

Une méthode pour l'évaluation de la qualité des images 3D stéréoscopiques



Raluca Vlad

Patricia Ladret et Anne Guérin-Dugué

GIPSA-lab



Rhône-Alpes





laboratoire



projet



financement

Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

Modèle

Conclusions et perspectives

Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

Modèle

Conclusions et perspectives























?



...seulement si...



acceptation du public



...seulement si...



acceptation du public



bonne qualité

bon confort

rendu naturel

Problématique

Comment approcher l'évaluation de la qualité des images stéréoscopiques ?

Problématique

Comment approcher l'évaluation de
la qualité des images stéréoscopiques ?

bonne qualité

bon confort

rendu naturel

Pour introduire le contexte :

- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

Pour introduire le contexte :

- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

Pour introduire le contexte :

- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

Pour introduire le contexte :

- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

Pour introduire le contexte :

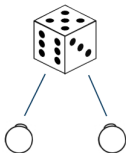
- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

Pour introduire le contexte :

- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

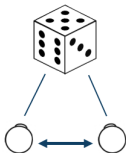
Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

objet réel



Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

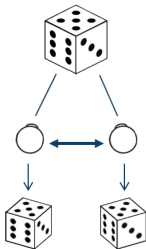
objet réel



distance inter-oculaire

Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

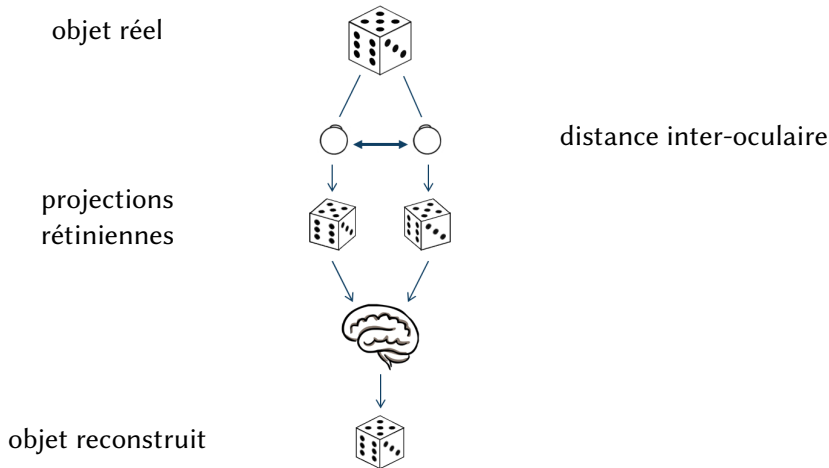
objet réel



distance inter-oculaire

projections
rétiniennes

Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?



Comment interprétons-nous la profondeur ?

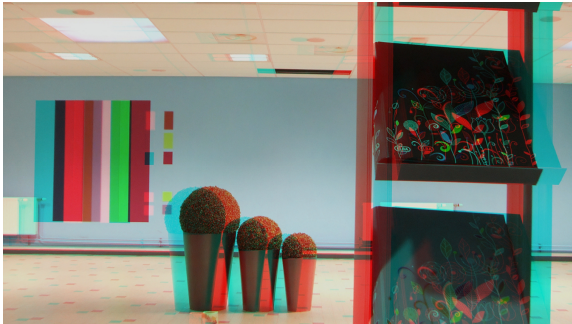
Indices de profondeur

Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur binoculaires :

Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur binoculaires :



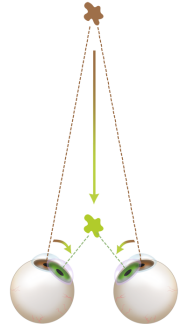
disparités rétiniennes

Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur binoculaires :



disparités rétiniennes



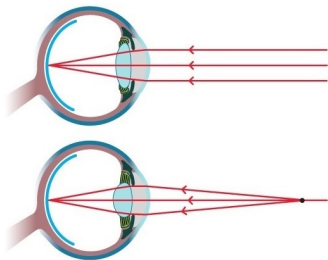
vergence

Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur monoculaires :

Comment interprétons-nous la profondeur ?

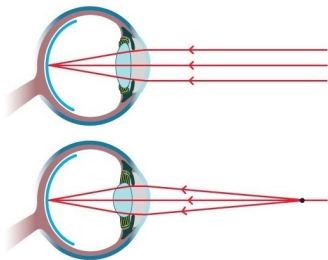
Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles

Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles

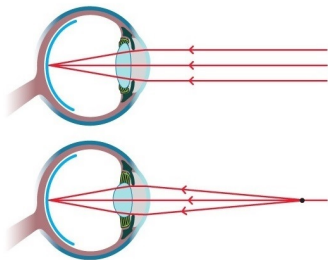


taille relative

indices picturaux

Comment interprétons-nous la profondeur ?

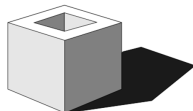
Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles



taille relative

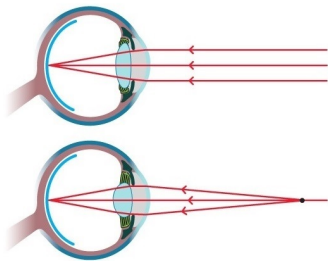


lumières et ombres

indices picturaux

Comment interprétons-nous la profondeur ?

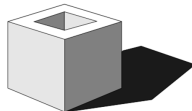
Indices de profondeur monoculaires :



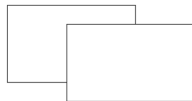
ajustement lentilles



taille relative



lumières et ombres

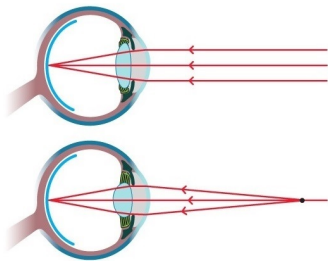


occlusion

indices picturaux

Comment interprétons-nous la profondeur ?

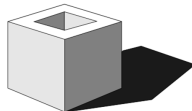
Indices de profondeur monoculaires :



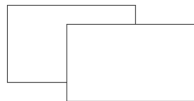
ajustement lentilles



taille relative



lumières et ombres



occlusion



perspective aérienne

indices picturaux

Comment créer une image 3D stéréoscopique ?



Comment créer une image 3D stéréoscopique ?

distance
inter-objectifs

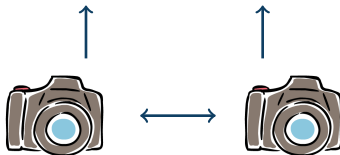


Comment créer une image 3D stéréoscopique ?

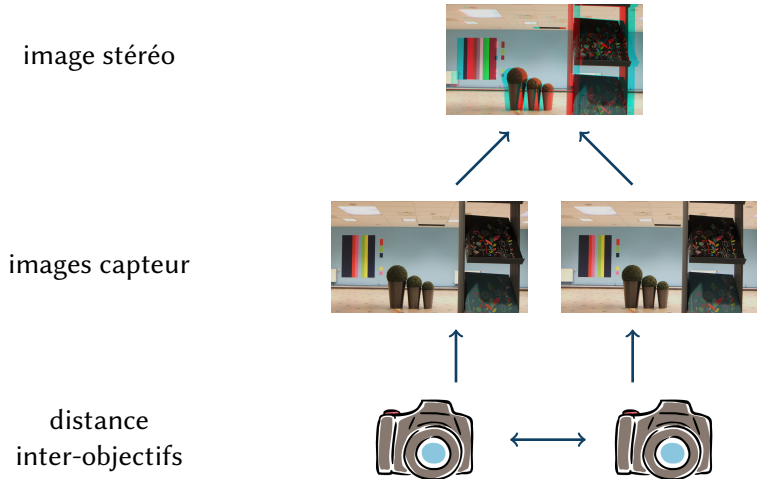
images capteur



distance
inter-objectifs



Comment créer une image 3D stéréoscopique ?



Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



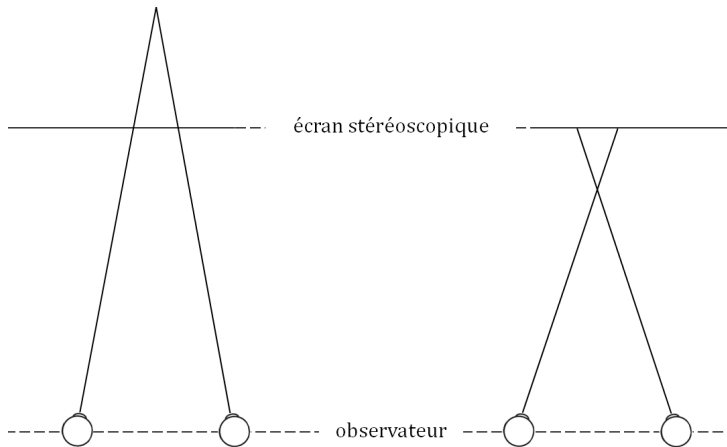
Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



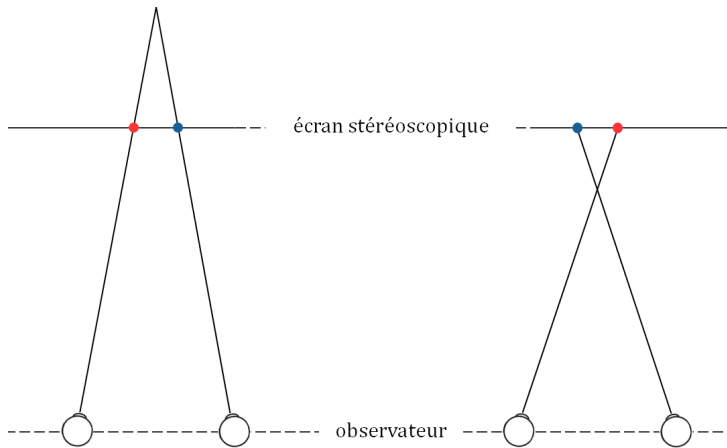
Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



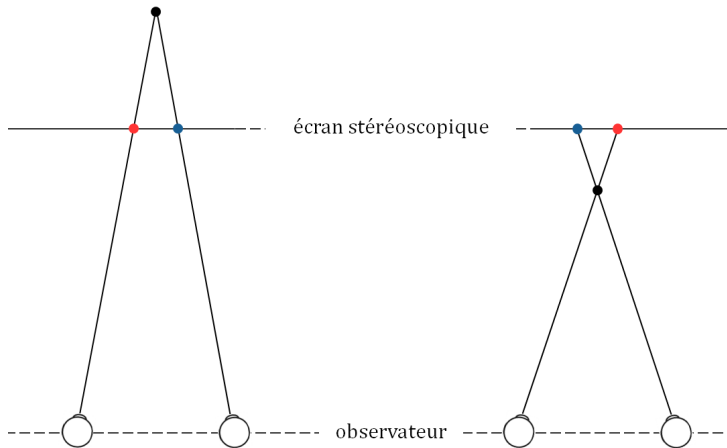
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



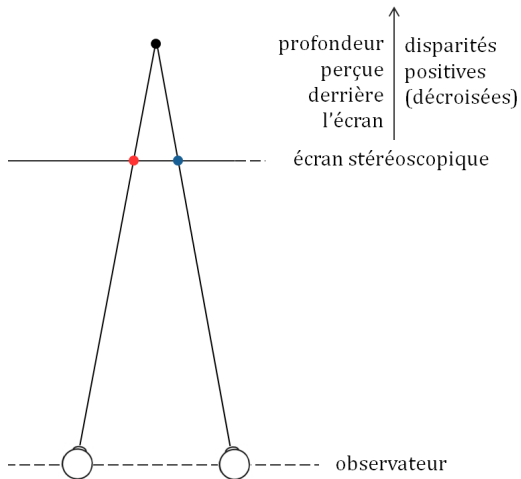
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



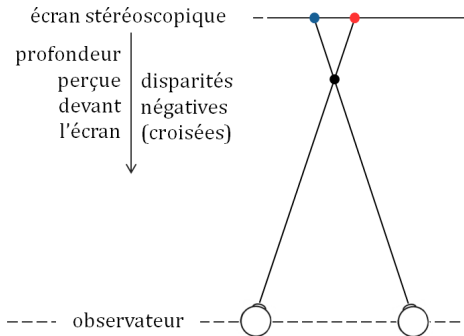
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



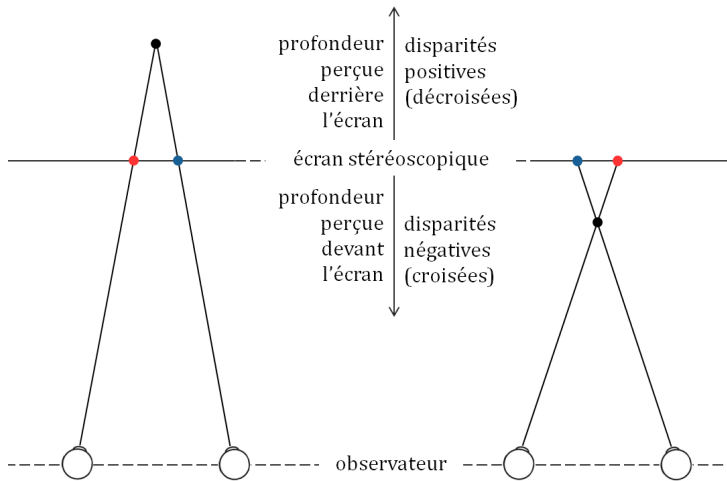
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



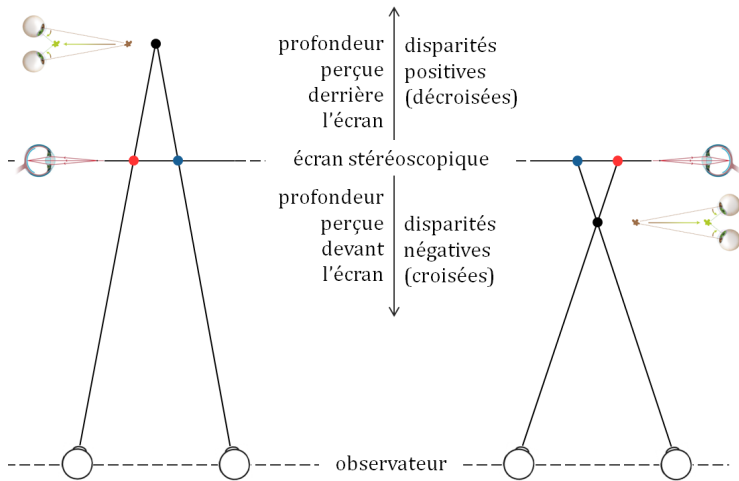
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



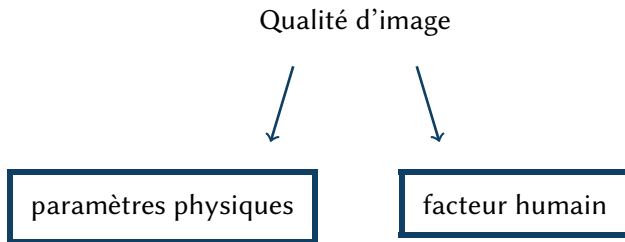
Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



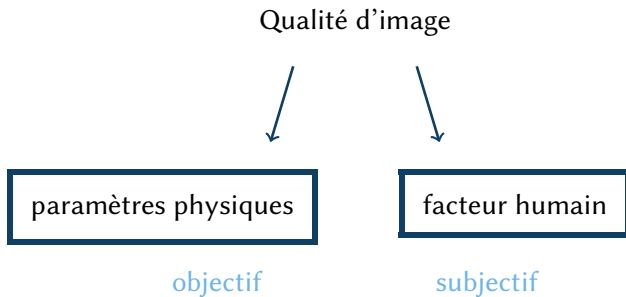
Qu'est-ce la qualité d'une image ?

Qualité d'image

Qu'est-ce la qualité d'une image ?



Qu'est-ce la qualité d'une image ?



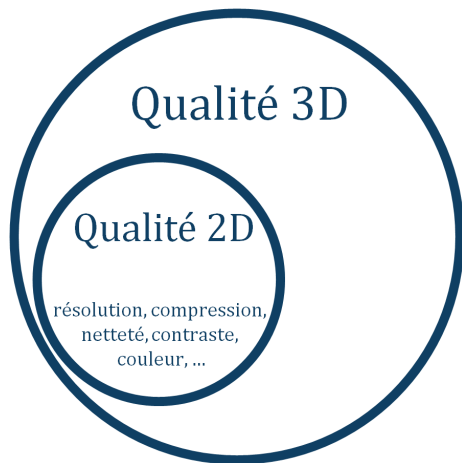
Comment définir la qualité d'une image ?



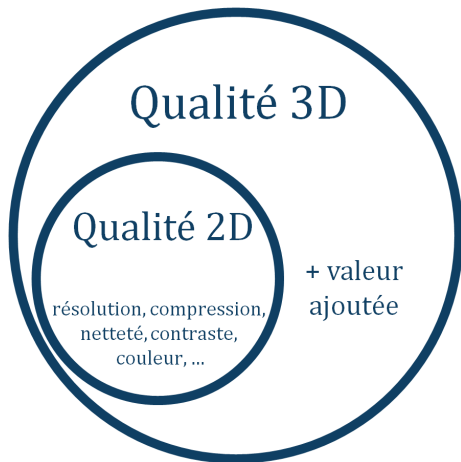
Comment définir la qualité d'une image ?



Comment définir la qualité d'une image ?



Comment définir la qualité d'une image ?

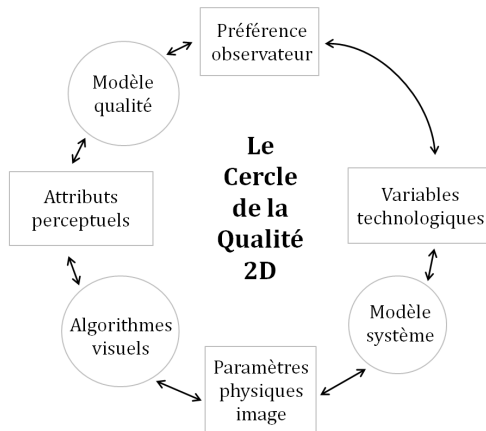


valeur ajoutée :

confort / inconfort
réalisme
immersion
etc.

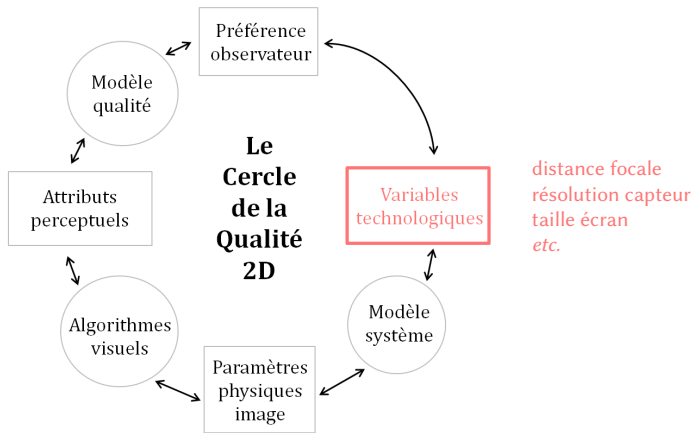
Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



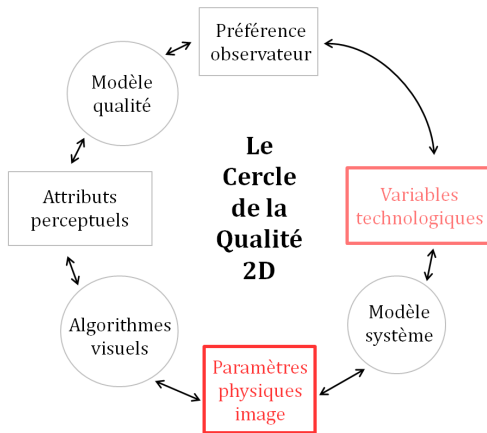
Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

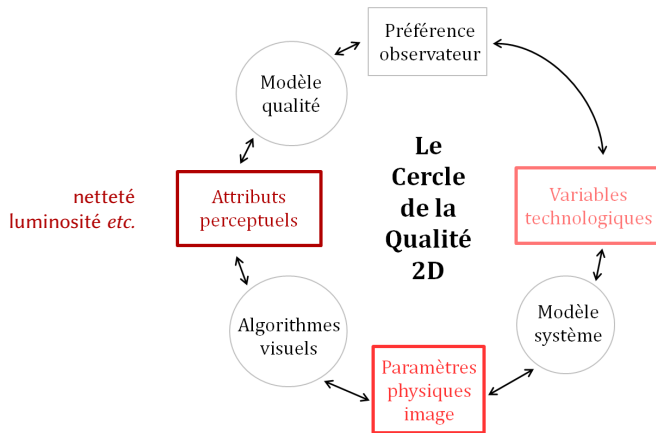
[Engel drum, 1999]



résolution image
niveau de gris
etc.

Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

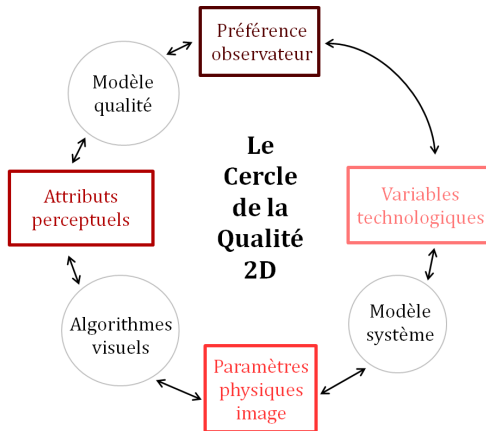
[Engel drum, 1999]



Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

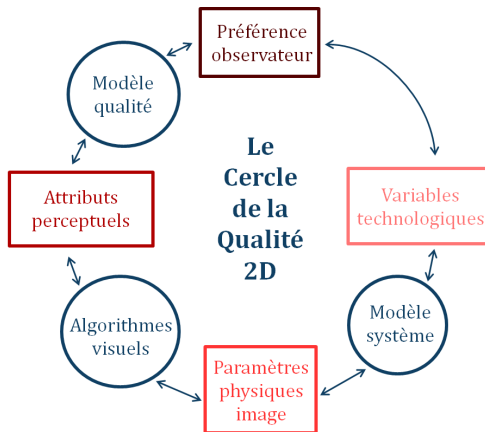
[Engeldrum, 1999]

qualité d'image

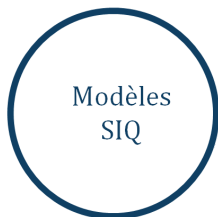


Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



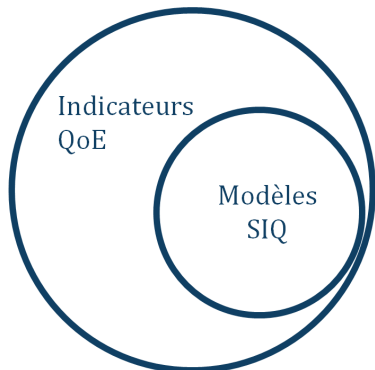
Comment a été approchée l'évaluation de la qualité 3D ?



SIQ = Stereoscopic Image Quality
= Qualité des images stéréoscopiques.

Modèles SIQ
→ strictement liés aux images 3D.

Comment a été approchée l'évaluation de la qualité 3D ?



SIQ = Stereoscopic Image Quality
= Qualité des images stéréoscopiques.

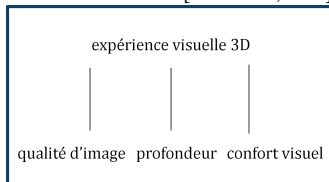
Modèles SIQ
→ strictement liés aux images 3D.

QoE = Quality of Experience
= Qualité de l'expérience

Indicateurs QoE
→ incluent le contexte de visualisation.

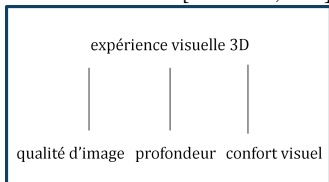
Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntiens, 2006]

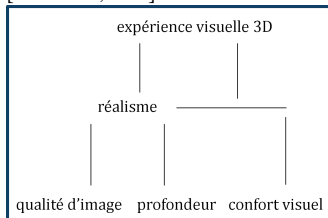


Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntiens, 2006]

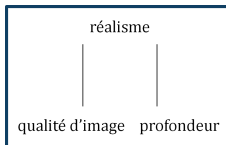
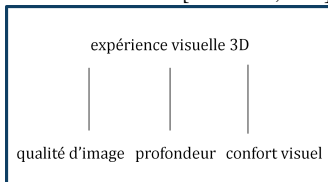


[Seuntiens, 2006]



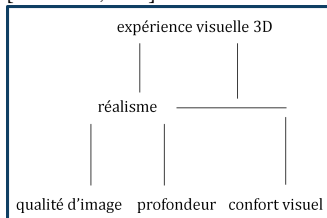
Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntiens, 2006]



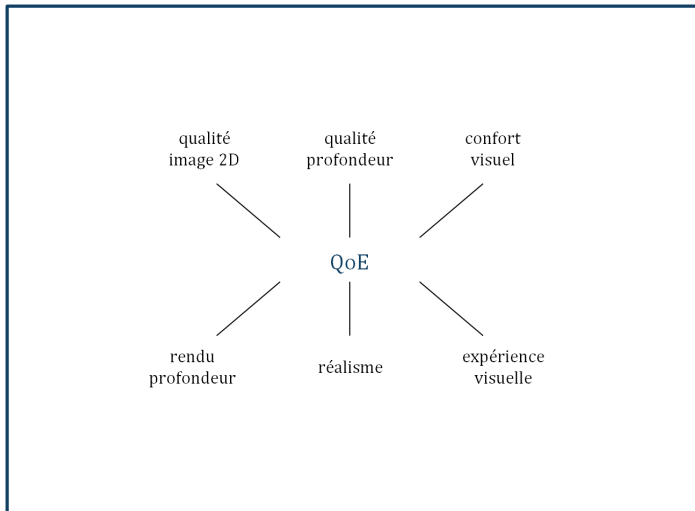
[Lambooi, 2011]

[Seuntiens, 2006]



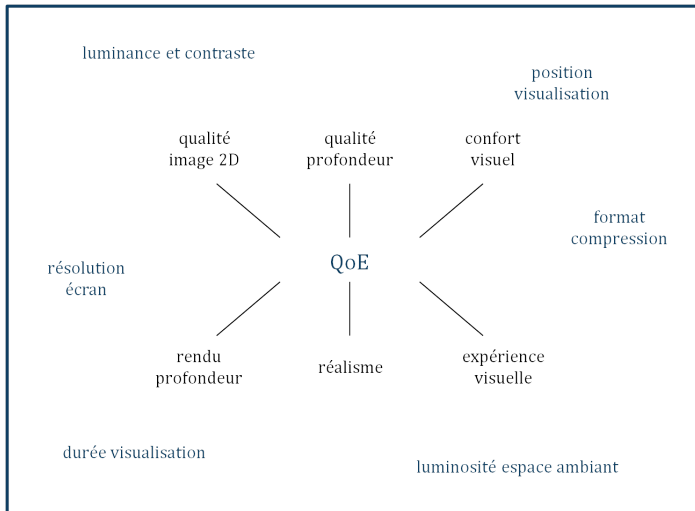
Indicateurs de la qualité d'expérience

[Chen, 2012]



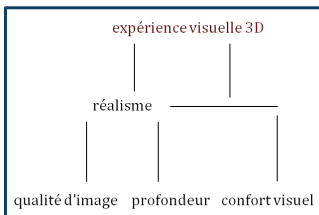
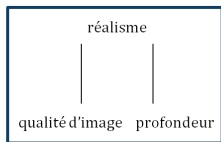
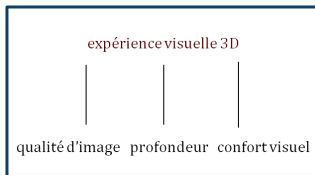
Indicateurs de la qualité d'expérience

[Chen, 2012]



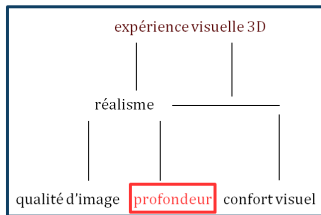
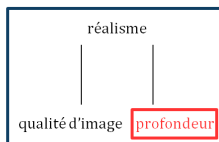
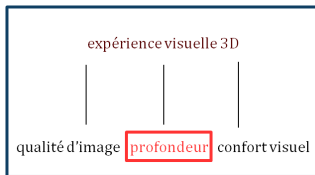
Point sur l'état de l'art

Mélange **propriétés physiques** et **attributs perceptuels** :



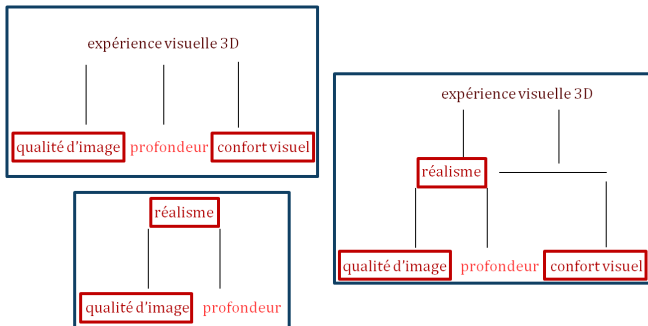
Point sur l'état de l'art

Mélange **propriétés physiques** et **attributs perceptuels** :



Point sur l'état de l'art

Mélange **propriétés physiques** et **attributs perceptuels** :



Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

Modèle

Conclusions et perspectives

Objectifs

Revisiter l'état de l'art de façon structurée :

- ▶ identifier les **attributs perceptuels** :
 - ▶ les plus *significatifs* dans le jugement des observateurs,
 - ▶ qui peuvent constituer les bases d'un modèle de qualité d'image 3D stéréoscopique ;
- ▶ réaliser une *étude mathématique* du modèle obtenu :
 - ▶ proposer une méthode objective pour l'évaluation de la SIQ.

Objectifs

Revisiter l'état de l'art de façon structurée :

- ▶ identifier les **attributs perceptuels** :
 - ▶ les plus *significatifs* dans le jugement des observateurs,
 - ▶ qui peuvent constituer les bases d'un modèle de qualité d'image 3D stéréoscopique ;
- ▶ réaliser une *étude mathématique* du modèle obtenu :
 - ▶ proposer une méthode objective pour l'évaluation de la SIQ.

Objectifs

Revisiter l'état de l'art de façon structurée :

- ▶ identifier les **attributs perceptuels** :
 - ▶ les plus *significatifs* dans le jugement des observateurs,
 - ▶ qui peuvent constituer les bases d'un modèle de qualité d'image 3D stéréoscopique ;
- ▶ réaliser une *étude mathématique* du modèle obtenu :
 - ▶ proposer une méthode objective pour l'évaluation de la SIQ.

Objectifs

Revisiter l'état de l'art de façon structurée :

- ▶ identifier les **attributs perceptuels** :
 - ▶ les plus *significatifs* dans le jugement des observateurs,
 - ▶ qui peuvent constituer les bases d'un modèle de qualité d'image 3D stéréoscopique ;
- ▶ réaliser une **étude mathématique** du modèle obtenu :
 - ▶ proposer une méthode objective pour l'évaluation de la SIQ.

Objectifs

Revisiter l'état de l'art de façon structurée :

- ▶ identifier les **attributs perceptuels** :
 - ▶ les plus *significatifs* dans le jugement des observateurs,
 - ▶ qui peuvent constituer les bases d'un modèle de qualité d'image 3D stéréoscopique ;
- ▶ réaliser une **étude mathématique** du modèle obtenu :
 - ▶ proposer une méthode objective pour l'évaluation de la SIQ.

Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

Modèle

Conclusions et perspectives

Approche

- ▶ Approche structurée de l'évaluation de la qualité 3D stéréoscopique :
 - ▶ logique du Cercle de la Qualité 2D.
- ▶ Focus sur la SIQ et non sur la QoE :
 - ▶ paramètres QoE = constants,
 - ▶ variations des paramètres qui influencent strictement la SIQ.
- ▶ Images naturelles photographiées exclusivement :
 - ▶ aucune image de synthèse.

Approche

- ▶ Approche structurée de l'évaluation de la qualité 3D stéréoscopique :
 - ▶ logique du Cercle de la Qualité 2D.
- ▶ Focus sur la SIQ et non sur la QoE :
 - ▶ paramètres QoE = constants,
 - ▶ variations des paramètres qui influencent strictement la SIQ.
- ▶ Images naturelles photographiées exclusivement :
 - ▶ aucune image de synthèse.

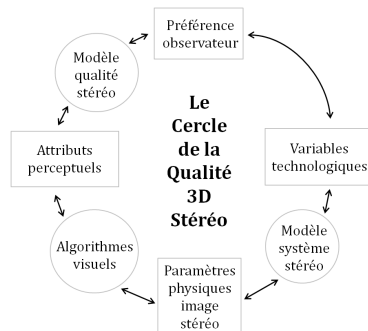
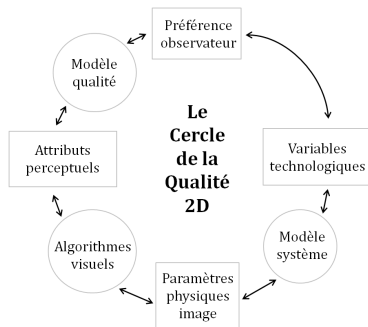
Approche

- ▶ Approche structurée de l'évaluation de la qualité 3D stéréoscopique :
 - ▶ logique du Cercle de la Qualité 2D.
- ▶ Focus sur la SIQ et non sur la QoE :
 - ▶ paramètres QoE = constants,
 - ▶ variations des paramètres qui influencent strictement la SIQ.
- ▶ Images naturelles photographiées exclusivement :
 - ▶ aucune image de synthèse.

Approche

1. Un cadre formel.
2. Un système stéréoscopique grand public contrôlé.
3. Des bases d'images avec des propriétés contrôlées.
4. Des expériences subjectives.

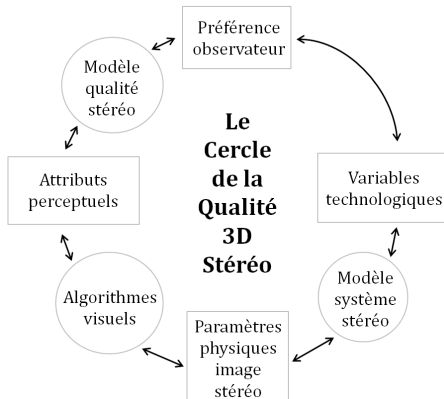
Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



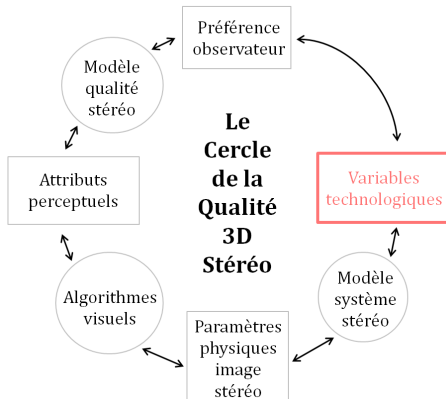
Le Cercle (de la qualité) 2D

Le Cercle (de la qualité) 3D

Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



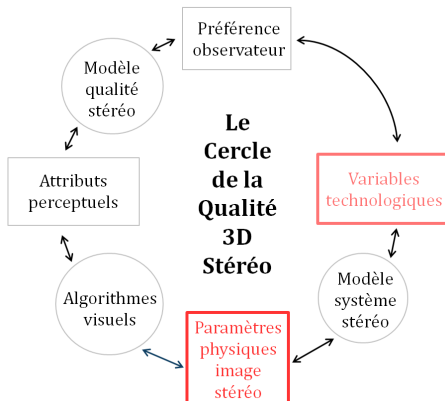
configuration des
deux caméras

distance
inter-objectifs

distance de
visualisation

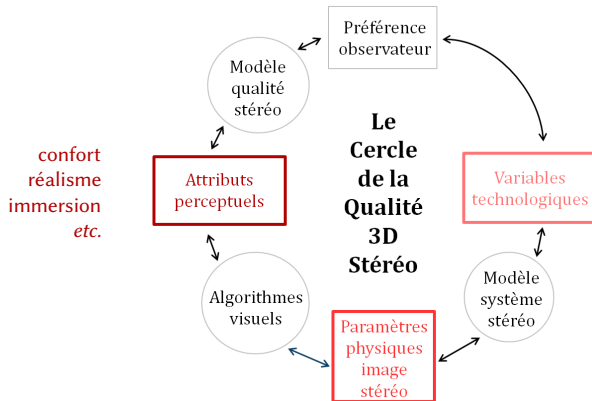
etc.

Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



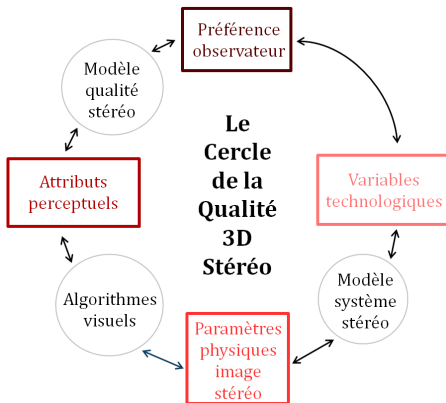
disparités etc.

Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique

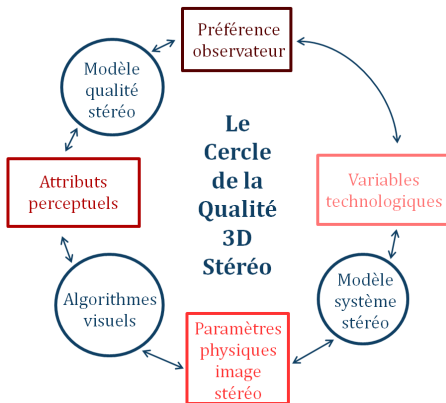


Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique

qualité d'image
3D stéréoscopique



Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



Approche

1. Un cadre formel.
- 2. Un système stéréoscopique grand public contrôlé.**
3. Des bases d'images avec des propriétés contrôlées.
4. Des expériences subjectives.

Le système 3D stéréoscopique - acquisition



2 capteurs type 1/2.3-inch

séparations lentilles : 7.5 cm



Fujifilm FinePix Real 3D W3

Le système 3D stéréoscopique - affichage télé 3D

taille écran : 111 cm × 70 cm

résolution : 1080p



Panasonic TC-P50VT20

Le système 3D stéréoscopique - affichage lunettes 3D



champ visuel : 28°

résolution : 854×480

Lunettes MOOV3D à
micro-écrans

Le système 3D stéréoscopique - géométrie



$$P_o(x_o, y_o, z_o)$$

Le système 3D stéréoscopique - géométrie



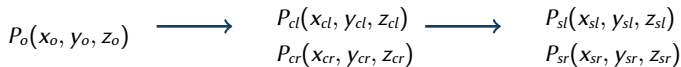
$$P_o(x_o, y_o, z_o) \longrightarrow \begin{matrix} P_{cl}(x_{cl}, y_{cl}, z_{cl}) \\ P_{cr}(x_{cr}, y_{cr}, z_{cr}) \end{matrix}$$

f = distance focale

t = distance

inter-objectifs

Le système 3D stéréoscopique - géométrie



f = distance focale

t = distance
inter-objectifs

M = facteur échelle
capteurs-écran

Le système 3D stéréoscopique - géométrie

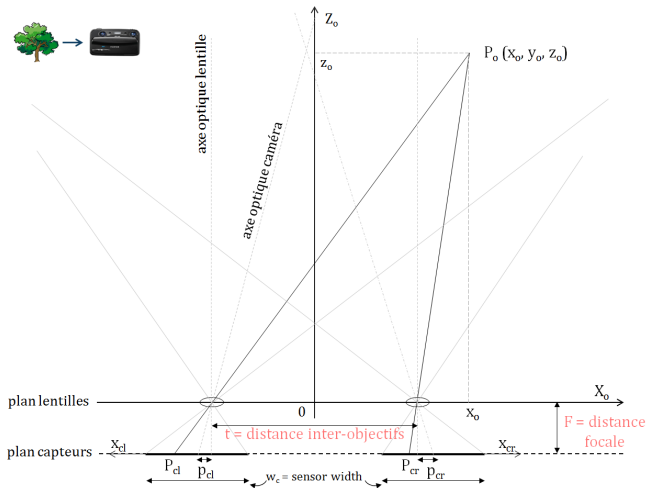


f = distance focale
 t = distance
inter-objectifs

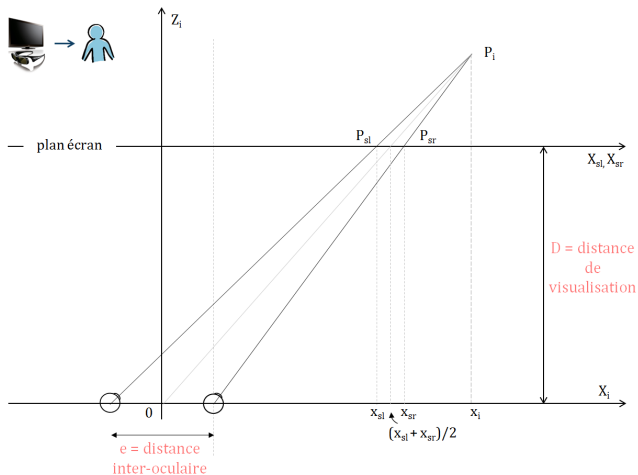
M = facteur échelle
capteurs-écran

e = distance
inter-oculaire
 D = distance de
visualisation

Le système 3D stéréoscopique - géométrie



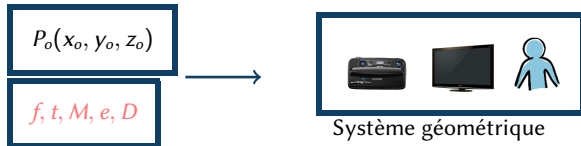
Le système 3D stéréoscopique - géométrie



Le système 3D stéréoscopique - géométrie

$$P_o(x_o, y_o, z_o)$$
$$f, t, M, e, D$$

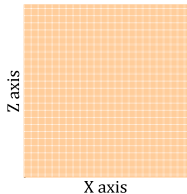
Le système 3D stéréoscopique - géométrie



Le système 3D stéréoscopique - géométrie

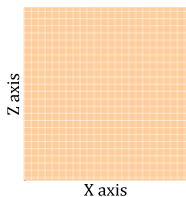


Le système 3D stéréoscopique - géométrie

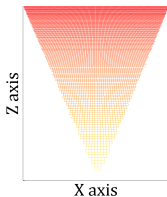
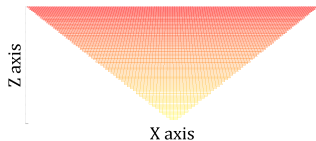


espace réel

Le système 3D stéréoscopique - géométrie



espace réel

espace image - $f = 6.3$ mmespace image - $f = 18.9$ mm

Approche

1. Un cadre formel.
2. Un système stéréoscopique grand public contrôlé.
3. Des bases d'images avec des propriétés contrôlées.
4. Des expériences subjectives.



Les bases d'images stéréoscopiques - caractéristiques

Contexte d'utilisation grand public :

- ▶ comme prises par des personnes non-spécialistes,
- ▶ non-traitées,
- ▶ séquences de la vie de tous les jours : objets, intérieurs, sites, touristiques, paysages, personnes, animaux.

Haute résolution : 1920 x 1080.

(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

Disponibles en ligne : <http://www.gipsa-lab.fr/projet/MOOV3D/>.

Les bases d'images stéréoscopiques - caractéristiques

Contexte d'utilisation grand public :

- ▶ comme prises par des personnes non-spécialistes,
- ▶ non-traitées,
- ▶ séquences de la vie de tous les jours : objets, intérieurs, sites, touristiques, paysages, personnes, animaux.

Haute résolution : 1920 x 1080.

(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

Disponibles en ligne : <http://www.gipsa-lab.fr/projet/MOOV3D/>.

Les bases d'images stéréoscopiques - caractéristiques

Contexte d'utilisation grand public :

- ▶ comme prises par des personnes non-spécialistes,
- ▶ non-traitées,
- ▶ séquences de la vie de tous les jours : objets, intérieurs, sites, touristiques, paysages, personnes, animaux.

Haute résolution : 1920 x 1080.

(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

Disponibles en ligne : <http://www.gipsa-lab.fr/projet/MOOV3D/>.

Les bases d'images stéréoscopiques - caractéristiques

Contexte d'utilisation grand public :

- ▶ comme prises par des personnes non-spécialistes,
- ▶ non-traitées,
- ▶ séquences de la vie de tous les jours : objets, intérieurs, sites, touristiques, paysages, personnes, animaux.

Haute résolution : 1920 x 1080.

(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

Disponibles en ligne : <http://www.gipsa-lab.fr/projet/MOOV3D/>.

Les bases d'images stéréoscopiques - caractéristiques

Contexte d'utilisation grand public :

- ▶ comme prises par des personnes non-spécialistes,
- ▶ non-traitées,
- ▶ séquences de la vie de tous les jours : objets, intérieurs, sites, touristiques, paysages, personnes, animaux.

Haute résolution : 1920 x 1080.

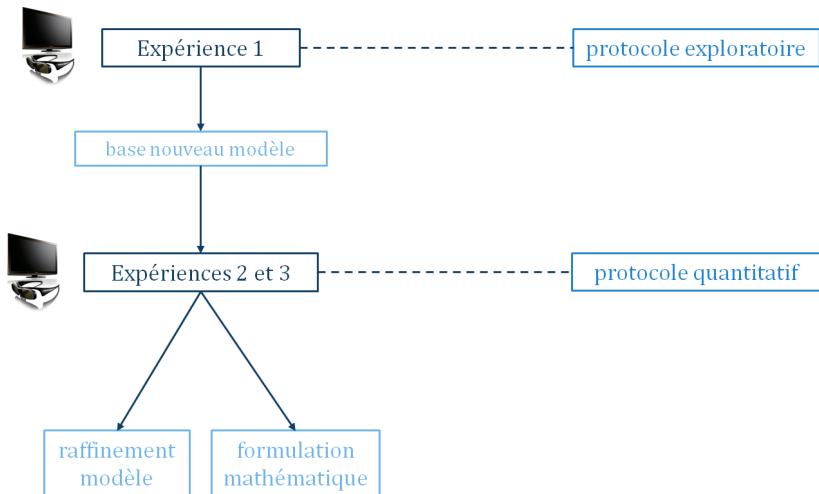
(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

Disponibles en ligne : <http://www.gipsa-lab.fr/projet/MOOV3D/>.

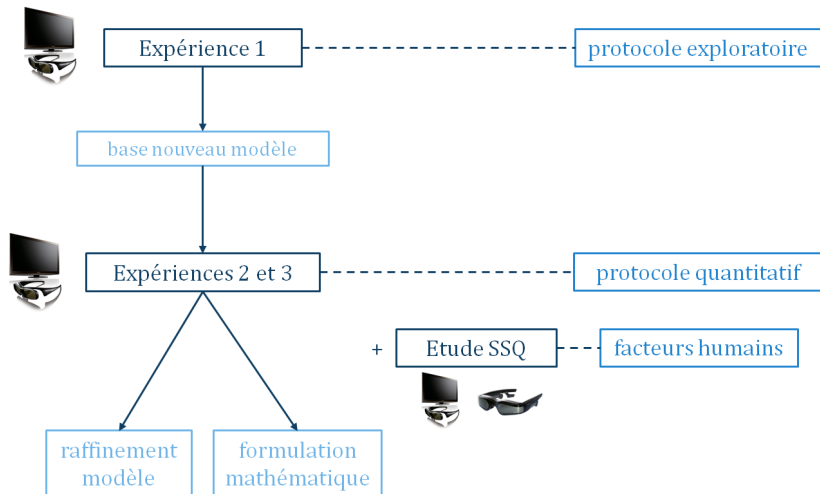
Les expériences subjectives



Les expériences subjectives



Les expériences subjectives



Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

Modèle

Conclusions et perspectives

Expérience 1 – Étude qualitative

- ▶ aucune note subjective enregistrée,
- ▶ des attitudes, des sentiments, des réactions envers un nouveau type de contenu explorés,
- ▶ but : identifier et comprendre les attributs perceptuels importants pour les utilisateurs.

Expérience 1 – Étude qualitative

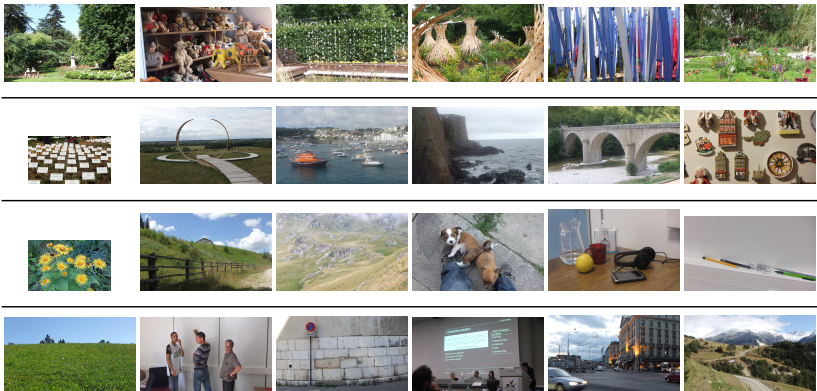
- ▶ aucune note subjective enregistrée,
- ▶ des attitudes, des sentiments, des réactions envers un nouveau type de contenu explorés,
- ▶ but : identifier et comprendre les attributs perceptuels importants pour les utilisateurs.

Expérience 1 – Étude qualitative

- ▶ aucune note subjective enregistrée,
- ▶ des attitudes, des sentiments, des réactions envers un nouveau type de contenu explorés,
- ▶ but : identifier et comprendre les attributs perceptuels importants pour les utilisateurs.

Expérience 1 - Base d'images MOOV3D - GIPSA 1

- ▶ complexité et profondeurs des scènes photographiées variées :
- ▶ disparités variées
- ▶ large gamme de contenu sémantique.



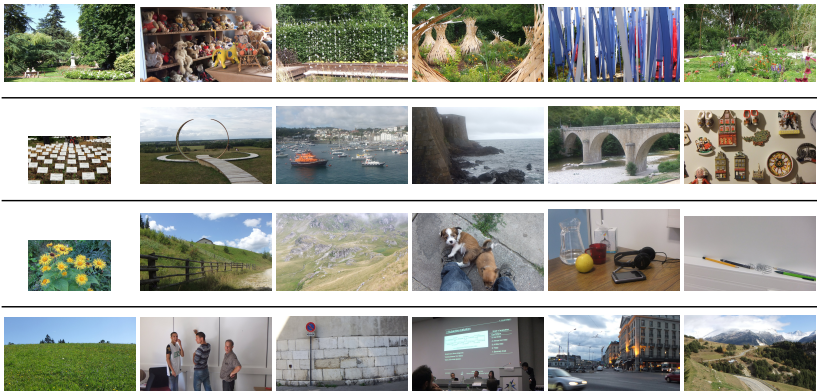
Expérience 1 - Base d'images MOOV3D - GIPSA 1

- ▶ complexité et profondeurs des scènes photographiées variées :
- ▶ disparités variées
- ▶ large gamme de contenu sémantique.





Expérience 1 - Base d'images MOOV3D - GIPSA 1

- ▶ complexité et profondeurs des scènes photographiées variées :
- ▶ disparités variées
- ▶ large gamme de contenu sémantique.





Expérience 1 - Déroulement

24 ×  "naïfs"

77%  23% 

21 à 43 ans (moyenne : 29 ; médiane : 27)

 introduction et tests vision : \approx 10 min / 

 visualisation et commentaires : \approx 27 min / 

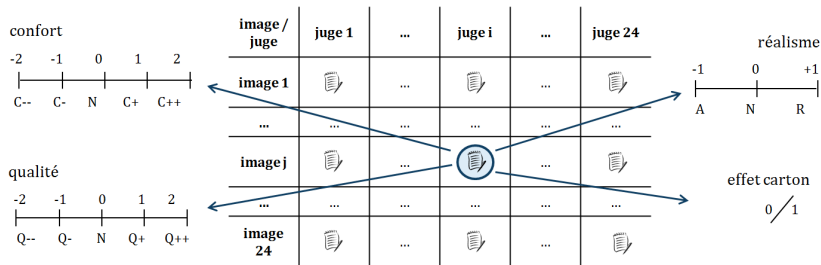


Expérience 1 - Extraction des données

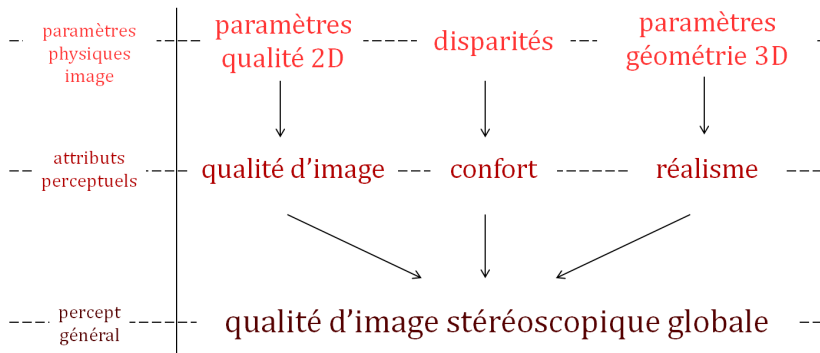


image / juge	juge 1	...	juge i	...	juge 24
image 1		
...
image j		
...
image 24		

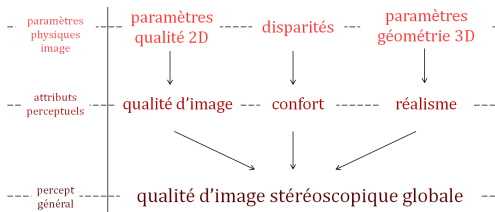
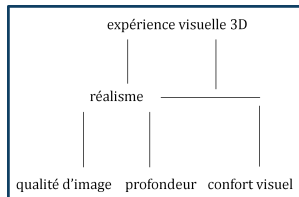
Expérience 1 - Traitement des données



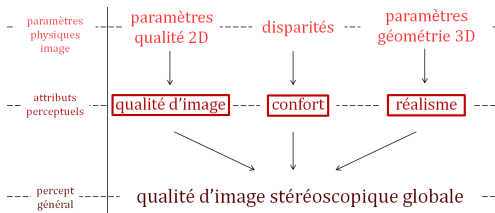
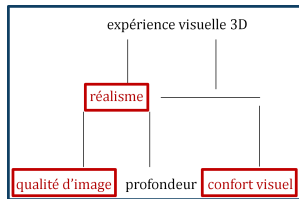
Expérience 1 - Résultats



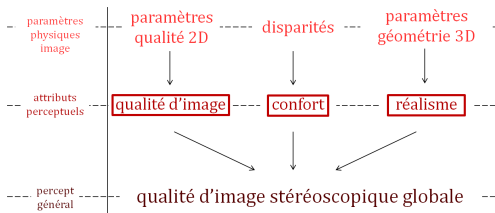
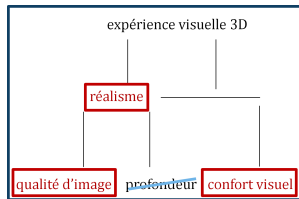
Expérience 1 - Conclusions



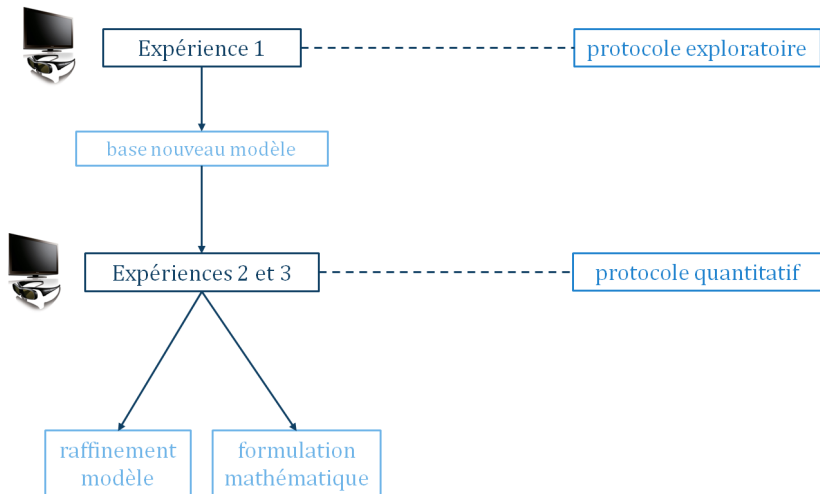
Expérience 1 - Conclusions



Expérience 1 - Conclusions



Les expériences subjectives



Expériences 2 et 3 – Études quantitatives

- ▶ les participants = des “mètres humains”,
- ▶ but : mesurer précisément les préférences des observateurs pour le contenu proposé.

Expériences 2 et 3 – Études quantitatives

- ▶ les participants = des “mètres humains”,
- ▶ but : mesurer précisément les préférences des observateurs pour le contenu proposé.

Expérience 2 - Point de départ

Base d'images stéréoscopiques contenant des variations de :

qualité 2D

disparités

géométrie 3D

↓ ?

↓ ?

↓ ?

qualité d'image

confort

réalisme

↘ ?

↓ ?

↙ ?

qualité d'image stéréoscopique globale

Expérience 2 - variations considérées

- ▶ qualité 2D
 - ▶ flou
 - ▶ bruit
 - ▶ artéfacts de compression
 - ▶ *etc.*
- ▶ disparités
 - ▶ positives
 - ▶ négatives
 - ▶ intervalles
 - ▶ *etc.*
- ▶ géométrie 3D
 - ▶ effet carton
 - ▶ effet théâtre de poupées
 - ▶ gigantisme / miniaturisation
 - ▶ *etc.*

Expérience 2 - variations considérées

- ▶ qualité 2D
 - ▶ flou
 - ▶ bruit
 - ▶ artéfacts de compression
 - ▶ *etc.*
- ▶ disparités
 - ▶ positives
 - ▶ négatives
 - ▶ intervalles
 - ▶ *etc.*
- ▶ géométrie 3D
 - ▶ effet carton
 - ▶ effet théâtre de poupées
 - ▶ gigantisme / miniaturisation
 - ▶ *etc.*

Tous les autres paramètres : constants !

Expérience 2 - variations considérées : le flou



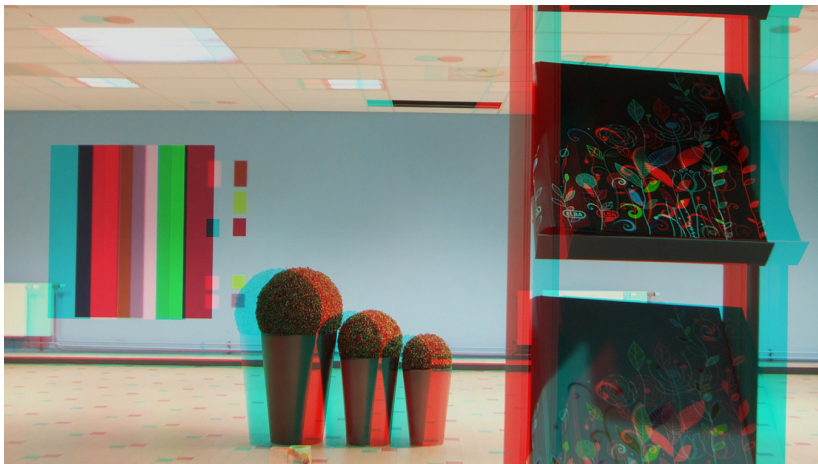
- ▶ introduit algorithmiquement comme :
flou de moyenne circulaire.
- ▶ mesuré avec : *no-reference blur metric* [Crete, 2007].

Expérience 2 - variations considérées : le flou

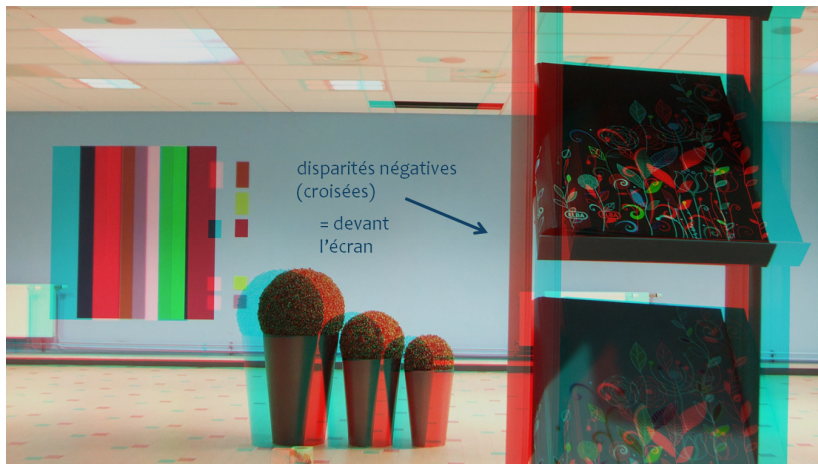


- ▶ introduit algorithmiquement comme :
flou de moyenne circulaire.
- ▶ mesuré avec : *no-reference blur metric* [Crete, 2007].

Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives



Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives



Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives

- ▶ les disparités positives : maintenues dans les limites du confort.
- ▶ introduites : *au moment de la prise de vue.*
- ▶ références : [Pastoor, 1995] :
 - ▶ disparités < 35 min arc : confortable,
 - ▶ disparités > 70 min arc : à éviter.
- ▶ mesurées avec : *SIFT (Scale Invariant Feature Transform).*

Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives

- ▶ les disparités positives : maintenues dans les limites du confort.
- ▶ introduites : *au moment de la prise de vue.*
- ▶ références : [Pastoor, 1995] :
 - ▶ disparités < 35 min arc : confortable,
 - ▶ disparités > 70 min arc : à éviter.
- ▶ mesurées avec : *SIFT (Scale Invariant Feature Transform).*

Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives

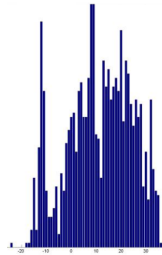
- ▶ les disparités positives : maintenues dans les limites du confort.
- ▶ introduites : *au moment de la prise de vue.*
- ▶ références : [Pastoor, 1995] :
 - ▶ disparités < 35 min arc : confortable,
 - ▶ disparités > 70 min arc : à éviter.
- ▶ mesurées avec : *SIFT (Scale Invariant Feature Transform).*

Expérience 2 - variations considérées : les disparités négatives

- ▶ les disparités positives : maintenues dans les limites du confort.
- ▶ introduites : *au moment de la prise de vue.*
- ▶ références : [Pastoor, 1995] :
 - ▶ disparités < 35 min arc : confortable,
 - ▶ disparités > 70 min arc : à éviter.
- ▶ mesurées avec : *SIFT (Scale Invariant Feature Transform).*

Expérience 2 - variations considérées : les disparités

SIFT → détection de caractéristiques locales → correspondance de points
→ les disparités = les différences des coordonnées des points correspondants



histogramme des disparités

Expérience 2 - variations considérées : l'effet carton



Expérience 2 - variations considérées : l'effet carton

L'effet carton peut dépendre de plusieurs **paramètres physiques** :

- ▶ distance caméra-objet
- ▶ distance focale
- ▶ arrière plan image
- ▶ orientation objets
- ▶ compression de l'image
- ▶ éclairage
- ▶ distance inter-objectifs
- ▶ *etc.*

Expérience 2 - variations considérées : l'effet carton

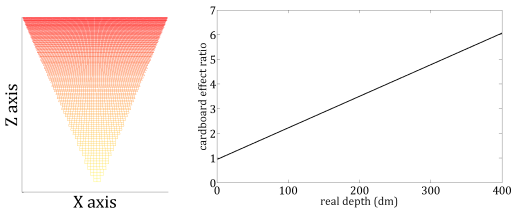
L'effet carton peut dépendre de plusieurs **paramètres physiques** :

- ▶ distance caméra-objet
- ▶ distance focale
- ▶ arrière plan image
- ▶ orientation objets
- ▶ compression de l'image
- ▶ éclairage
- ▶ distance inter-objectifs
- ▶ *etc.*

Tous les autres paramètres : constants !

Expérience 2 - variations considérées : l'effet carton

- ▶ introduit : *au moment de la prise de vue.*



- ▶ mesuré avec :

$$\text{rapport_eff_carton} = \frac{\left(\frac{\text{largeur_representee}}{\text{profondeur_representee}} \right)}{\left(\frac{\text{largeur_reelle}}{\text{profondeur_reelle}} \right)}$$

Base d'images MOOV3D - GIPSA 2

108 images = 4 scènes




× 3 niveaux de flou

× 3 niveaux de disparités négatives

× 3 distances capture

flou	disparités	distance capture			
		scène 1	scène 2	scène 3	scène 4
0	[-21,-4]	6.26m	10.25m	28.5m	5.5 m
1	[-86,-53]	7.76m	15m	31.6m	10m
1.75	[-140,-104]	9.26m	20m	36m	15 m

Base d'images MOOV3D - GIPSA 2

108 images = 4 scènes 



× 3 niveaux de flou

× 3 niveaux de disparités négatives

× 3 distances capture

flou	disparités	distance capture			
		scène 1	scène 2	scène 3	scène 4
0	[-21,-4]	6.26m	10.25m	28.5m	5.5 m
1	[-86,-53]	7.76m	15m	31.6m	10m
1.75	[-140,-104]	9.26m	20m	36m	15 m

Base d'images MOOV3D - GIPSA 2

108 images = 4 scènes




× 3 niveaux de flou

× 3 niveaux de disparités négatives

× 3 distances capture

flou	disparités	distance	capture		
		scène 1	scène 2	scène 3	scène 4
0	[-21,-4]	6.26m	10.25m	28.5m	5.5 m
1	[-86,-53]	7.76m	15m	31.6m	10m
1.75	[-140,-104]	9.26m	20m	36m	15 m

Base d'images MOOV3D - GIPSA 2

108 images = 4 scènes 



× 3 niveaux de flou

× 3 niveaux de disparités négatives

× 3 distances capture


flou

disparités

distance capture

		scène 1	scène 2	scène 3	scène 4
0	[-21,-4]	6.26m	10.25m	28.5m	5.5 m
1	[-86,-53]	7.76m	15m	31.6m	10m
1.75	[-140,-104]	9.26m	20m	36m	15 m


Base d'images MOOV3D - GIPSA 2

108 images = 4 scènes 



× 3 niveaux de flou

× 3 niveaux de disparités négatives

× 3 distances capture 

flou 

disparités 



distance capture 

		scène 1	scène 2	scène 3	scène 4
0	[-21,-4]	6.26m	10.25m	28.5m	5.5 m
1	[-86,-53]	7.76m	15m	31.6m	10m
1.75	[-140,-104]	9.26m	20m	36m	15 m



Expérience 2 - Déroulement



56 ×  "naïfs"


min 9 ×  valides / tâche

64 %  36 % 

18 à 50 ans (moyenne : 24 ; médiane : 23)

 introduction et tests vision : ≈ 15 min / 

 visualisation et votes : ≈ 40 min / 

Perte  après tests de vision : ≈ 20 %



- 5 - excellent
- 4 - good
- 3 - fair
- 2 - poor
- 1 - bad

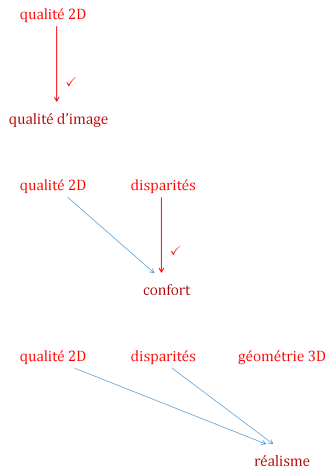
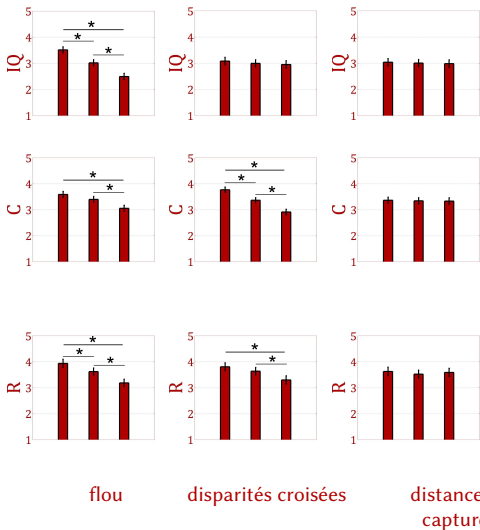
Tâche 1 : qualité d'image (IQ)

Tâche 2 : confort (C)

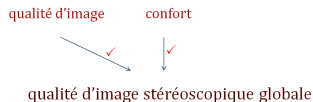
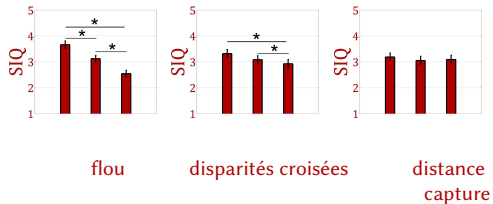
Tâche 3 : réalisme (R)

Tâche 4 : qualité d'image 3D (SIQ)

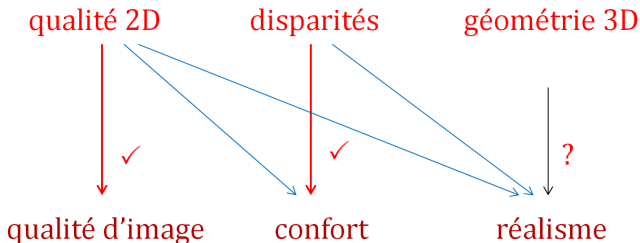
Expérience 2 - Résultats



Expérience 2 - Résultats



Expérience 2 - Conclusions



Expérience 3 - Point de départ

Base d'images stéréoscopiques contenant des variations de :

géométrie 3D



réalisme



qualité d'image stéréoscopique globale

Expérience 3 - variations considérées : l'effet carton

L'effet carton peut dépendre de plusieurs **paramètres physiques** :

- ▶ distance caméra-objet
- ▶ distance focale
- ▶ arrière plan image
- ▶ orientation objets
- ▶ compression de l'image
- ▶ éclairage
- ▶ distance inter-objectifs
- ▶ *etc.*

Tous les autres paramètres : constants !

Base d'images MOOV3D - GIPSA 3

72 images = 8 scènes



× 3 distances focales

× 3 distances objet principal - fond

focal distance	object-background distance
6.3 mm	4 m
13.1 mm	8 m
18.9 mm	12 m

Base d'images MOOV3D - GIPSA 3

72 images = 8 scènes



× 3 distances focales

× 3 distances objet principal - fond

focal distance	object-background distance
6.3 mm	4 m
13.1 mm	8 m
18.9 mm	12 m

Base d'images MOOV3D - GIPSA 3

72 images = 8 scènes



× 3 distances focales

× 3 distances objet principal - fond



focal distance	object-background distance
6.3 mm	4 m
13.1 mm	8 m
18.9 mm	12 m

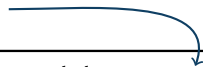
Base d'images MOOV3D - GIPSA 3

72 images = 8 scènes



× 3 distances focales

× 3 distances objet principal - fond



focal distance

object-background distance

6.3 mm

4 m

13.1 mm

8 m



18.9 mm

12 m



Expérience 3 - Déroulement



41 ×  "naïfs"


12 & 9 ×  valides / tâche

68 %  32 % 

21 à 39 ans (moyenne : 26 ; médiane : 23.5)

 introduction et tests vision : ≈ 15 min / 

 visualisation et votes : ≈ 30 min / 

Perte  après tests de vision : ≈ 20 %

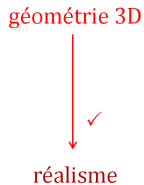
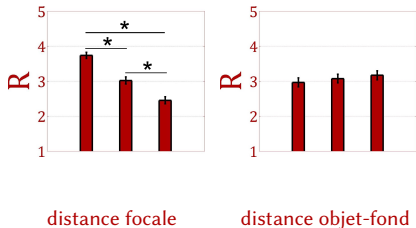


- 5 - excellent
- 4 - good
- 3 - fair
- 2 - poor
- 1 - bad

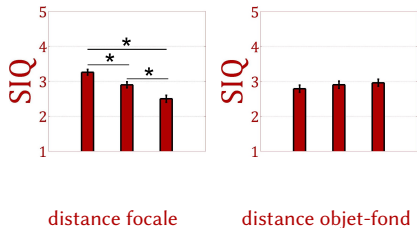
Tâche 1 : réalisme (R)

Tâche 2 : qualité d'image 3D (SIQ)

Expérience 3 - Résultats

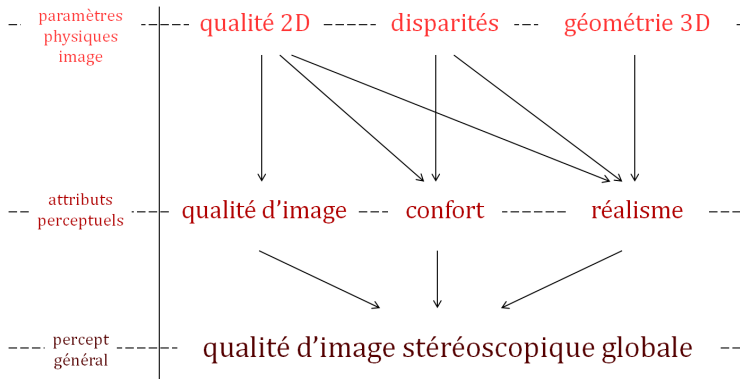


Expérience 3 - Résultats



réalisme
✓
qualité d'image stéréoscopique globale

Expériences 2 et 3 - Conclusions



Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

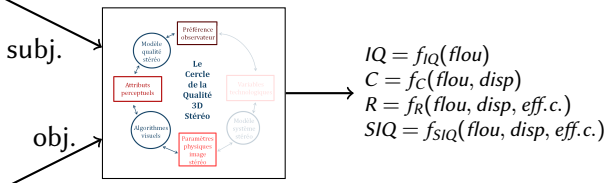
Modèle

Conclusions et perspectives

Les données

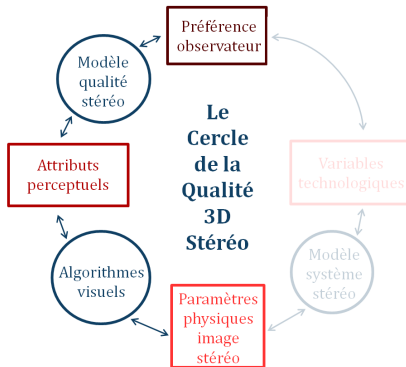
Exp. 2 : IQ_2 , C_2 , R_2 , SIQ_2

Exp. 3 : R_3 , SIQ_3



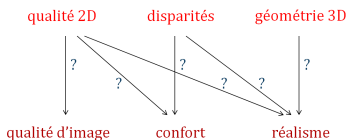
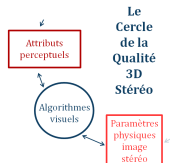
- flou
 - disparité
 - eff. carton
- (estimation théorique)

Problème à résoudre

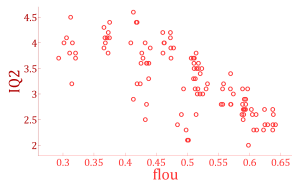


Étape 1 - l'objectif

Expliquer les attributs perceptuels en fonction des propriétés physiques :

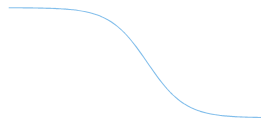
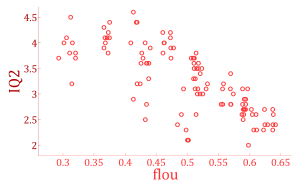


Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



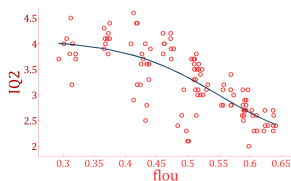
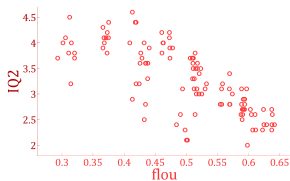
$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*

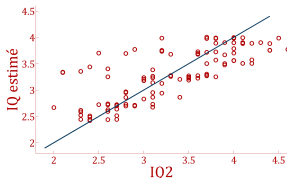


$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

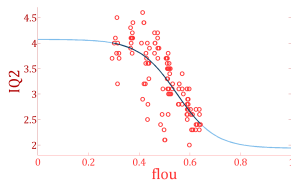
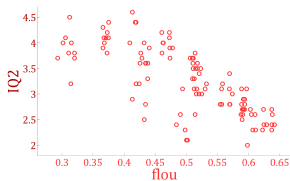
Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



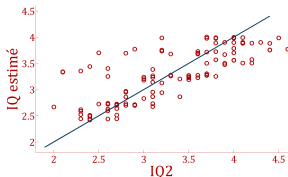
$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ} \implies IQ = \frac{2.13}{1 + \exp(13.32 \cdot \text{flou} - 7.31)} + 1.94$$



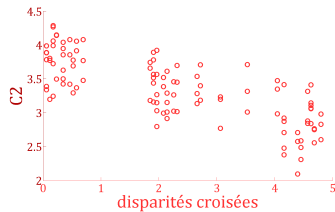
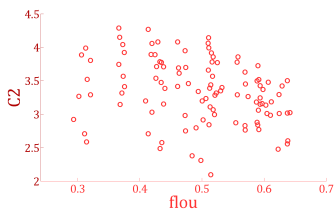
Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ} \implies IQ = \frac{2.13}{1 + \exp(13.32 \cdot \text{flou} - 7.31)} + 1.94$$

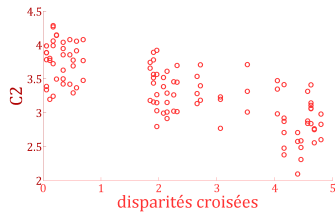
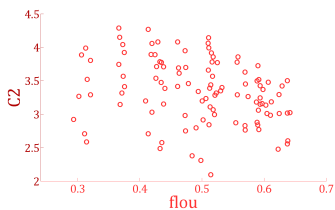


Étape 1 - les résultats - confort



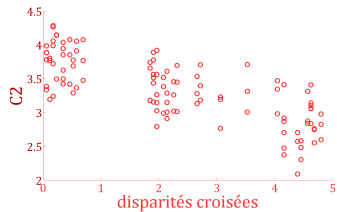
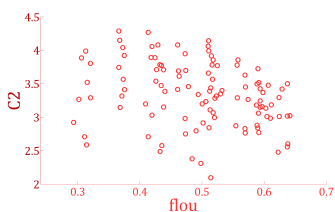
$$C = a_C + b_C \cdot \textit{flou} + c_C \cdot \textit{disp_cr} + d_C \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp_cr}$$

Étape 1 - les résultats - *confort*

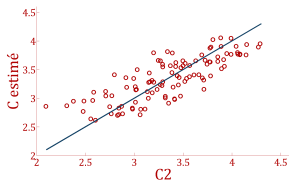


$$C = a_C + b_C \cdot \textit{flou} + c_C \cdot \textit{disp_cr} + d_C \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp_cr}$$

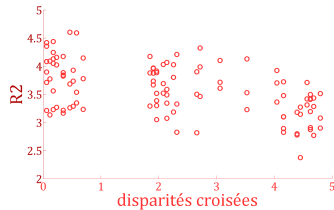
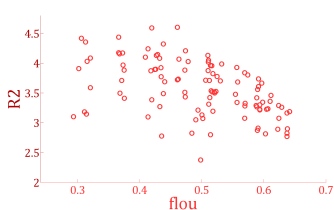
Étape 1 - les résultats - confort



$$C = a_C + b_C \cdot \textit{flou} + c_C \cdot \textit{disp_cr} + d_C \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp_cr} \implies C = 4.46 - 1.28 \cdot \textit{flou} - 0.22 \cdot \textit{disp_cr}$$

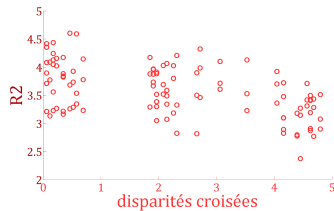
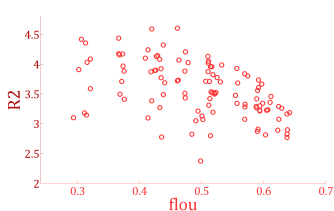


Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 2)



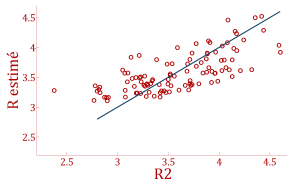
$$R = a_R + b_R \cdot \textit{flou} + c_R \cdot \textit{disp_cr} + d_R \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp_cr}$$

Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 2)

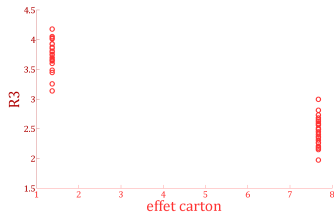


$$R = a_R + b_R \cdot flou + c_R \cdot disp_cr + d_R \cdot flou \cdot disp_cr$$

$$\Rightarrow R = 5.6 - 3.53 \cdot flou - 0.4 \cdot disp_cr + 0.55 \cdot flou \cdot disp_cr$$

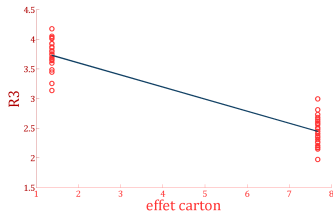


Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 3)



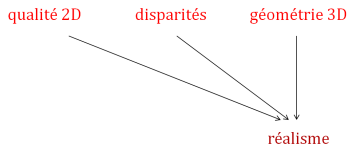
$$R = e_R + f_R \cdot \text{eff_carton}$$

Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 3)



$$R = e_R + f_R \cdot \text{eff_carton} \implies R = 4.01 - 0.2 \cdot \text{eff_carton}$$

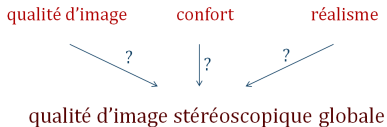
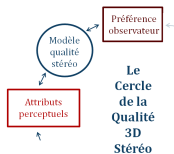
Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expériences 2 et 3)



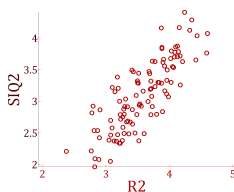
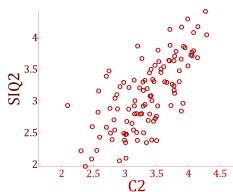
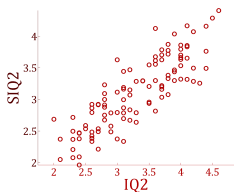
$$R = -3.53 \cdot \textit{flou} - 0.4 \cdot \textit{disp_cr} + 0.55 \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp_cr} - 0.2 \cdot \textit{eff_carton}$$

Étape 2 - l'objectif

Expliquer le percept global en fonction des attributs perceptuels :

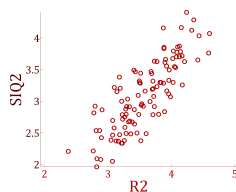
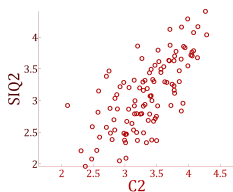
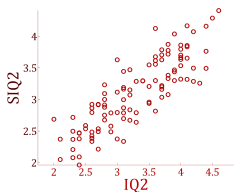


Étape 2 - les résultats

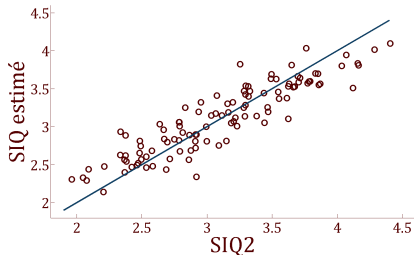


$$SIQ = \alpha \cdot IQ + \beta \cdot C + \gamma \cdot R + \delta$$

Étape 2 - les résultats

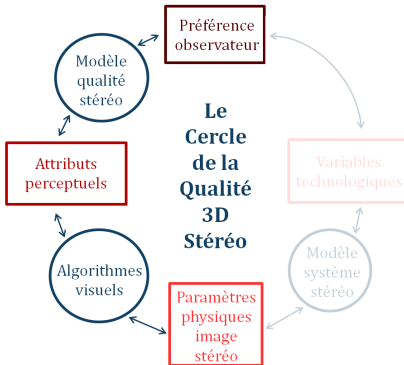


$$SIQ = \alpha \cdot IQ + \beta \cdot C + \gamma \cdot R + \delta \implies SIQ = 0.48 \cdot IQ + 0.23 \cdot C + 0.32 \cdot IR - 0.37$$



Étape 3 - l'objectif

Expliquer le percept global en fonction des paramètres physiques :



Étape 3 - les résultats

$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

$$C = 4.46 - 1.28 \cdot \text{flou} - 0.22 \cdot \text{disp_cr}$$

$$R = -3.53 \cdot \text{flou} - 0.4 \cdot \text{disp_cr} + 0.55 \cdot \text{flou} \cdot \text{disp_cr} - 0.2 \cdot \text{eff_carton}$$

Étape 3 - les résultats

$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

$$C = 4.46 - 1.28 \cdot \text{flou} - 0.22 \cdot \text{disp_cr}$$

$$R = -3.53 \cdot \text{flou} - 0.4 \cdot \text{disp_cr} + 0.55 \cdot \text{flou} \cdot \text{disp_cr} - 0.2 \cdot \text{eff_carton}$$

$$SIQ = 0.48 \cdot IQ + 0.23 \cdot C + 0.32 \cdot IR - 0.37$$

Étape 3 - les résultats

$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

$$C = 4.46 - 1.28 \cdot \text{flou} - 0.22 \cdot \text{disp_cr}$$

$$R = -3.53 \cdot \text{flou} - 0.4 \cdot \text{disp_cr} + 0.55 \cdot \text{flou} \cdot \text{disp_cr} - 0.2 \cdot \text{eff_carton}$$

$$SIQ = 0.48 \cdot IQ + 0.23 \cdot C + 0.32 \cdot IR - 0.37$$

$$SIQ = 1.587 + \frac{1.02}{1 + \exp(13.32 \cdot \text{flou} - 7.31)} - 1.4 \cdot \text{flou} \\ - 0.18 \cdot \text{disp_cr} - 0.06 \cdot \text{eff_carton} \\ + 0.18 \cdot \text{flou} \cdot \text{disp_cr}$$

Plan de l'exposé

Contexte

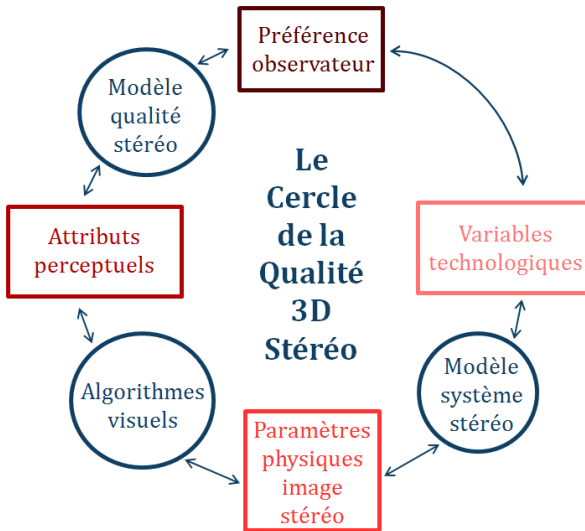
Objectifs

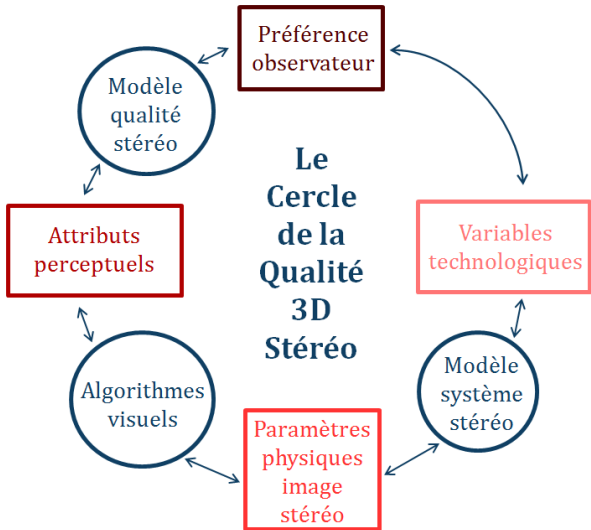
Approche

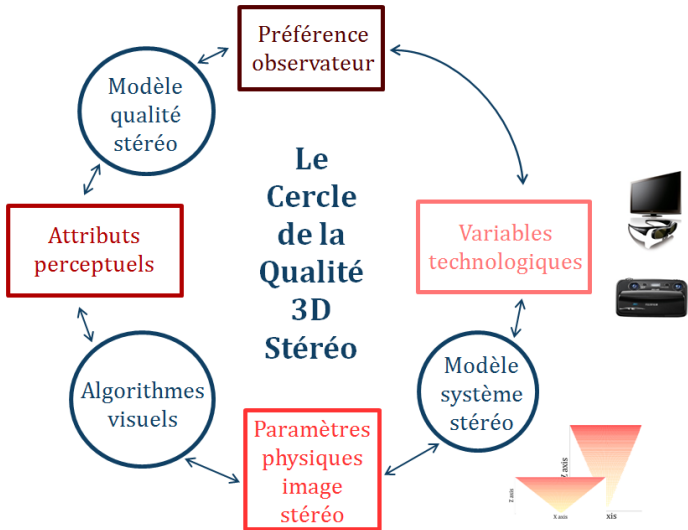
Expériences

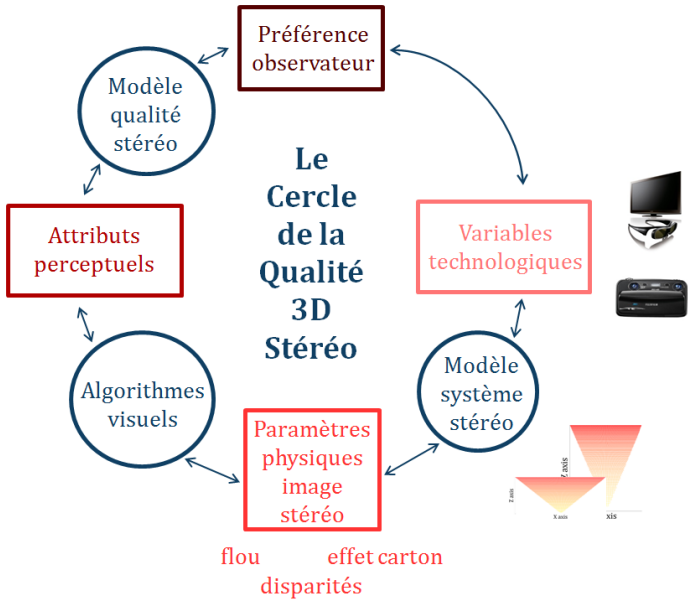
Modèle

Conclusions et perspectives









Préférence observateur

Modèle qualité stéréo

Attributs perceptuels

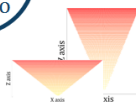
Le Cercle de la Qualité 3D Stéréo

Variables technologiques

Modèle système stéréo

Algorithmes visuels

Paramètres physiques image stéréo



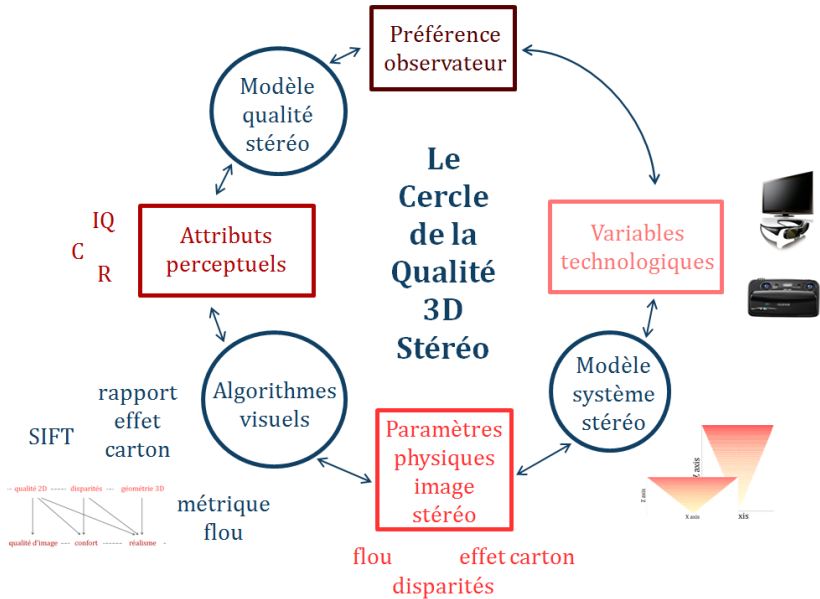
rapport effet carton

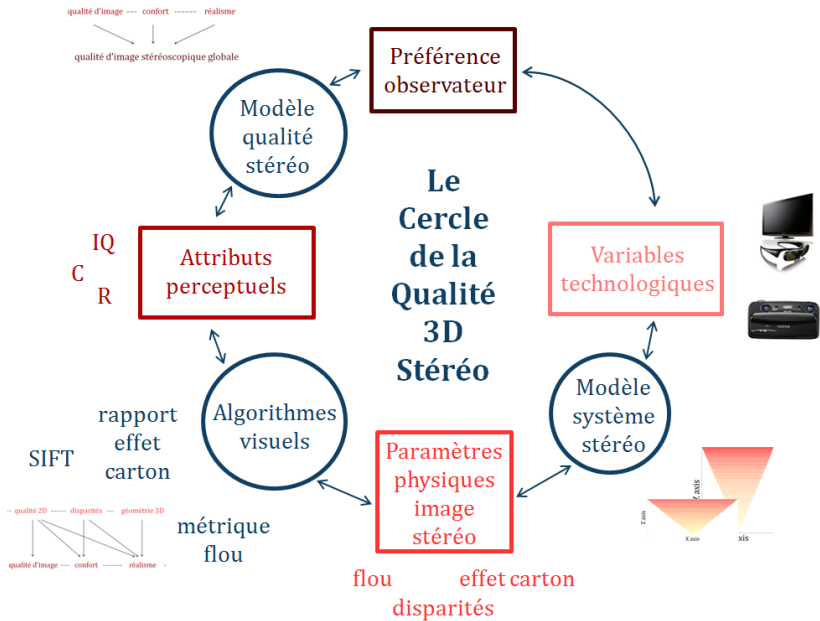
SIFT

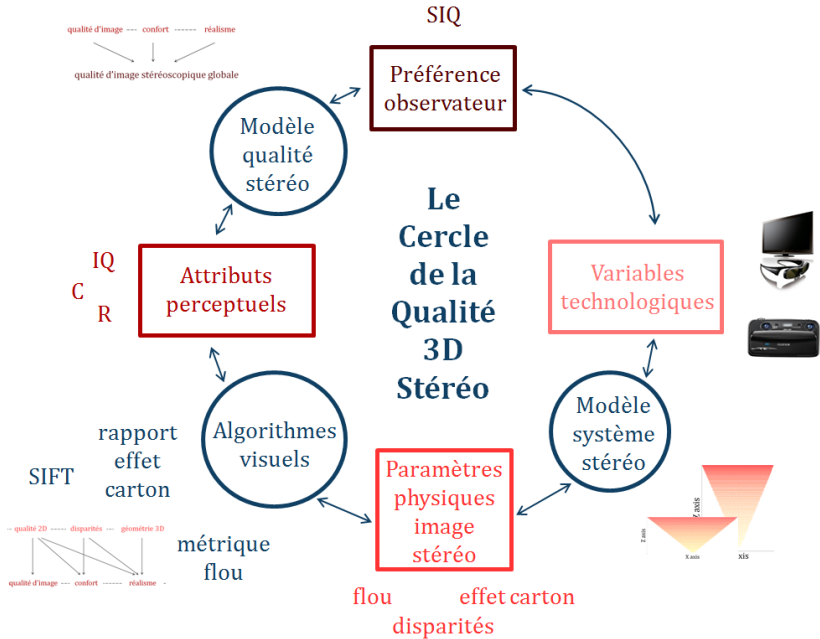


métrique flou

flou effet carton disparités







Conclusions

- ▶ Cadre structuré,
- ▶ modèle et
- ▶ méthode objective

...pour l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique.

- ▶ exemple d'approche complète de l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique
 - ▶ jugement humain / subjectif
 - formalisation algorithmique / objective.

Conclusions

- ▶ Cadre structuré,
- ▶ modèle et
- ▶ méthode objective

...pour l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique.

- ▶ exemple d'approche complète de l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique
 - ▶ jugement humain / subjectif
 - formalisation algorithmique / objective.

Conclusions

- ▶ Cadre structuré,
- ▶ modèle et
- ▶ méthode objective

...pour l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique.

- ▶ exemple d'approche complète de l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique
 - ▶ jugement humain / subjectif
 - formalisation algorithmique / objective.

Conclusions

- ▶ Cadre structuré,
- ▶ modèle et
- ▶ méthode objective

...pour l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique.

- ▶ exemple d'approche complète de l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique
 - ▶ jugement humain / subjectif
 - formalisation algorithmique / objective.

Conclusions

- ▶ Cadre structuré,
- ▶ modèle et
- ▶ méthode objective

...pour l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique.

- ▶ exemple d'approche complète de l'évaluation de la qualité d'image 3D stéréoscopique
 - ▶ jugement humain / subjectif
 - formalisation algorithmique / objective.

Perspectives

- ▶ étude approfondie sur le percept de *réalisme*,
- ▶ évaluation de l'attribut perceptuel *immersion*,
- ▶ nouvelles études subjectives sur les lunettes 3D stéréoscopiques,
- ▶ adaptation de notre approche pour l'étude de la qualité des vidéos 3D stéréoscopiques.

Perspectives

- ▶ étude approfondie sur le percept de *réalisme*,
- ▶ évaluation de l'attribut perceptuel *immersion*,
- ▶ nouvelles études subjectives sur les lunettes 3D stéréoscopiques,
- ▶ adaptation de notre approche pour l'étude de la qualité des vidéos 3D stéréoscopiques.

Perspectives

- ▶ étude approfondie sur le percept de *réalisme*,
- ▶ évaluation de l'attribut perceptuel *immersion*,
- ▶ nouvelles études subjectives sur les lunettes 3D stéréoscopiques,
- ▶ adaptation de notre approche pour l'étude de la qualité des vidéos 3D stéréoscopiques.

Perspectives

- ▶ étude approfondie sur le percept de *réalisme*,
- ▶ évaluation de l'attribut perceptuel *immersion*,
- ▶ nouvelles études subjectives sur les lunettes 3D stéréoscopiques,
- ▶ adaptation de notre approche pour l'étude de la qualité des vidéos 3D stéréoscopiques.

Publications

- ▶ *Raluca Vlad, Patricia Ladret, Anne Guérin* – “Viewing comfort and naturalness – key factors in understanding and evaluating the perception of stereoscopic images”, **ECVP**, 2012.
- ▶ *Raluca Vlad, Patricia Ladret, Anne Guérin* – “Three factors that influence the overall quality of the stereoscopic 3D content : image quality, comfort, and realism”, **SPIE Image Quality and System Performance X**, 2013.
→ Best Student Paper Award
- ▶ *Raluca Vlad, Olha Nahorna, Patricia Ladret, Anne Guérin* – “The influence of the visualization task on the simulator sickness symptoms - A comparative SSQ study on 3DTV and 3D immersive glasses”, **3DTV-Conference : Vision Beyond Depth**, 2013.
- ▶ Article de journal - en cours.

Merci de votre attention !