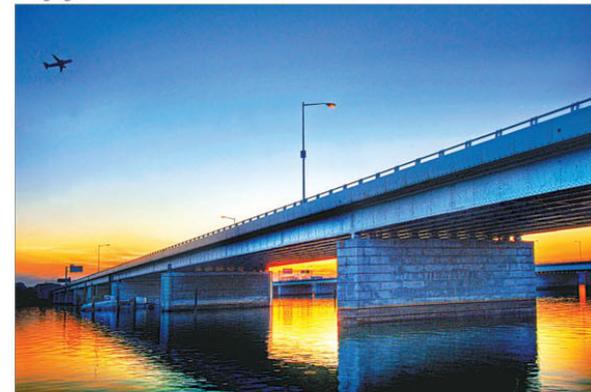
S
er
ers
ing

ployment
those 55
recession

OBISKEY

age of the econ-
something cu-
older Ameri-
working
recession has
if other gener-
force, more
are employed
according to
from the Bu-
tles.
the surge of
complex, ex-
of the primary
hind. It is the
older Ameri-
the means to
ment needs.
on is closely
shift in the
egan in the

Long ago, the scene of disaster



A jetliner flies high over a tranquil scene at the 14th Street bridge, where 30 years ago winter weather and human error conspired to bring down Air Florida Flight 90 in a disaster that claimed 78 lives. This image is a composite created by taking several photos and combining them with computer software to transcend the visual limitations of standard photography. **Stories, B1.** For more photos, video and other coverage, go to [postlocal.com](#).

Pan-
decr
Afgh
video

U.S. VOWS TO
ABUSE OF C
Damage to p
popular supp

BY CRAIG W
AND GREG

The Obama ad-
Thursday strongly
viral video that a
picks Marines des-
es as U.S. officials
vent a popular bi-
ghanistan and for
to nascent peace
Taliban.
As the images o-
nating on three bl
circulated around
fense Secretary Le
denounced the vic-
deplorable" and
President Hamid

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie
De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie
Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle
Contenu du cours

47/58

48/58

Appareil photo *plénoptique*



Lytro
(2012)

Mise au point en *post-traitement*.

[Lien www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Gigapan

Carnegie Mellon University / NASA / Google

→ Panoramas *gigapixels* interactifs.

[Lien www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

49/58

50/58

Photosynth 3D (Microsoft)

Que faire avec une grande collection de photographies ?

[Lien www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Le bruit dans les images numériques



→ débruitage PRIME de DXO : [Lien www](#)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

51/58

52/58

Correction des défauts optiques

Dépendent de caractéristiques de l'optique utilisée.

- Vignettage et aberrations géométriques dépendent de l'ouverture ;
- Aberrations chromatiques dépendent aussi de l'endroit de mise au point.

+ influence de la focale pour un objectif zoom.

→ utilisation des "données EXIF" dans le fichier RAW ou JPEG, et de modélisations des défauts d'un grand nombre d'objectifs.

Exemple : DXO [Lien www](#)

Attention : nécessite interpolation (si correction possible), éventuellement recadrage, et peut faire « monter » le bruit.

→ il reste un intérêt à avoir des optiques performantes (mais chères!).

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Plan

- 1 Une brève histoire de la photographie
 - De la lumière...
 - À l'image...
 - Au pixel
- 2 Principes de la photographie
 - Le sténopé
 - Objectif
 - Profondeur de champ
 - Défauts optiques
 - Exposition
- 3 Photographie computationnelle
- 4 Contenu du cours

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

54/58

53/58

Déroulement

- **Séance 1** : photographie générale.
TP manipulations d'images avec Matlab et toolbox "Image Processing".
- **Séance 2** : la révolution numérique.
Transformée de Fourier discrète (TFD), FFT.
- **Séance 3** : Introduction des **mini-projets**.
- **Séance 4** : échantillonnage / quantification.
Théorie de Shannon-Nyquist.
- **Séance 5** : la compression sans perte.
Théorie statistique de l'information, codage de Huffman.
- **Séance 6** : la compression avec perte.
JPEG (+MP3)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

Déroulement

- **Séance 7** : Le bruit dans les images numériques.
- **Séance 8** : débruitage
Algorithmes locaux et non-locaux.
- **Séance 9** : restauration d'images
Déconvolution : Wiener, Richardson-Lucy, régularisation TV.
- **Séance 10** : construction de panoramas / Photosynth
Notions de vision par ordinateur
- **Séance 11** : édition d'images par l'équation de Poisson
- **Séance 12** : **soutenance des mini-projets**

De la photographie numérique à la photographie computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire de la photographie

De la lumière...
À l'image...
Au pixel

Principes de la photographie

Le sténopé
Objectif
Profondeur de champ
Défauts optiques
Exposition

Photographie computationnelle

Contenu du cours

56/58

55/58

Pour finir...

Informations complémentaires sur la page web du cours.

www.loria.fr/~sur/enseignement/photo/

Évaluation : suivi des TP + présentation des projets.

De la photographie
numérique à la
photographie
computationnelle
Séance 1

F. Sur - ENSMN

Une brève histoire
de la photographie

De la lumière...

À l'image...

Au pixel

Principes de la
photographie

Le sténopé

Objectif

Profondeur de champ

Défauts optiques

Exposition

Photographie
computationnelle

Contenu du cours