

# 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

Rhône-Alpes



---

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 :

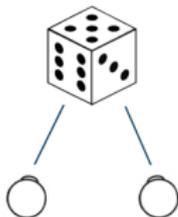
- ▶ le fonctionnement de la vision stéréoscopique humaine,
- ▶ la perception de la profondeur,
- ▶ la création et la visualisation des images 3D stéréoscopiques,
- ▶ la notion de confort,
- ▶ la notion de qualité,
- ▶ la qualité d'image 2D / 3D stéréoscopique.

## 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.

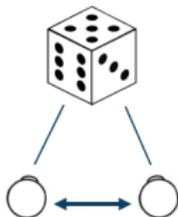
# Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

objet réel



# Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

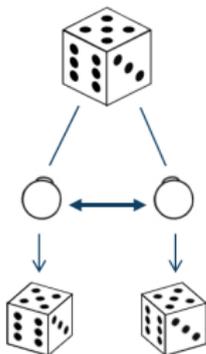
objet réel



distance inter-oculaire

# Comment fonctionne la vision stéréoscopique humaine ?

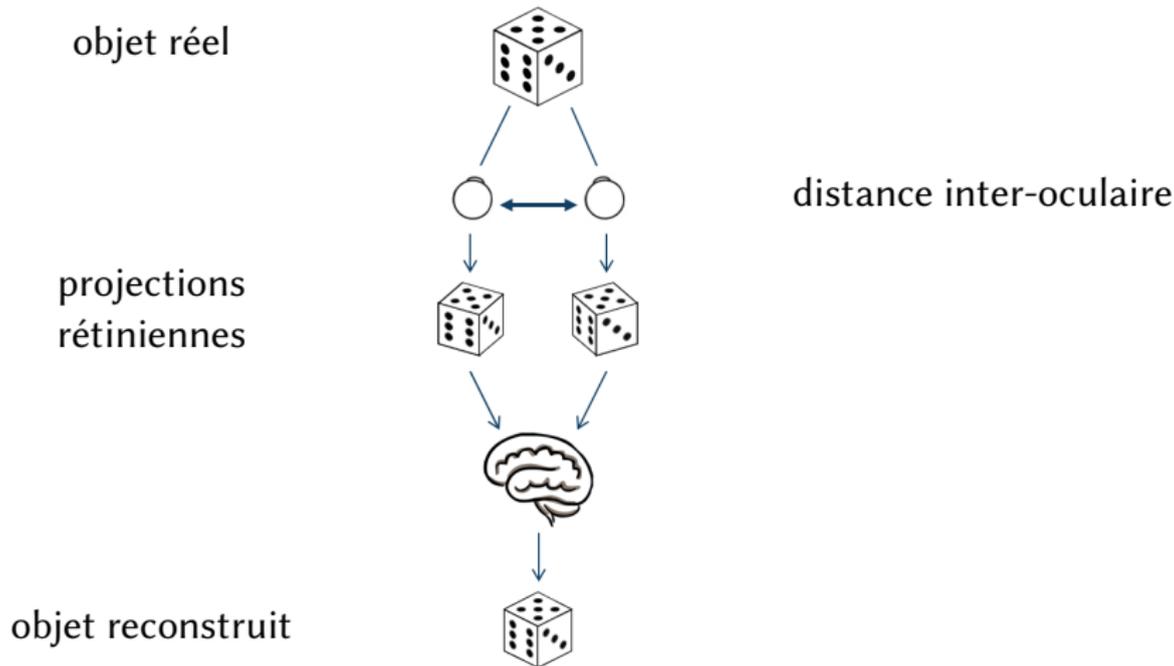
objet réel



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 :



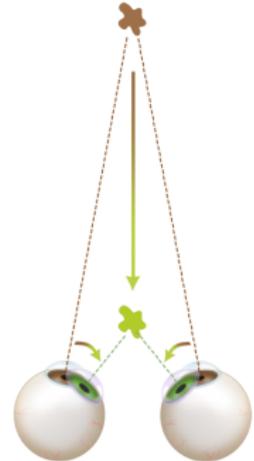
disparités rétiniennes

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur binoculaires :



disparités rétiniennes



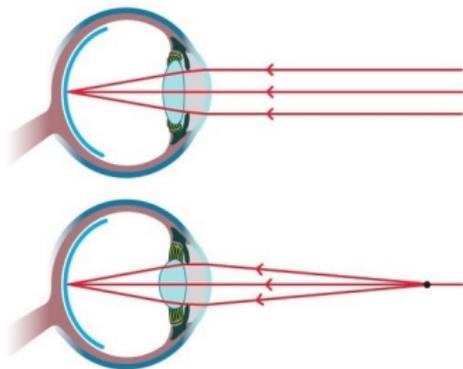
vergence

## Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur monoculaires :

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

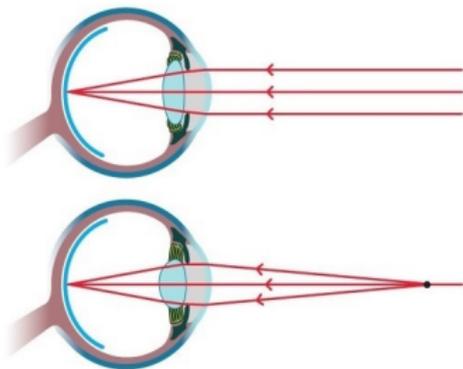
Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles

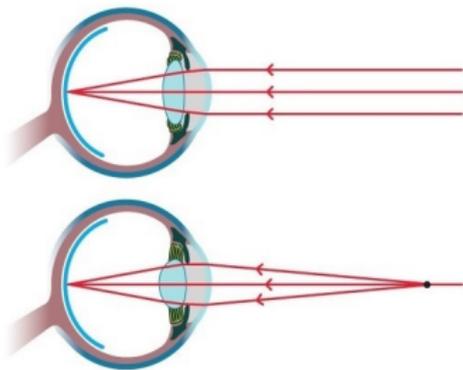


taille relative

indices picturaux

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

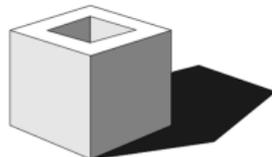
Indices de profondeur monoculaires :



ajustement lentilles



taille relative

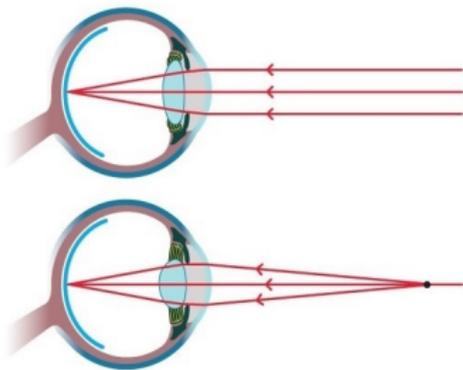


lumières et ombres

indices picturaux

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

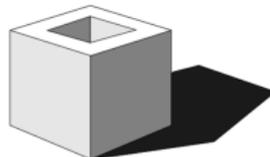
Indices de profondeur monoculaires :



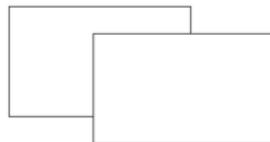
ajustement lentilles



taille relative



lumières et ombres

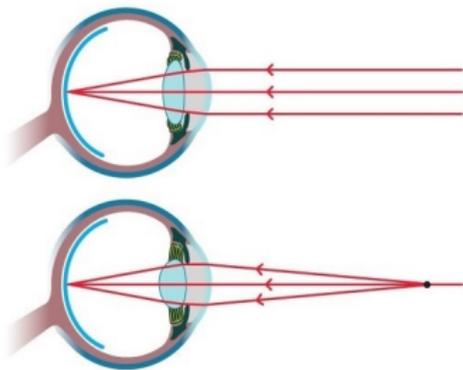


occlusion

indices picturaux

# Comment interprétons-nous la profondeur ?

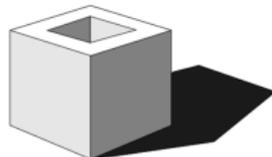
Indices de profondeur monoculaires :



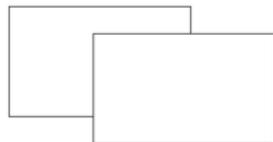
ajustement lentilles



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

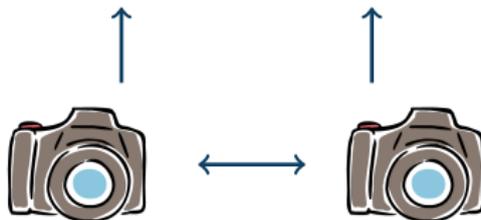


# Comment créer une image 3D stéréoscopique ?

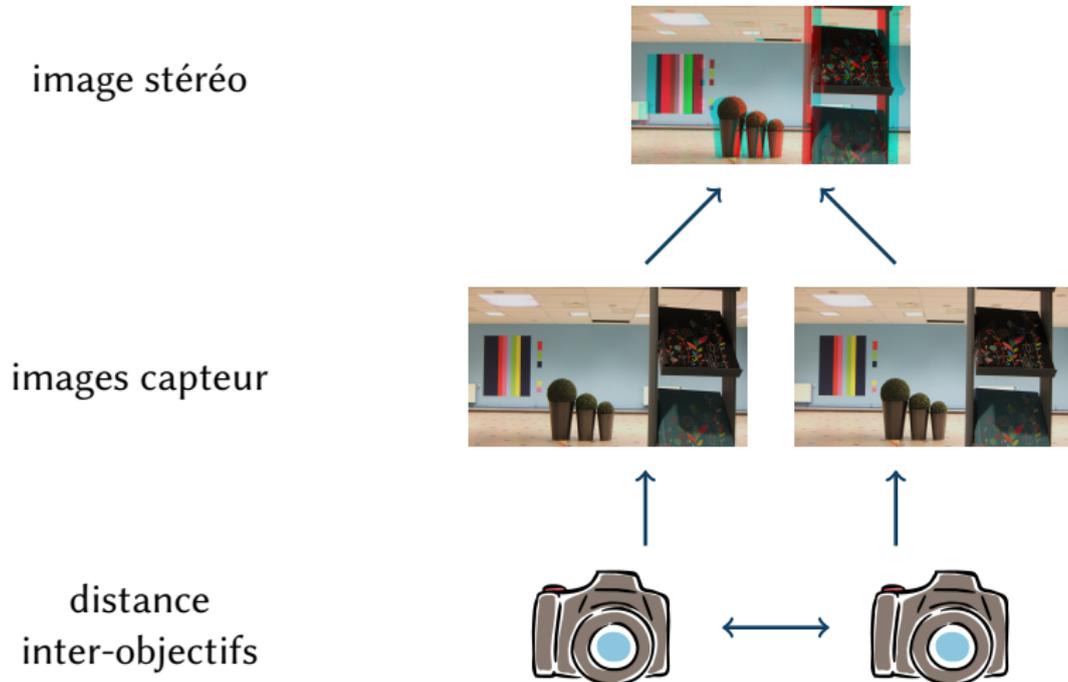
images capteur



distance  
inter-objectifs



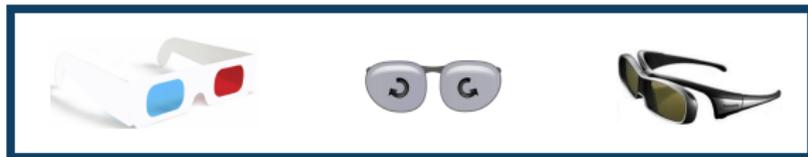
# Comment créer une image 3D stéréoscopique ?



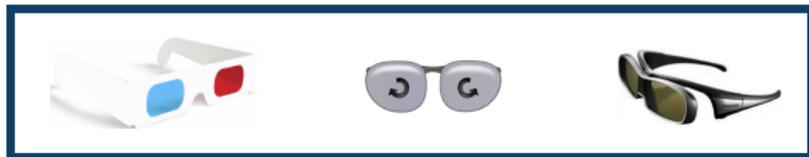
## Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



## Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



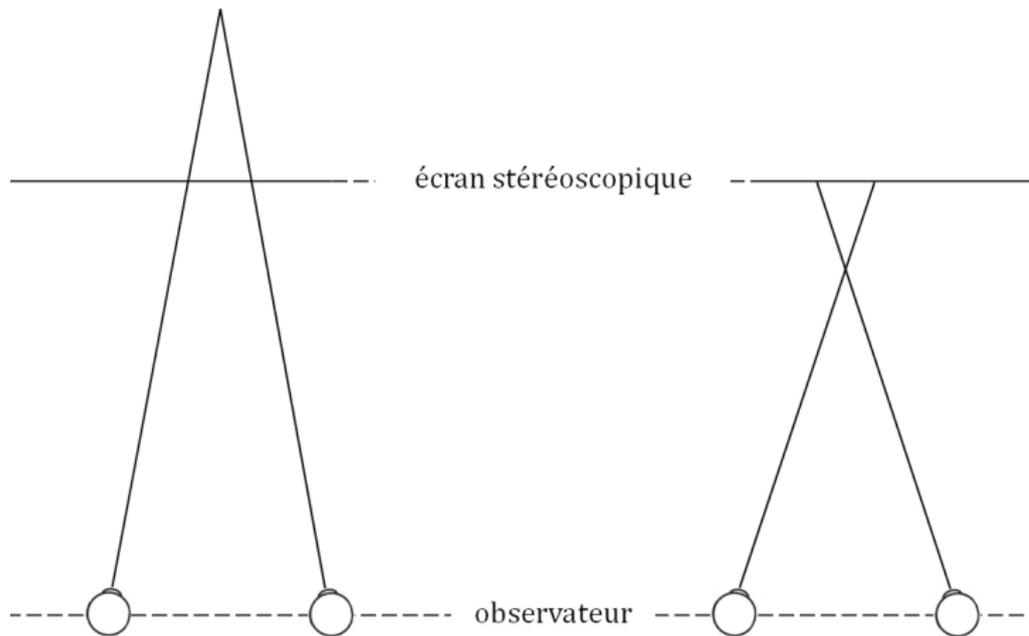
# Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



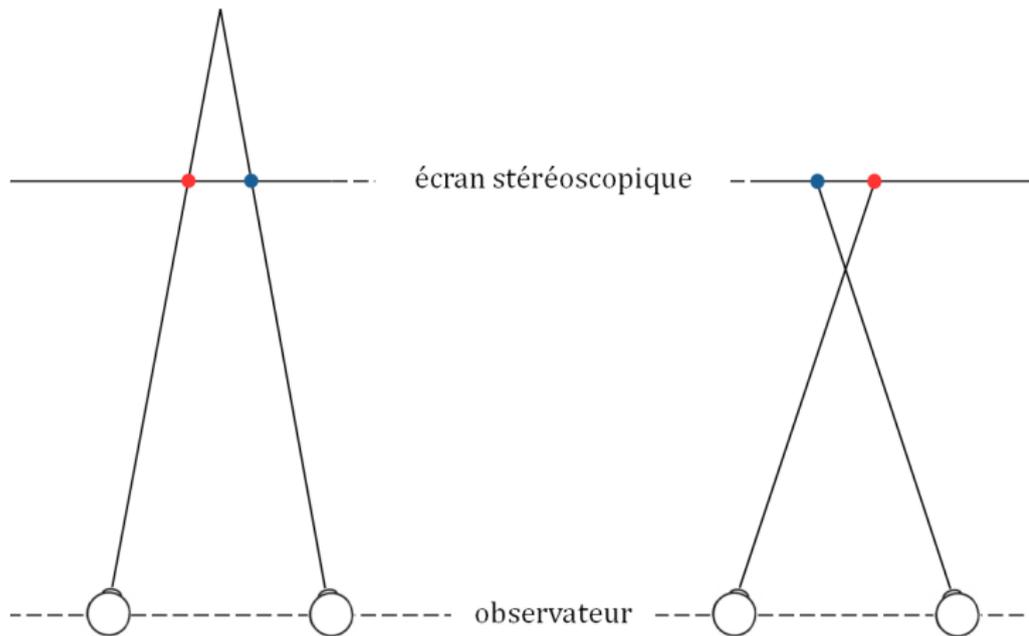
# Comment visualiser une image 3D stéréoscopique ?



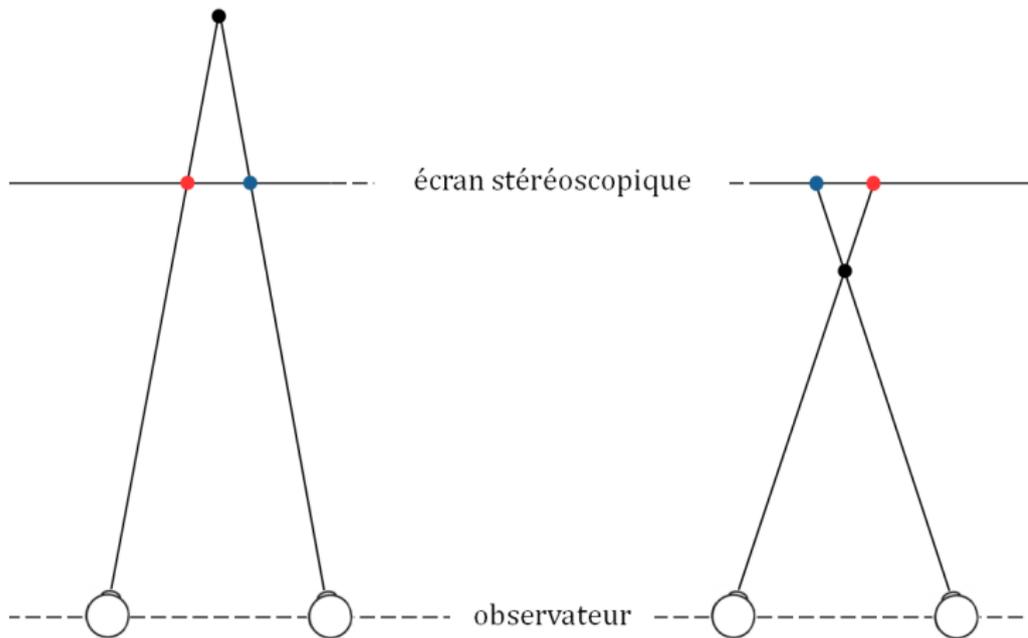
## Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



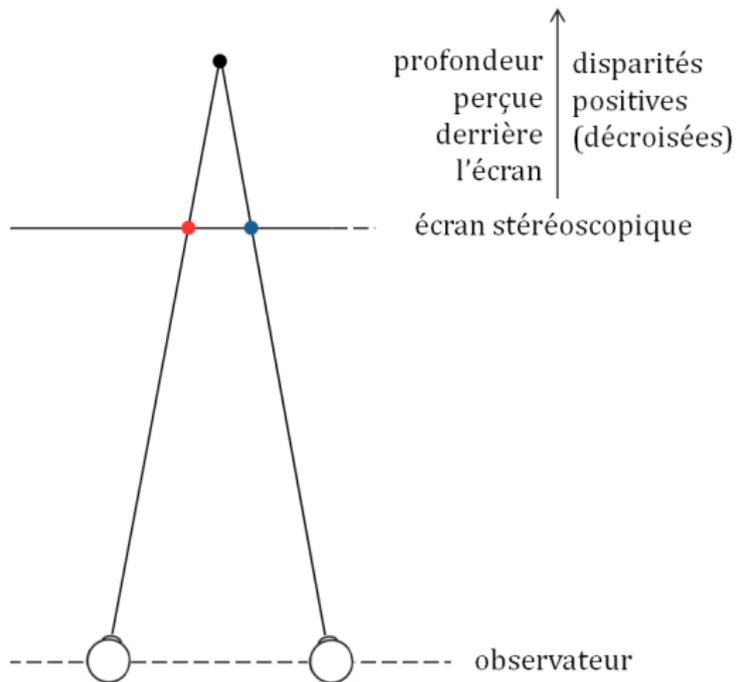
# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



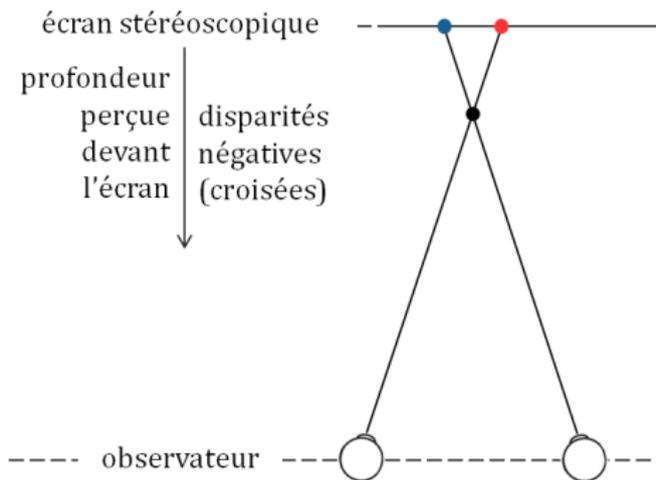
# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



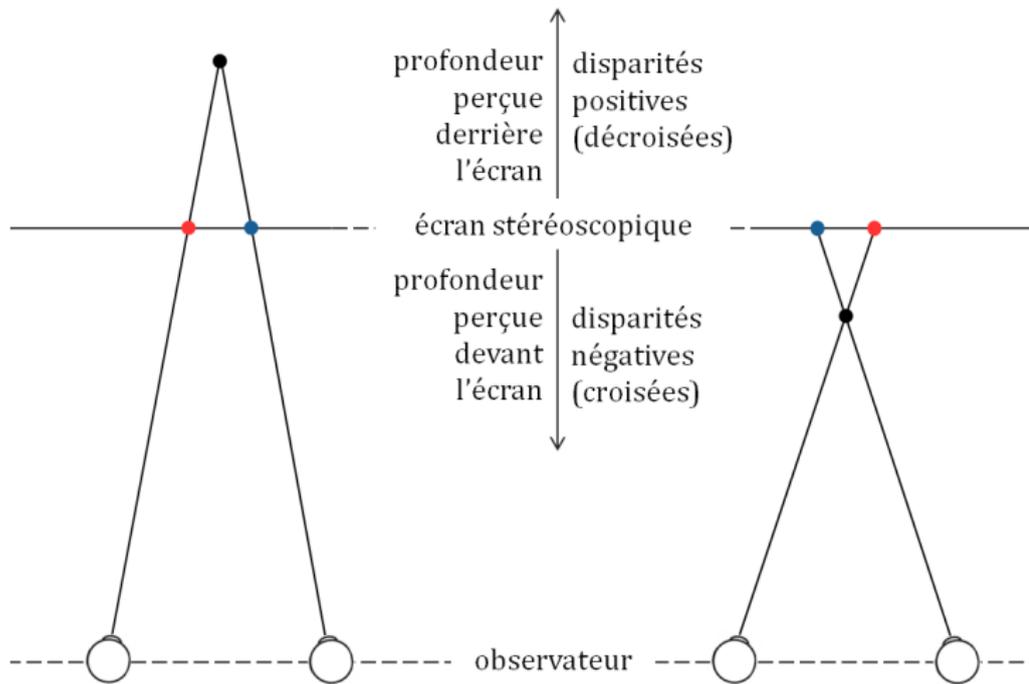
# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



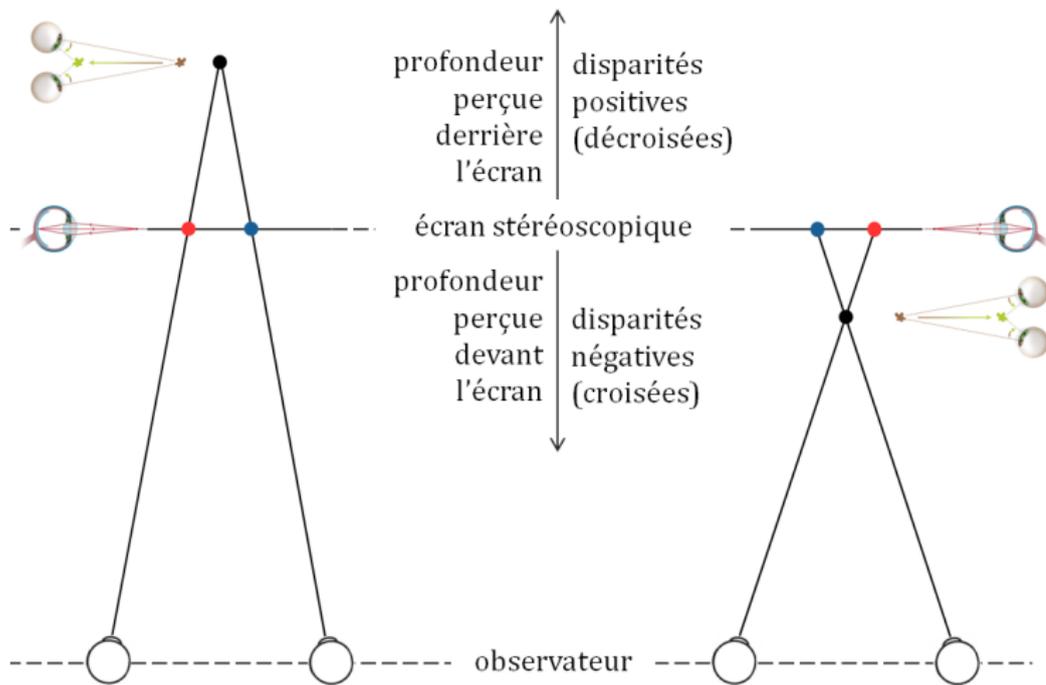
# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



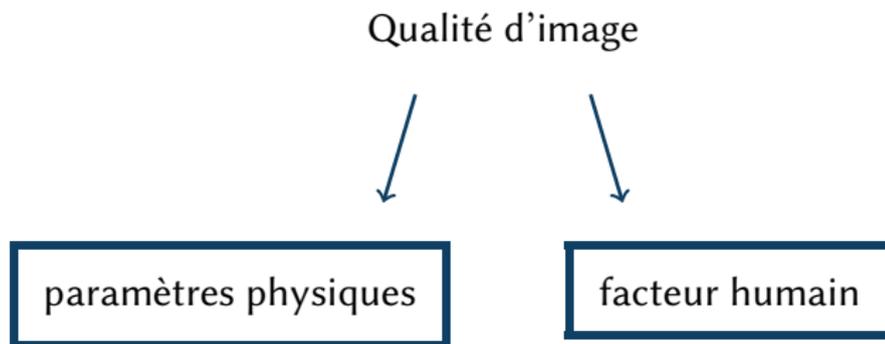
# Pourquoi parler de confort dans le contexte stéréo ?



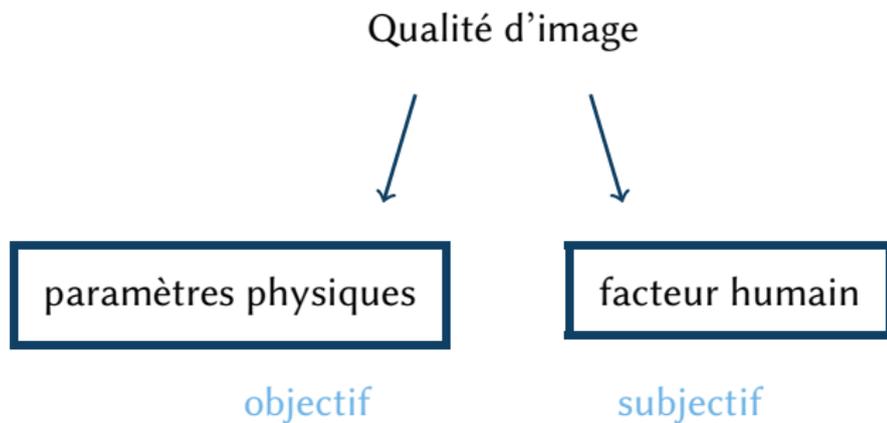
# Qu'est-ce la qualité d'une image ?

Qualité d'image

# Qu'est-ce la qualité d'une image ?



# Qu'est-ce la qualité d'une image ?



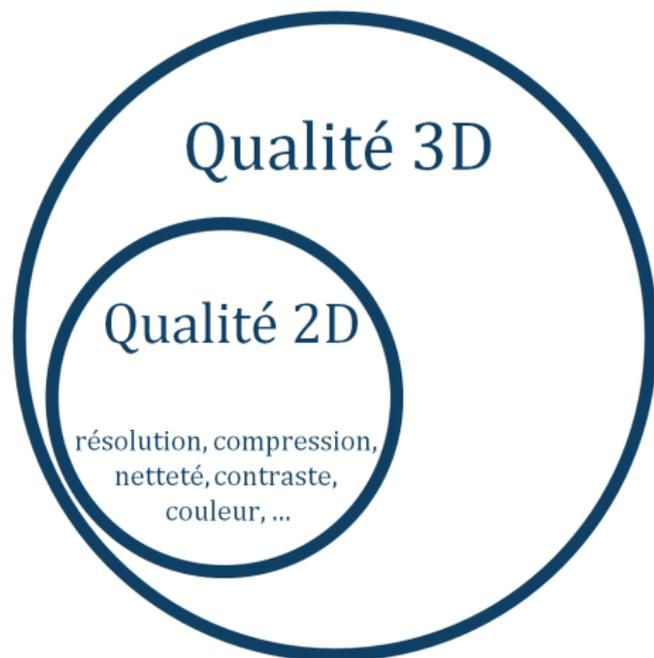
## Comment définir la qualité d'une image ?



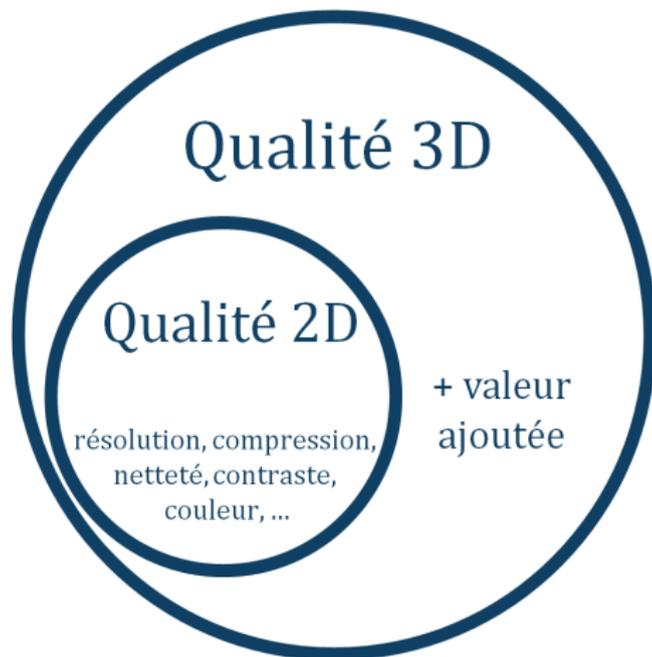
# Comment définir la qualité d'une image ?



## Comment définir la qualité d'une image ?



## Comment définir la qualité d'une image ?

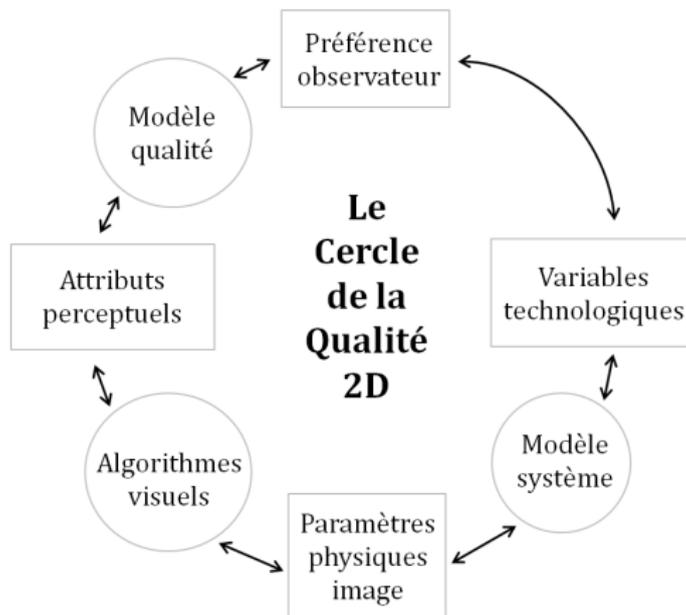


valeur ajoutée :

confort / inconfort  
réalisme  
immersion  
*etc.*

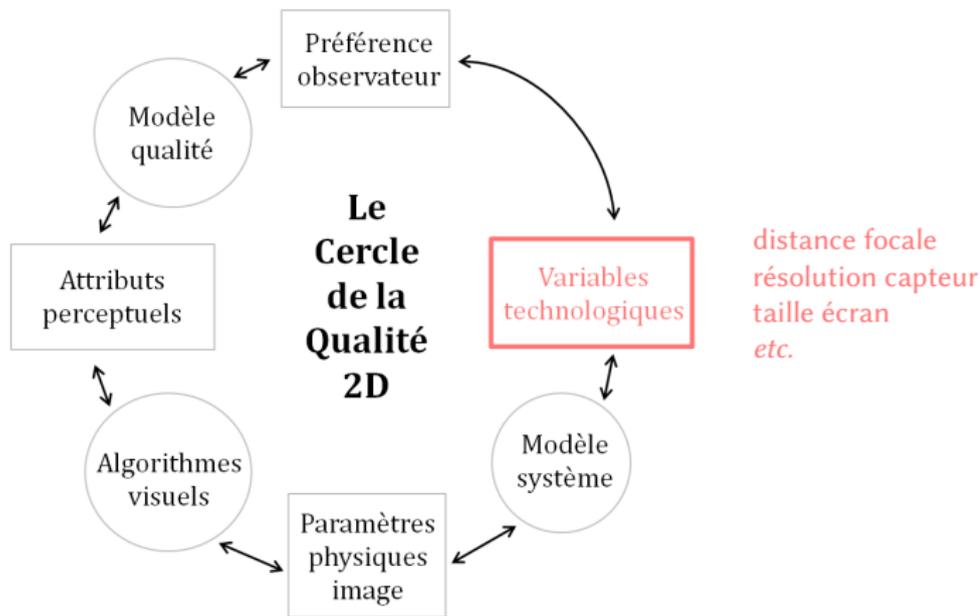
# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



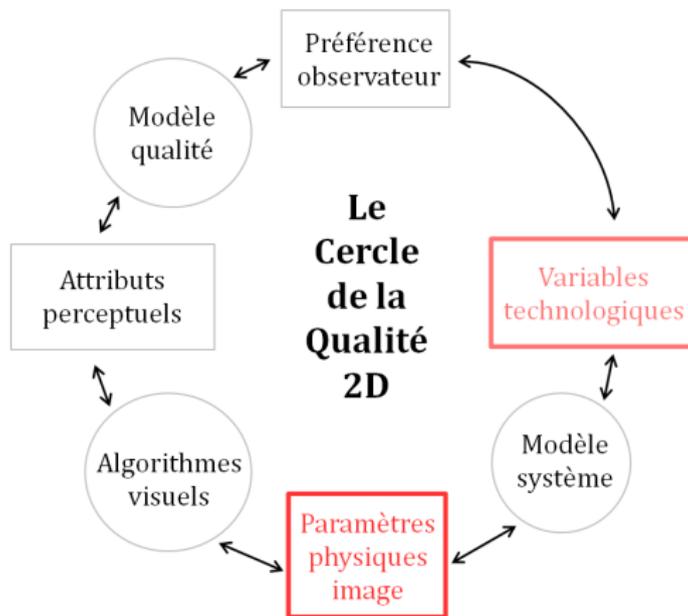
# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

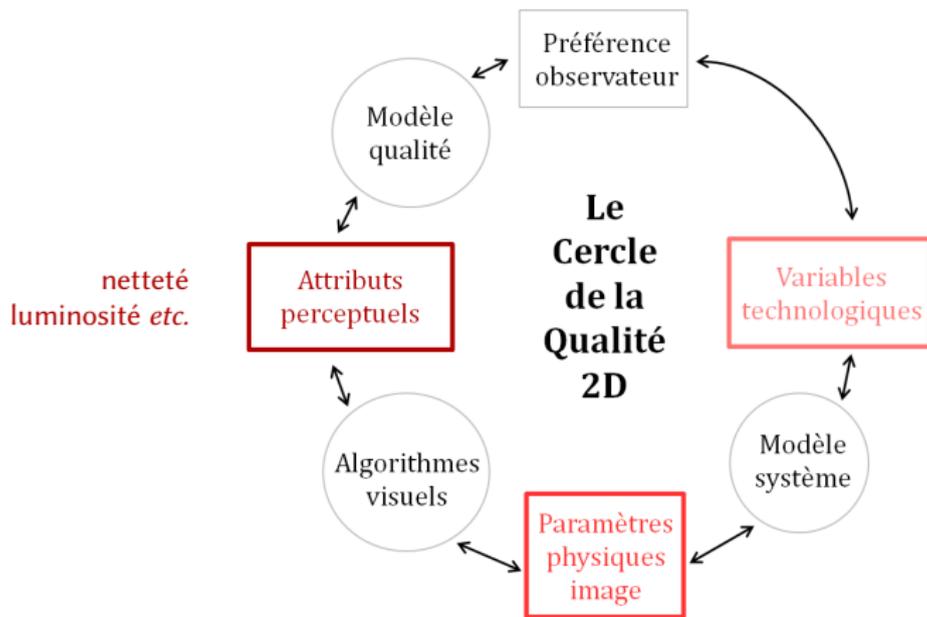
[Engel drum, 1999]



résolution image  
niveau de gris  
etc.

# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

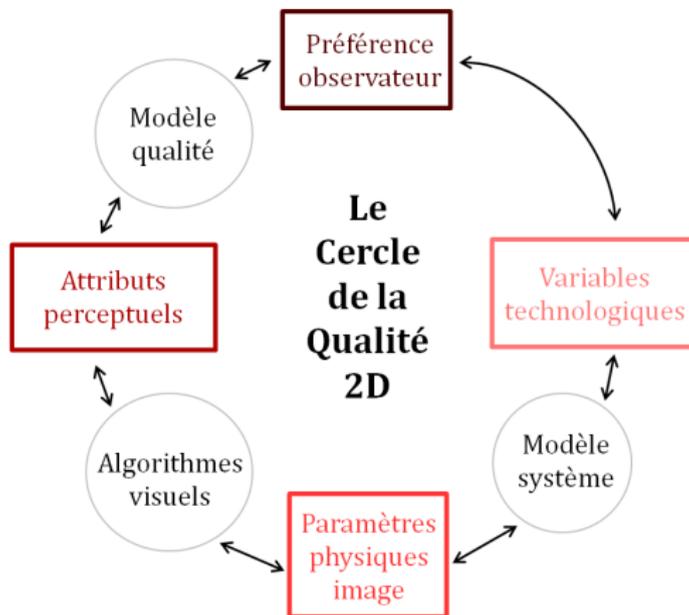
[Engeldrum, 1999]



# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

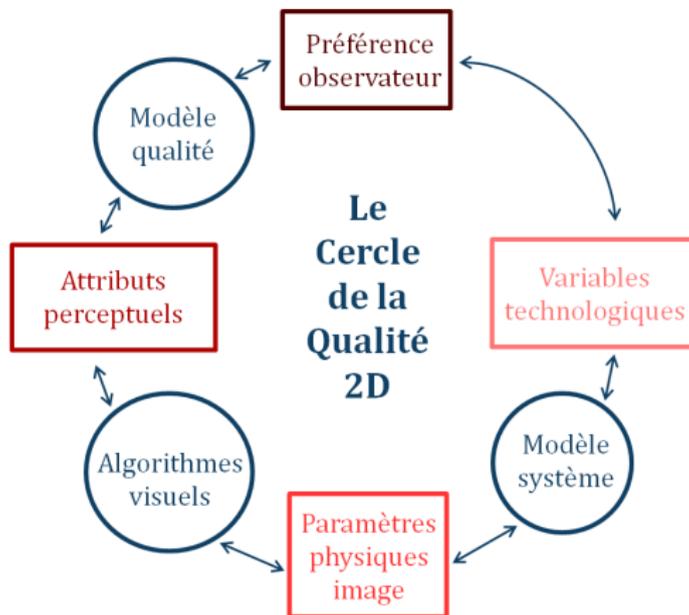
[Engeldrum, 1999]

qualité d'image

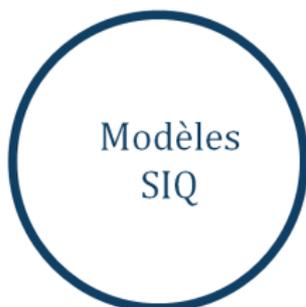


# Comment approcher l'évaluation de la qualité 2D ?

[Engeldrum, 1999]



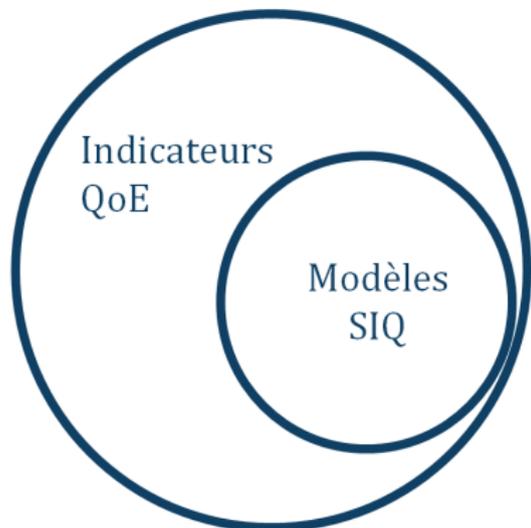
# Comment a été approchée l'évaluation de la qualité 3D ?



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.

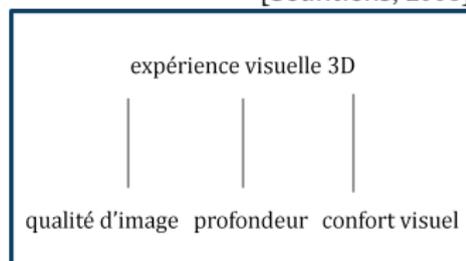
Modèles SIQ  
→ strictement liés aux images 3D.

QoE = Quality of Experience  
= Qualité de l'expérience

Indicateurs QoE  
→ incluent le contexte de visualisation.

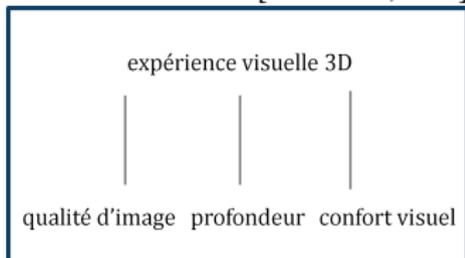
# Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntjens, 2006]

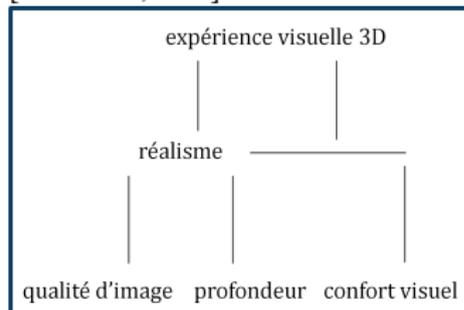


# Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntiens, 2006]

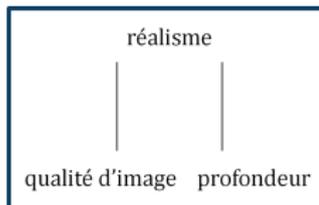
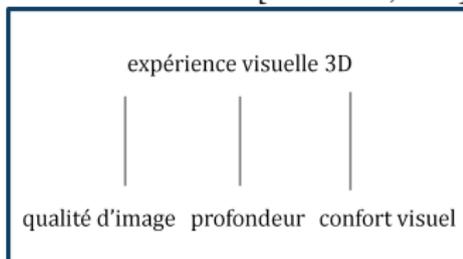


[Seuntiens, 2006]



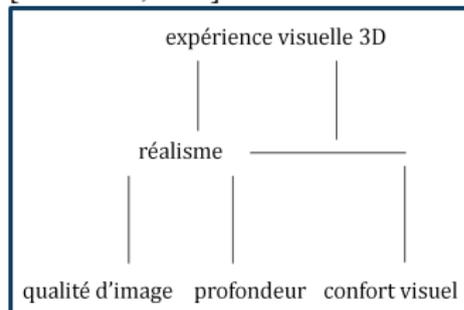
# Modèles de qualité d'images 3D stéréoscopiques

[Seuntiens, 2006]



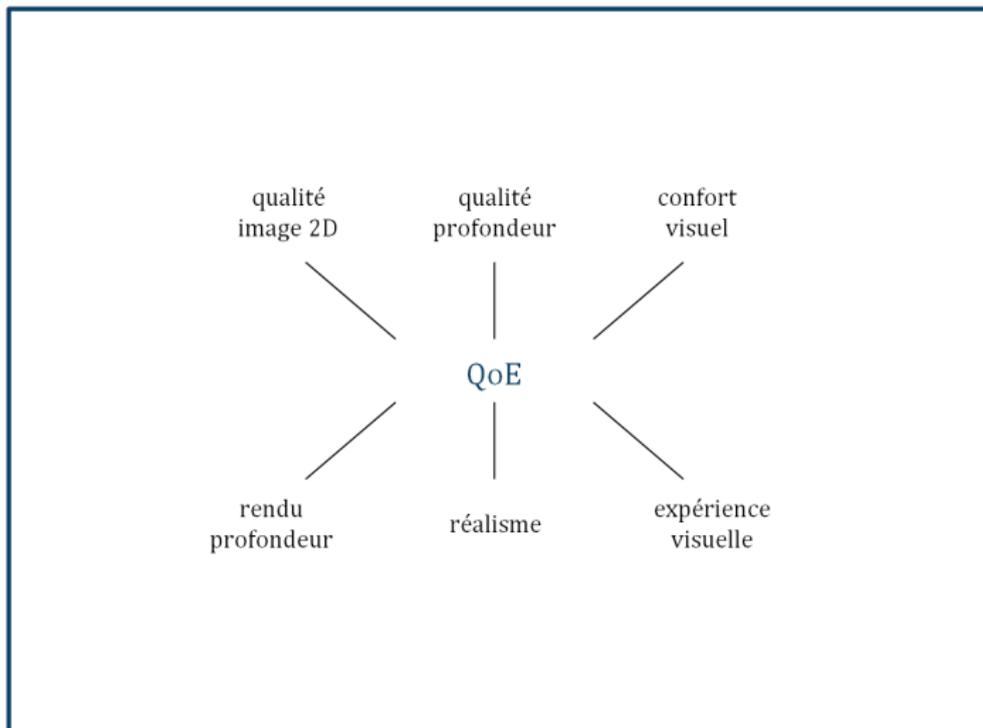
[Lambooi, 2011]

[Seuntiens, 2006]



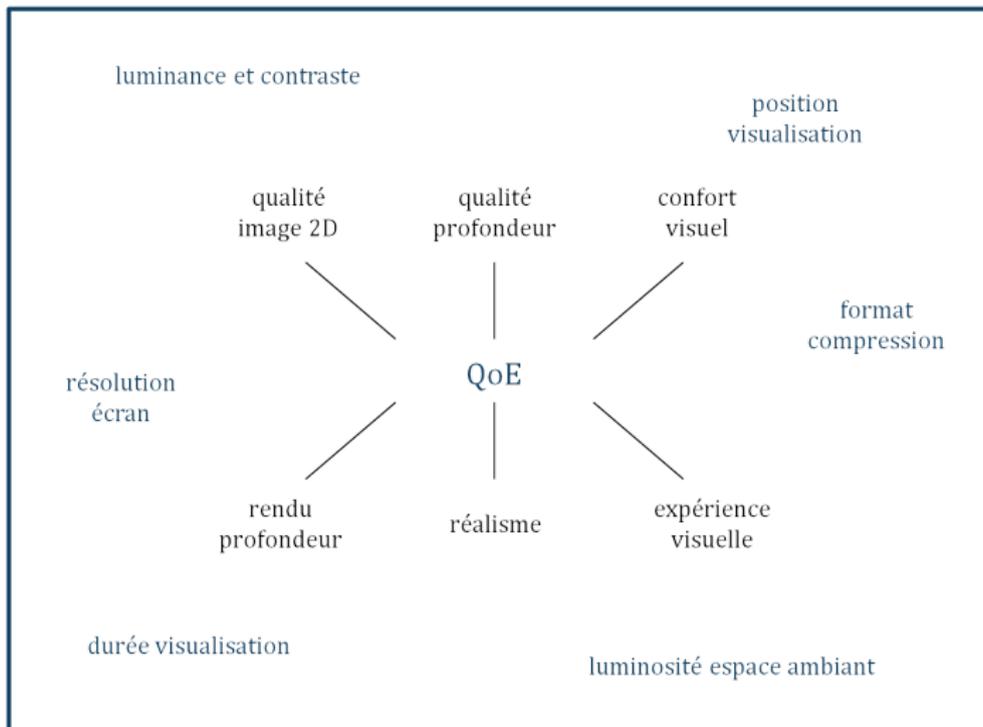
# Indicateurs de la qualité d'expérience

[Chen, 2012]



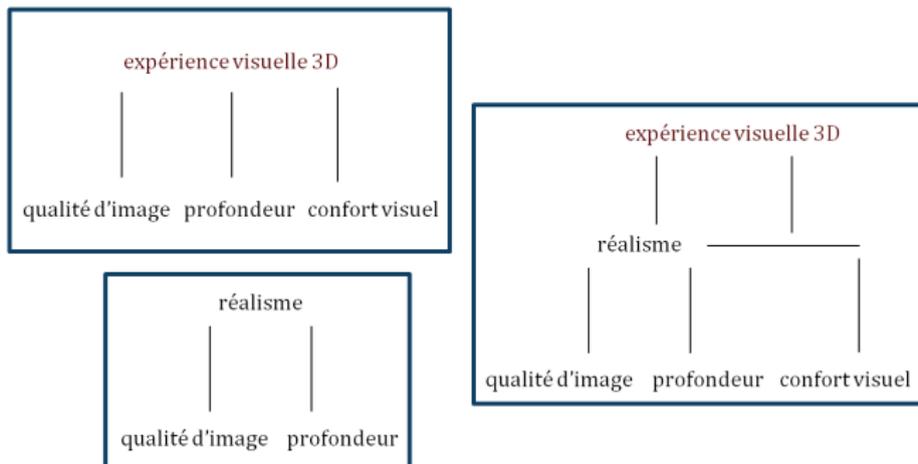
# Indicateurs de la qualité d'expérience

[Chen, 2012]



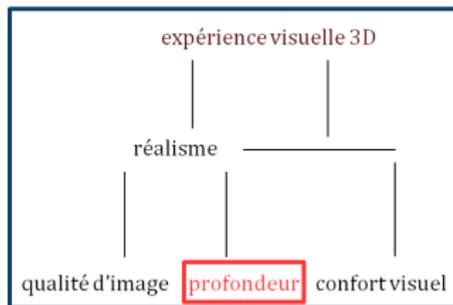
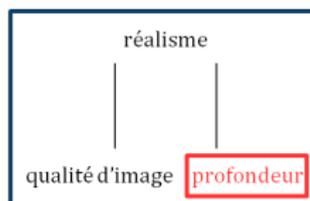
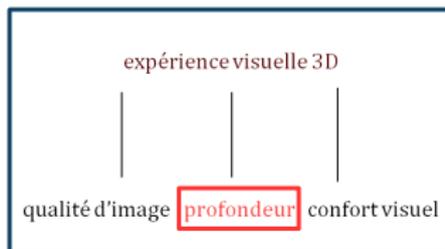
## Point sur l'état de l'art

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



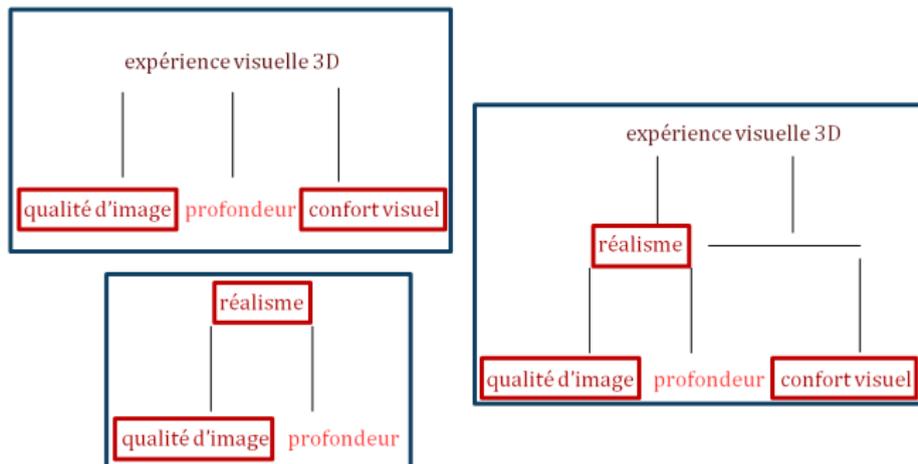
# Point sur l'état de l'art

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.

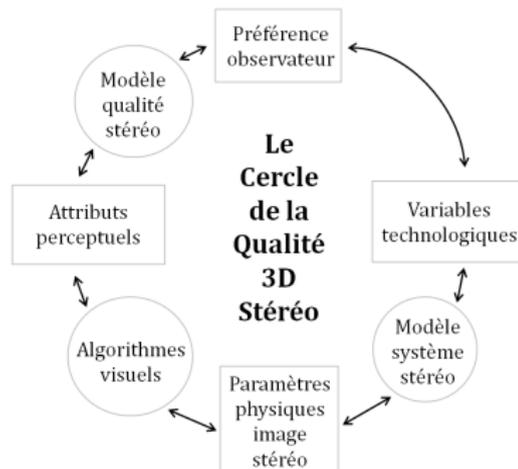
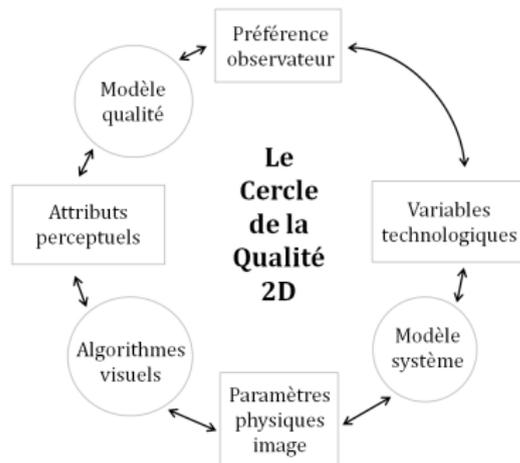
# Approche

- ▶ 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.

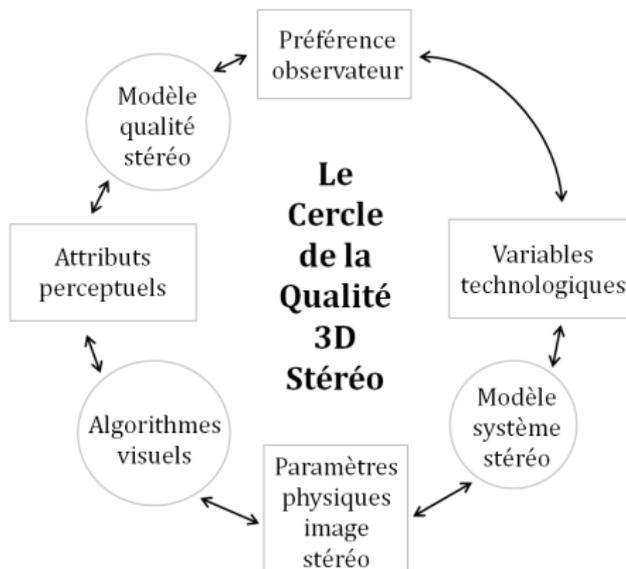
# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



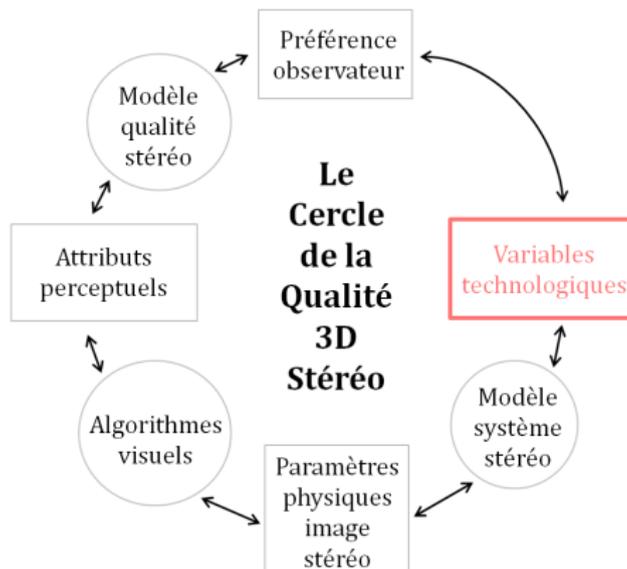
Le Cercle (de la qualité) 2D

Le Cercle (de la qualité) 3D

# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



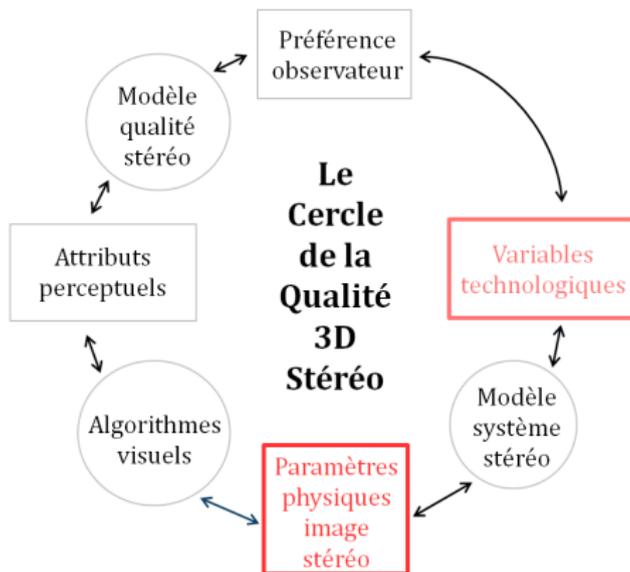
configuration des  
deux caméras

distance  
inter-objectifs

distance de  
visualisation

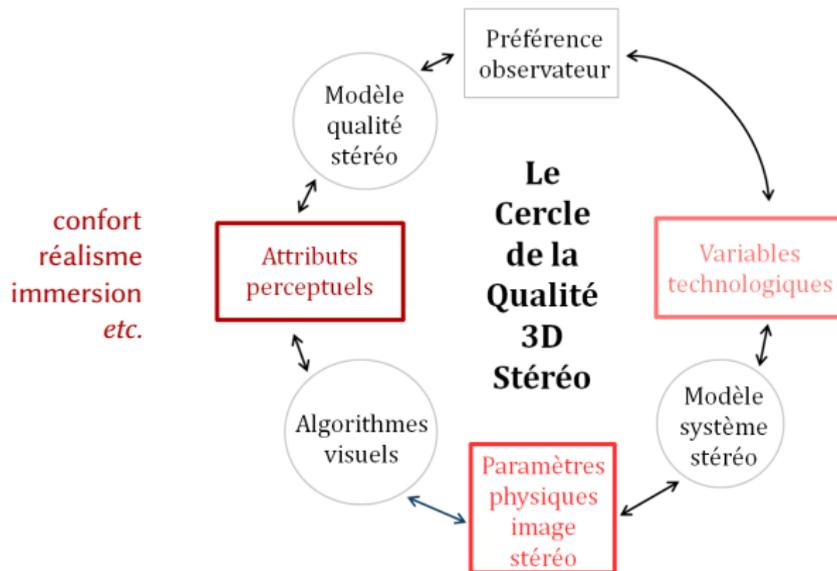
*etc.*

# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique



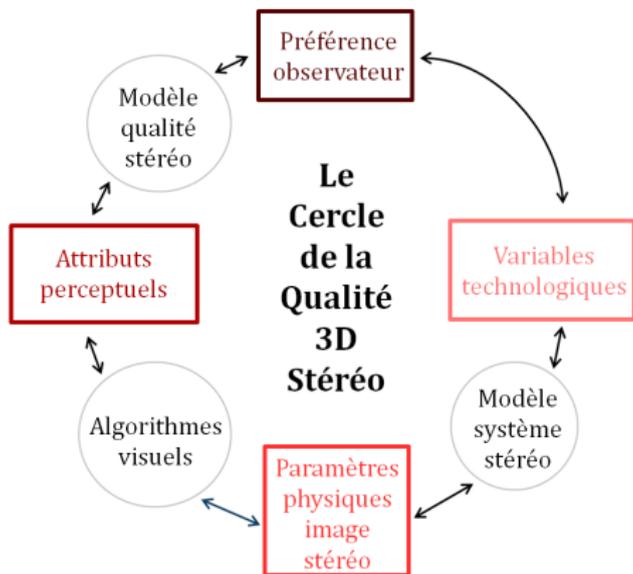
*disparités etc.*

# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique

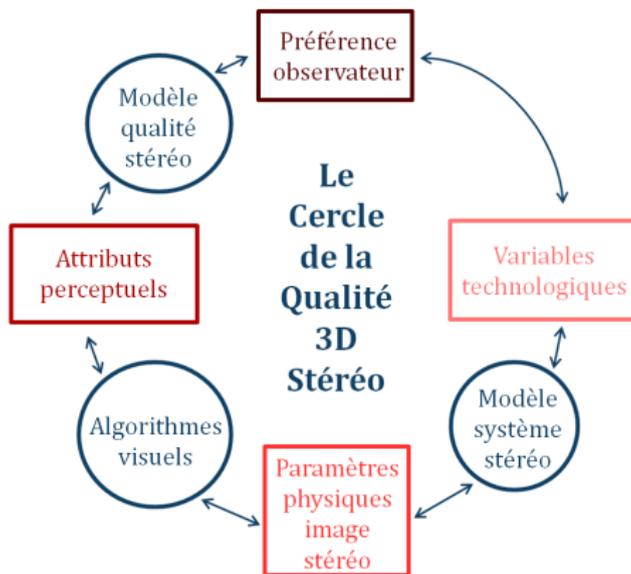


# Le cadre : Le Cercle de la Qualité 3D Stéréoscopique

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 :  $28^\circ$

résolution :  $854 \times 480$

Lunettes MOOV3D à  
micro-écrans

# Le système 3D stéréoscopique - géométrie



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

# Le système 3D stéréoscopique - géométrie

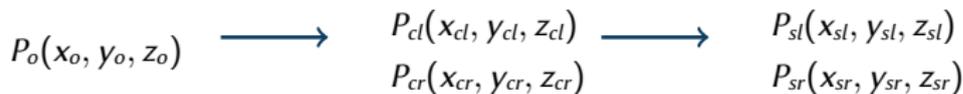


$$P_o(x_o, y_o, z_o) \longrightarrow \begin{matrix} P_{cl}(x_{cl}, y_{cl}, z_{cl}) \\ P_{cr}(x_{cr}, y_{cr}, z_{cr}) \end{matrix}$$

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



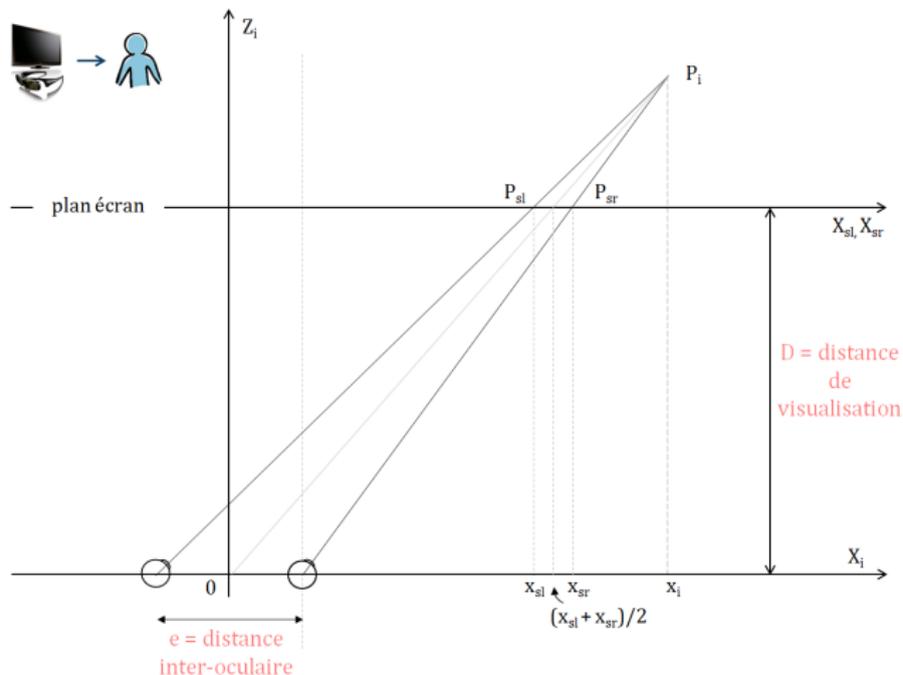
$f$  = distance focale  
 $t$  = distance  
inter-objectifs

$M$  = facteur échelle  
capteurs-écran

$e$  = distance  
inter-oculaire  
 $D$  = distance de  
visualisation



# Le système 3D stéréoscopique - géométrie

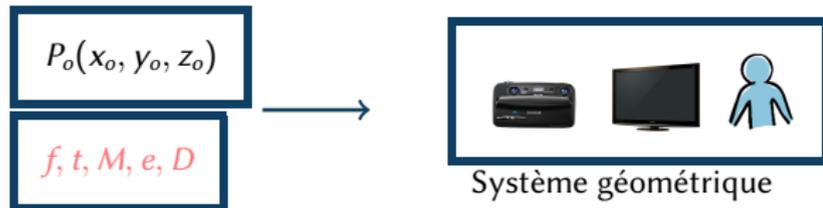


## Le système 3D stéréoscopique - géométrie

$P_o(x_o, y_o, z_o)$

$f, t, M, e, D$

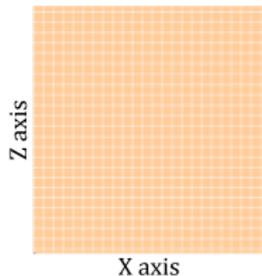
## Le système 3D stéréoscopique - géométrie



## Le système 3D stéréoscopique - géométrie

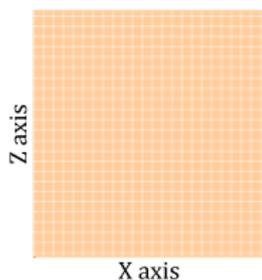


## Le système 3D stéréoscopique - géométrie

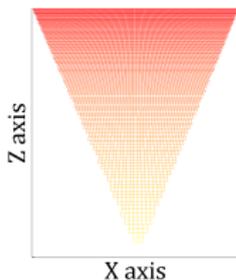
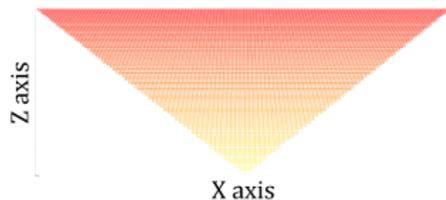


espace réel

## 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.

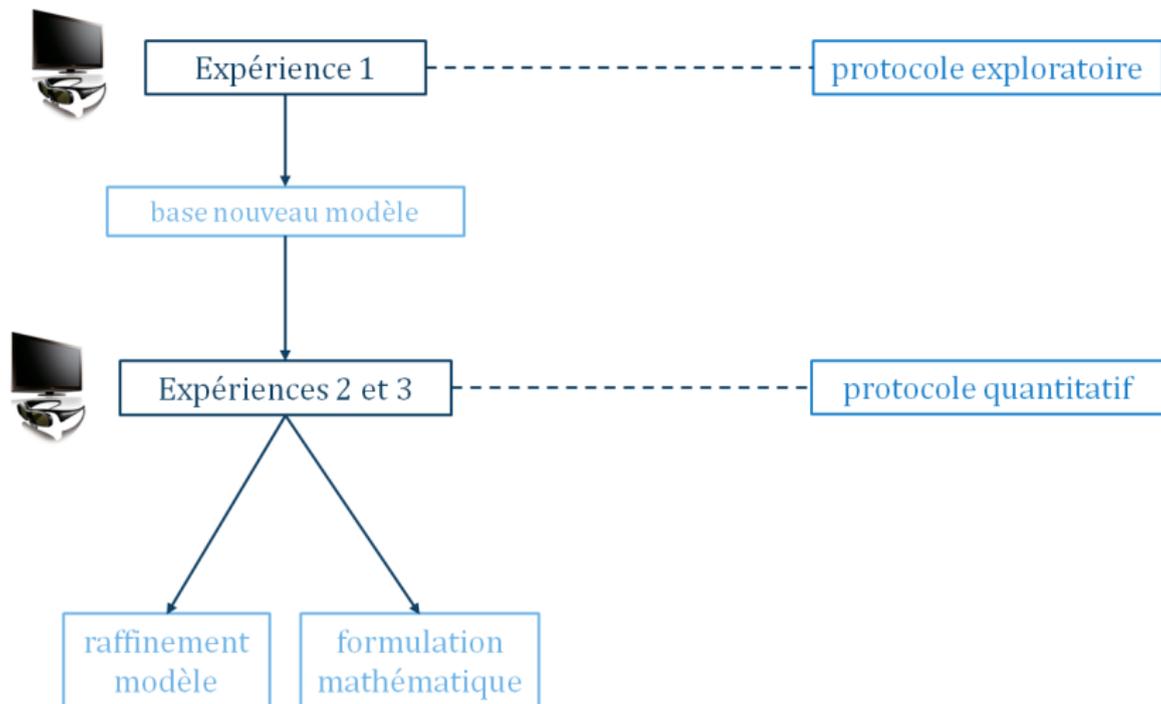
(compatibilité capture – affichage, sans sous-échantillonnage)

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

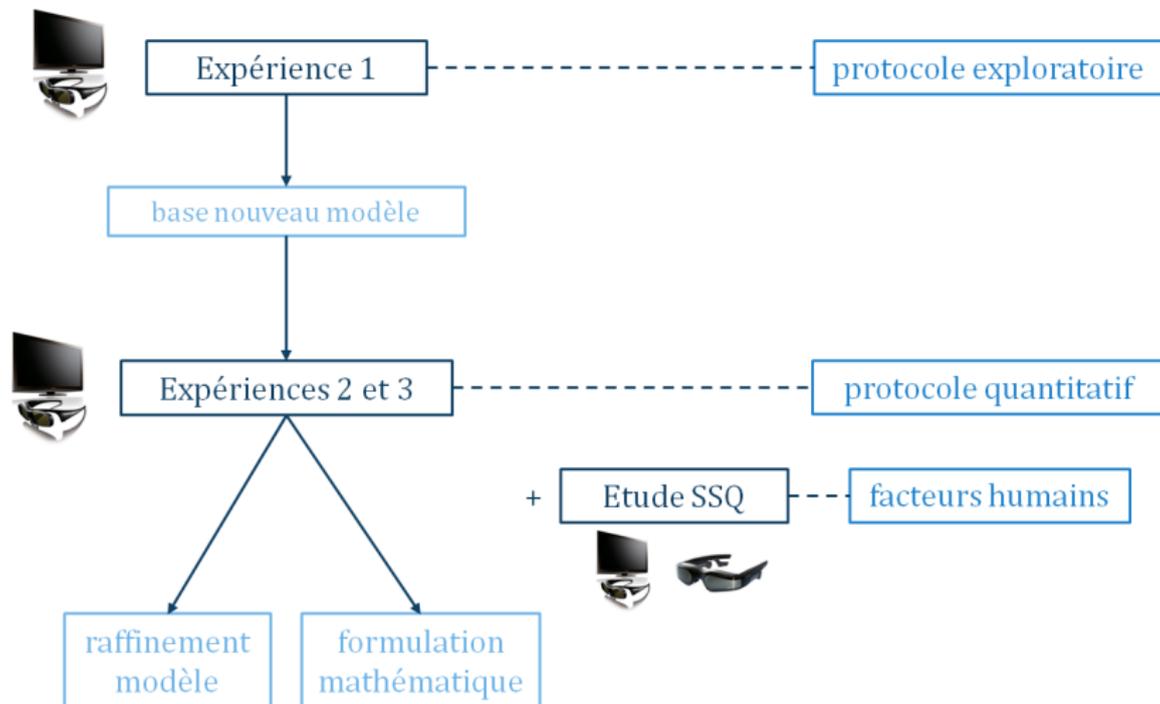
# Les expériences subjectives



# 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

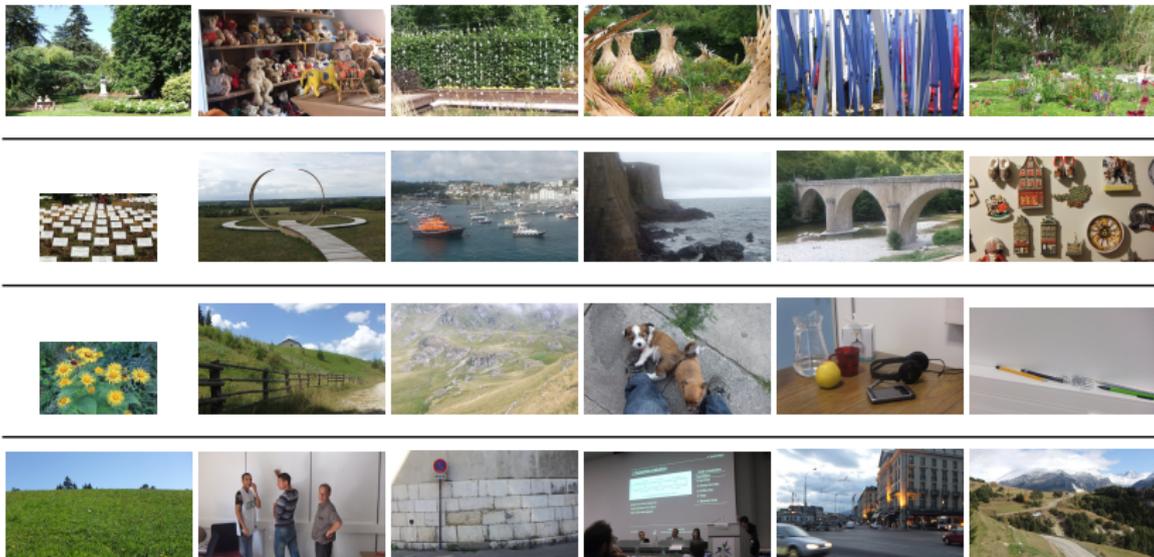
- ▶ aucune note subjective enregistrée,
- ▶ des attitudes, des sentiments, des réactions envers un nouveau type de contenu explorés,
- ▶ but : identifier et comprendre les attributs perceptuels importants pour les utilisateurs.

## 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.



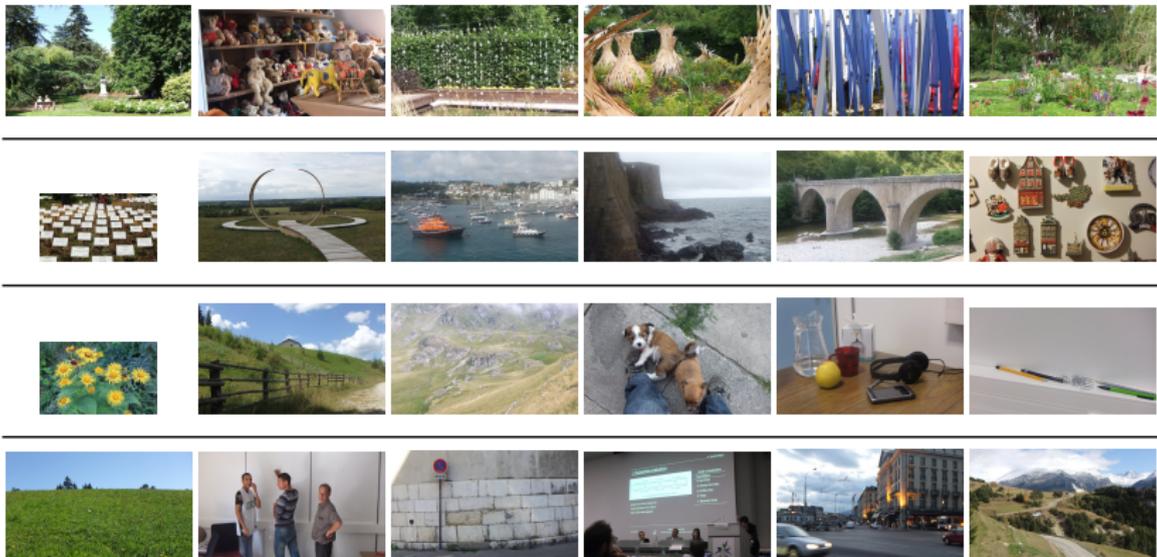
# Expérience 1 - Base d'images MOOV3D - GIPSA 1

- ▶ 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 / 

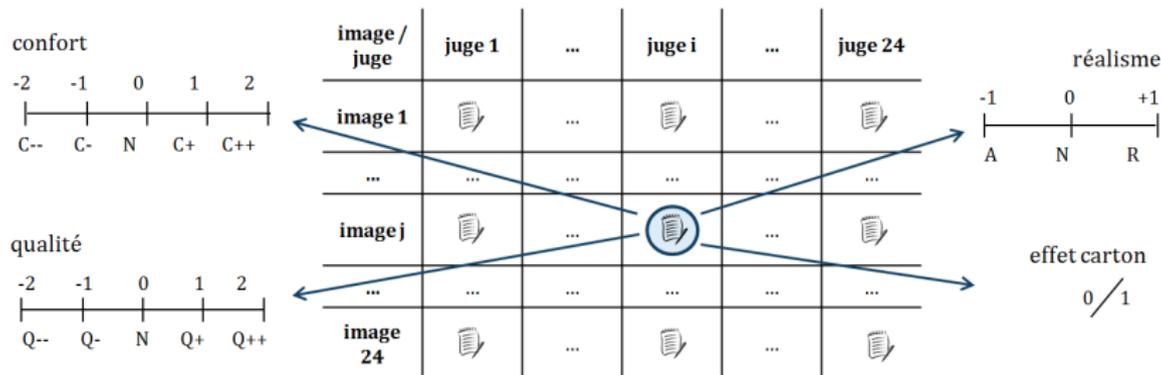


# Expérience 1 - Extraction des données

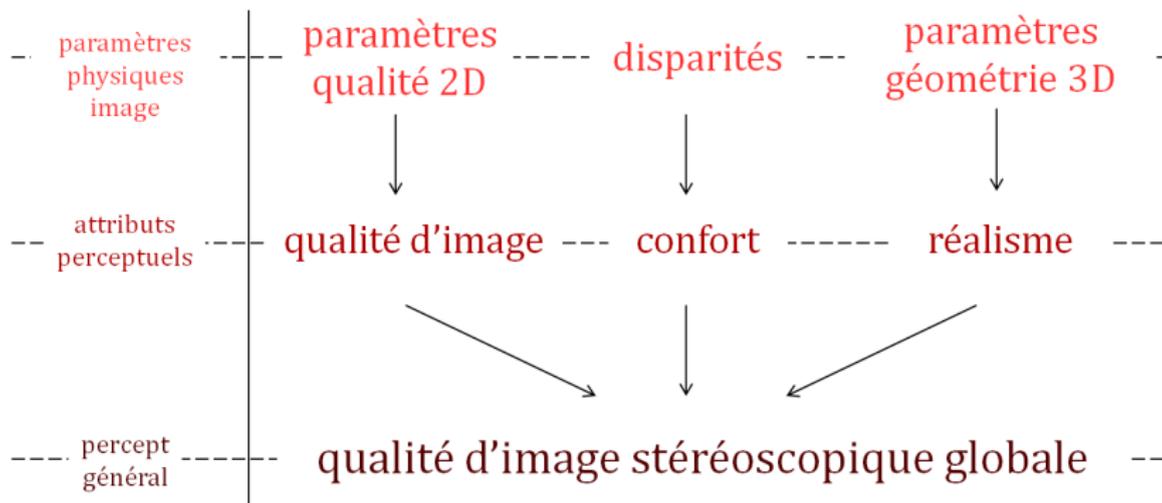


image / juge	juge 1	...	juge i	...	juge 24
image 1		...		...	
...	...	...	...	...	...
image j		...		...	
...	...	...	...	...	...
image 24		...		...	

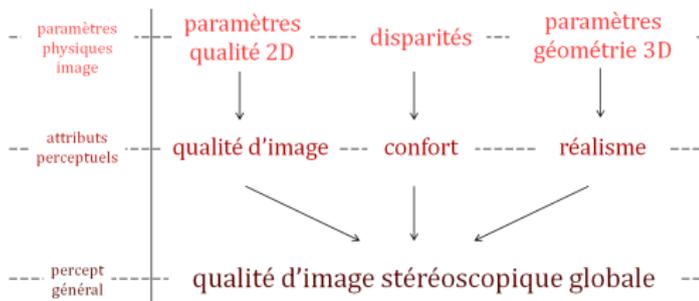
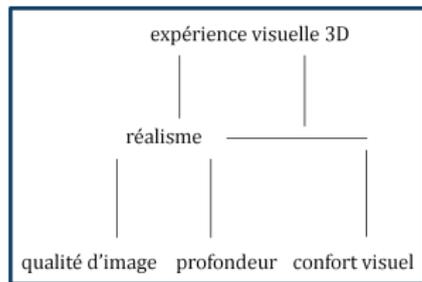
# Expérience 1 - Traitement des données



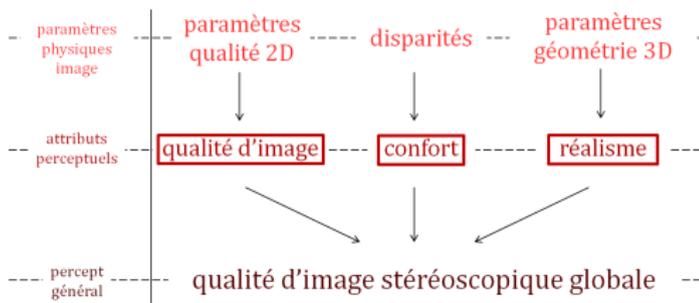
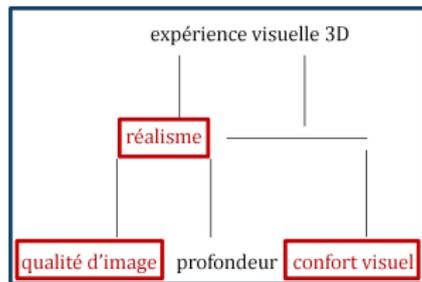
# Expérience 1 - Résultats



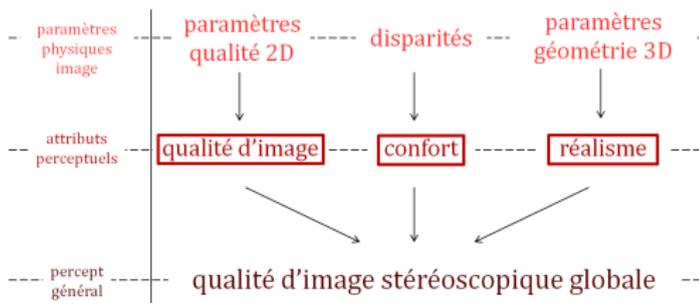
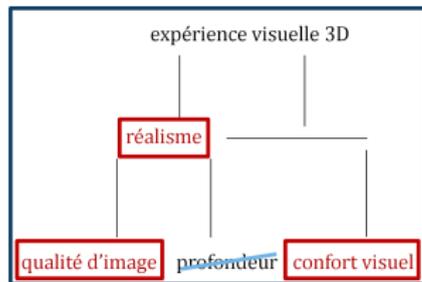
# Expérience 1 - Conclusions



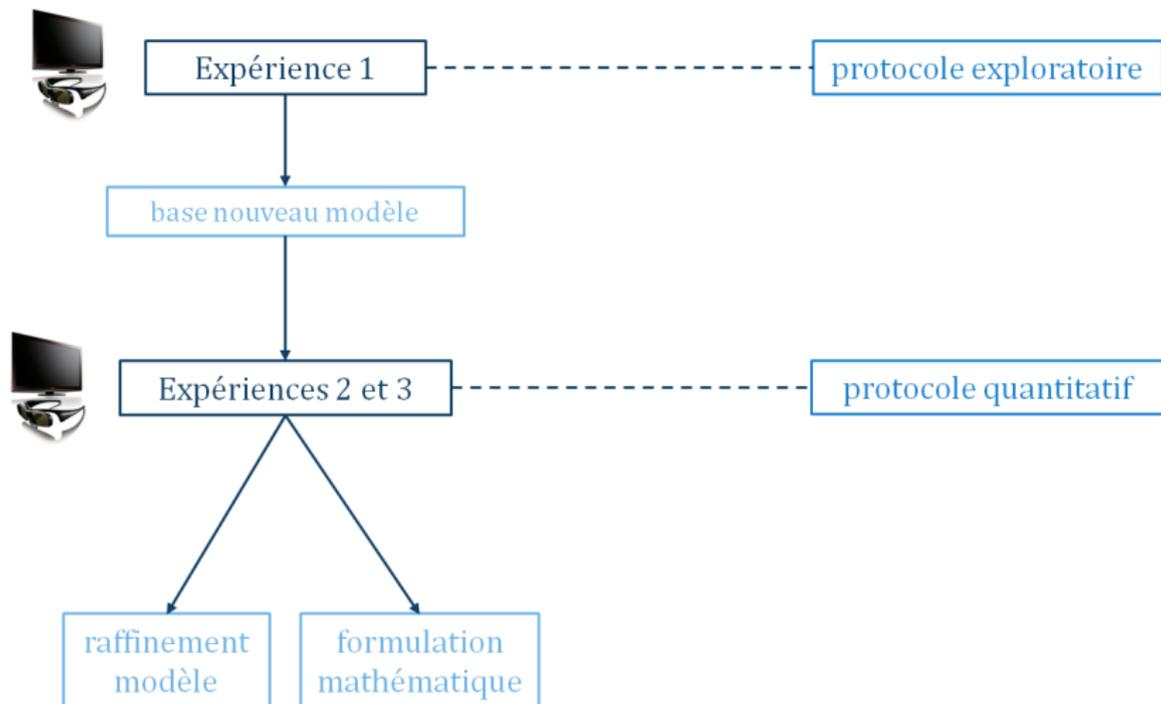
# Expérience 1 - Conclusions



# Expérience 1 - Conclusions



# Les expériences subjectives



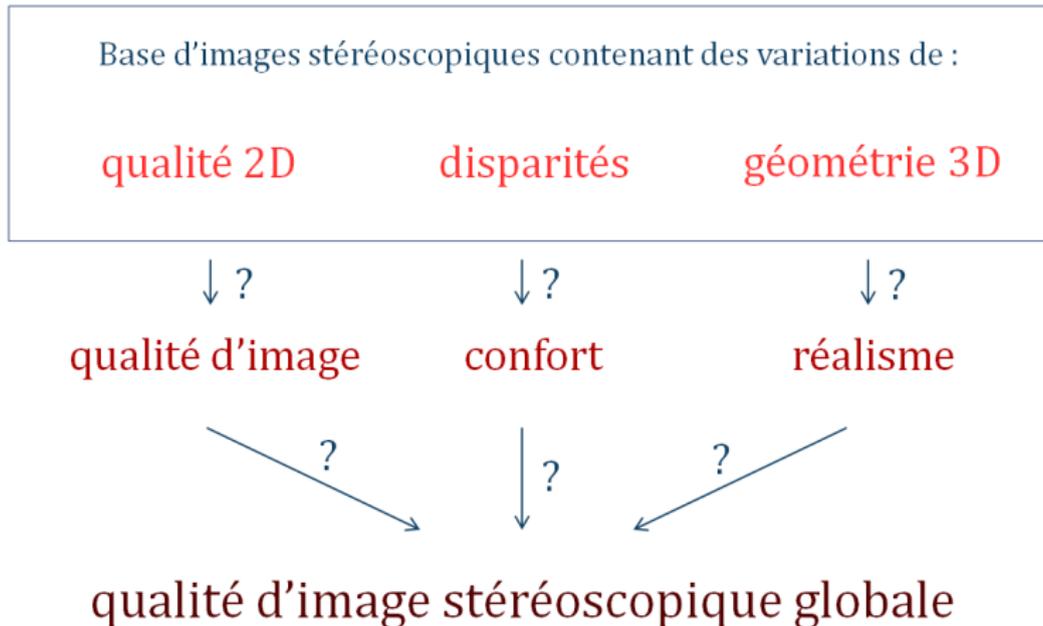
## Expériences 2 et 3 – Études quantitatives

- ▶ 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



## 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

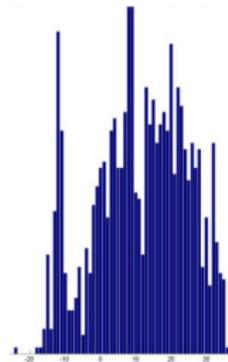
- ▶ les disparités positives : maintenues dans les limites du confort.
- ▶ introduites : *au moment de la prise de vue.*
- ▶ références : [Pastoor, 1995] :
  - ▶ disparités < 35 min arc : confortable,
  - ▶ disparités > 70 min arc : à éviter.
- ▶ mesurées avec : *SIFT (Scale Invariant Feature Transform).*

## 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).*

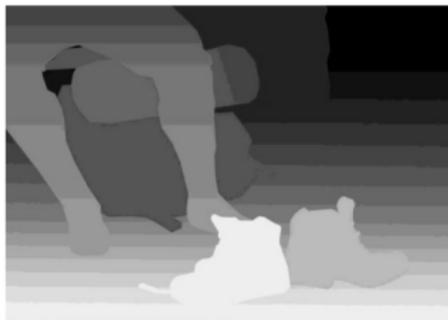
## Expérience 2 - variations considérées : les disparités

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

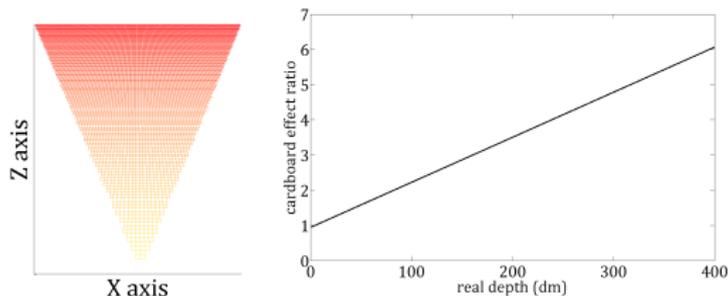
L'effet carton peut dépendre de plusieurs **paramètres physiques** :

- ▶ 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 :  $\approx 15$  min / 

 visualisation et votes :  $\approx 40$  min / 

Perte  après tests de vision :  $\approx 20$  %



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

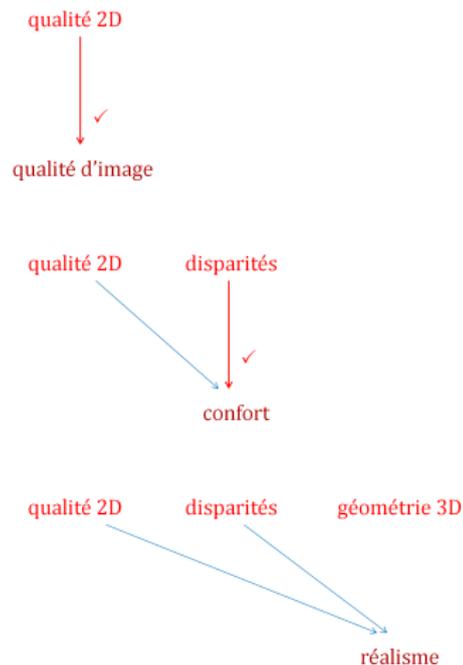
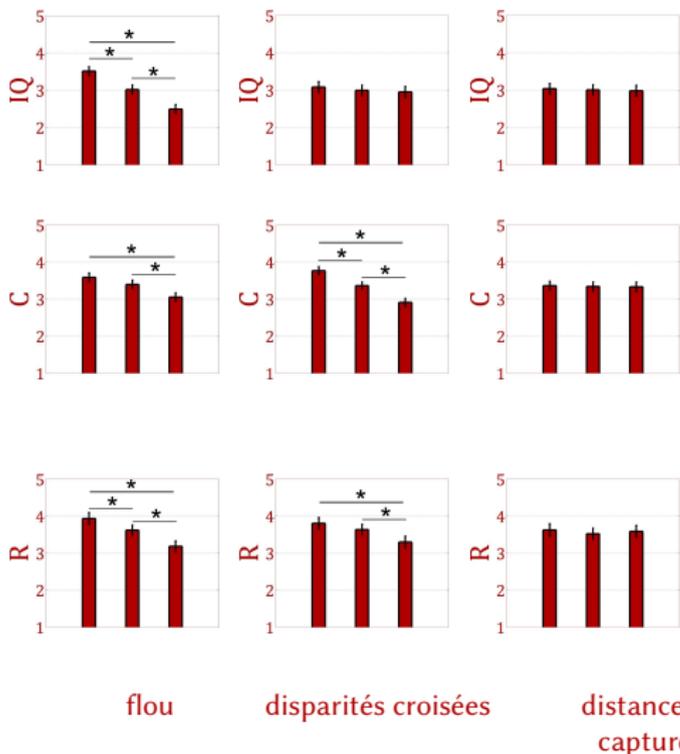
Tâche 1 : qualité d'image (IQ)

Tâche 2 : confort (C)

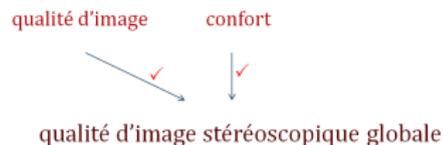
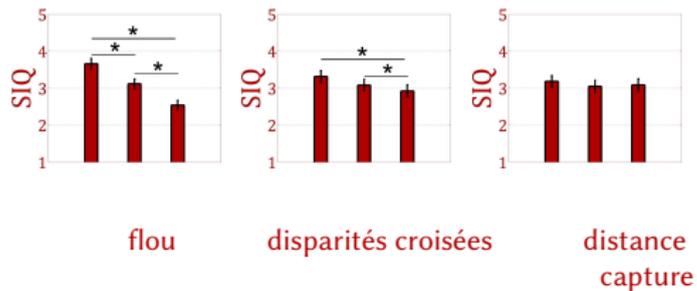
Tâche 3 : réalisme (R)

Tâche 4 : qualité d'image 3D (SIQ)

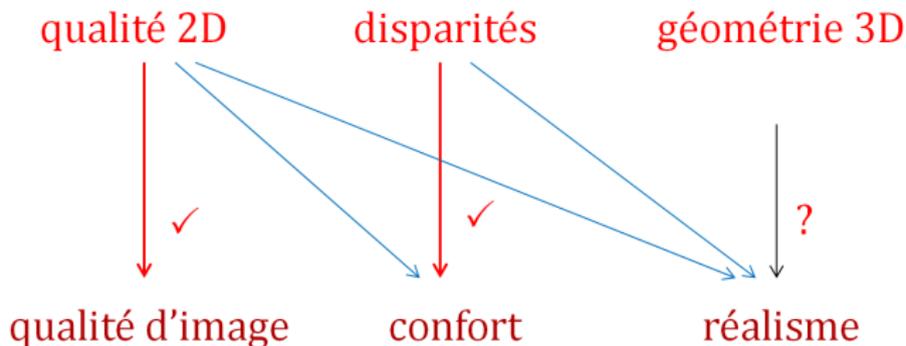
## Expérience 2 - Résultats



## 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 :  $\approx 15$  min / 

 visualisation et votes :  $\approx 30$  min / 

Perte  après tests de vision :  $\approx 20$  %

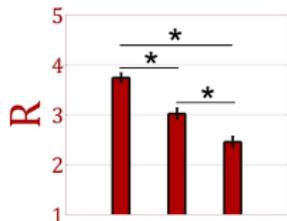


- 5 - excellent
- 4 - good
- 3 - fair
- 2 - poor
- 1 - bad

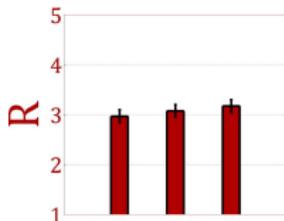
Tâche 1 : réalisme (R)

Tâche 2 : qualité d'image 3D (SIQ)

# Expérience 3 - Résultats

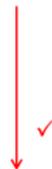


distance focale



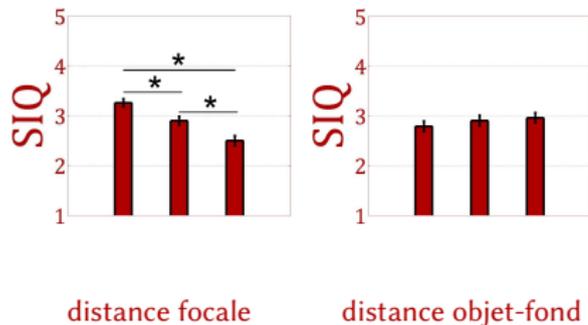
distance objet-fond

géométrie 3D



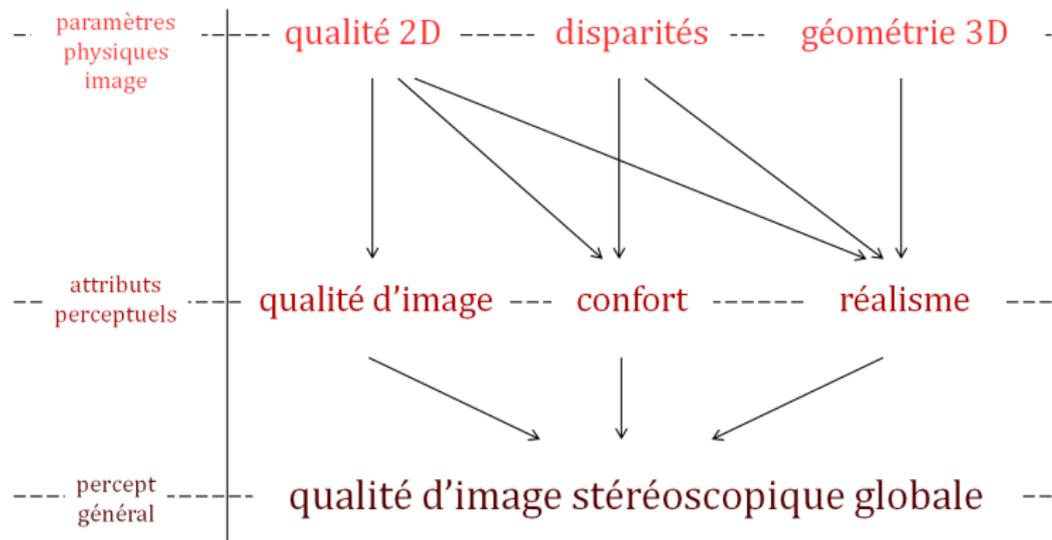
réalisme

## Expérience 3 - Résultats



réalisme  
✓  
qualité d'image stéréoscopique globale

## Expériences 2 et 3 - Conclusions



# Plan de l'exposé

Contexte

Objectifs

Approche

Expériences

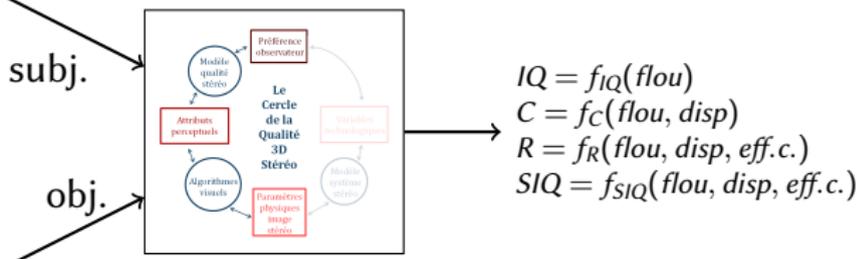
**Modèle**

Conclusions et perspectives

# Les données

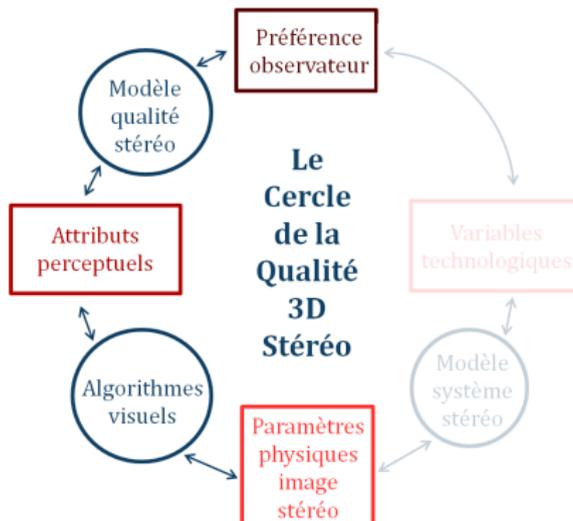
Exp. 2 :  $IQ_2$ ,  $C_2$ ,  $R_2$ ,  $SIQ_2$

Exp. 3 :  $R_3$ ,  $SIQ_3$



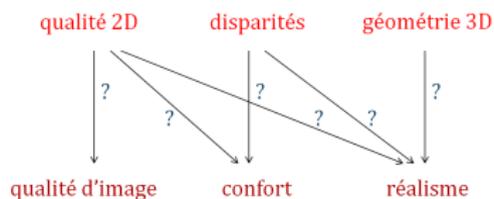
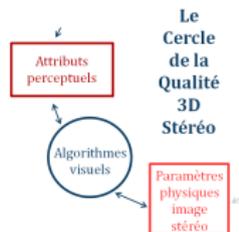
- flou
  - disparité
  - eff. carton
- (estimation théorique)

# Problème à résoudre

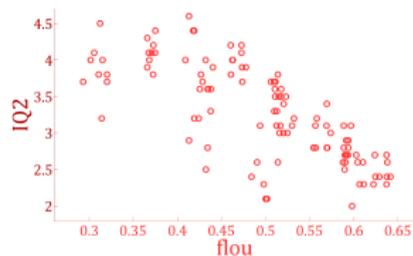


# Étape 1 - l'objectif

Expliquer les attributs perceptuels en fonction des propriétés physiques :

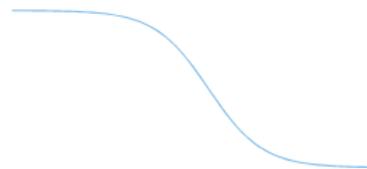
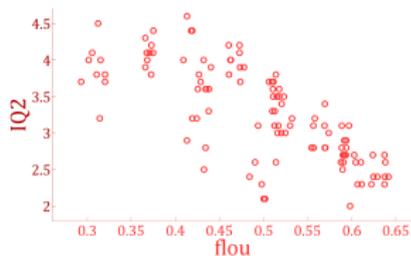


## Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



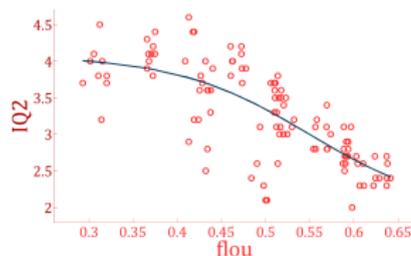
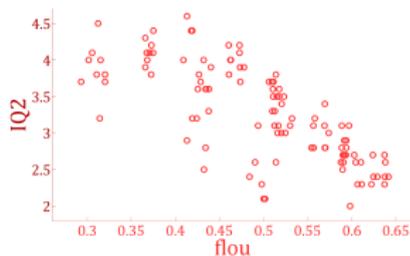
$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

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

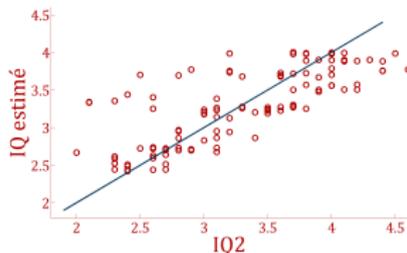


$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ}$$

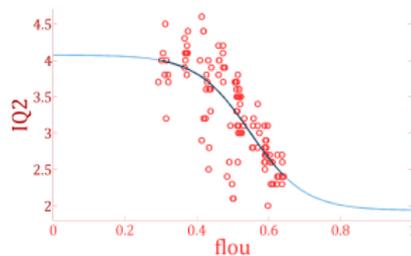
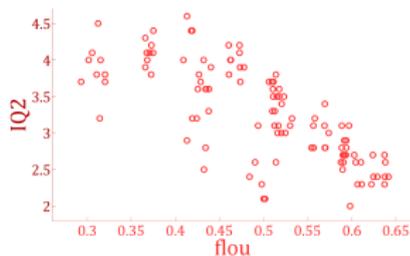
# Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



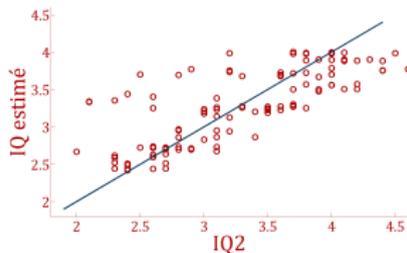
$$IQ = \frac{a_{IQ}}{1 + \exp(b_{IQ} \cdot \text{flou} + c_{IQ})} + d_{IQ} \implies IQ = \frac{2.13}{1 + \exp(13.32 \cdot \text{flou} - 7.31)} + 1.94$$



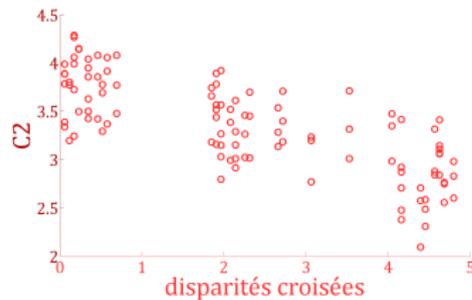
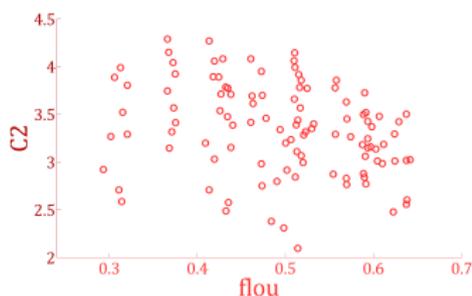
# Étape 1 - les résultats - *qualité d'image*



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

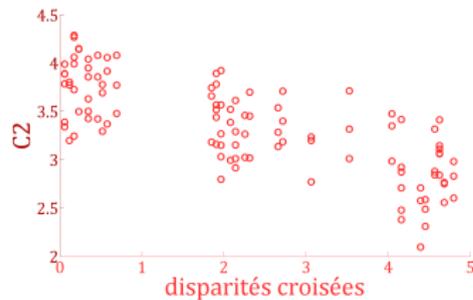
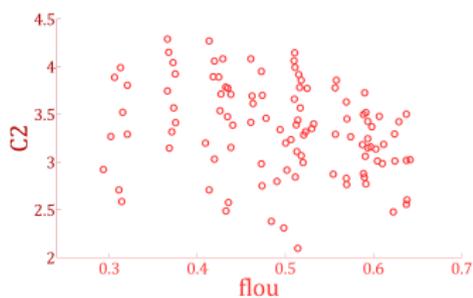


## Étape 1 - les résultats - confort



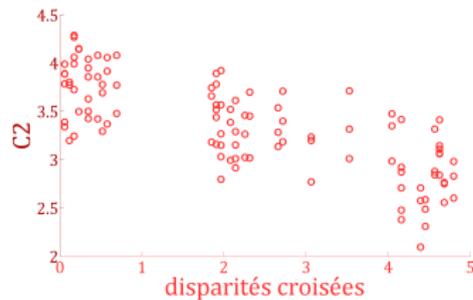
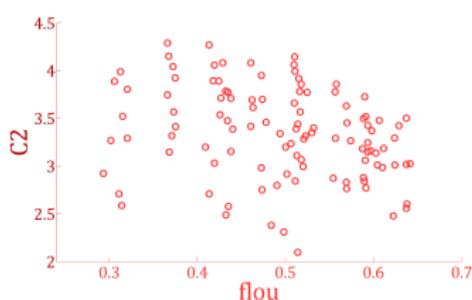
$$C = a_C + b_C \cdot \textit{flou} + c_C \cdot \textit{disp\_cr} + d_C \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp\_cr}$$

# Étape 1 - les résultats - confort

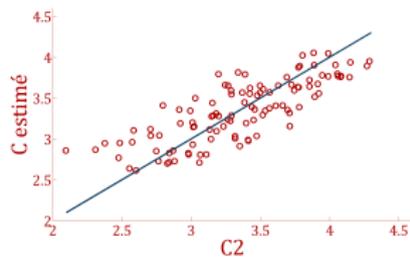


$$C = a_C + b_C \cdot \textit{flou} + c_C \cdot \textit{disp\_cr} + d_C \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp\_cr}$$

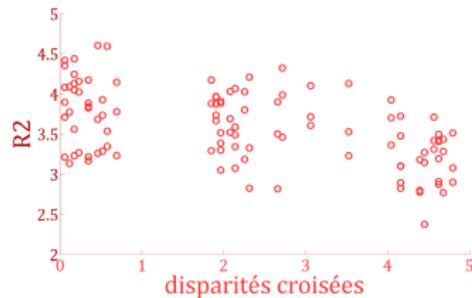
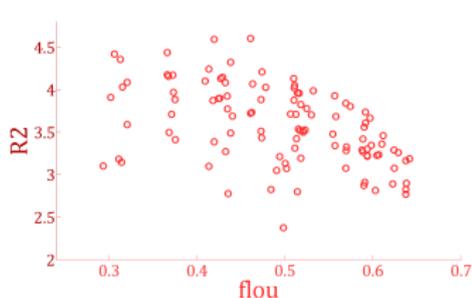
# Étape 1 - les résultats - confort



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

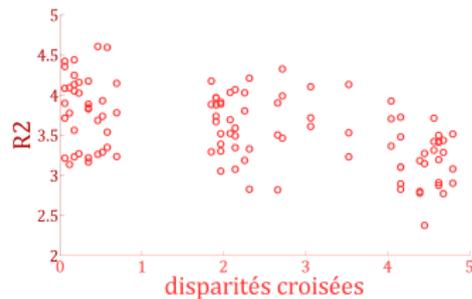
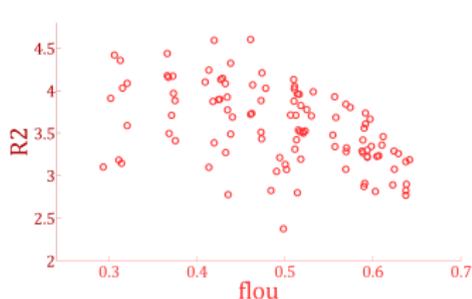


## Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 2)



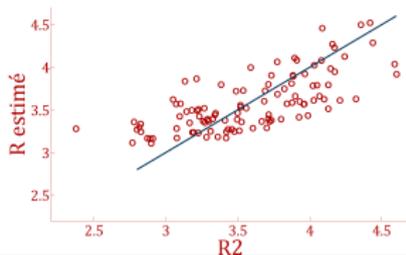
$$R = a_R + b_R \cdot \textit{flou} + c_R \cdot \textit{disp\_cr} + d_R \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp\_cr}$$

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

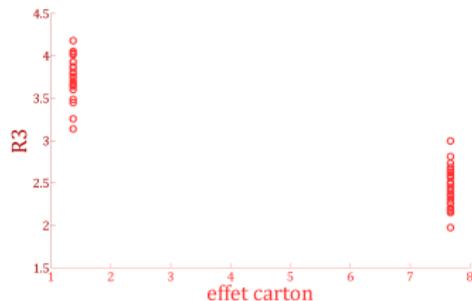


$$R = a_R + b_R \cdot flou + c_R \cdot disp\_cr + d_R \cdot flou \cdot disp\_cr$$

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

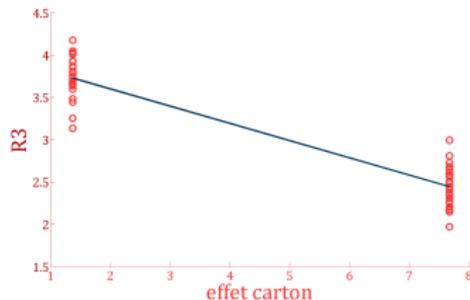


## Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expérience 3)



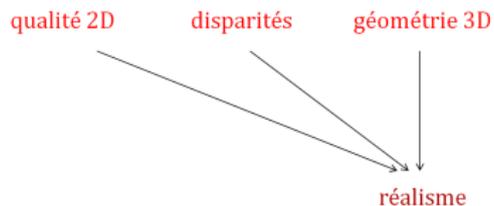
$$R = e_R + f_R \cdot \text{eff\_carton}$$

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



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

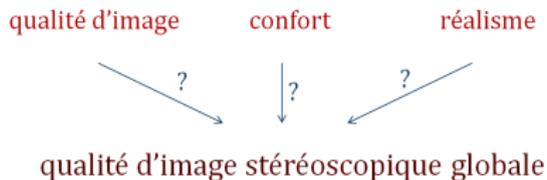
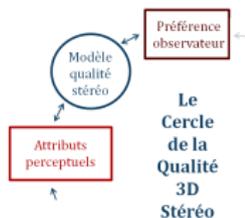
## Étape 1 - les résultats - *réalisme* (Expériences 2 et 3)



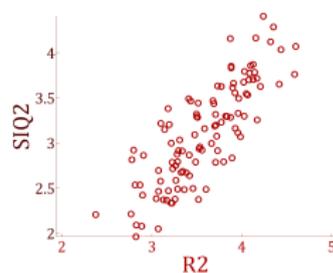
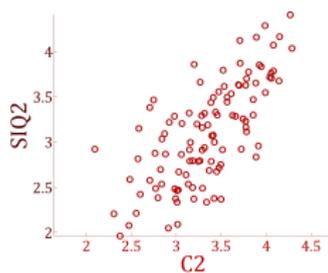
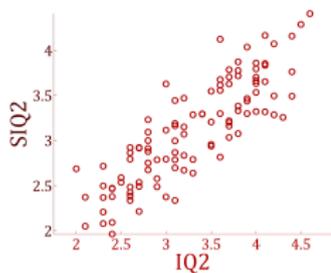
$$R = -3.53 \cdot \textit{flou} - 0.4 \cdot \textit{disp\_cr} + 0.55 \cdot \textit{flou} \cdot \textit{disp\_cr} - 0.2 \cdot \textit{eff\_carton}$$

## Étape 2 - l'objectif

Expliquer le percept global en fonction des attributs perceptuels :

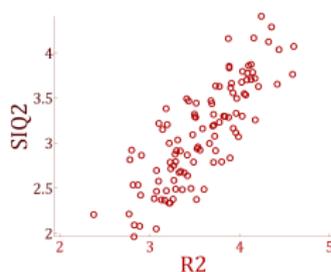
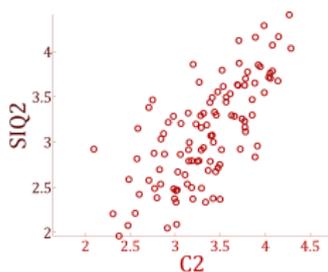
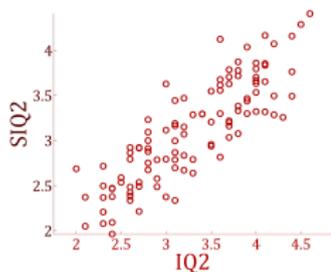


## Étape 2 - les résultats

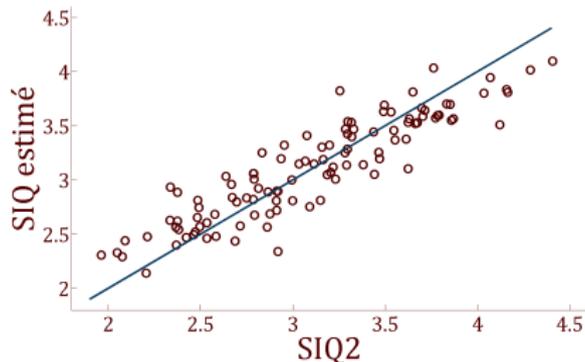


$$SIQ = \alpha \cdot IQ + \beta \cdot C + \gamma \cdot R + \delta$$

## Étape 2 - les résultats

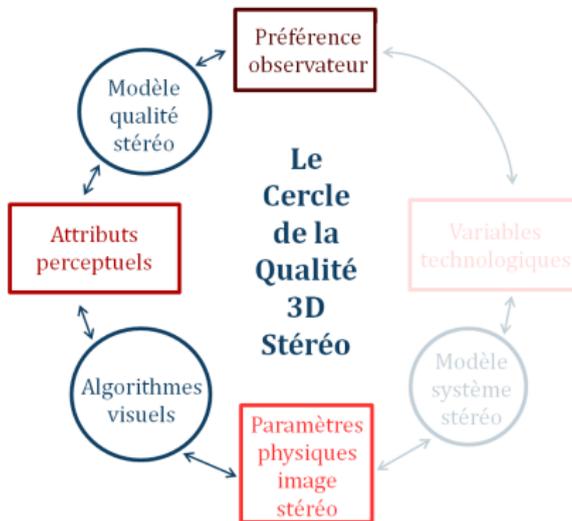


$$SIQ = \alpha \cdot IQ + \beta \cdot C + \gamma \cdot R + \delta \implies SIQ = 0.48 \cdot IQ + 0.23 \cdot C + 0.32 \cdot IR - 0.37$$



# 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

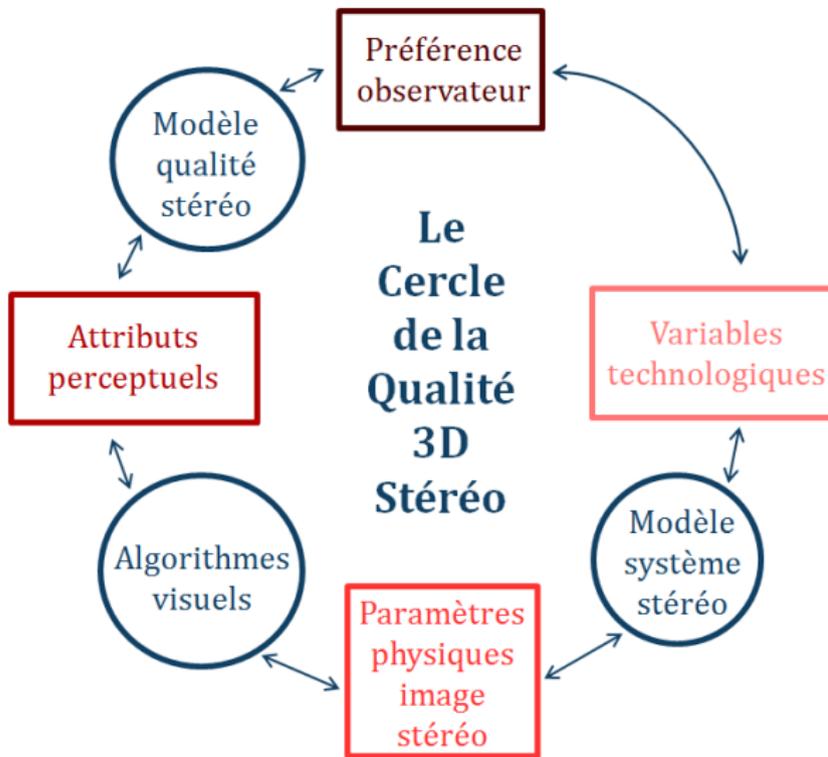
Objectifs

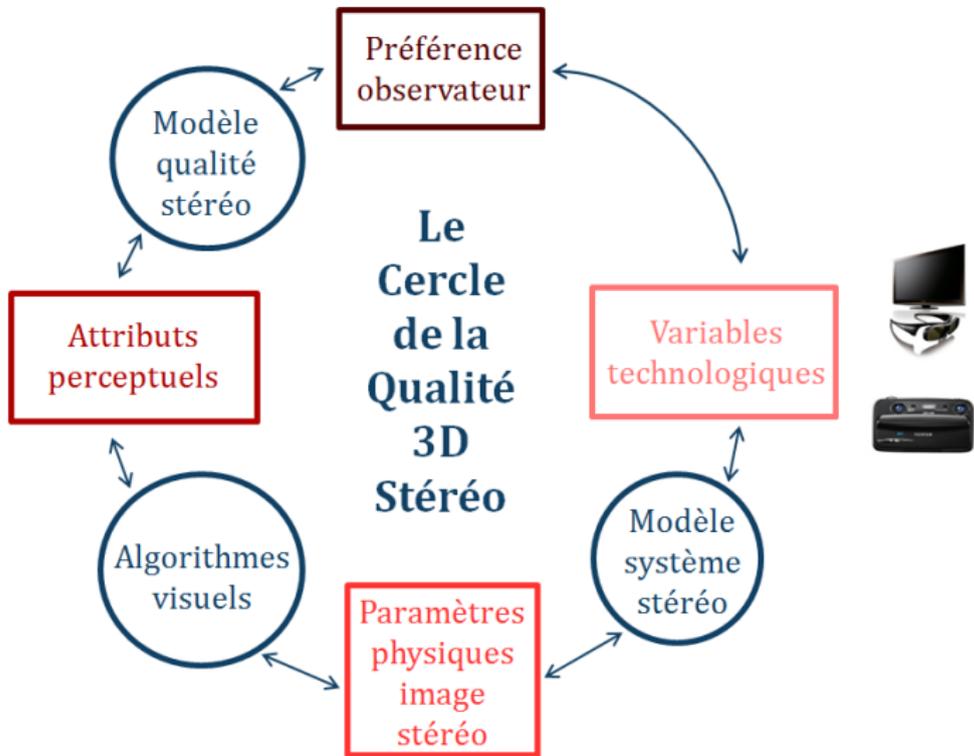
Approche

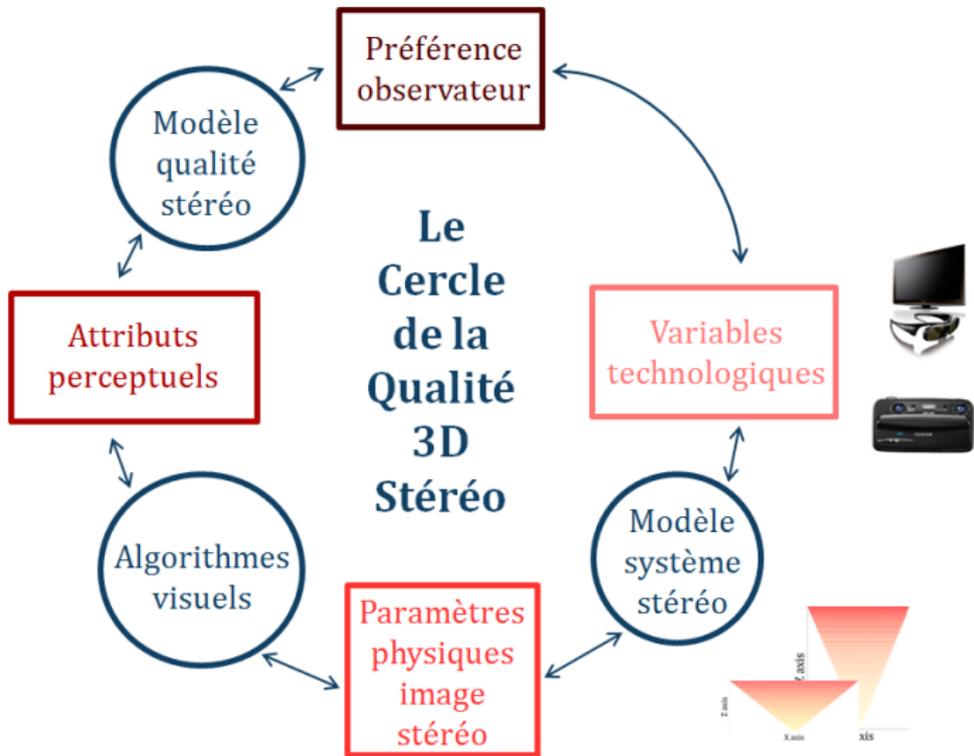
Expériences

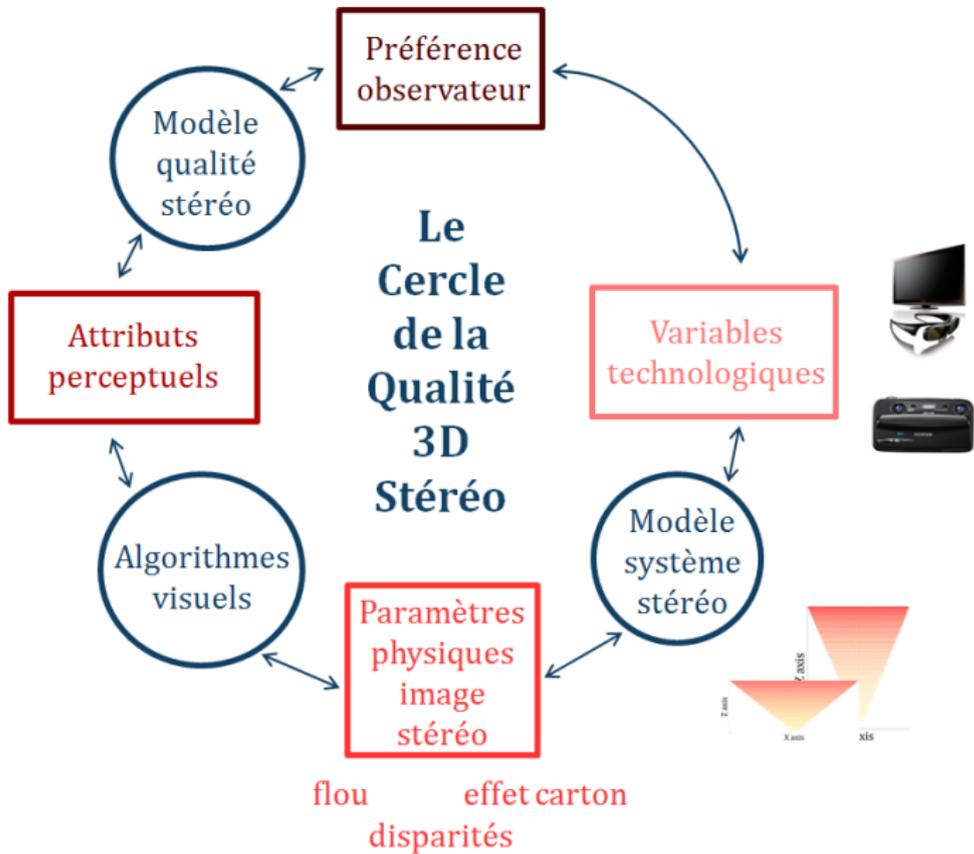
Modèle

Conclusions et perspectives









Préférence observateur

Modèle qualité stéréo

Attributs perceptuels

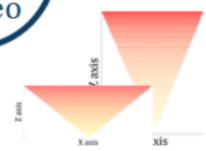
# Le Cercle de la Qualité 3D Stéréo

Variables technologiques

Modèle système stéréo

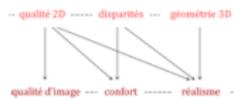
Algorithmes visuels

Paramètres physiques image stéréo



rapport effet carton

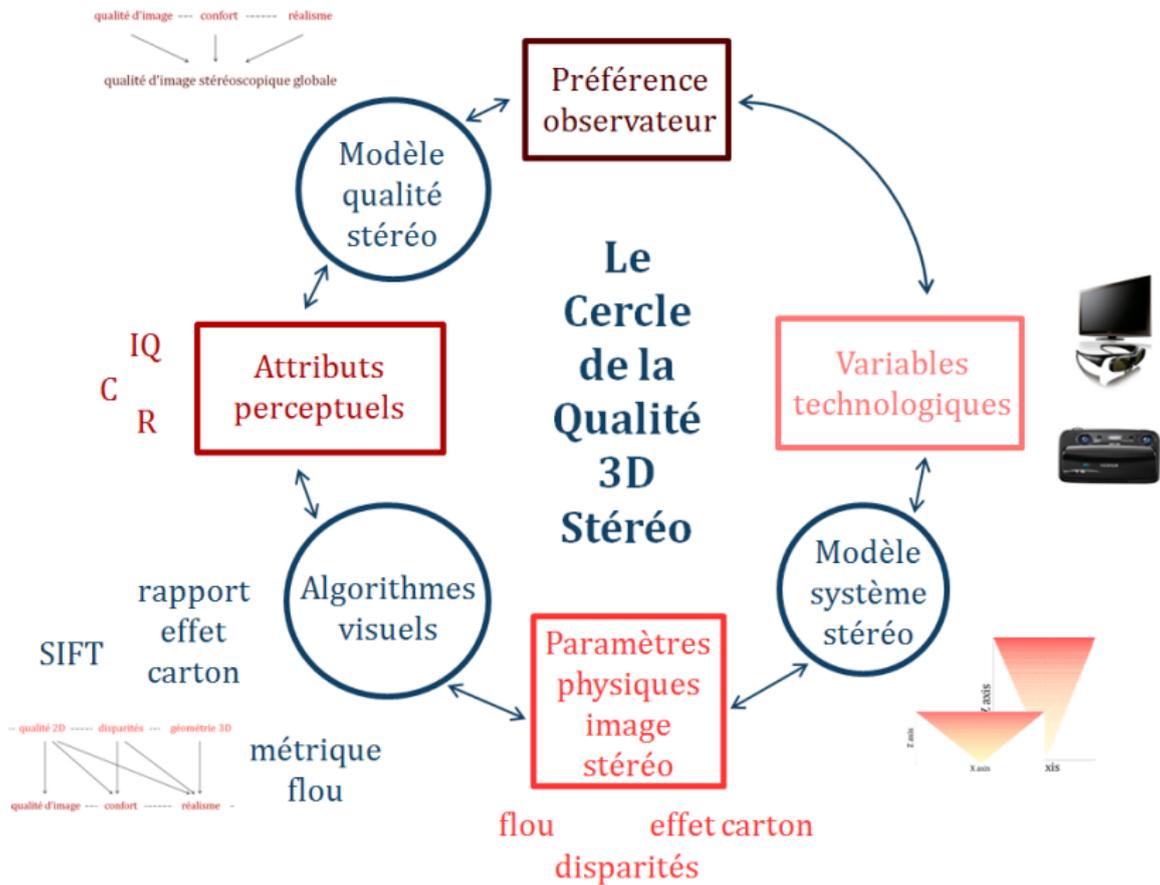
SIFT

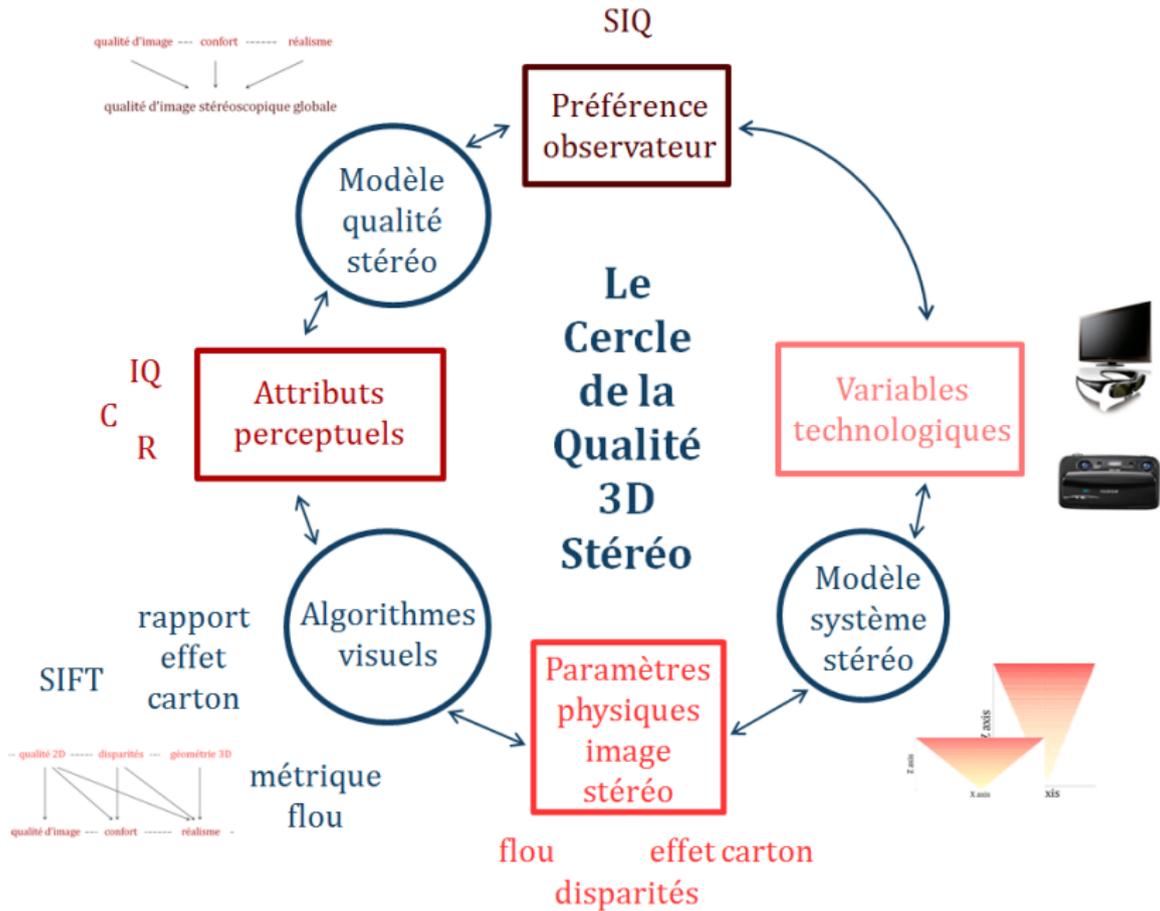


métrique flou

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 !