

Prédiction et simulation d'aspect de véhicules peints à l'aide de peintures à effet

Dominique LAFON-PHAM (C2MA – Ecole
des Mines d'Alès)

Alexis PALJIC (CAOR - MINES ParisTech)



Le projet LIMA

Lumière Interaction Matériaux Aspects

Armines : CAOR, CMM, CdM, CMGD - Institut des Nanosciences de Paris

PMEs : ELDIM, Naxagoras

Grand Groupe : PSA Peugeot Citroën

Besoins :

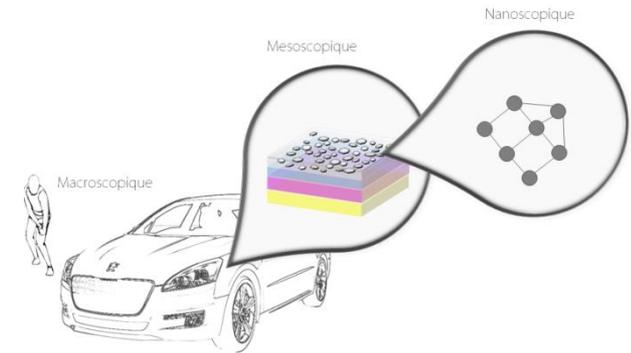
- Réduction des coûts et des temps de développement
- Décision sur supports numériques

Objectifs :

- Rendu Prédicatif en Images de Synthèse de Matériaux.
- Anticipation de l'apparence visuelle des matériaux.
- Création de matériaux répondant à un CDC aspect visuel

Comment :

- Modéliser les interactions Lumière-Matière à différentes échelles
- Maîtriser la chaîne *Formulation > Mise en forme > Apparence Visuelle et Restitution Numérique*
- Valider perceptivement les images (Images Statiques, Réalité Virtuelle).



La problématique

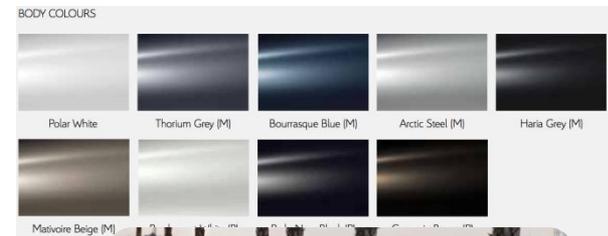
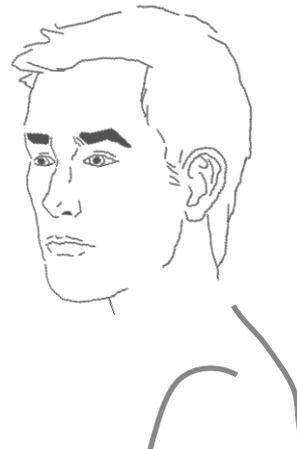
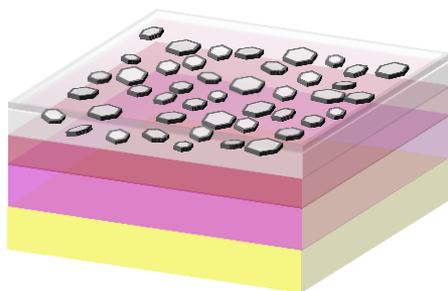
Atelier virtuel de conception de matériaux en lien avec leur utilisation

- De la formulation à l'évaluation visuelle sur écran
- Faisabilité
- Fidélité

Composition
Mise en oeuvre

Visualisation

Produit final



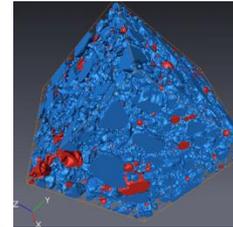
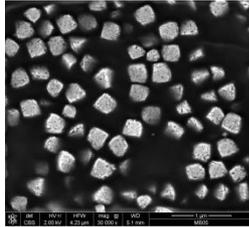
La méthodologie

Naxagoras, CdM

Elaborations

Mesures

Eldim, CdM

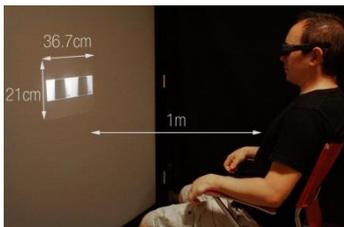


CMM, Insp

Modèles

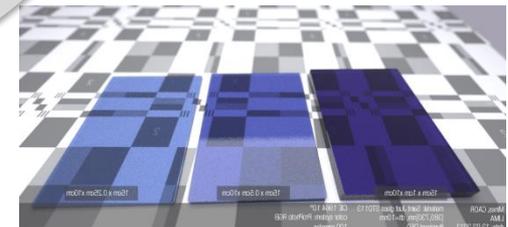
CMGD, CAOR, PSA

Validations

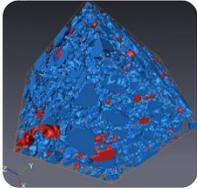


CAOR, Scalable Graphics

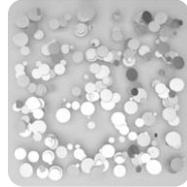
Rendu



Modélisations



- Matériau homogène
- Matériau hétérogène



E. Couka, Modélisation des propriétés optiques de peintures par microstructures aléatoires et calculs numériques FFT. PhD thesis, École nationale supérieure des Mines de Paris, November 2015.

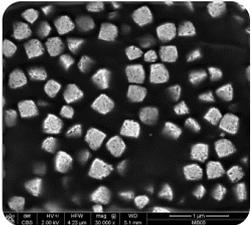
Rendus



- Rendus
- Validations

F. da Graça, Validations perceptives stéréoscopiques d'Images physico réalistes de matériaux basées sur des modèles de microstructure. PhD thesis, École nationale supérieure des Mines de Paris, December 2015.

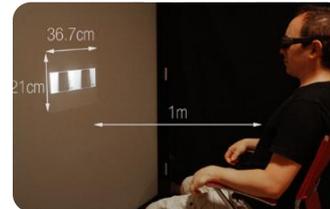
Elaborations & Mesures



- Matériaux de référence
- Mesures à différentes échelles (nano/macro)

M. Ben-Achour, Synthèse et caractérisation multi-échelle de nanoparticules pour revêtements automobiles. PhD thesis, École nationale supérieure des mines de Paris, December 2015.

Validations

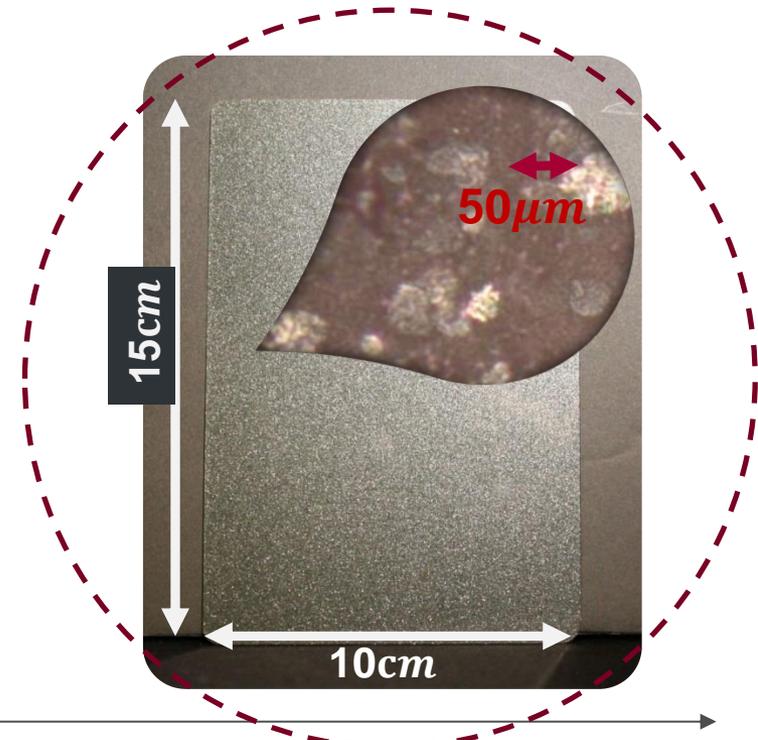
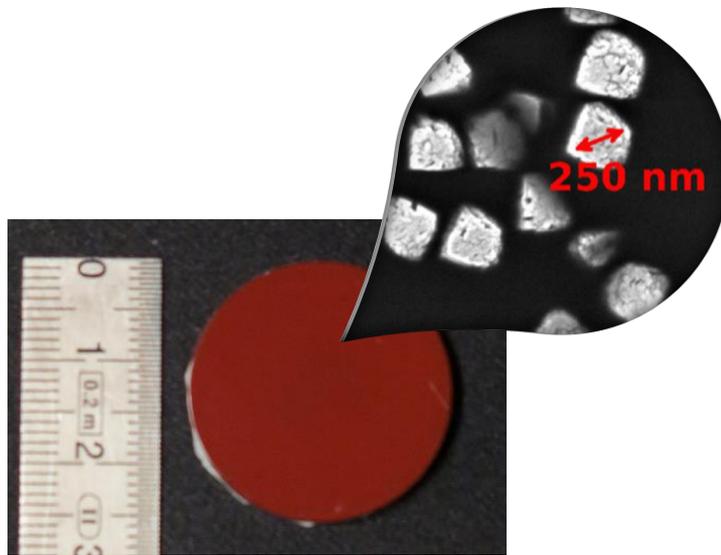


- Physico réalisme
- Validations perceptives

V. Medina, Méthodes de validation visuo-perceptive en synthèse d'image physico-réaliste. PhD thesis, École nationale supérieure des Mines de Paris, soutenance prévue mai 2016.

Les matériaux étudiés

- Matériaux d'aspect homogène → Fe_2O_3 (Hématite) et TiO_2
- Matériau d'aspect hétérogène → Peinture automobile

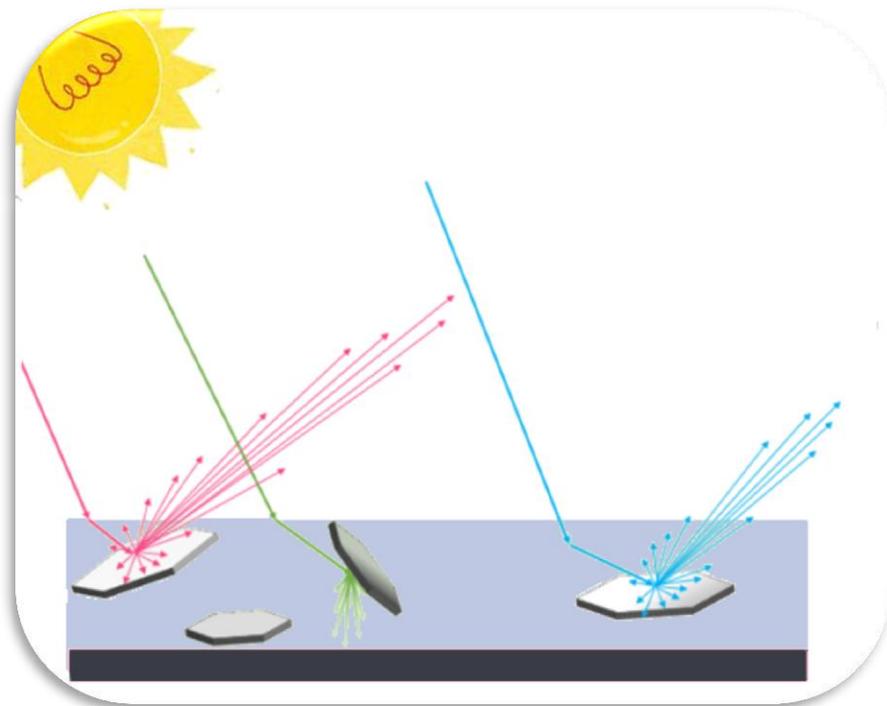


Matériau d'aspect homogène
 $\lambda \gg$ diamètre des charges

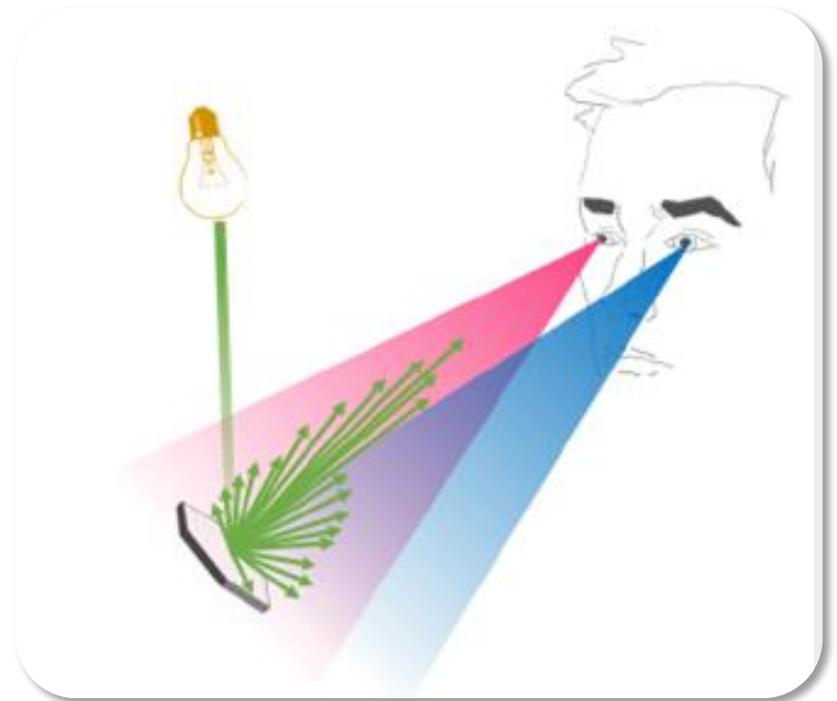
Matériau d'aspect hétérogène
 $\lambda \ll$ diamètre des charges



Le scintillement

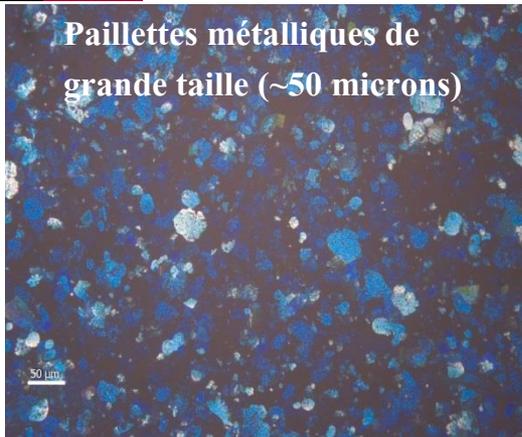


Pics spéculaires dus aux paillettes

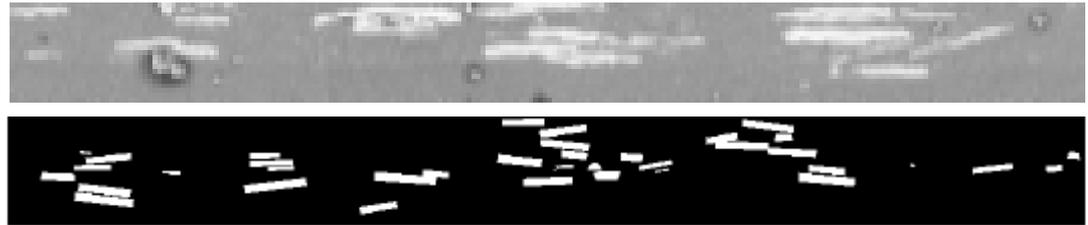


Disparité binoculaire

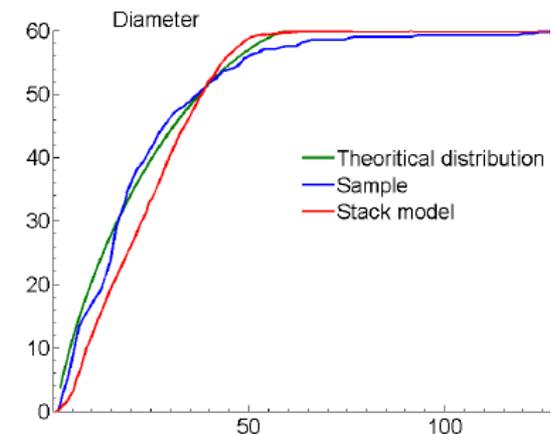
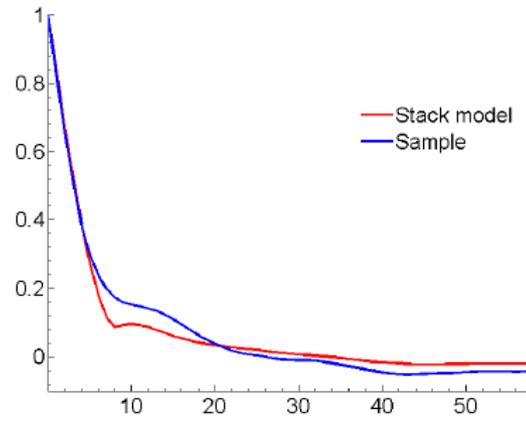
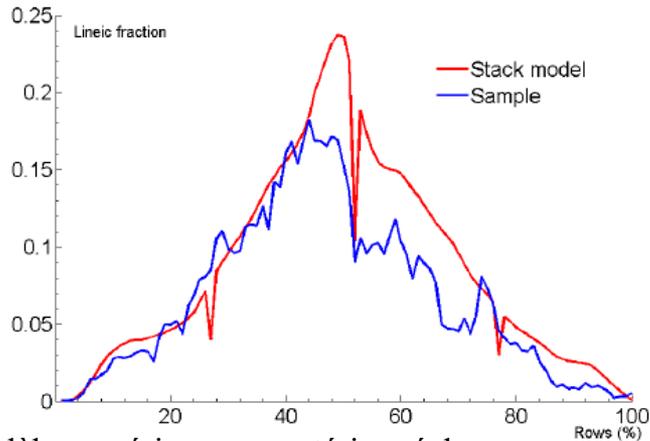
Modélisation de la microstructure : répartition des paillettes métalliques dans le liant



Images MEB en coupe



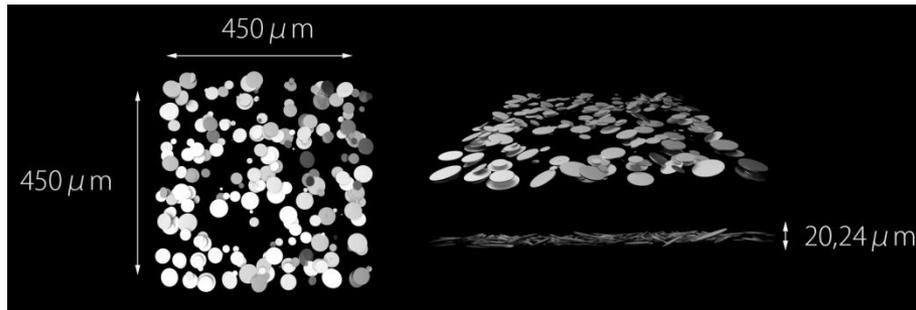
Modèle de répartition des paillettes reproduisant les empilements observés (CMM)



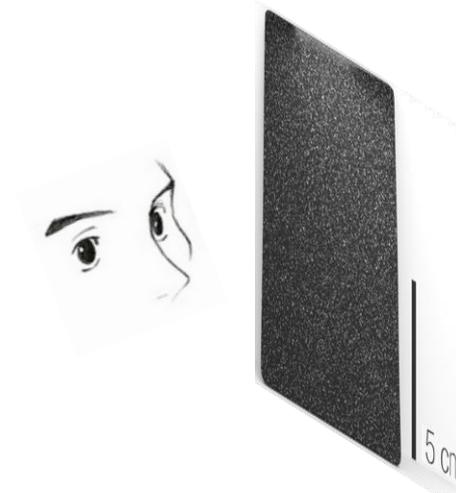
Modèle numérique vs. matériau réel :

- ☞ Proportion de paillettes selon la position dans l'épaisseur
- ☞ Covariance,
- ☞ Distribution des tailles.

Relations entre microstructure et apparence visuelle



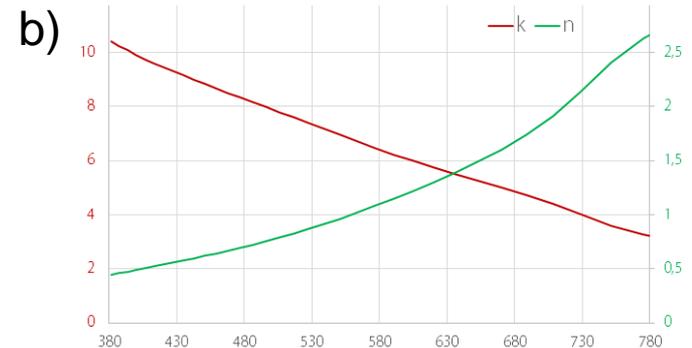
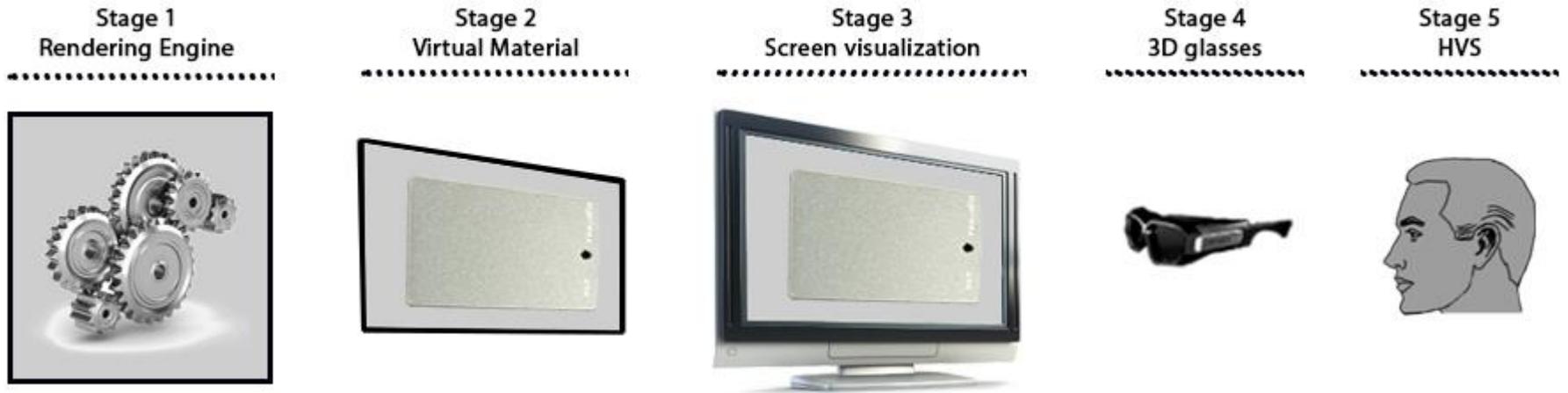
Les descripteurs physiques de la plaque



Ce que l'observateur constate sur la plaque virtuelle

- Relations entre microstructure et apparence visuelle
- Vision stéréoscopique et observation de matériaux complexes

La simulation



Eléments d'information sur les paillettes fournis au moteur de rendu : (a) Les différentes couches du revêtement appliqué sur la plaque virtuelle. (b) L'indice optique des paillettes métalliques virtuelles (aluminium)

Les paramètres physiques testés

- Pourcentage en paillettes : de 28 à 34 %
- 20 plaques
- Référence choisie à 30 %

34.0%



31.9%



30.1%



28.9%



28.0%



Référence

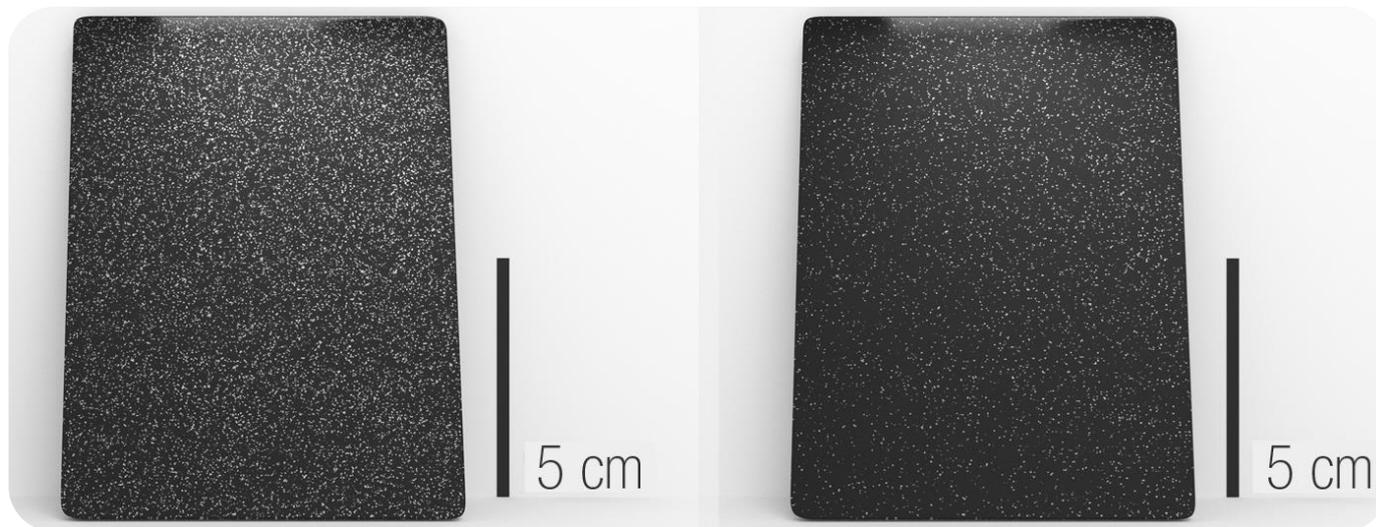
Le test

◆ La question posée aux participants au test :

« *La densité de paillettes de la plaque échantillon vous semble-t-elle supérieure ou inférieure à la densité de paillettes de la plaque de référence ?* »

◆ Les objectifs:

- ✦ Détermination d'un seuil de perception (JND)
- ✦ Monoscopie / Stéréoscopie ?



Les résultats expérimentaux

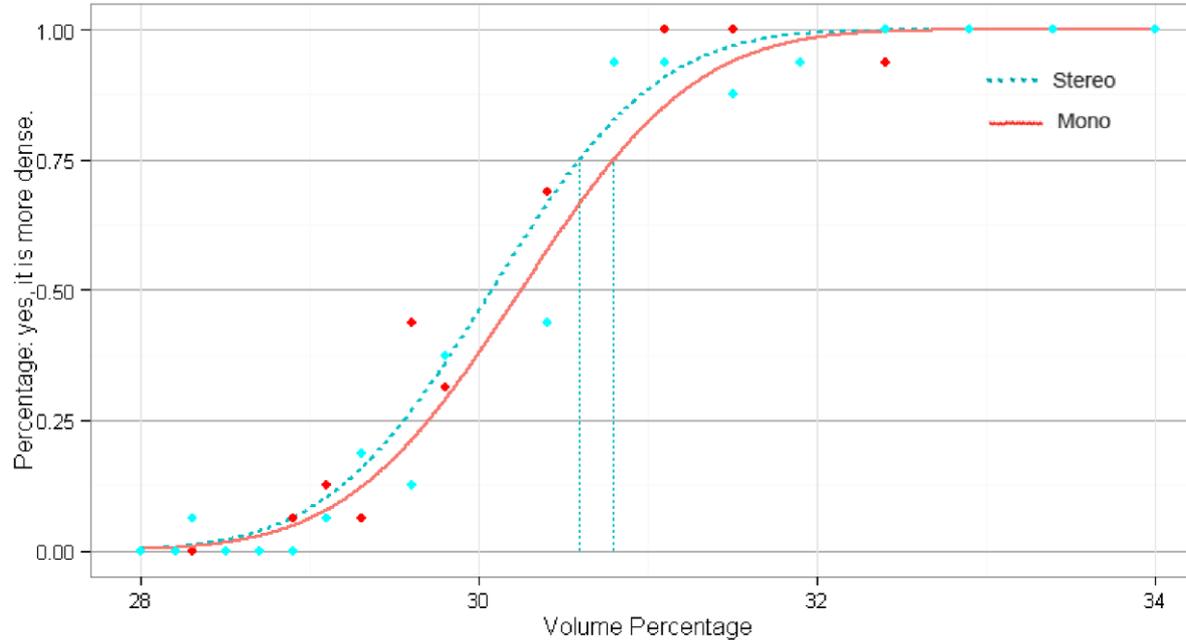
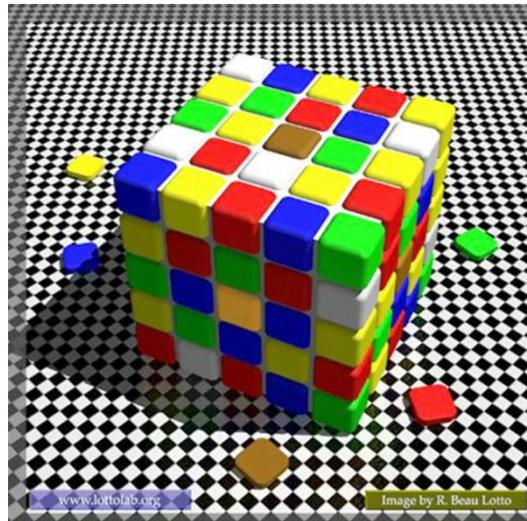


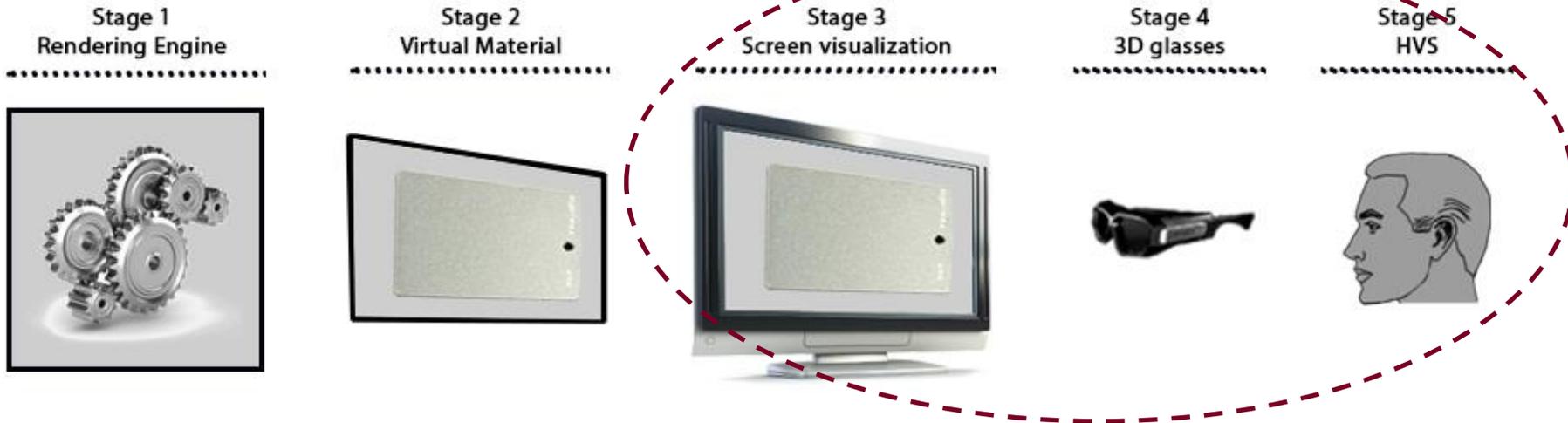
FIGURE 8.5 – Ce graphique illustre les fonctions psychométriques pour la visualisation mono-
scopique et stéréoscopiques. L'axe des abscisses correspond à l'intensité du stimulus, l'axe y la
probabilité de réponses positives : le sujet perçoit la plaque échantillon plus dense que la plaque
référence. L'intensité du stimulus correspond à la valeur de la fonction gris pour l'ouverture 9
pixels, du plus dense au moins dense.

Quel réalisme pour quoi faire?

- **Réalisme physique** : l'image produit le même stimulus optique que la surface réelle
- **Photo réalisme** : L'image provoque la même réponse du SVH que la surface réelle
- **Réalisme fonctionnel** : L'image fournit la même information visuelle que la surface réelle



Les « inconnues »

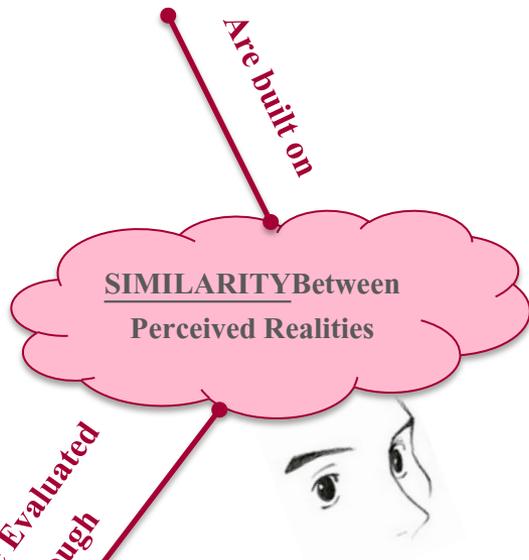


Évaluation métrologique de l'effet de scintillement?



Color and Texture
 Directional Effects
 Movement
 Depth perception
 ...

Sensations & Percepts



Can be Evaluated through

Perceptive Experiments

Categorizations
 Differences
 Ordering

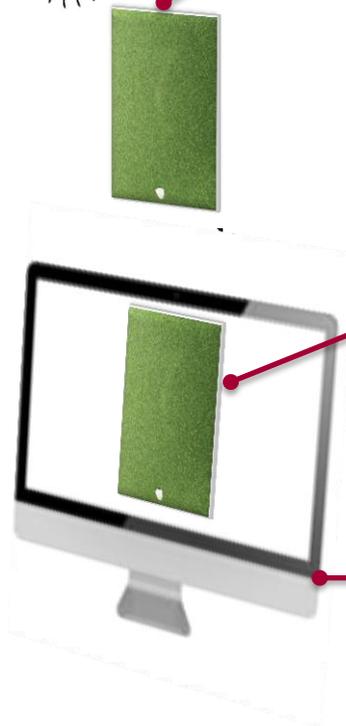
Are built on

Filler Morphology, Rugosimetry,
 Microstructure
 $n+ik$
 Brdf
 Spectroradiometry
 Colorimetry

Physical Measurements



Is Characterized by



Is Specified by

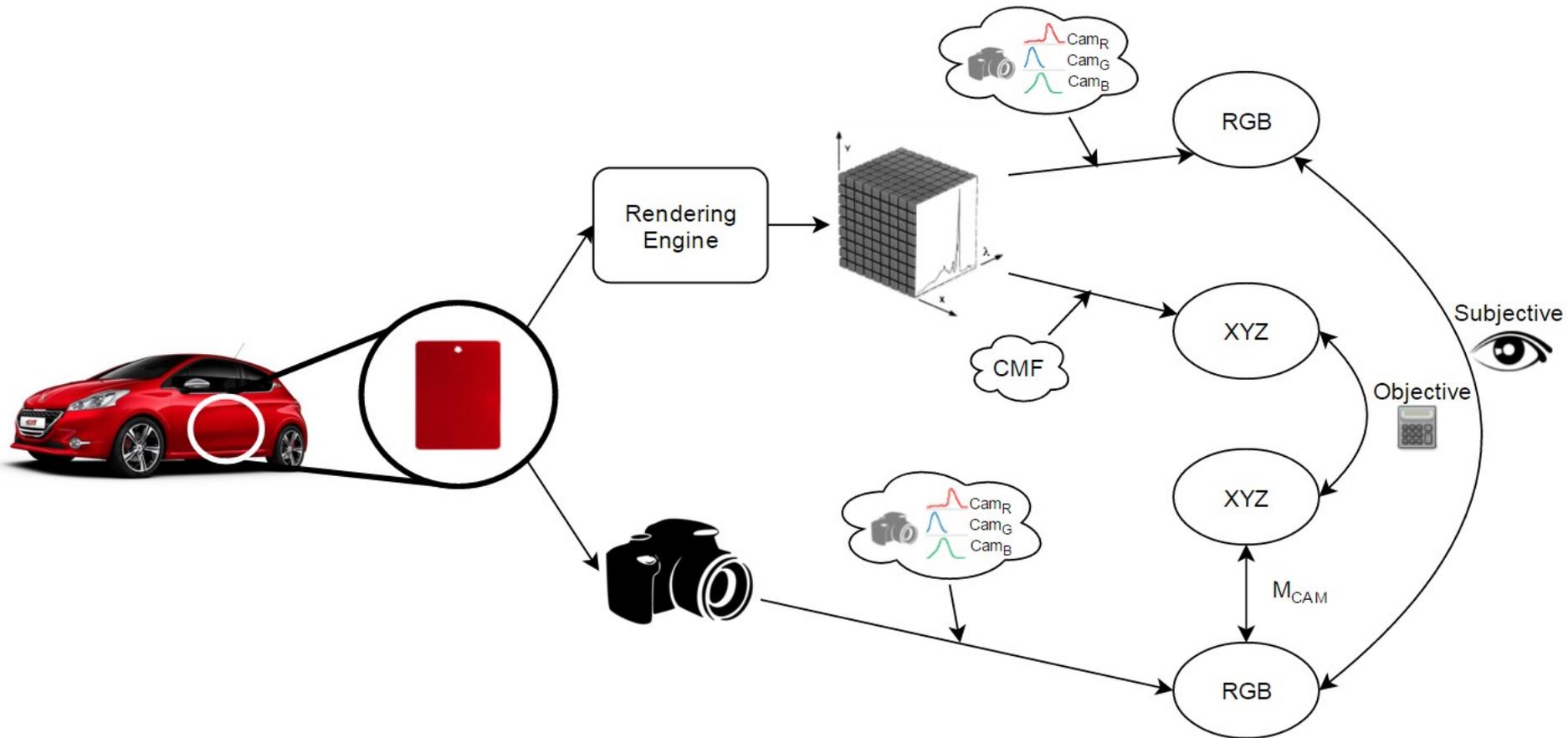
Geometric Optics and
 Microstructures
 Physical (wave) Optics and
 Nano Structures
 Roughness

Rendering Engine

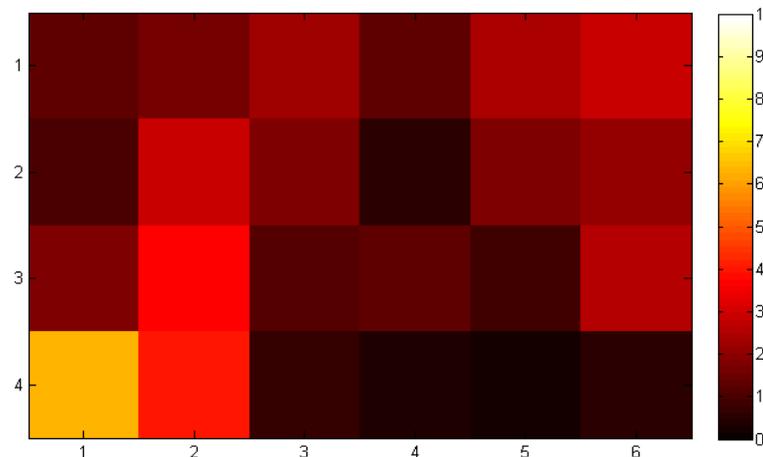
Is Dependent of

Dynamic Range
 • Brightness
 • Chrominance

Display Characteristics



Comparaison objective entre photographie et simulation



Ecart de couleur entre image photographiée et simulation (delta E2000)

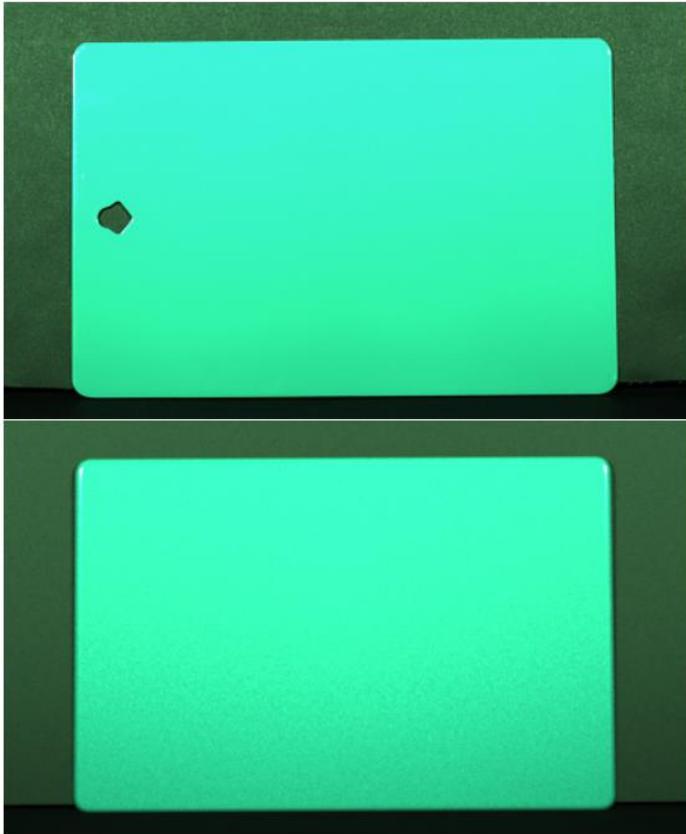
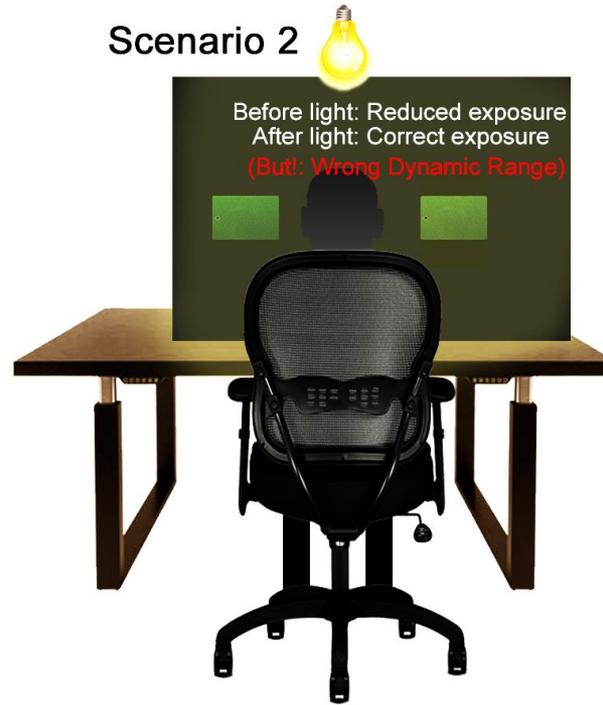


Image acquise par l'APN sur scène réelle
image « brut capteur »

Image générée par le moteur de rendu

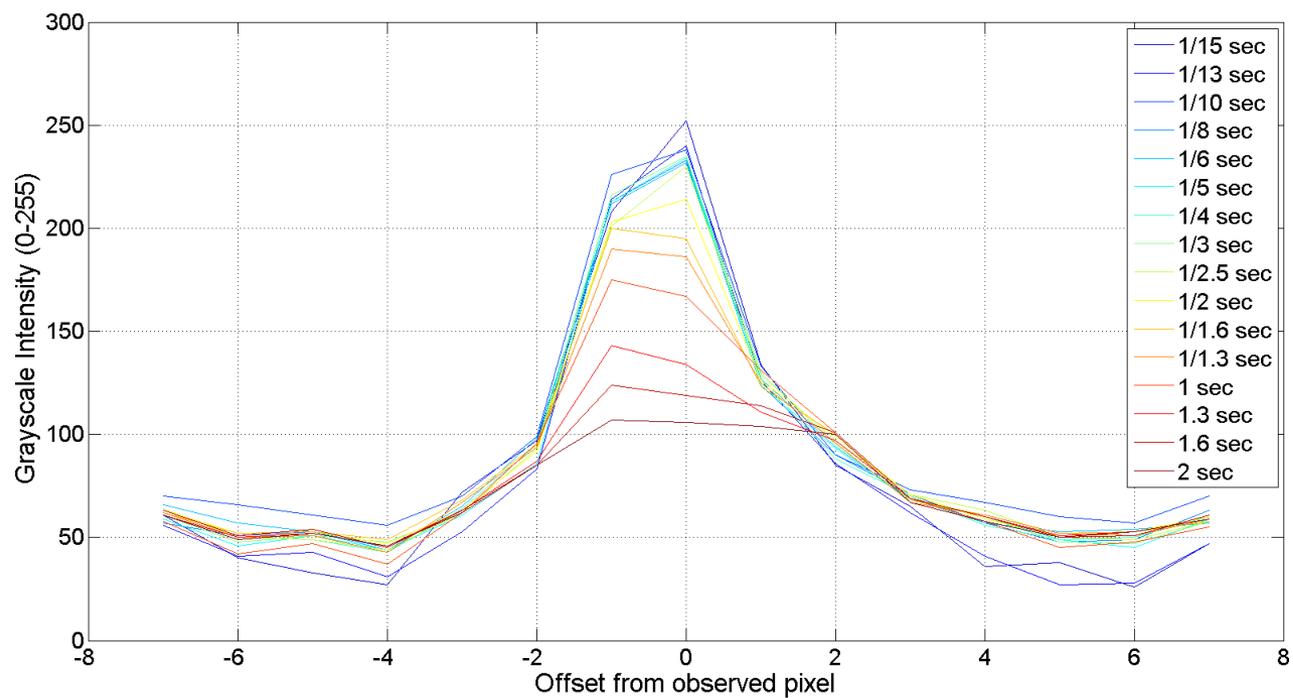
Area	Photograph			Simulation			Difference (Δ)		
	x	y	Y	x	y	Y	Δx	Δy	Δxy
Top	0.3457	0.3689	9.7939	0.2353	0.4105	0.1085	0.11	0.04	0.12
Middle	0.3453	0.3688	9.6353	0.2350	0.4109	0.0985	0.11	0.04	0.12
Bottom	0.3444	0.3691	9.5153	0.2347	0.4112	0.0868	0.11	0.04	0.12
Average	0.3451	0.3689	9.6347	0.2350	0.4109	0.0989	0.11	0.04	0.12

Les différents scénarios de comparaison Objet/Image





5,5 mm



Et maintenant ?



