

Étude de l'influence de la séparation des degrés de liberté pour la manipulation 3D avec surfaces tactiles multipoints.

Anthony Martinet - Octobre 2011





Motivations

Pourquoi ?

Étude de l'influence de la séparation des
degrés de liberté pour la
manipulation 3D avec surfaces **tactiles**

degrés de liberté
manipulation 3D

tactiles



Technologie
tactile



Manipulation
3D



Degrés de
liberté

Technologie tactile



1972
PlatoIV

Technologie tactile



1972
Plato IV



2007
iPhone

Technologie tactile



1972
PlatoIV



2007
iPhone



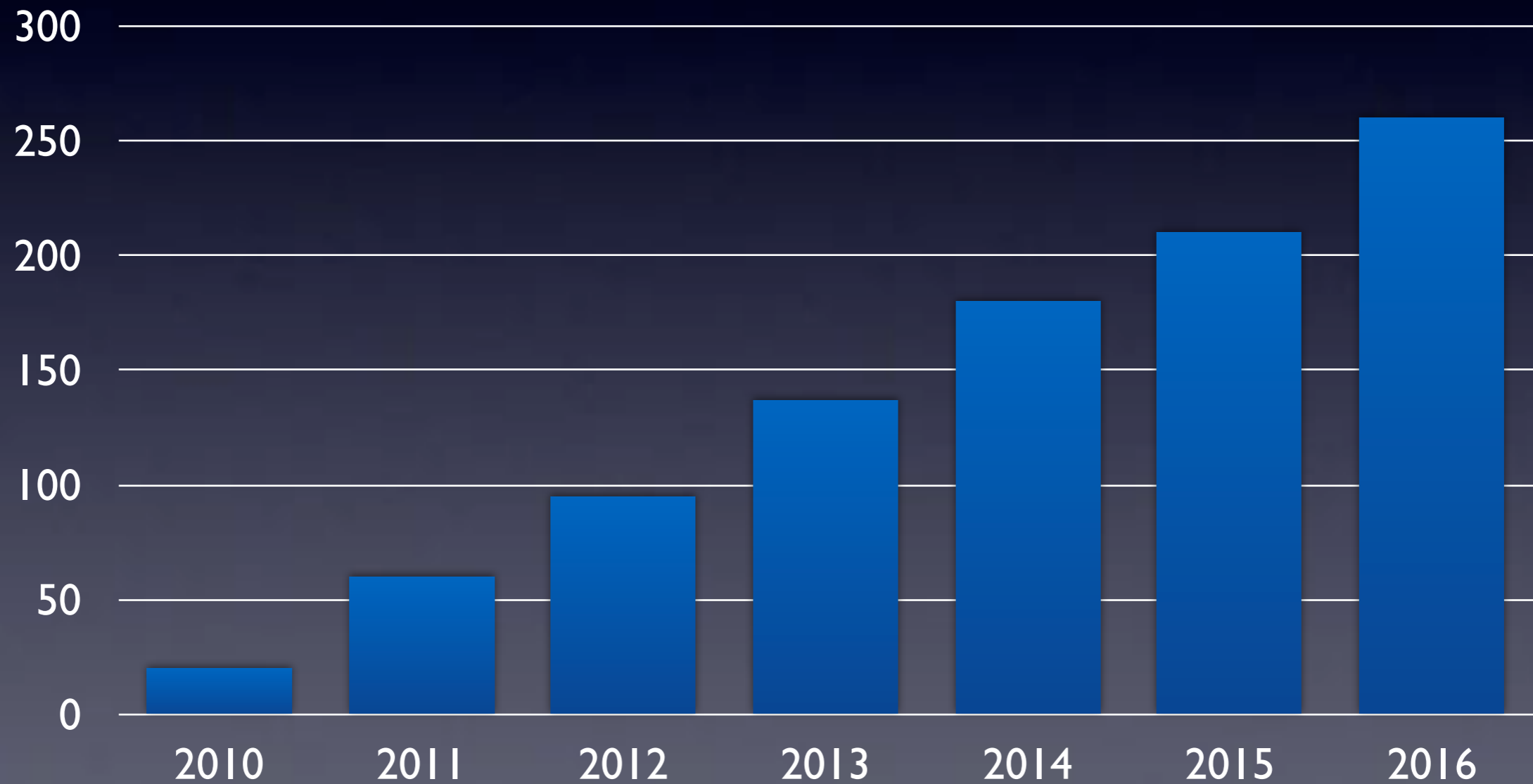
2010
iPad

Technologie tactile

■ Vente de tablettes (millions d'unités)

Technologie tactile

■ Vente de tablettes (millions d'unités)



Source : Rapport DisplaySearch 2011

Technologie tactile

- Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics

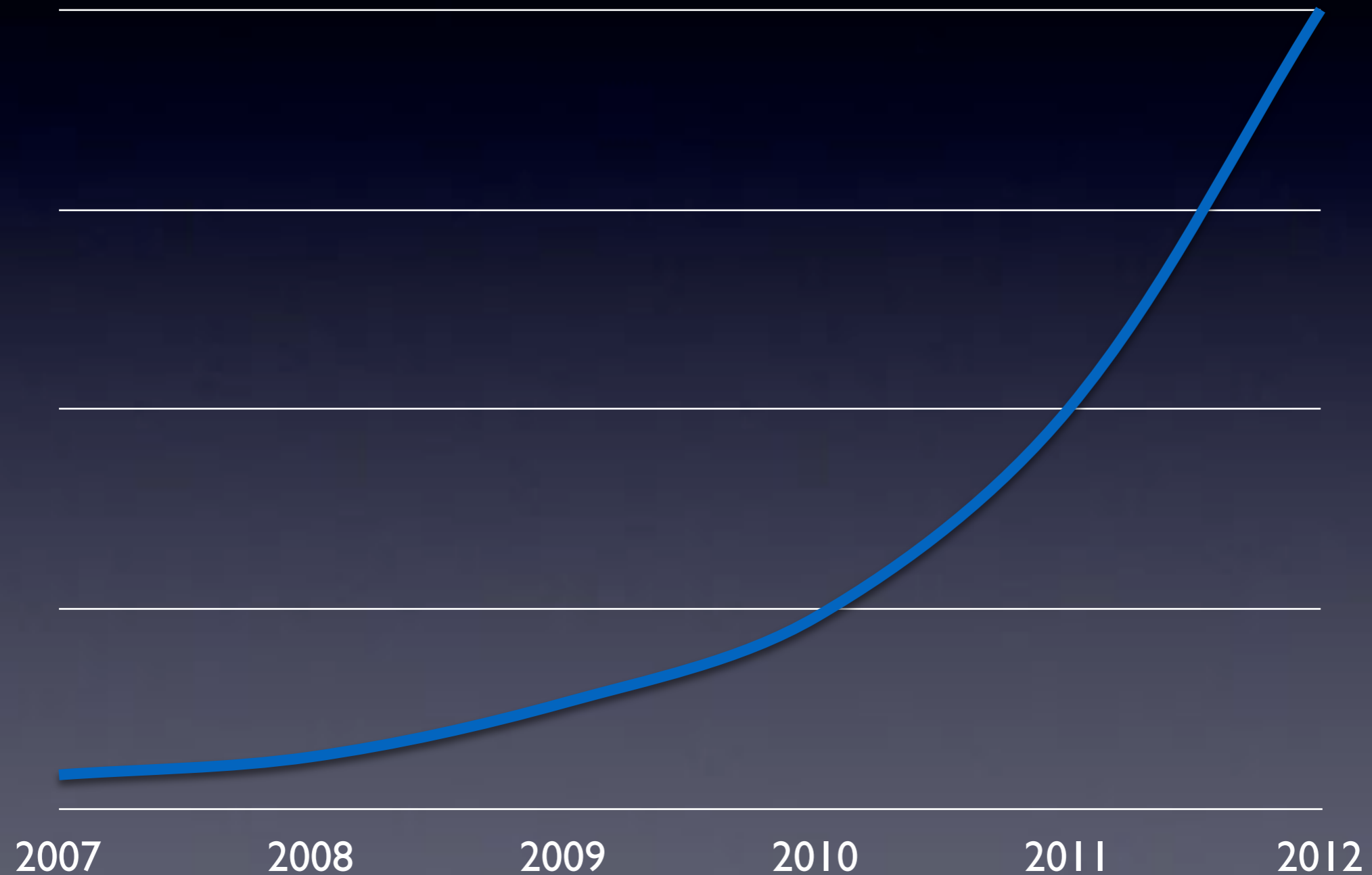
Technologie tactile

— Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics



Technologie tactile

— Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics



Technologie tactile

- Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics



Technologie tactile

- Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics



Technologie tactile

- Nombre de périphériques tactiles dans les espaces publics





Attractif



Attractif



Plaisir



Attractif



Plaisir



Robuste



Attractif



Plaisir



Robuste



Sans fil



Barrière d'entrée



Barrière d'entrée



Futur



Barrière d'entrée



Futur



Maintenant



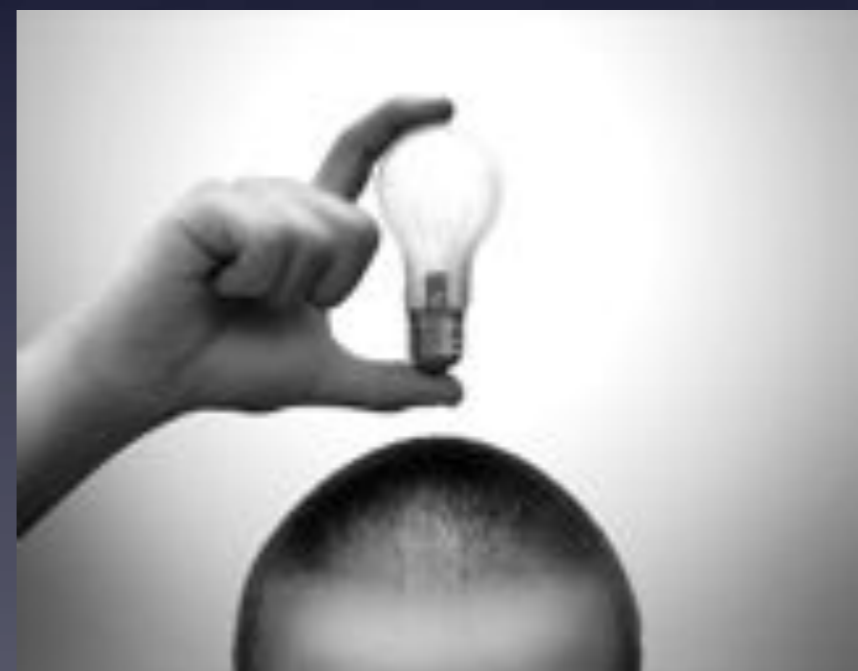
Barrière d'entrée



Futur



Maintenant



Outils ?



Technologie
tactile



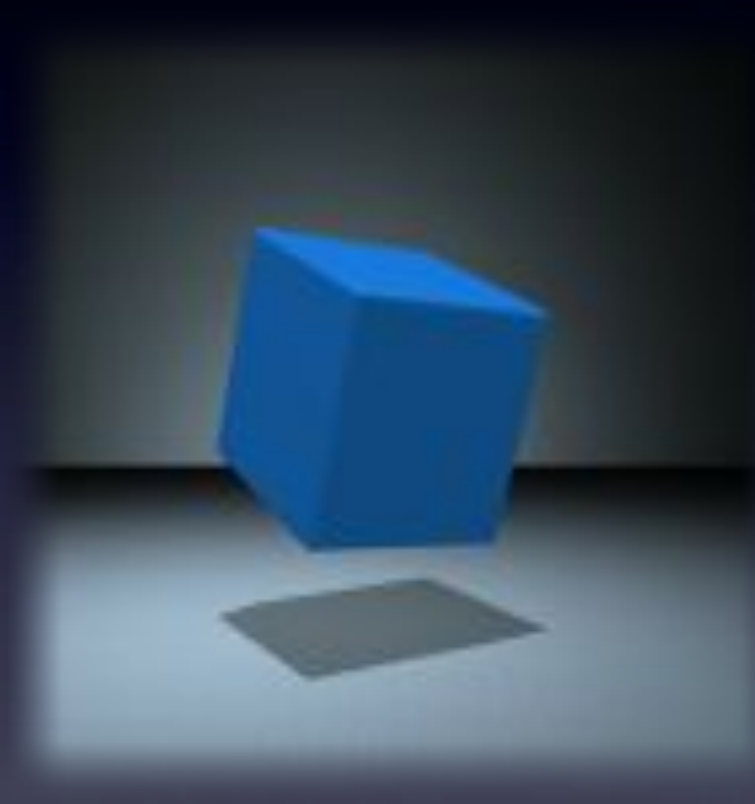
Manipulation
3D



Degrés de
liberté



Technologie
tactile



Manipulation
3D



Degrés de
liberté

3D : [Bowman et al.2004]

Interfaces 3D

3D : [Bowman et al.2004]

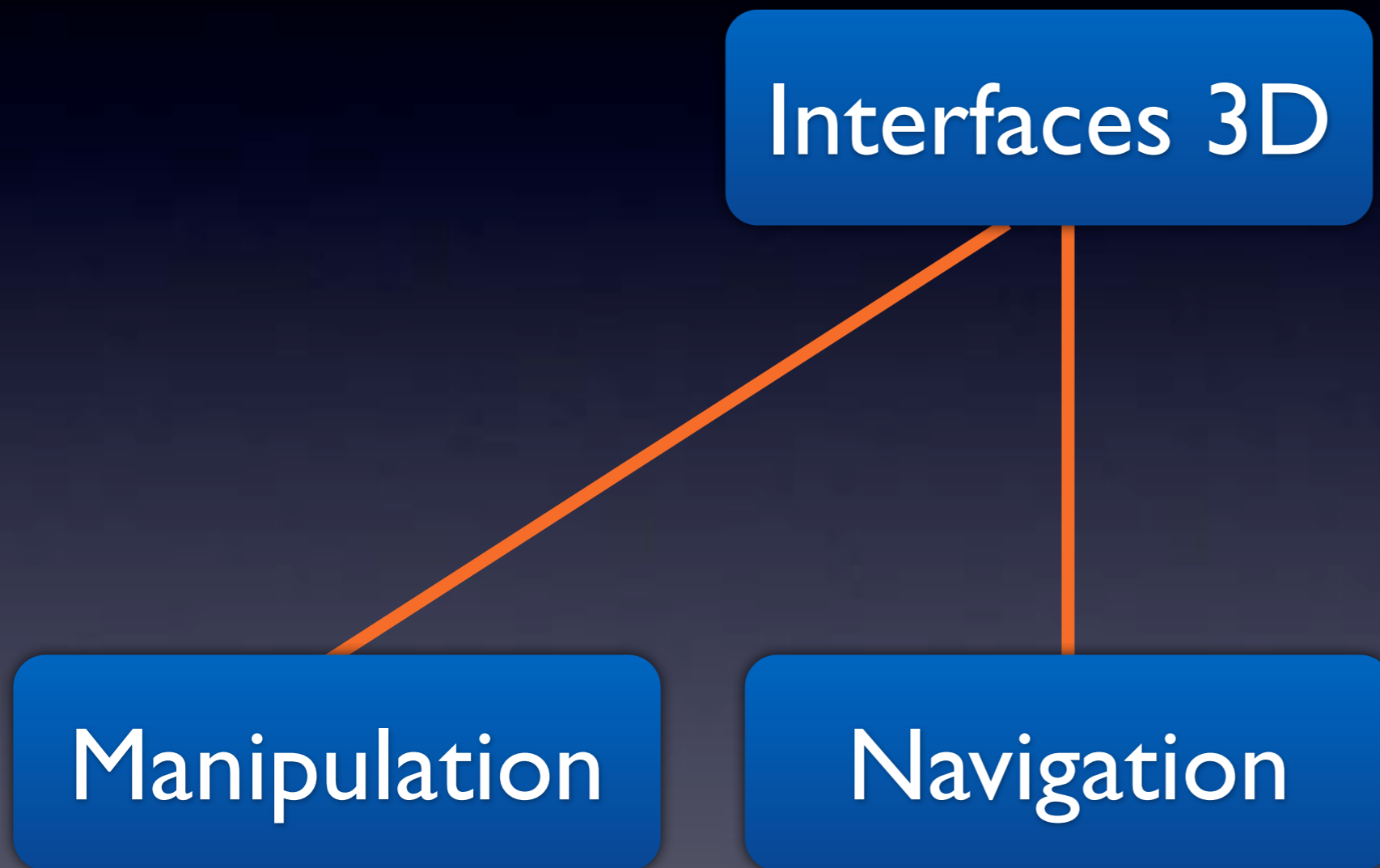
Interfaces 3D

```
graph TD; Manipulation --- Interfaces3D[Interfaces 3D];
```

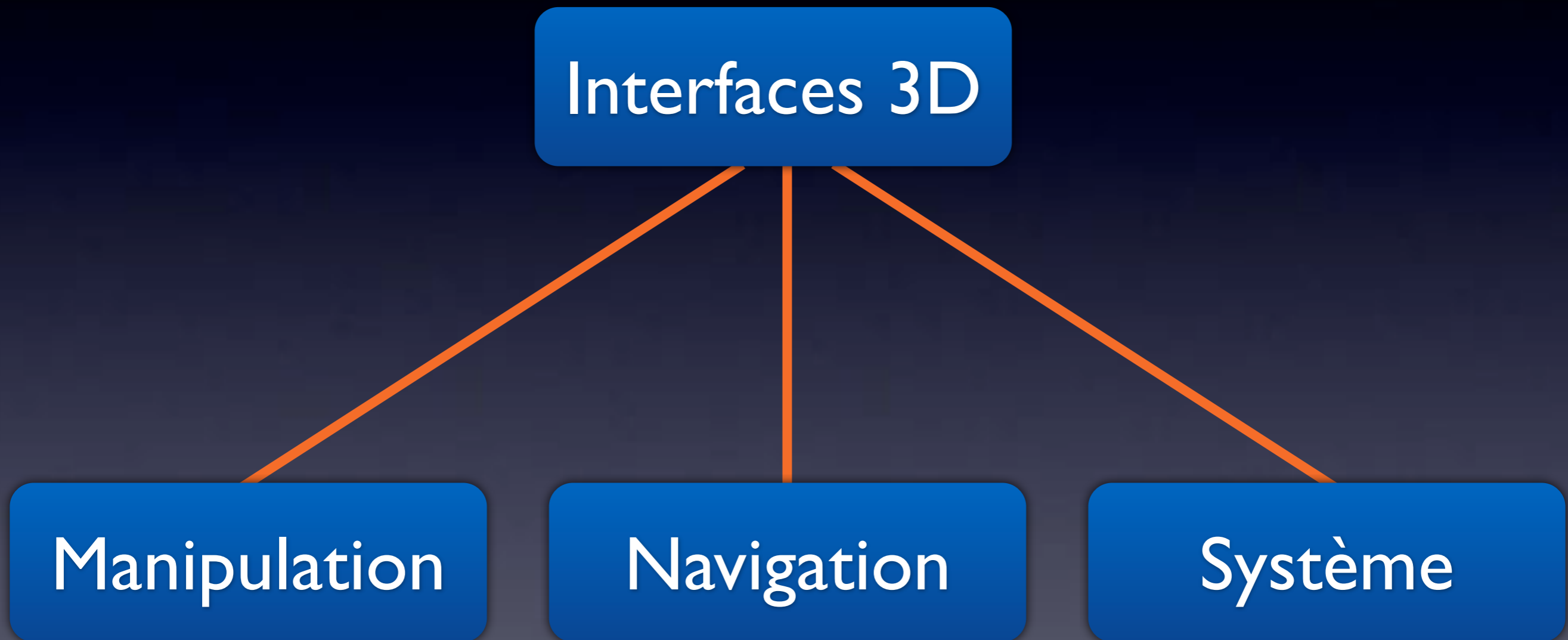
A diagram consisting of two blue rounded rectangular boxes. The box on the left contains the word 'Manipulation' in white text. The box on the right contains the text 'Interfaces 3D' in white text. A solid orange line connects the bottom-right corner of the 'Manipulation' box to the bottom-left corner of the 'Interfaces 3D' box, indicating a relationship or flow between the two concepts.

Manipulation

3D : [Bowman et al.2004]



3D : [Bowman et al.2004]



3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation

3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation 3D

3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation 3D

```
graph TD; A[Manipulation 3D] --- B[Sélection];
```

The diagram consists of two blue rounded rectangular boxes. The top box is labeled 'Manipulation 3D' and the bottom box is labeled 'Sélection'. A solid orange line connects the bottom-left corner of the 'Manipulation 3D' box to the top-right corner of the 'Sélection' box, indicating a relationship or flow between the two concepts.

Sélection

3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation 3D

```
graph TD; A[Manipulation 3D] --- B[Sélection]; A --- C[Positionnement];
```

Sélection

Positionnement

3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation 3D

```
graph TD; A[Manipulation 3D] --- B[Sélection]; A --- C[Positionnement]; A --- D[Orientation];
```

Sélection

Positionnement

Orientation

3D : [Bowman et al.2004]

Manipulation 3D

```
graph TD; A[Manipulation 3D] --- B[Sélection]; A --- C[Positionnement]; A --- D[Orientation]; A --- E[Modification];
```

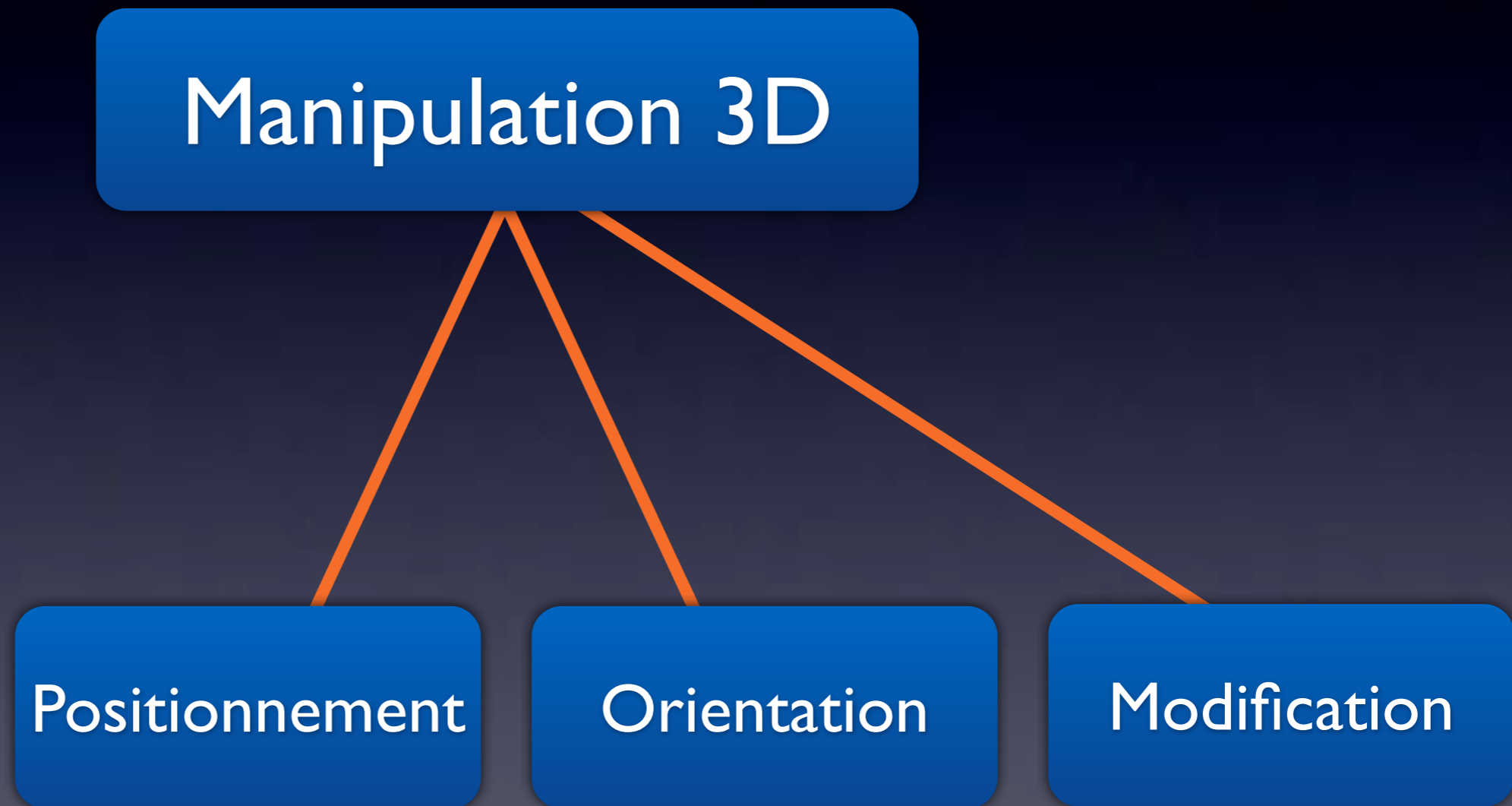
Sélection

Positionnement

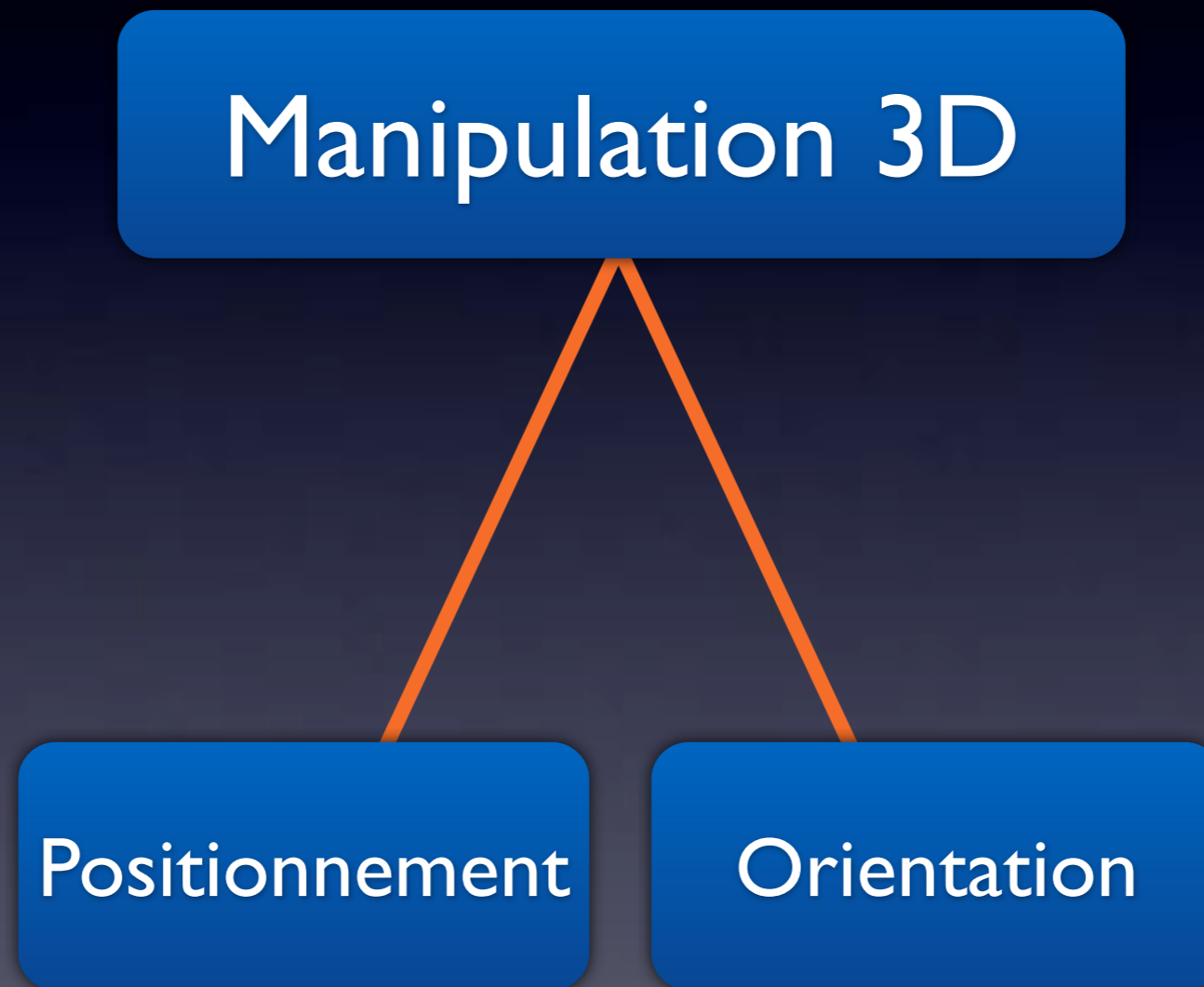
Orientation

Modification

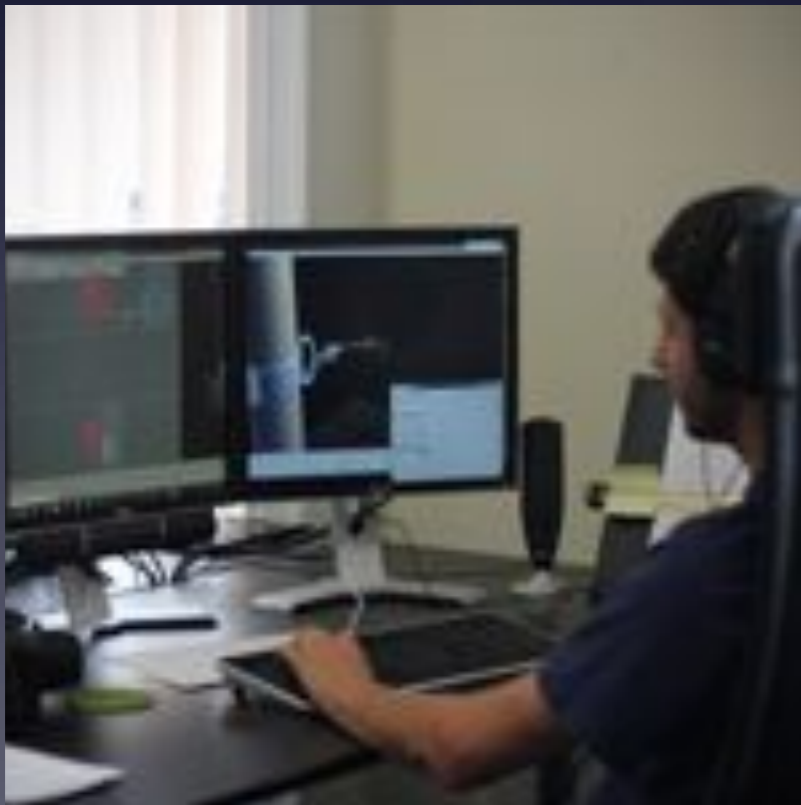
3D : [Bowman et al.2004]



3D : [Bowman et al.2004]

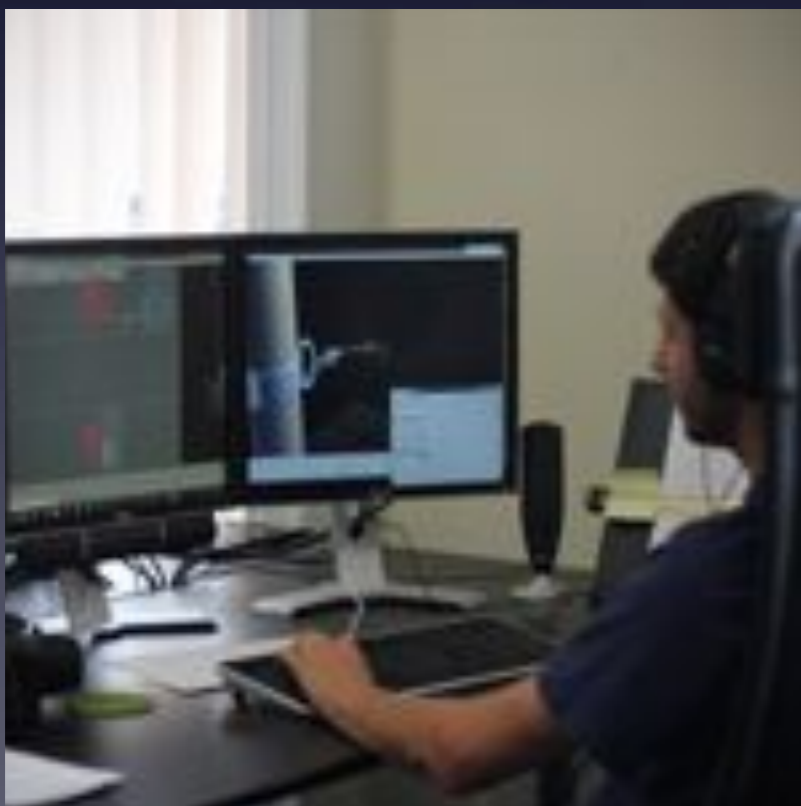


3D



Production de contenu

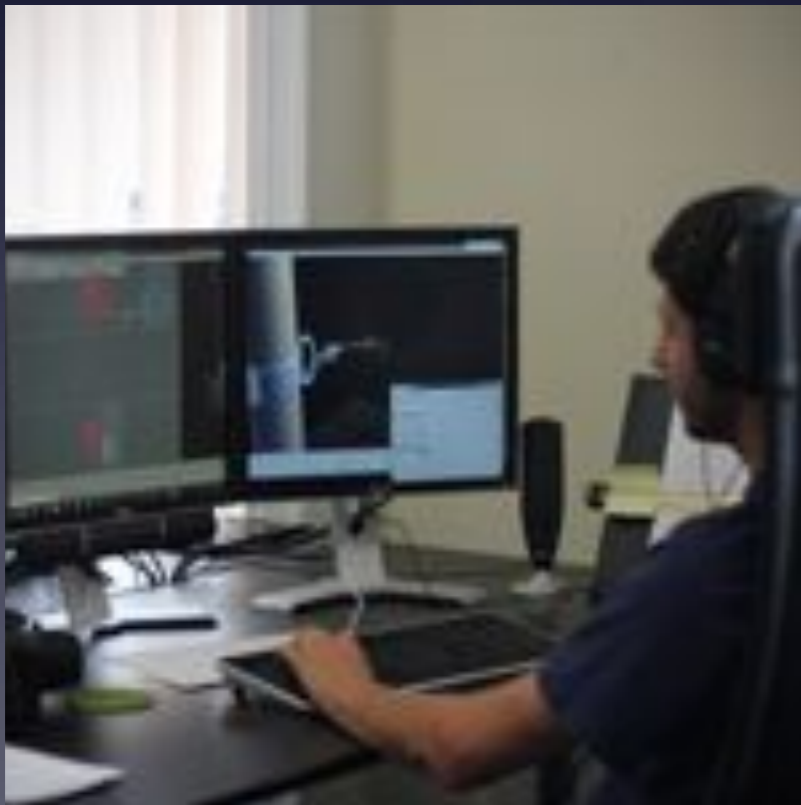
3D



Production
de
contenu

Consommation
de
contenu

3D



Production
de
contenu

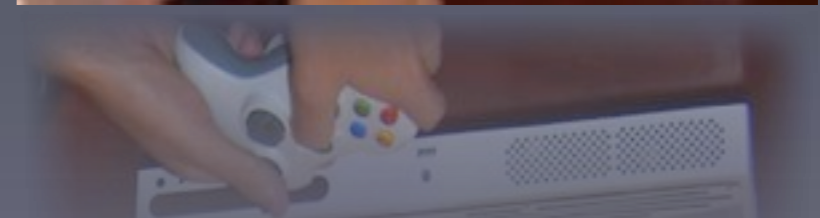
Consommation
de
contenu

3D



Consommation
de
contenu

3D

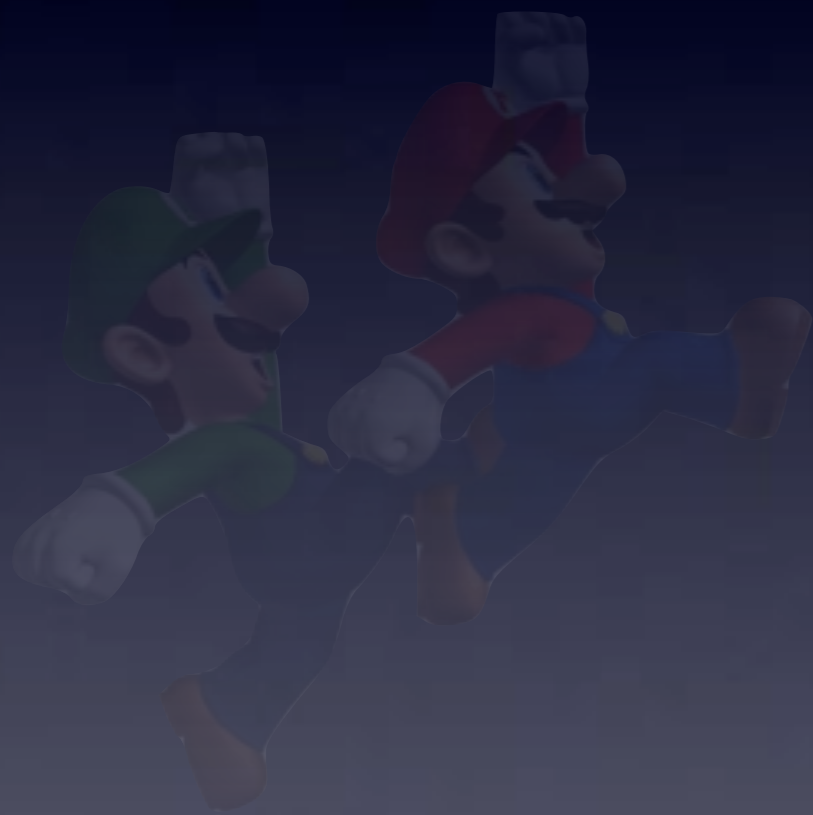


Consommation
de
contenu

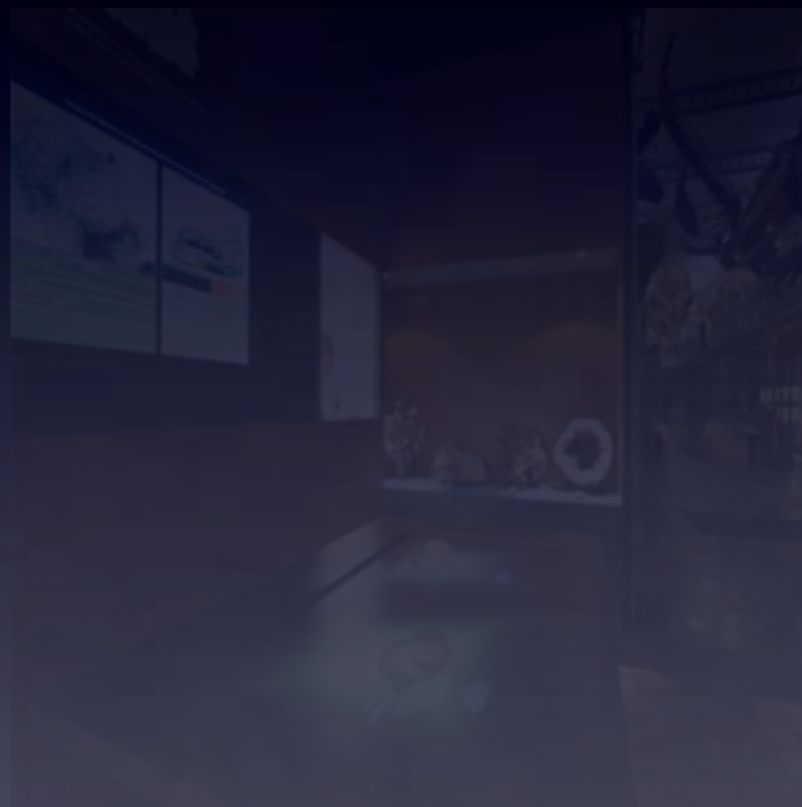
3D



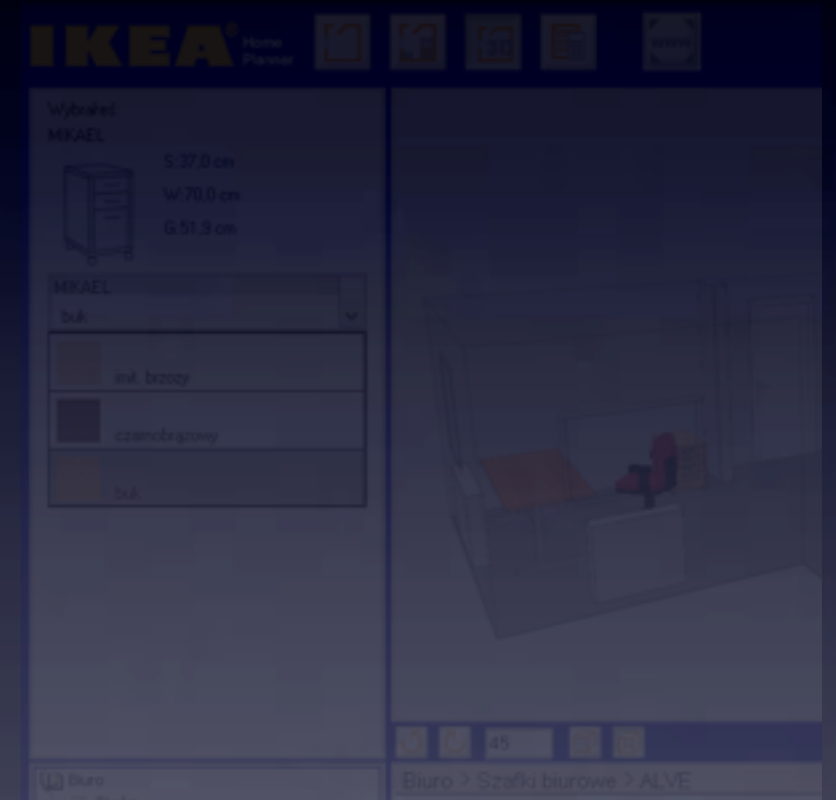
Utilisation de la 3D



Issu du jeu vidéo



Musées /
Expositions



Grand public

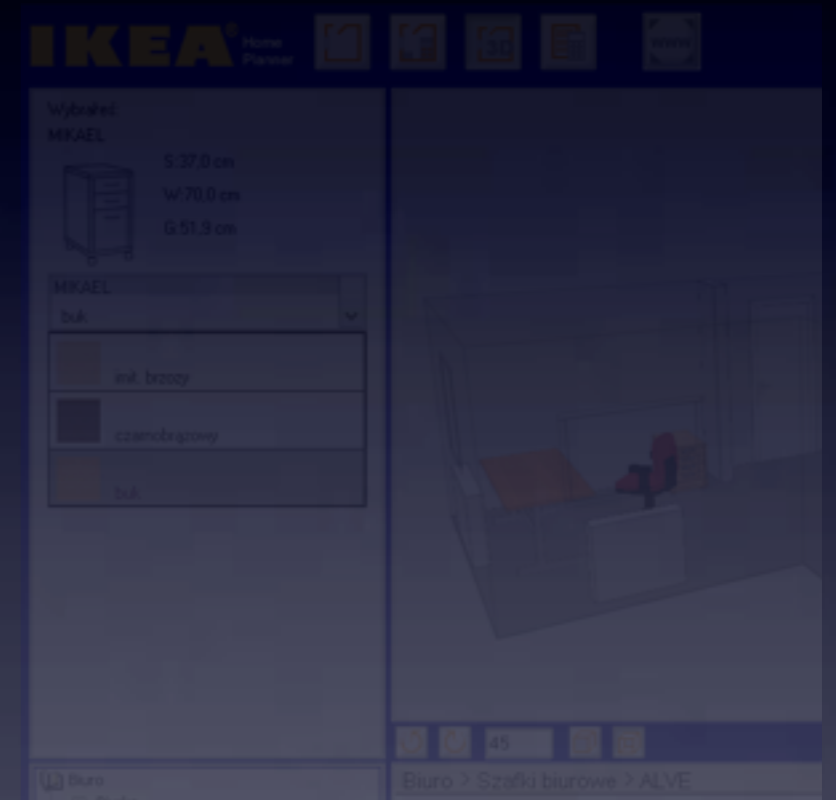
Utilisation de la 3D



Issu du jeu vidéo



Musées /
Expositions



Grand public

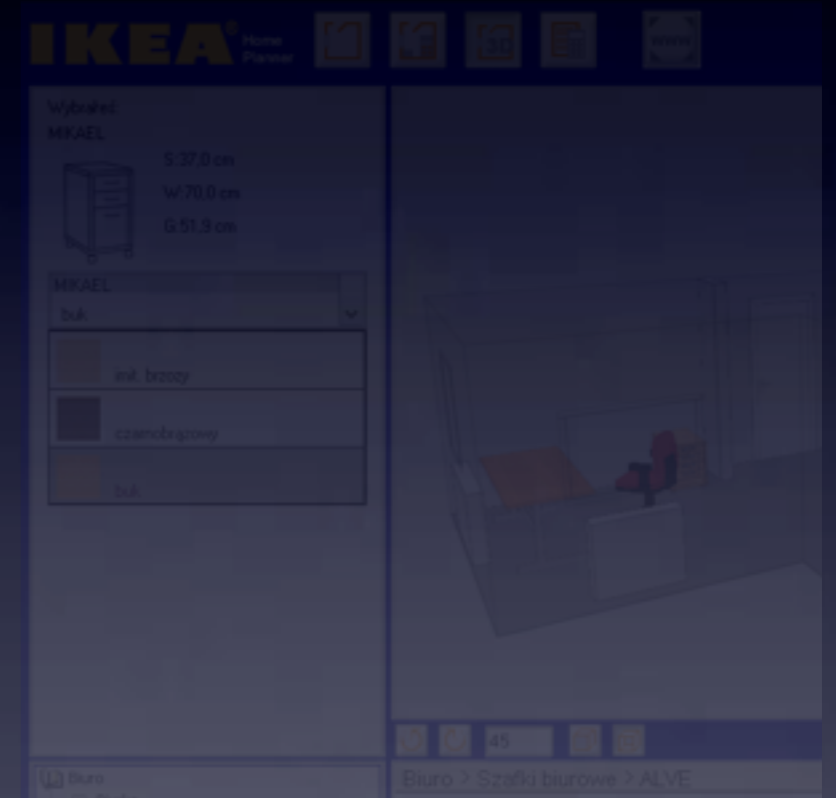
Utilisation de la 3D



Issu du jeu vidéo



Musées /
Expositions



Grand public

Utilisation de la 3D



Issu du jeu vidéo



Musées /
Expositions



Grand public

Notre motivation

Notre motivation



Notre motivation



Outil adapté

Notre motivation



Outil adapté





Technologie
tactile



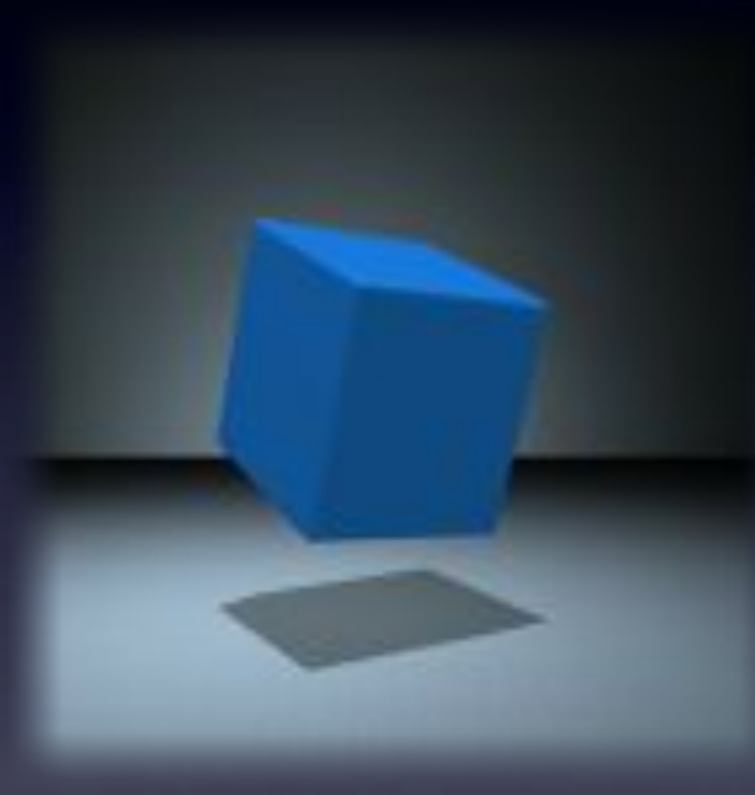
Manipulation
3D



Degrés de
liberté



Technologie
tactile



Manipulation
3D



Degrés de
liberté

Degré de liberté



Notion
mécanique



Mouvements

Degré de liberté



Notion
mécanique



Mouvements

Degré de liberté

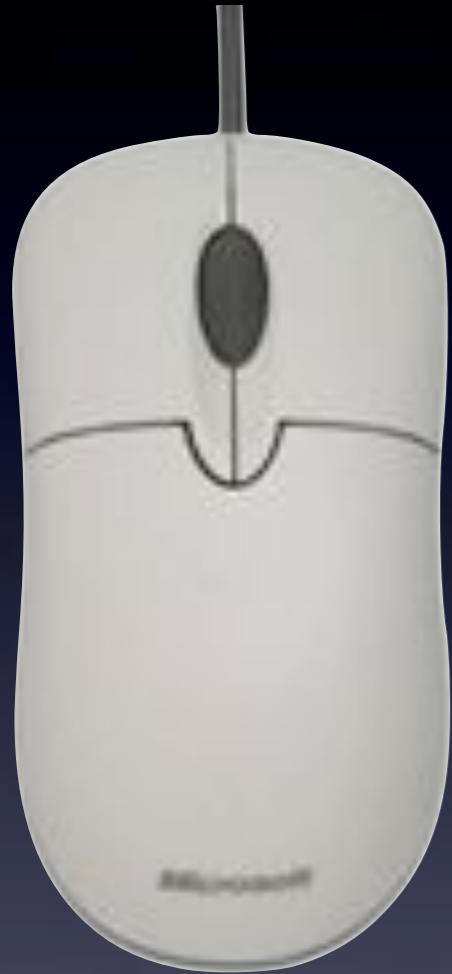


Notion
mécanique



Mouvements

Exemple



Exemple



- Mouvements ?

Exemple

- Mouvements ?



Exemple



- Mouvements ?
- Déplacements 2D
 - Horizontaux
 - Verticaux

Exemple



- Mouvements ?
- Déplacements 2D
 - Horizontaux
 - Verticaux
- 2 Degrés De Libertés (DDL)

Degrés de liberté : [Jacob 1994]

Degrés de liberté : [Jacob 1994]

intégrés *ou* séparés

Degrés de liberté : [Jacob 1994]

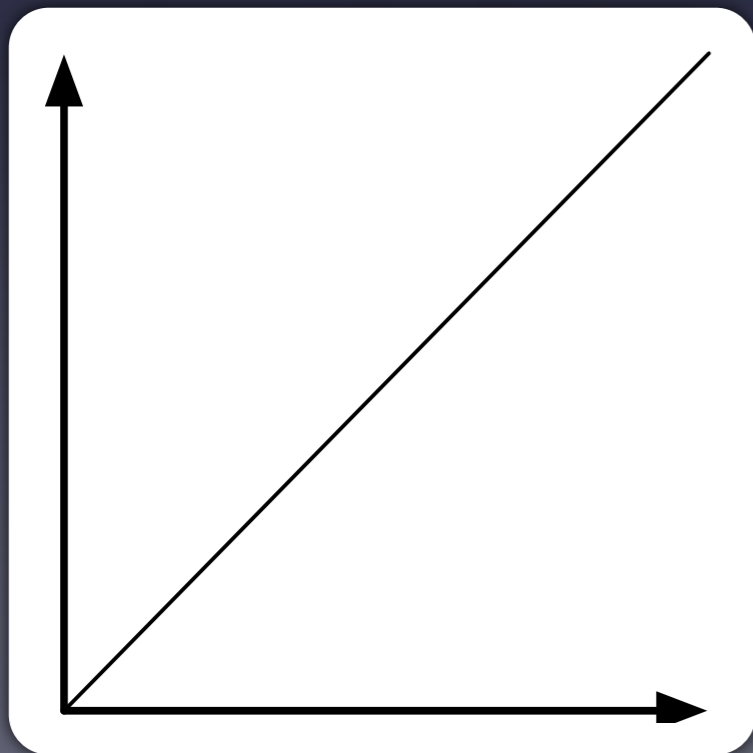
intégrés *ou* séparés

Possibilité de mouvements diagonaux
entre les dimensions des DDL

Degrés de liberté : [Jacob 1994]

intégrés *ou* séparés

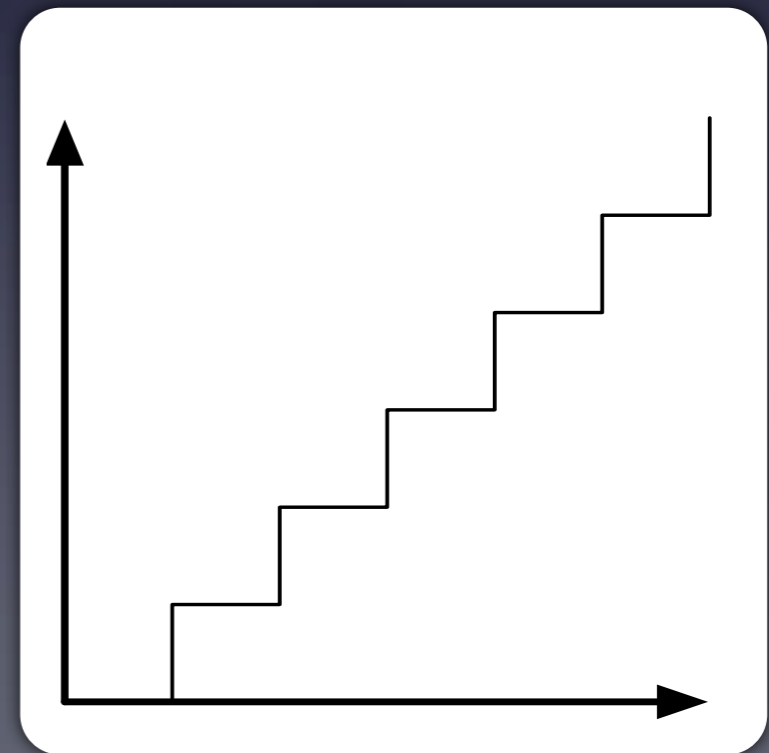
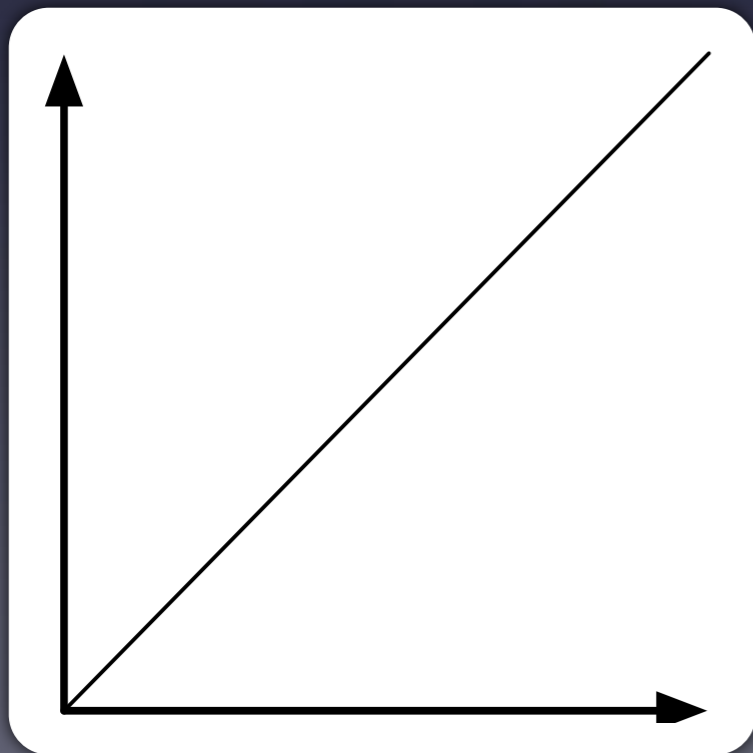
Possibilité de mouvements diagonaux
entre les dimensions des DDL



Degrés de liberté : [Jacob 1994]

intégrés *ou* séparés

Possibilité de mouvements diagonaux
entre les dimensions des DDL



Degrés de liberté :

VS

Degrés de liberté :

Intégrés

Possibilité de
mouvements
simultanés

VS

Degrés de liberté :

Intégrés

Possibilité de
mouvements
simultanés

VS



Degrés de liberté :

Intégrés

Possibilité de
mouvements
simultanés

Séparés

Mouvement
indépendant

VS



Degrés de liberté :

Intégrés

Possibilité de
mouvements
simultanés



Séparés

Mouvement
indépendant



VS

Exemple





Exemple



Exemple

Position horizontale

Position verticale



Exemple

Position horizontale
Position verticale

DDL intégrés



Exemple



Position horizontale
Position verticale



Molette

DDL intégrés



Exemple



Position horizontale
Position verticale

DDL intégrés



Molette

DDL séparé





Définition intrinsèque
Possibilités ...



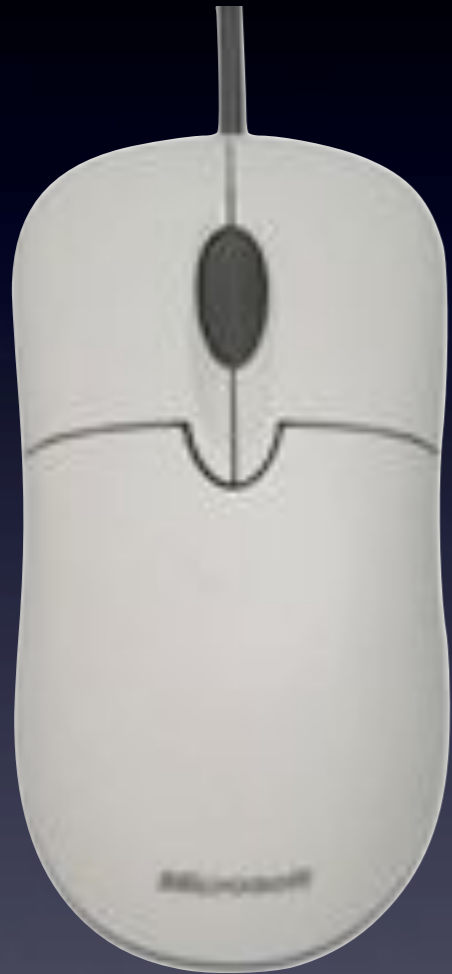
Définition intrinsèque
Possibilités ...



Utilisateur ?

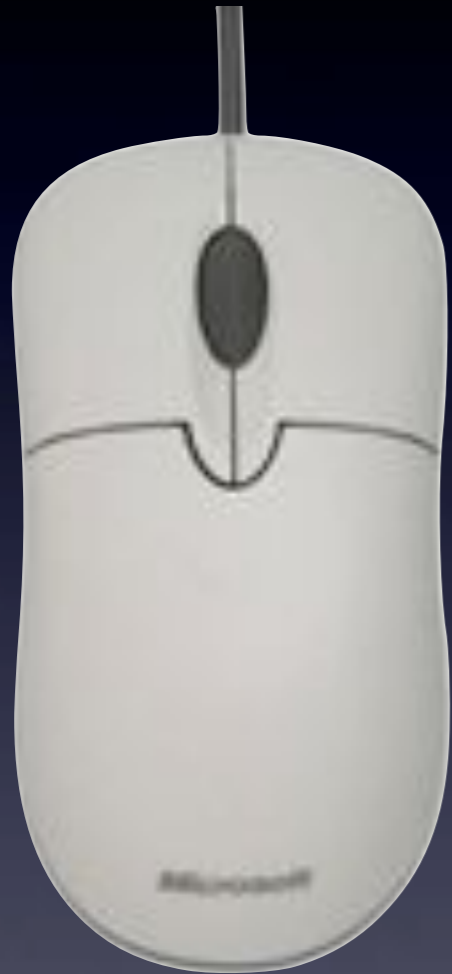
Mouvements coordonnés

Mouvements coordonnés



DDL intégrés

Mouvements coordonnés

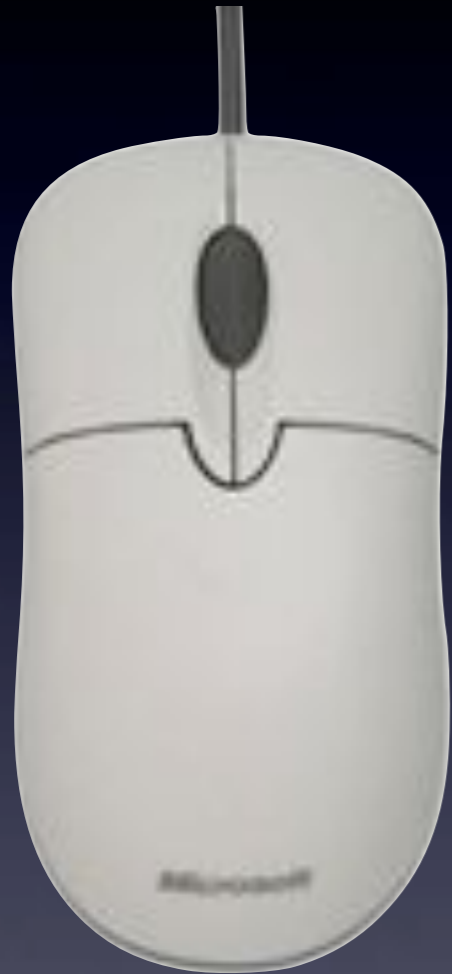


DDL intégrés



DDL séparé

Mouvements coordonnés



DDL intégrés
DDL séparé



Mouvements coordonnés



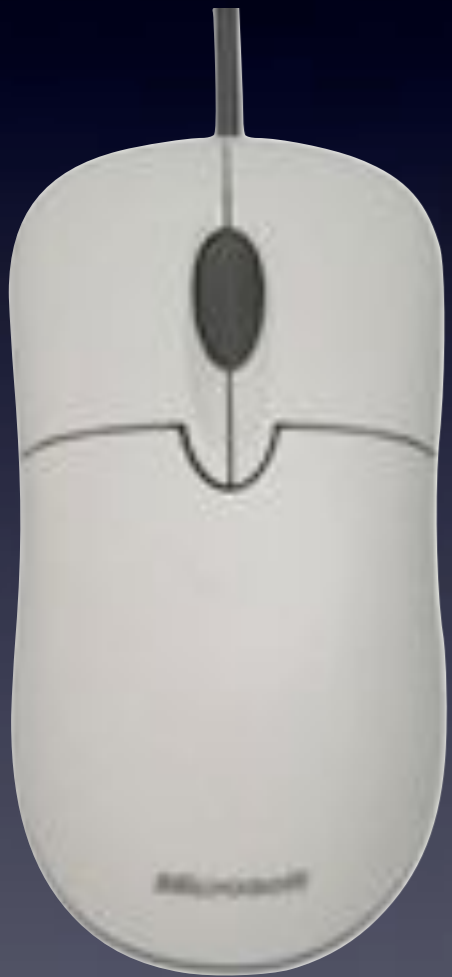
DDL intégrés
DDL séparé



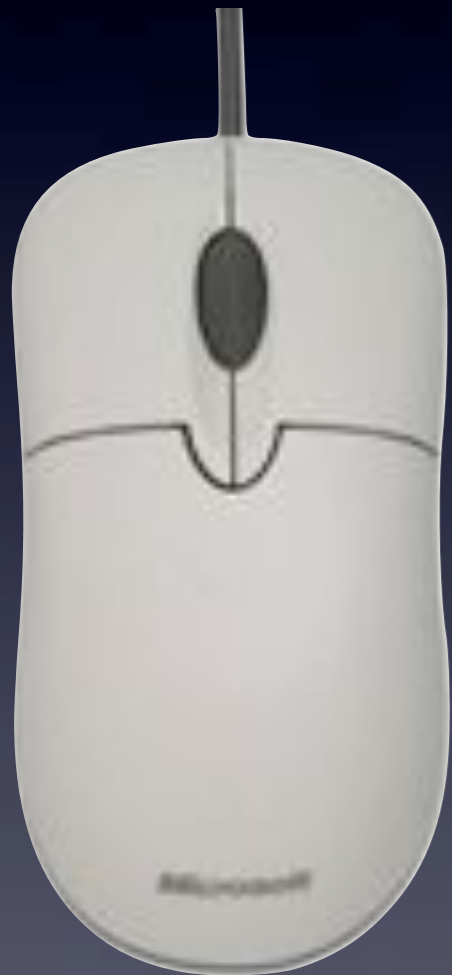
Intégration

Mouvements dissociés

Mouvements dissociés



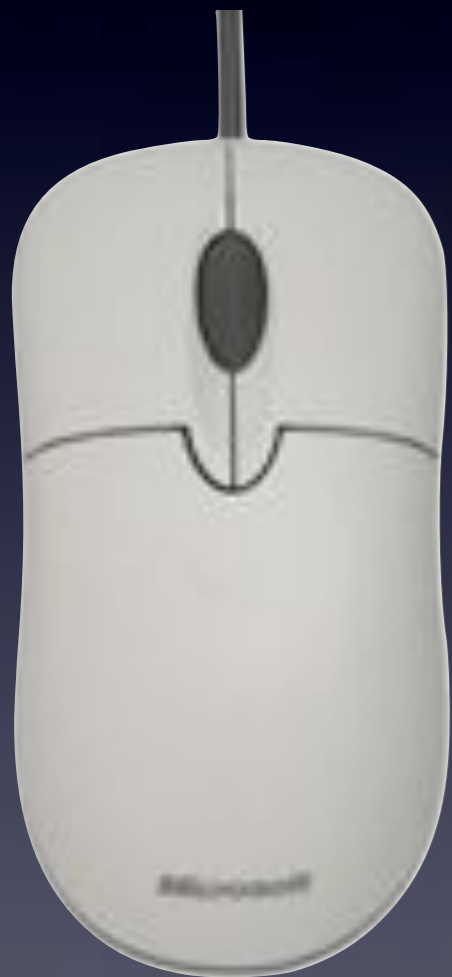
Mouvements dissociés



Position
horizontale

Position
verticale

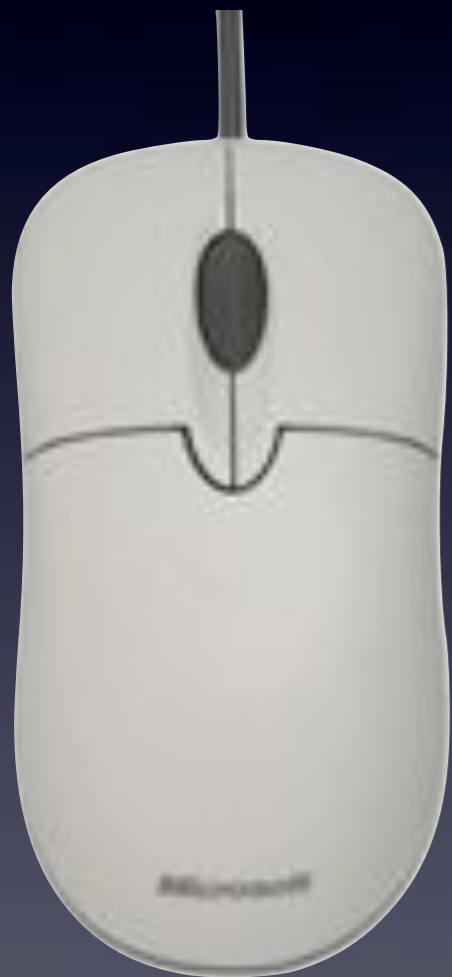
Mouvements dissociés



Position
horizontale

Position
verticale

Mouvements dissociés



Séparation

Position
horizontale

Position
verticale

Résumé DDL

DDL





Mouvements
dissociés

Mouvements
coordonnés




Séparation DDL

Intégration DDL




Résumé DDL

DDL	Intégrés	
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL




Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL




Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	
	Séparation DDL	




Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL




Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL




Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL

Résumé DDL

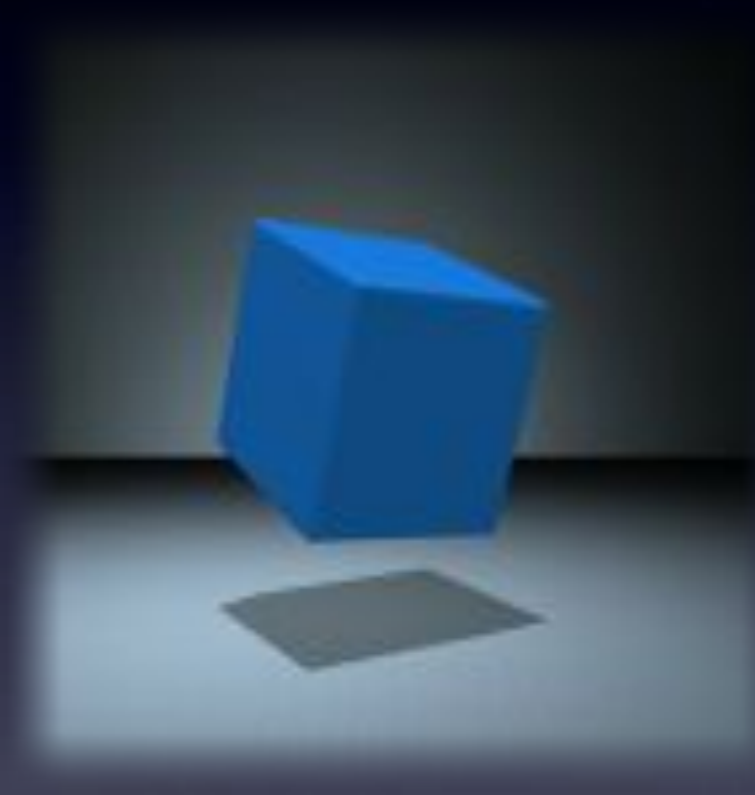
DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL

Résumé DDL

DDL	Intégrés	Séparés
		
	Mouvements dissociés	Mouvements coordonnés
	Séparation DDL	Intégration DDL



Technologie
tactile



Manipulation
3D



Degrés de
liberté

Cadre



Cadre



Cadre



CAP SCIENCES

Déroulement



Déroulement

- Analyse



Déroulement

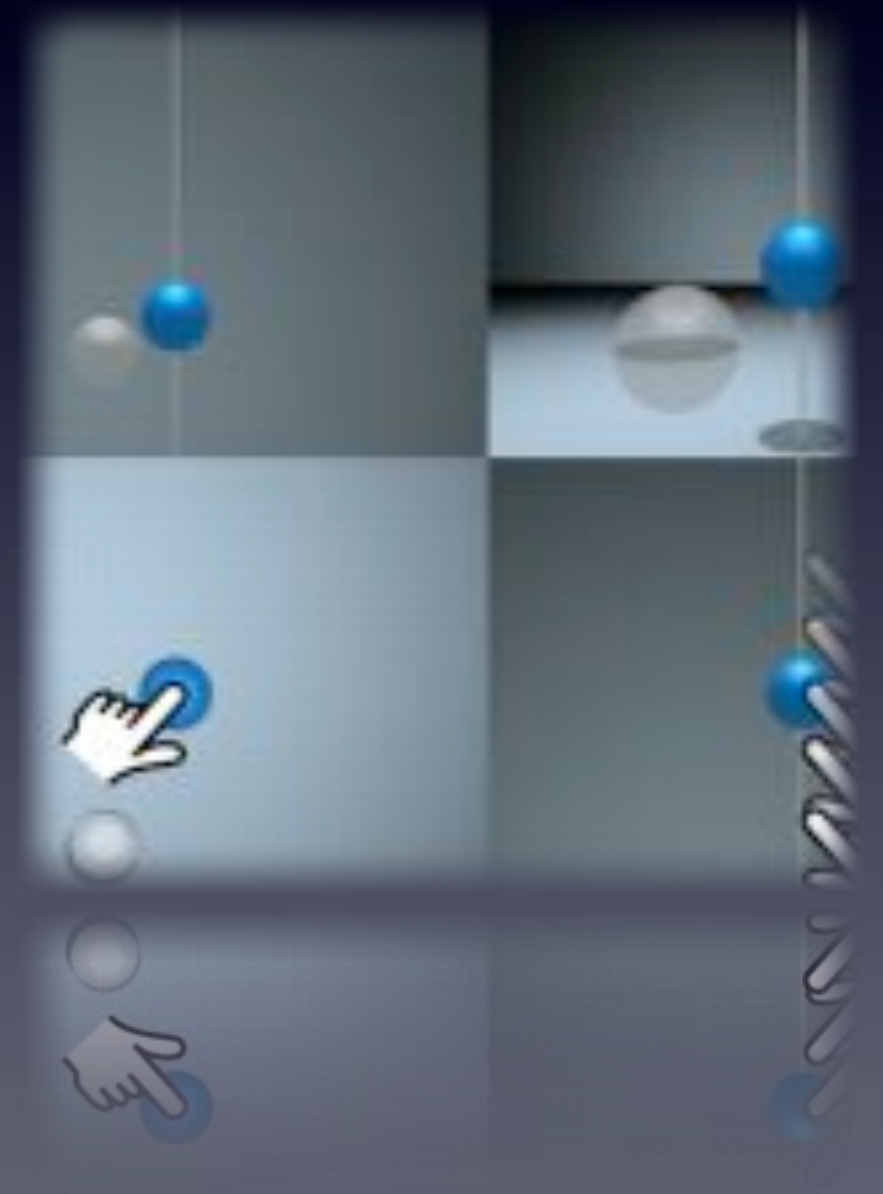
- Analyse
- Taxonomie

	Translation			
Code	Tx	Ty	Tz	Rx
1	①	①		
2	②	②	②	
3	②	②	②	①

5	5	5	1
2	2	2	1

Déroulement

- Analyse
- Taxonomie
- Positionnement 3D



Déroulement

- Analyse
- Taxonomie
- Positionnement 3D
- Manipulation 3D

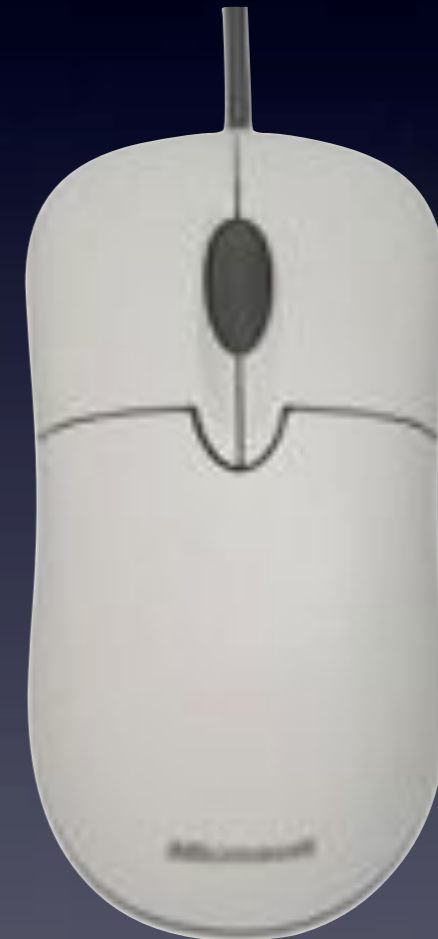




Analyse

Quels sont les problèmes ?

Technologie multipoint

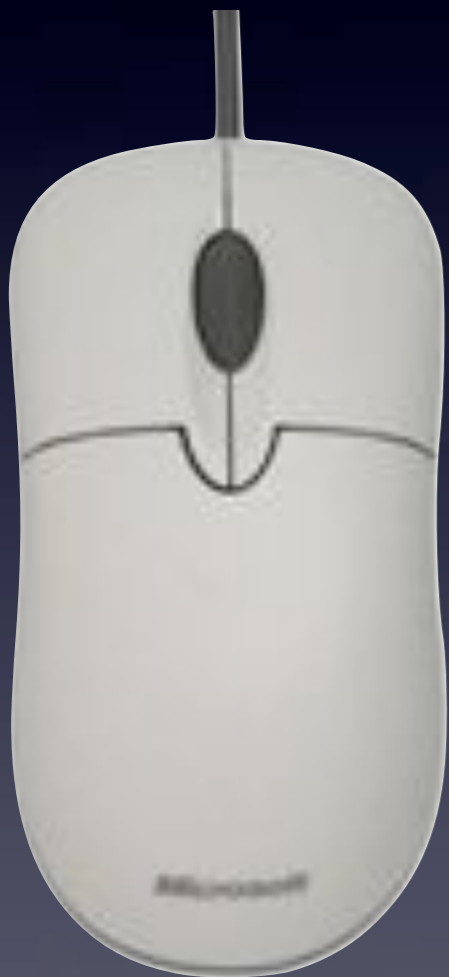


Multipoint vs **Souris**



Multipoint vs **Souris**

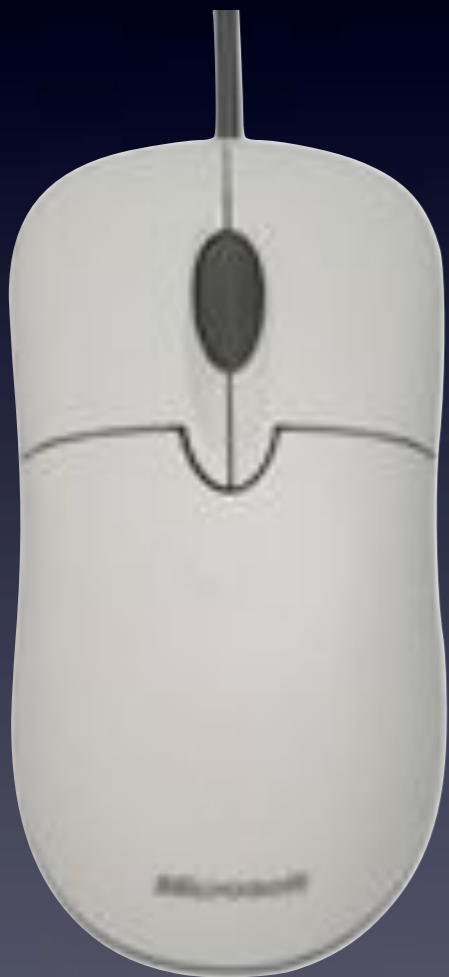
(2) Degrés de Liberté (DDL) intégrés



Multipoint vs Souris

(2) Degrés de Liberté (DDL) intégrés

(1) pointeur

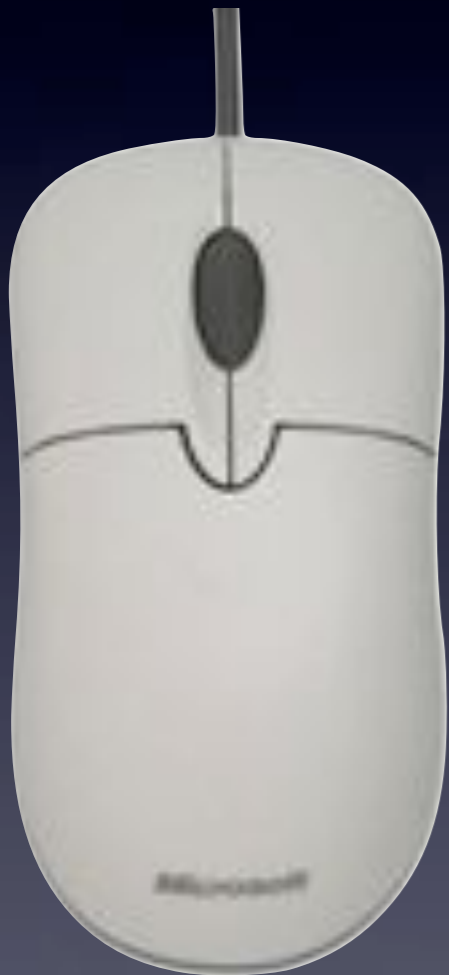


Multipoint vs Souris

(2) Degrés de Liberté (DDL) intégrés

(1) pointeur

interaction *indirecte*



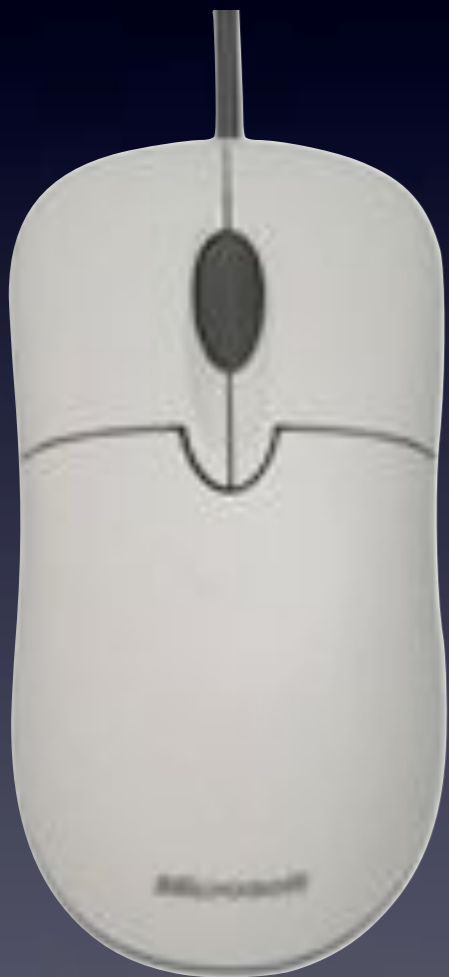
Multipoint vs Souris

(2) Degrés de Liberté (DDL) intégrés

(1) pointeur

interaction *indirecte*

+1 DDL séparé



Multipoint vs Souris

Multipoint vs Souris

$(2 * \text{nb_doigts})$ DDL



Multipoint vs Souris



$(2 * \text{nb_doigts})$ DDL
 (nb_doigts) pointeurs



Multipoint vs Souris

$(2 * \text{nb_doigts})$ DDL

(nb_doigts) pointeurs



Multipoint vs Souris

$(2 * \text{nb_doigts})$ DDL

(nb_doigts) pointeurs

interaction *directe*



Technologie multipoint



Bande
passante



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Bande
passante



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Bande
passante



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Bande
passante



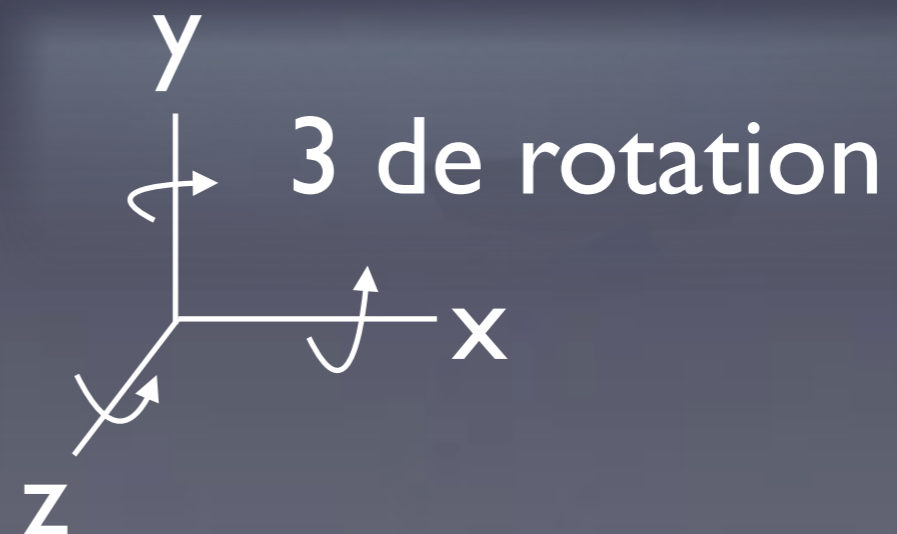
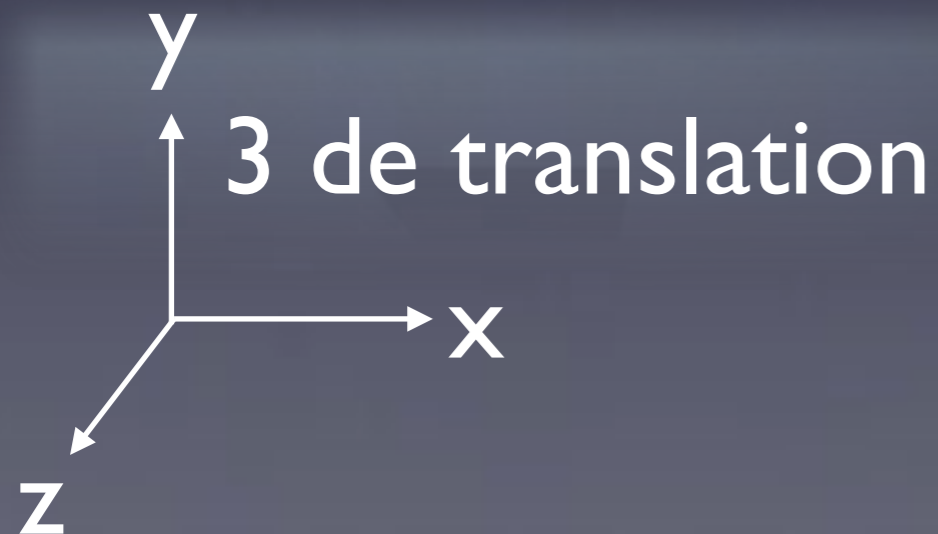
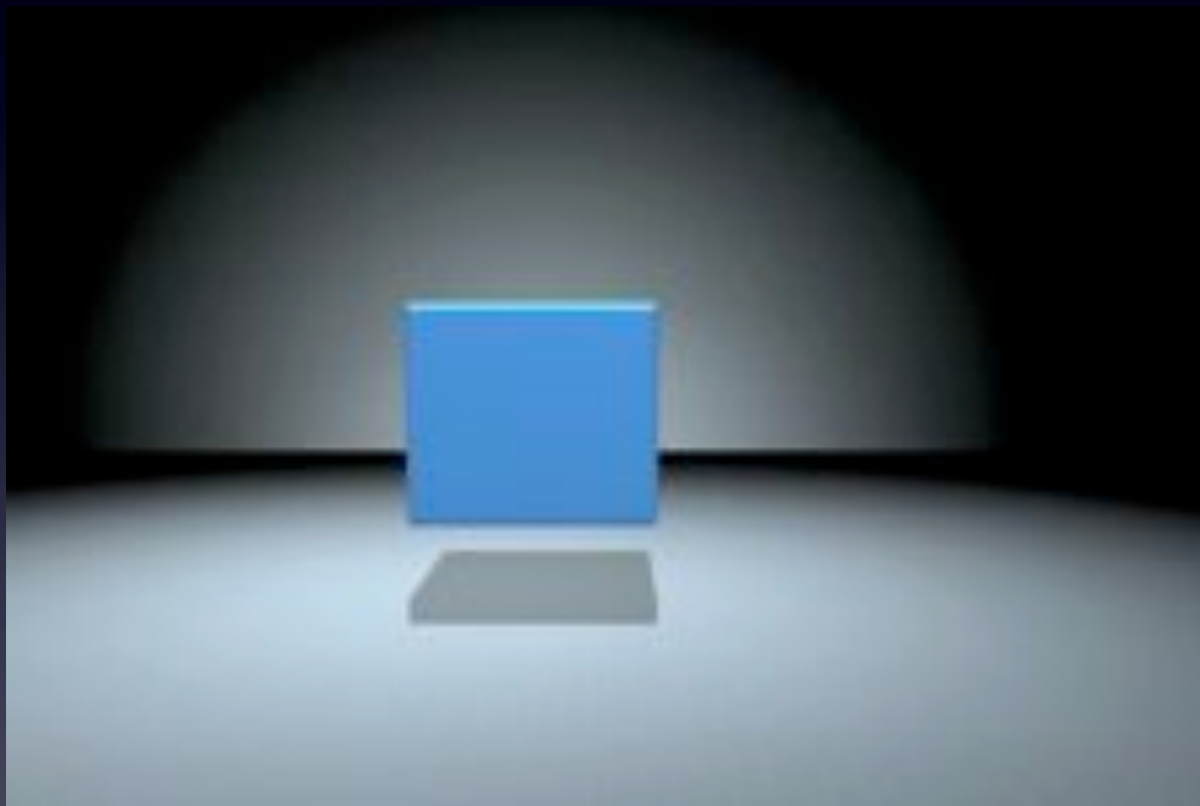
Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Manipulation 3D

6 Degrés De Liberté



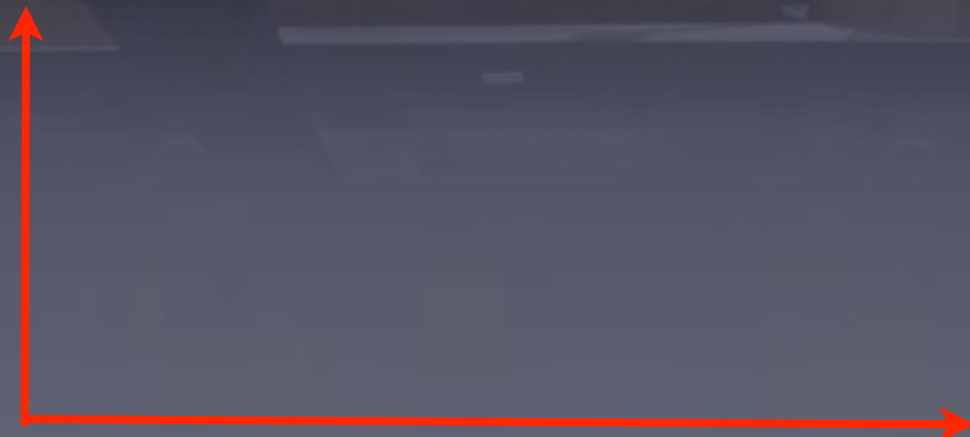
Principal problème :



Principal problème :



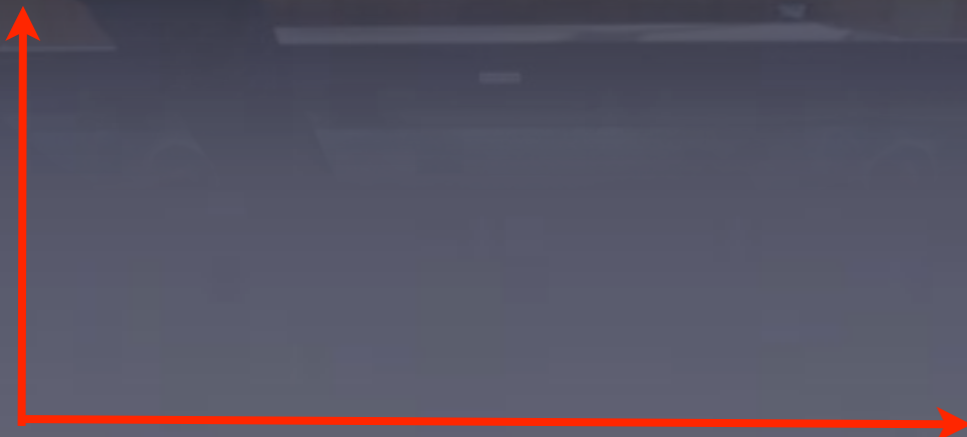
2D



Principal problème :



2D vs 3D

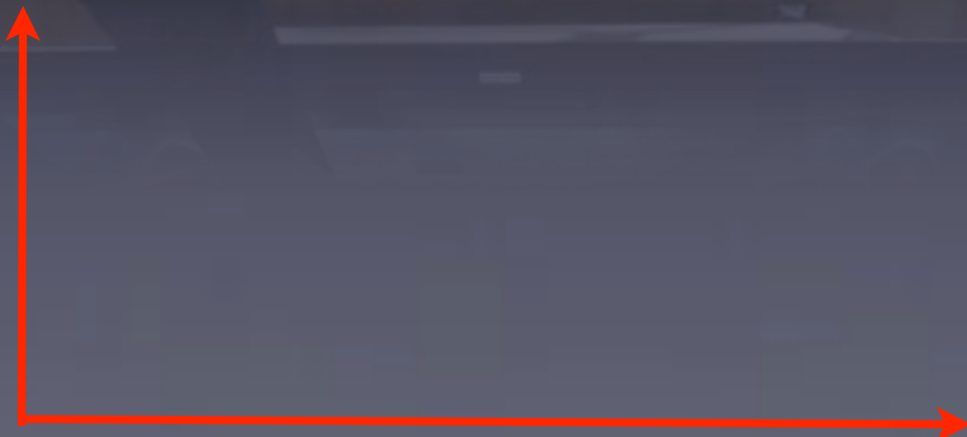


Principal problème :

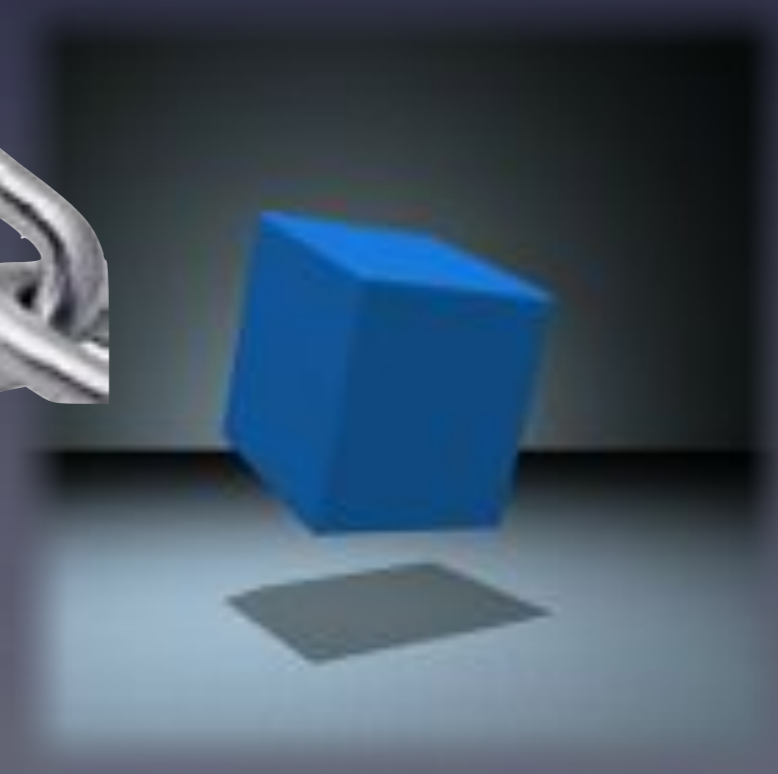
Dimensions d'entrée vs Dimensions de sortie



2D vs 3D



Notre envie



	Translation			
Code	Tx	Ty	Tz	Rx
1	①	①		
2	②	②	②	
3	②	②	②	①

Taxonomie

Élément de réponse

Taxonomie ?



Multipoint

2xDoigts DDL



Représentation
du lien



Manipulation 3D

6 DDL

Taxonomie ?



Multipoint
2xDoigts DDL



Représentation
du lien



Manipulation 3D
6 DDL

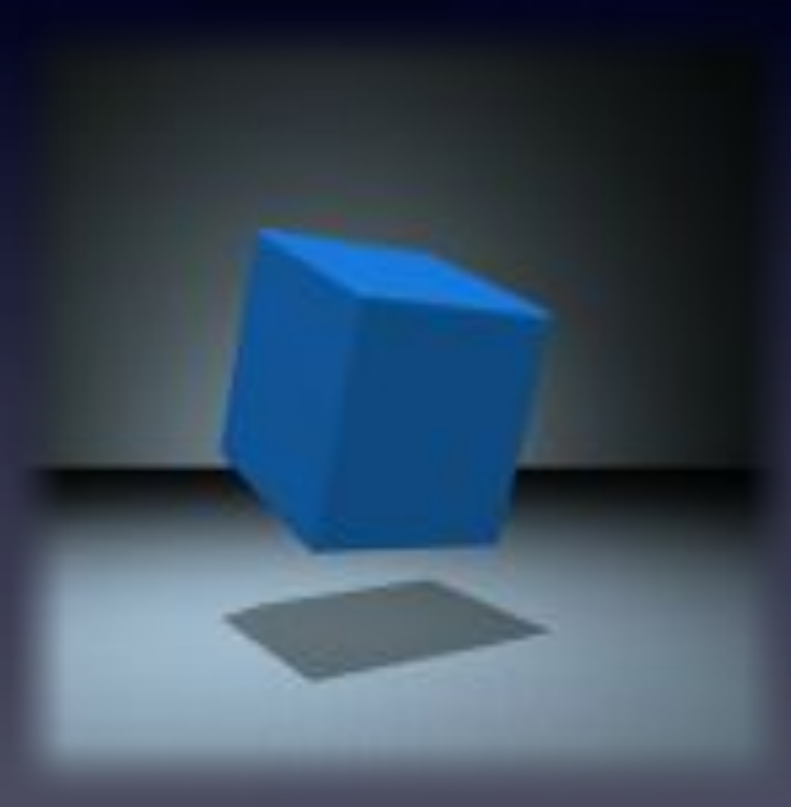
Taxonomie ?



Multipoint
2xDoigts DDL



Représentation
du lien



Manipulation 3D
6 DDL

Taxonomie ?



Multipoint
2xDoigts DDL



Représentation
du lien



Manipulation 3D
6 DDL

Technologie multipoint



Multi-
contacts



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Multi-
contacts



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Multi-
contacts



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Technologie multipoint



Multi-
contacts



Multi-
pointeurs



Interaction
directe

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

Visualisation

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

~~Visualisation~~

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

~~Visualisation~~

Comparaison

Constat



Technologie
multipoint



Anciens outils
inadaptées

~~Visualisation~~

~~Comparaison~~

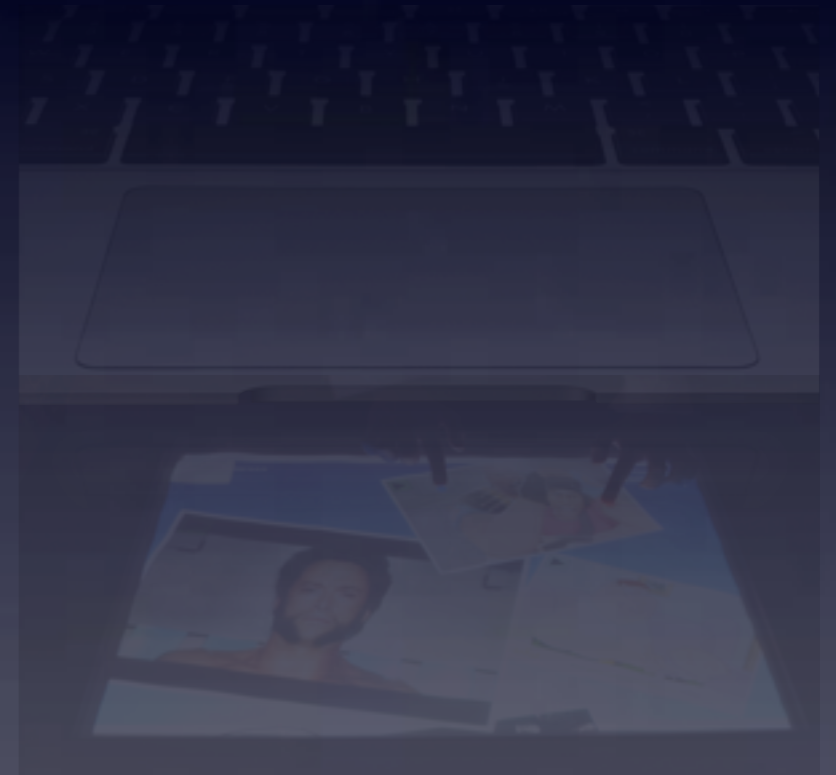
Nos critères



Nombre de
contacts



Intégration
Séparation



Directivité

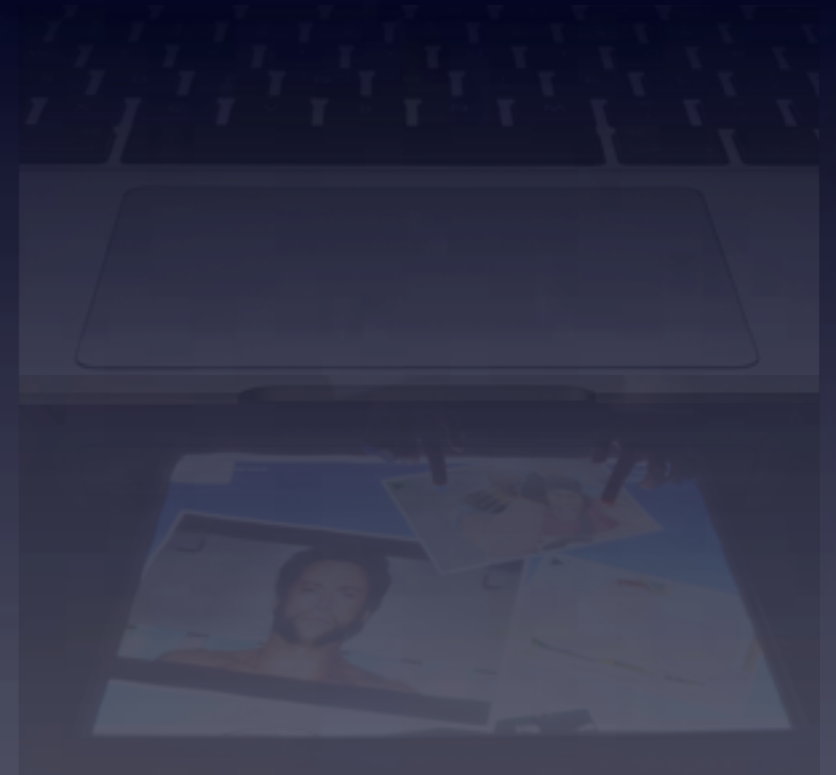
Nos critères



Nombre de
contacts



Intégration
Séparation



Directivité

Nos critères



Nombre de
contacts



Intégration
Séparation



Directivité

Nos critères



Nombre de
contacts

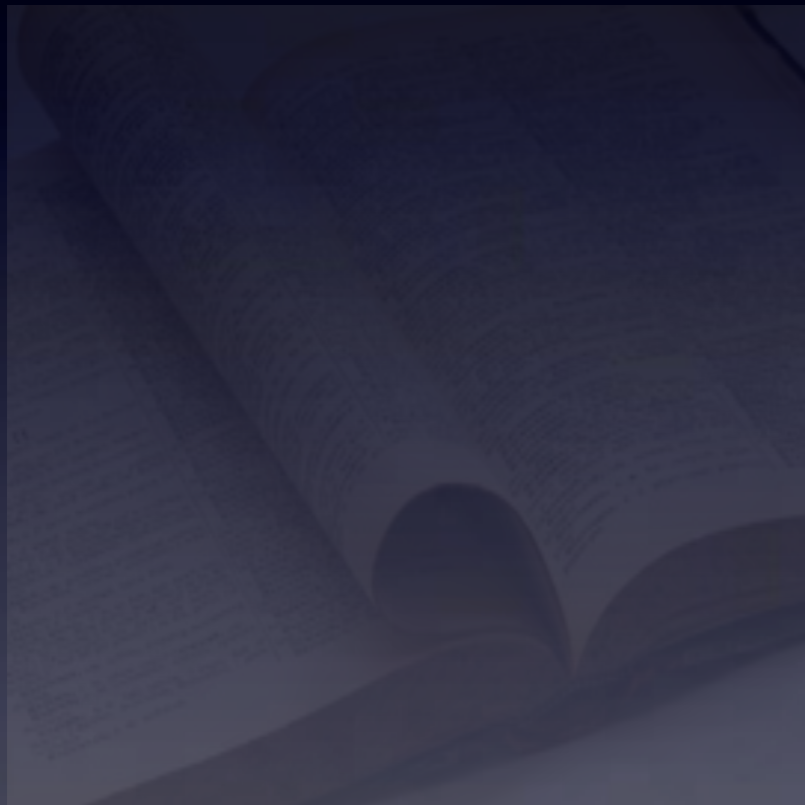


Intégration
Séparation



Directivité

Directivité ?



Plusieurs
définitions



Direct
=
Toucher l'objet



Indirect
=
Sans toucher
l'objet

Directivité ?



Plusieurs
définitions



Direct

=

Toucher l'objet



Indirect

=

Sans toucher
l'objet

Directivité ?



Plusieurs
définitions



Direct
=
Toucher l'objet



Indirect
=
Sans toucher
l'objet

Directivité ?



Plusieurs
définitions



Direct
=
Toucher l'objet



Indirect
=
Sans toucher
l'objet

Nos critères



Nombre de
contacts



Intégration
Séparation



Directivité

Notre inspiration

[Card et al. 1990-1991]

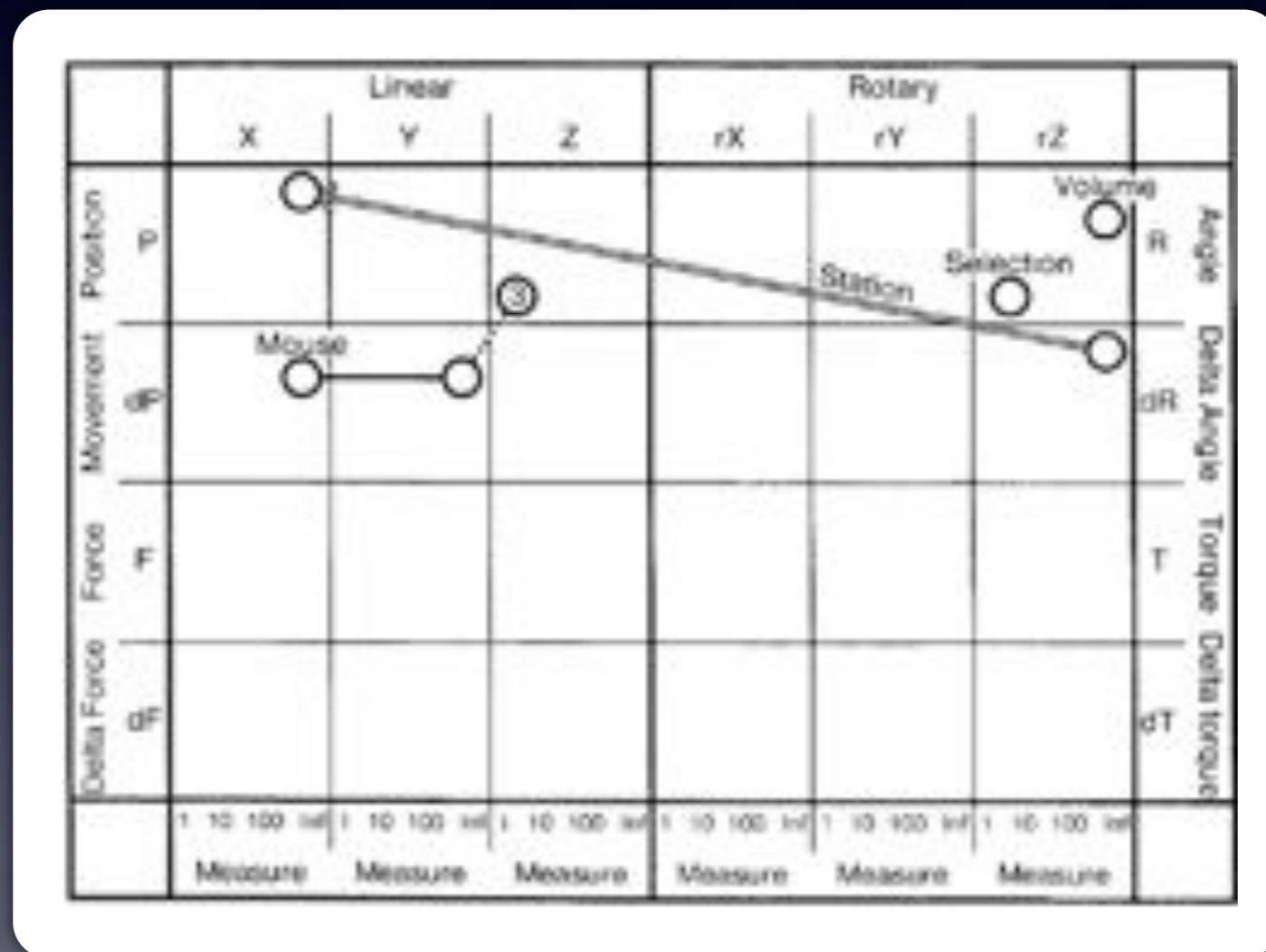
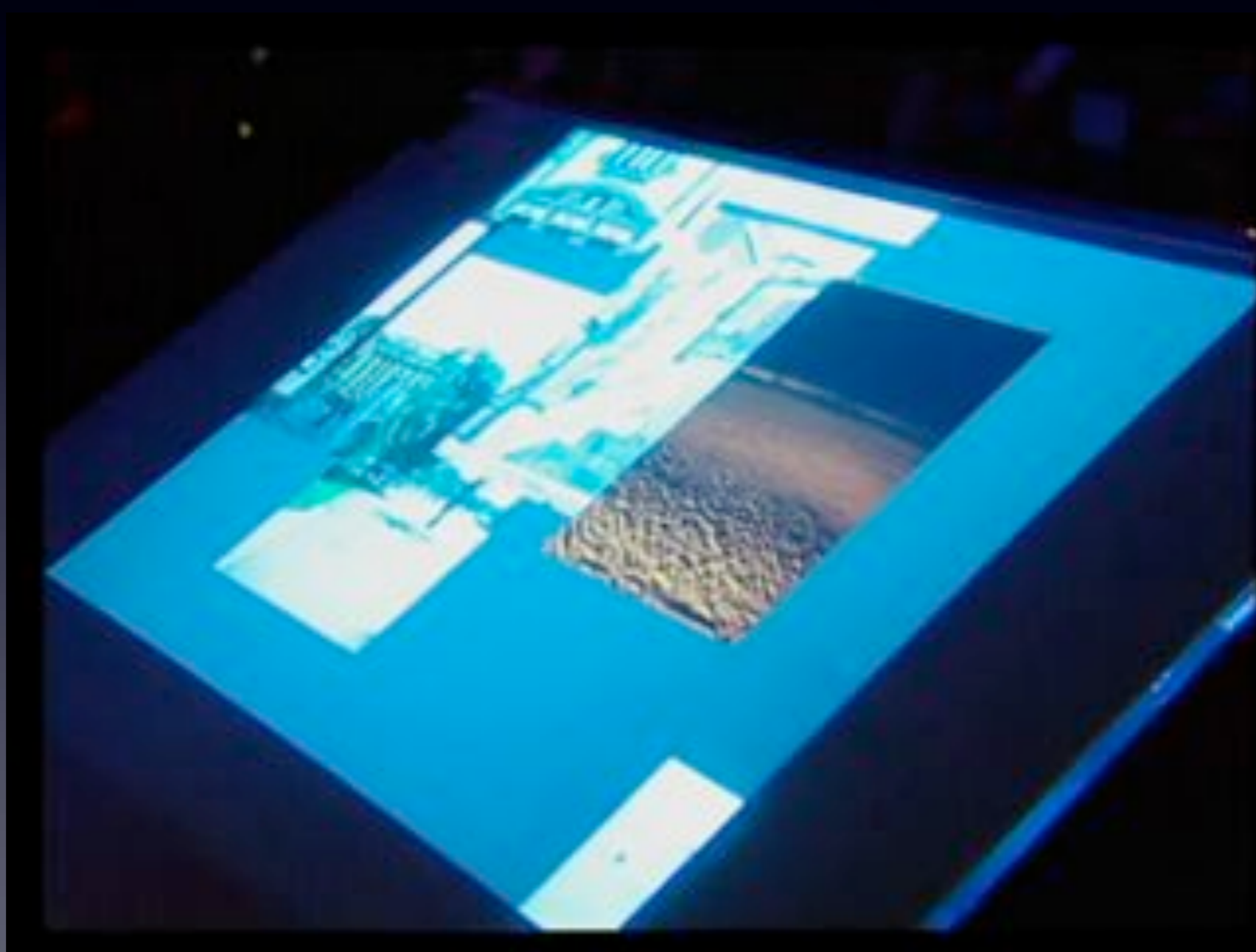



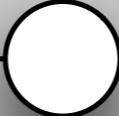


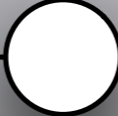

Illustration : [Jeff Han 2006]

Illustration : [Jeff Han 2006]



Illustration


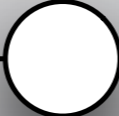



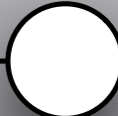
Illustration

		Translation			Rotation		
	Mode	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Mécanisme RST	$1d$						
	$\geq 2d$						

Illustration

		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Mécanisme RST	$1d$	○	○				
	$\geq 2d$	○	○	○			○


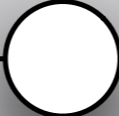




Illustration

	Mode	Translation			Rotation		
		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Mécanisme RST	1d						
	$\geq 2d$						

Illustration

	Mode	Translation			Rotation		
		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Mécanisme RST	1d	○	○				
	$\geq 2d$	○	○	○			○

Illustration

	Mode	Translation			Rotation		
		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Mécanisme RST	1d						
	$\geq 2d$						

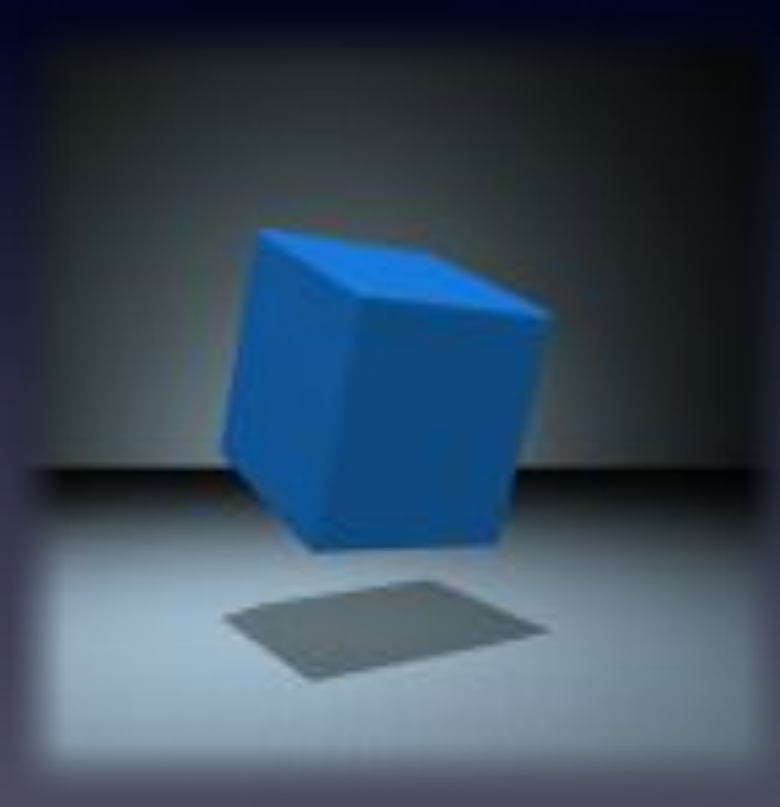
Retour sur le problème



Multipoint
2xDoigts DDL



Représentation
du lien



Manipulation 3D
6 DDL

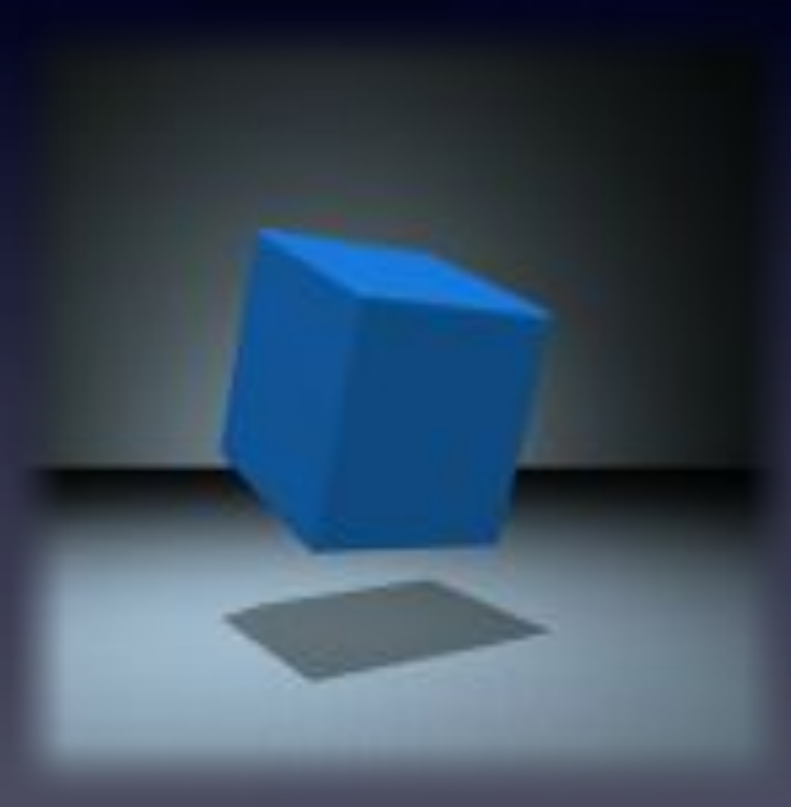
Retour sur le problème



Multipoint
2xDoigts DDL



Optimisation du
lien



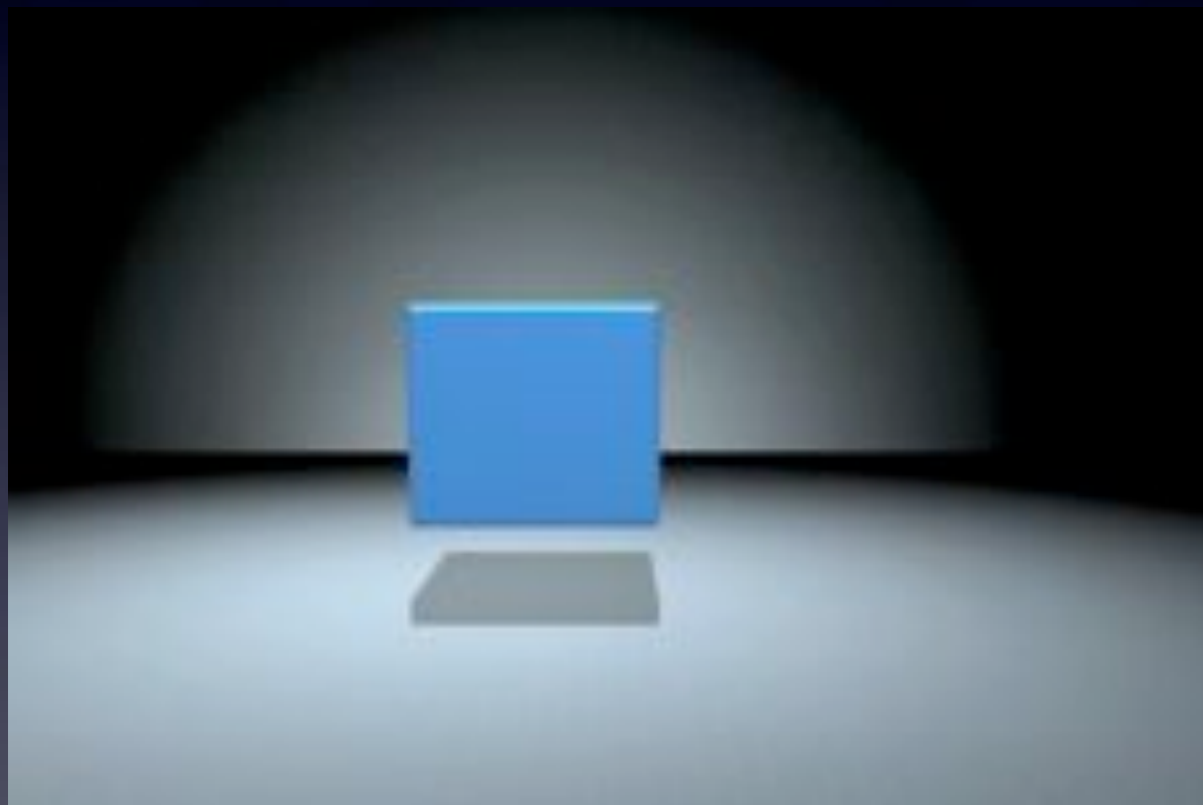
Manipulation 3D
6 DDL



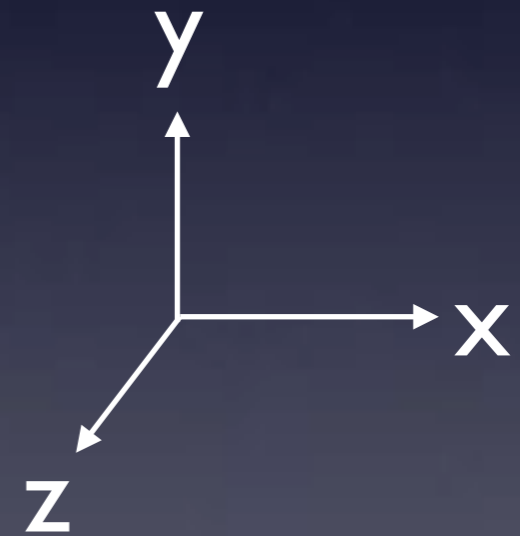
Positionnement 3D

Analyse d'un sous-problème

Problème réduit



- 3 DDL de translation
- T_x
- T_y
- T_z



Nos techniques



MT-Viewport

4 vues

manipulation **directe**

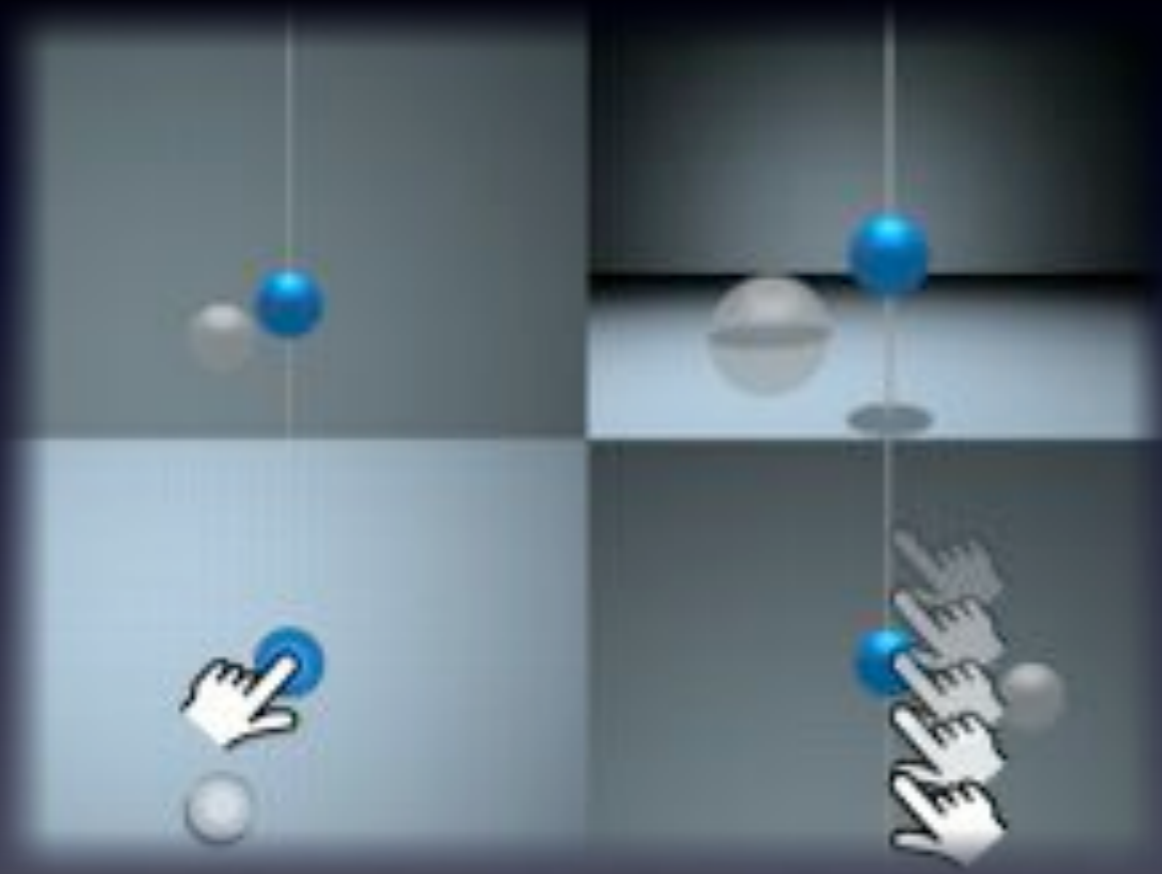


Z-Technique

plein écran

directe **ET** indirecte

Nos techniques



MT-Viewport

4 vues

manipulation **directe**

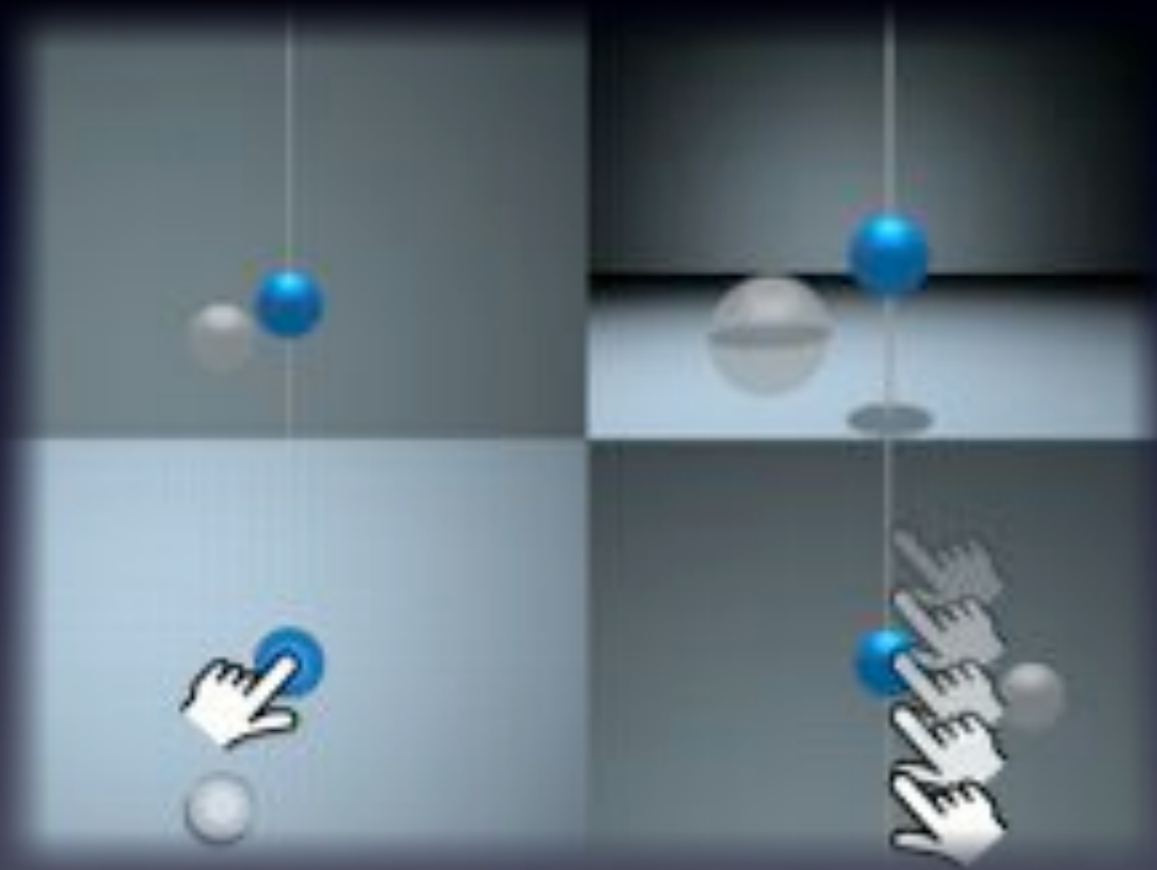


Z-Technique

plein écran

directe **ET** indirecte

Nos techniques



MT-Viewport

4 vues

manipulation **directe**



Z-Technique

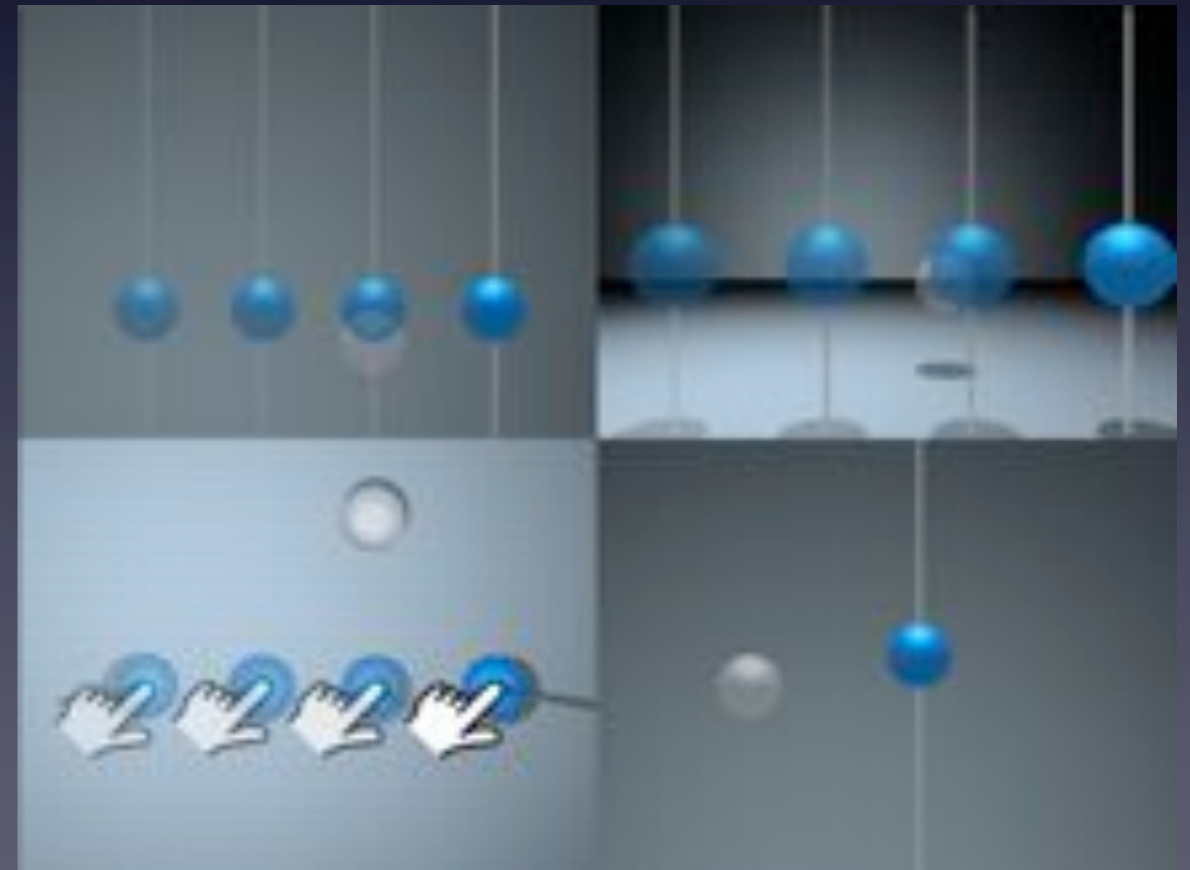
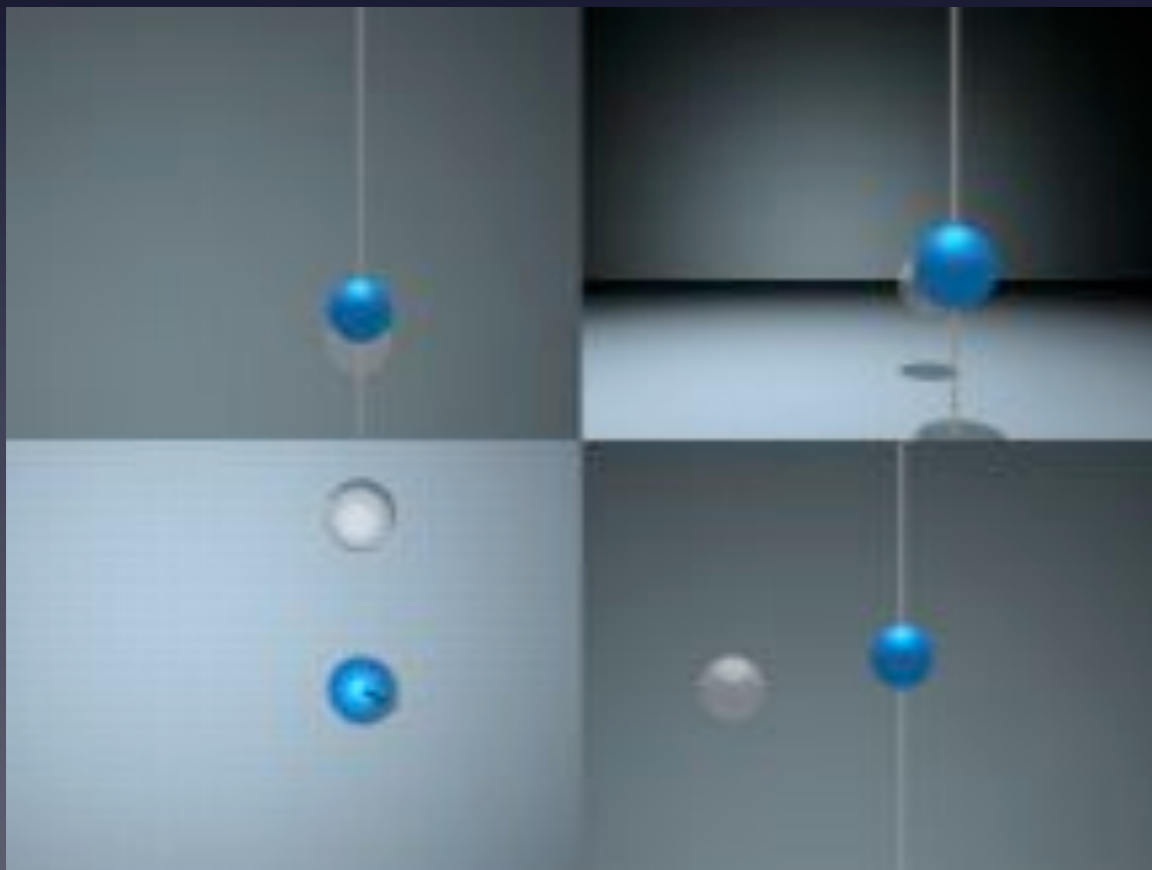
plein écran

directe **ET** indirecte

MT-Viewport (1)

Amélioration d'une technique traditionnelle

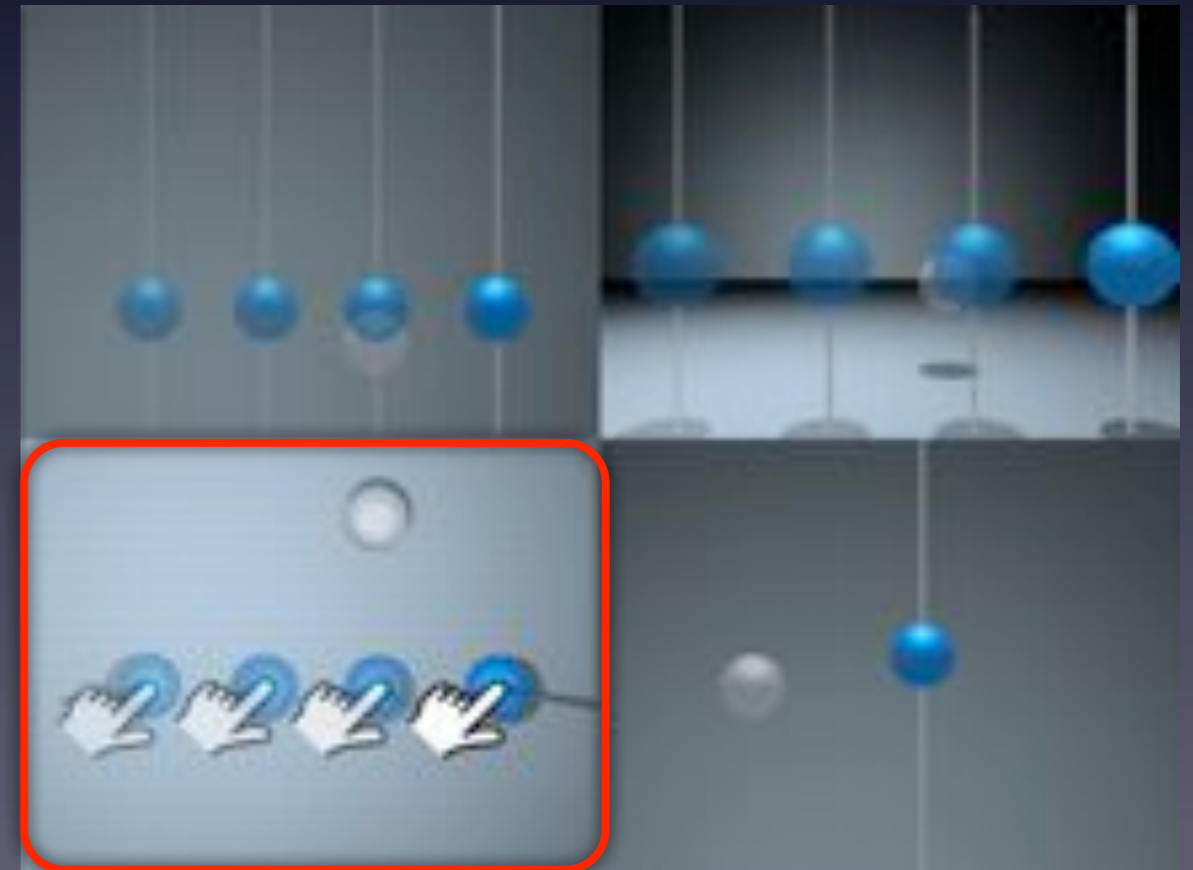
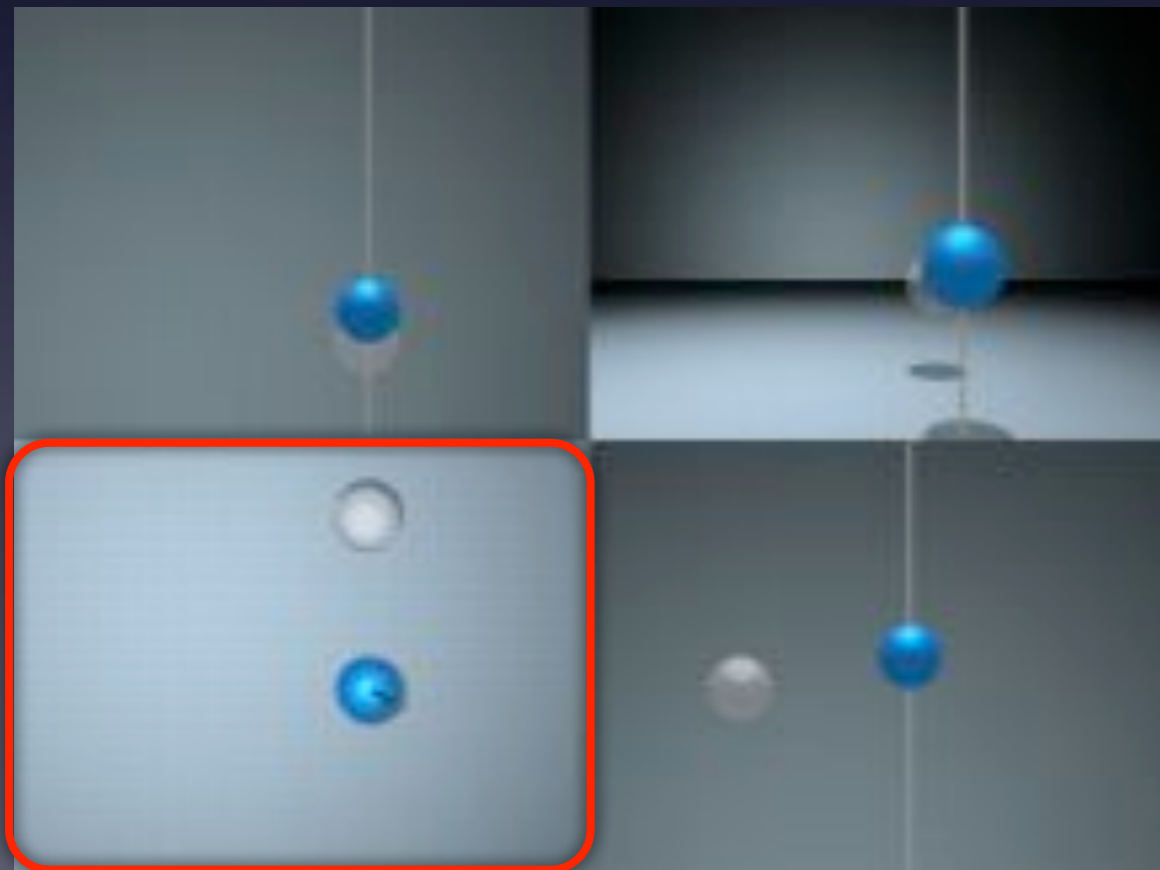
1 vue = 2 DDL



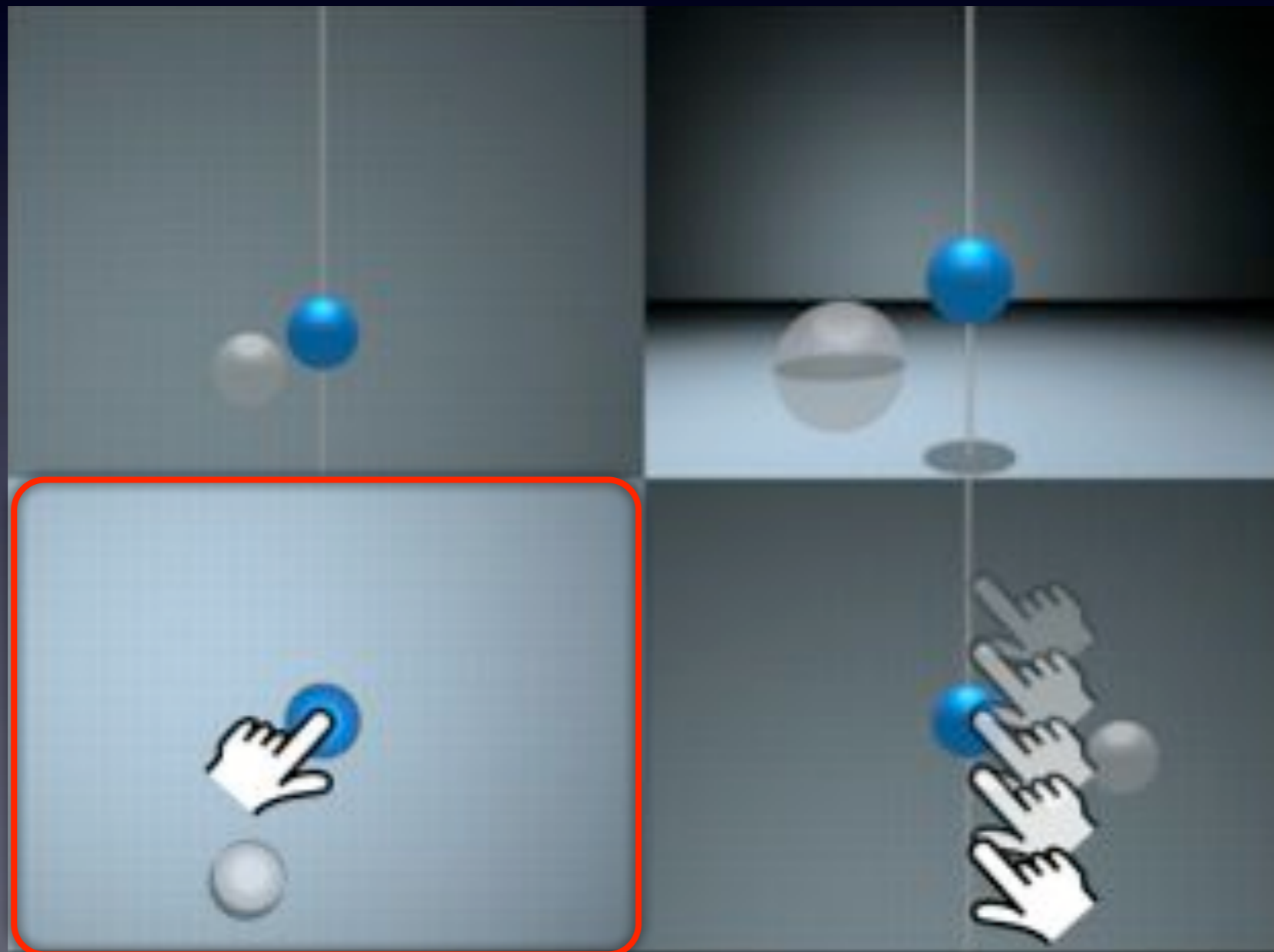
MT-Viewport (1)

Amélioration d'une technique traditionnelle

1 vue = 2 DDL

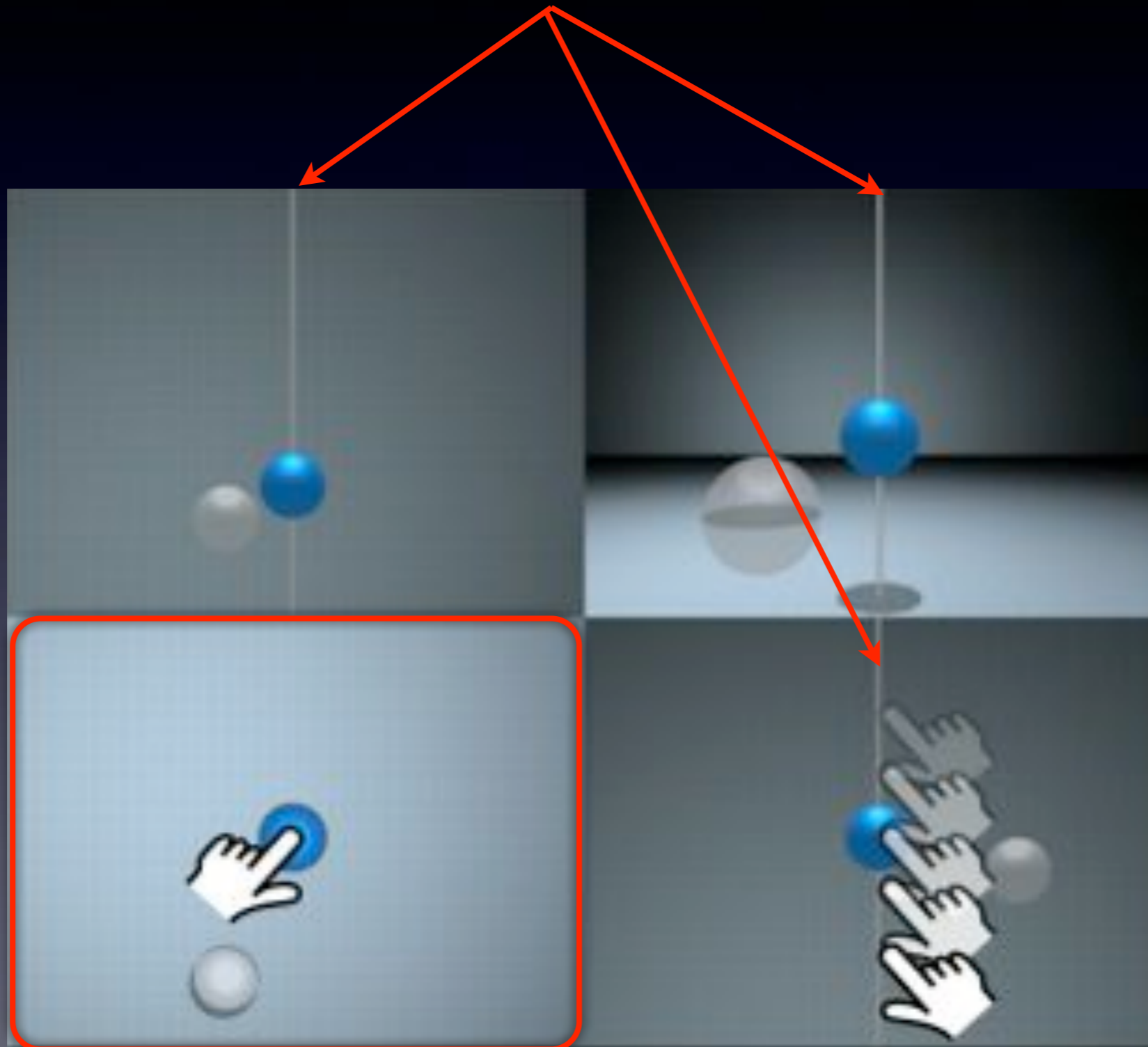


MT-Viewport (2)



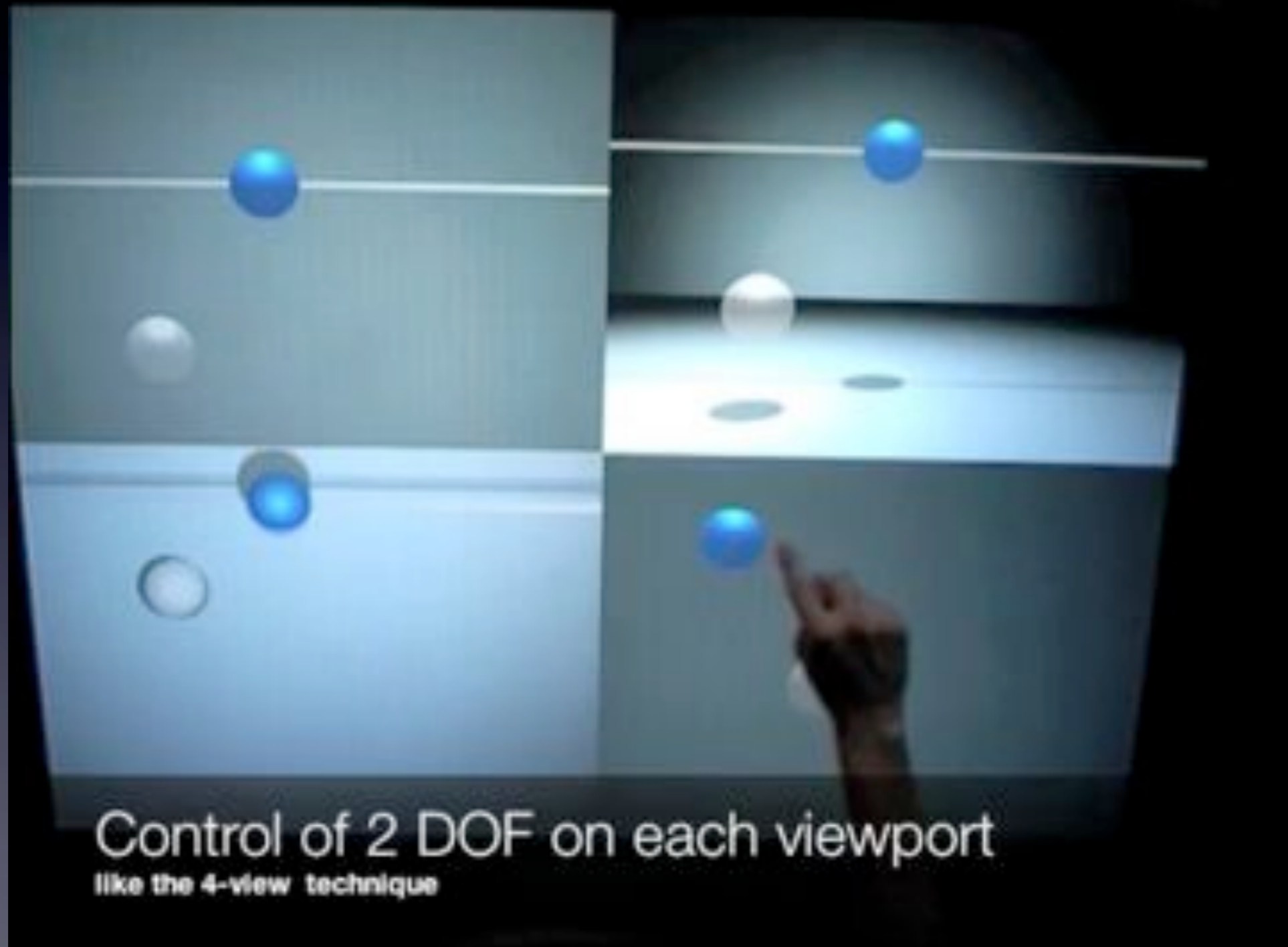
MT-Viewport (2)

3ème DDL dans les autres vues



Vidéo

Vidéo



















Taxonomie



Taxonomie

		Translation		
		Tx	Ty	Tz
MT Viewport	1d	○ — ○	○ ○ — ○	○
	1d (vue a) + 1d (vue ≠ a)	○ — ○ ○ ○ — ○	○ ○ — ○ ○ — ○	○ ○ — ○ ○ — ○

Taxonomie

		Translation		
		Tx	Ty	Tz
MT Viewport	1d	 — 		
				
	1d (vue a) + 1d (vue ≠ a)			
				
				

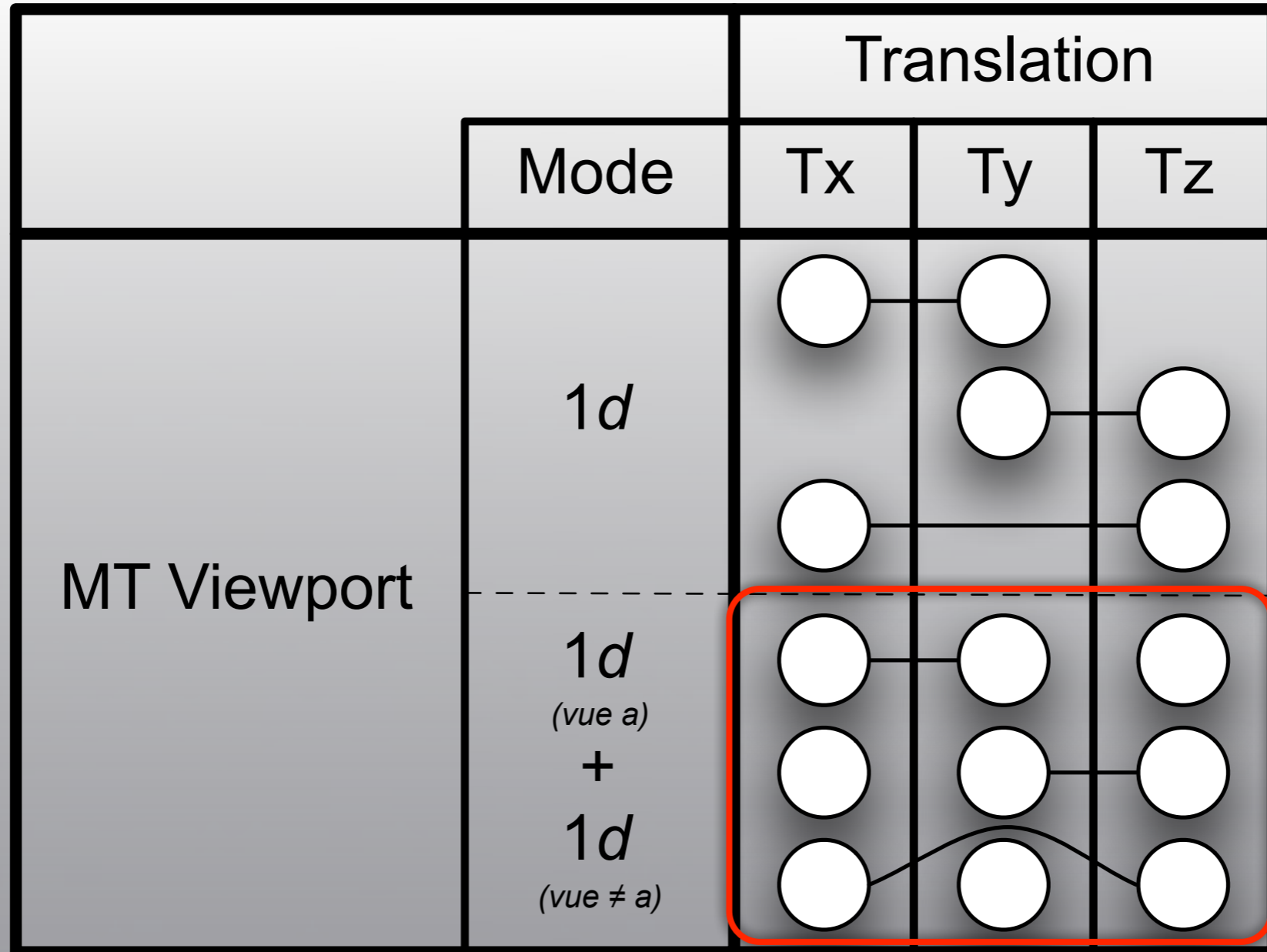
Taxonomie

		Translation			
		Mode	Tx	Ty	Tz
MT Viewport	$1d$		○	○	
				○	○
	$1d$ (vue a) + $1d$ (vue ≠ a)		○		○
			○	○	○
		○	○	○	

Taxonomie

		Translation		
		Tx	Ty	Tz
MT Viewport	$1d$	○ — ○	○ ○ — ○	○
	$1d$ (vue a)	○ — ○	○ — ○	○
	$1d$ (vue ≠ a)	○ — ○	○ — ○	○

Taxonomie



Z-technique (1)

1 doigt : 2 DDL

Doigt indirect : dernier DDL



Z-technique (2)

Fonction de transfert non-linéaire

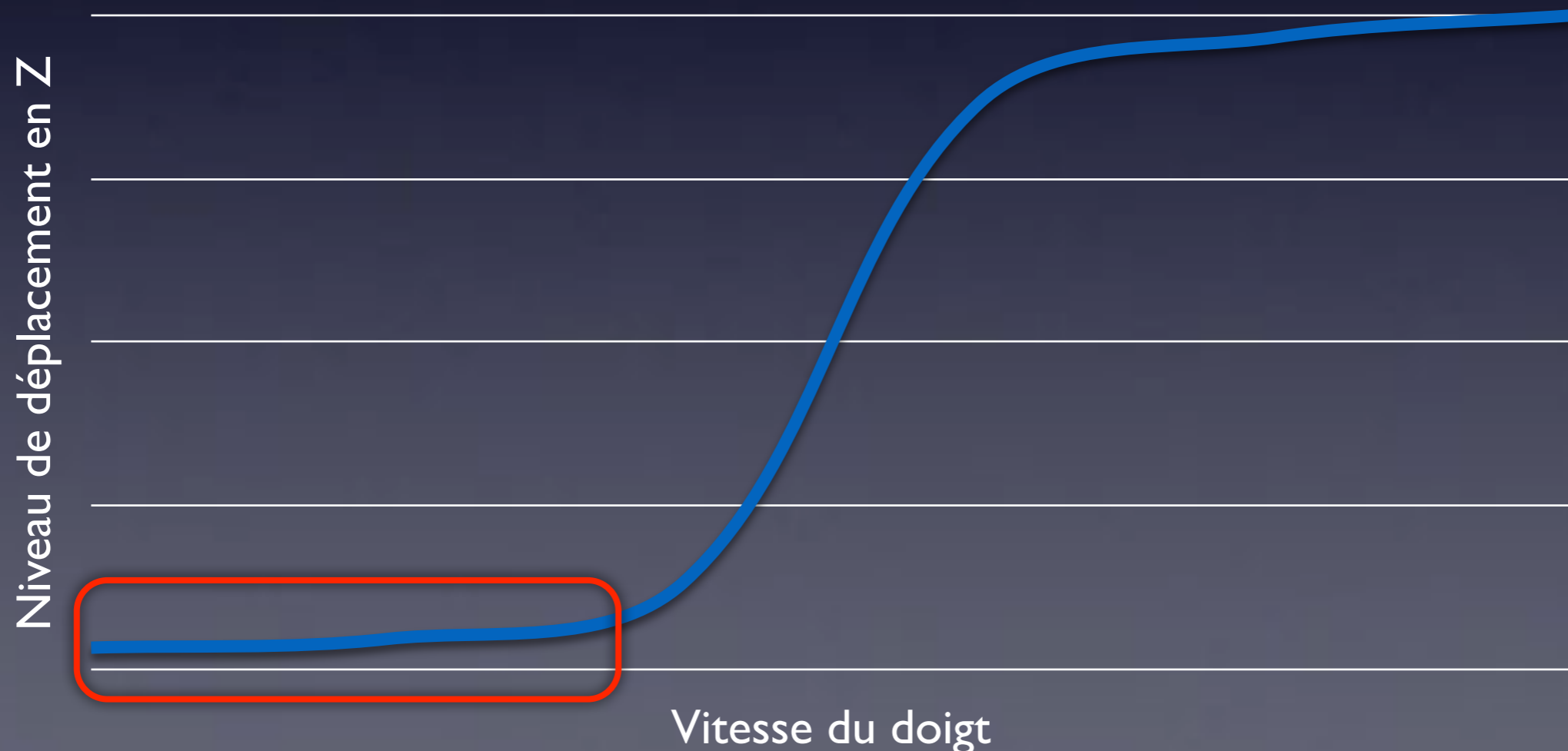
Mouvements rapides ET précis possibles



Z-technique (2)

Fonction de transfert non-linéaire

Mouvements rapides ET précis possibles



Z-technique (2)

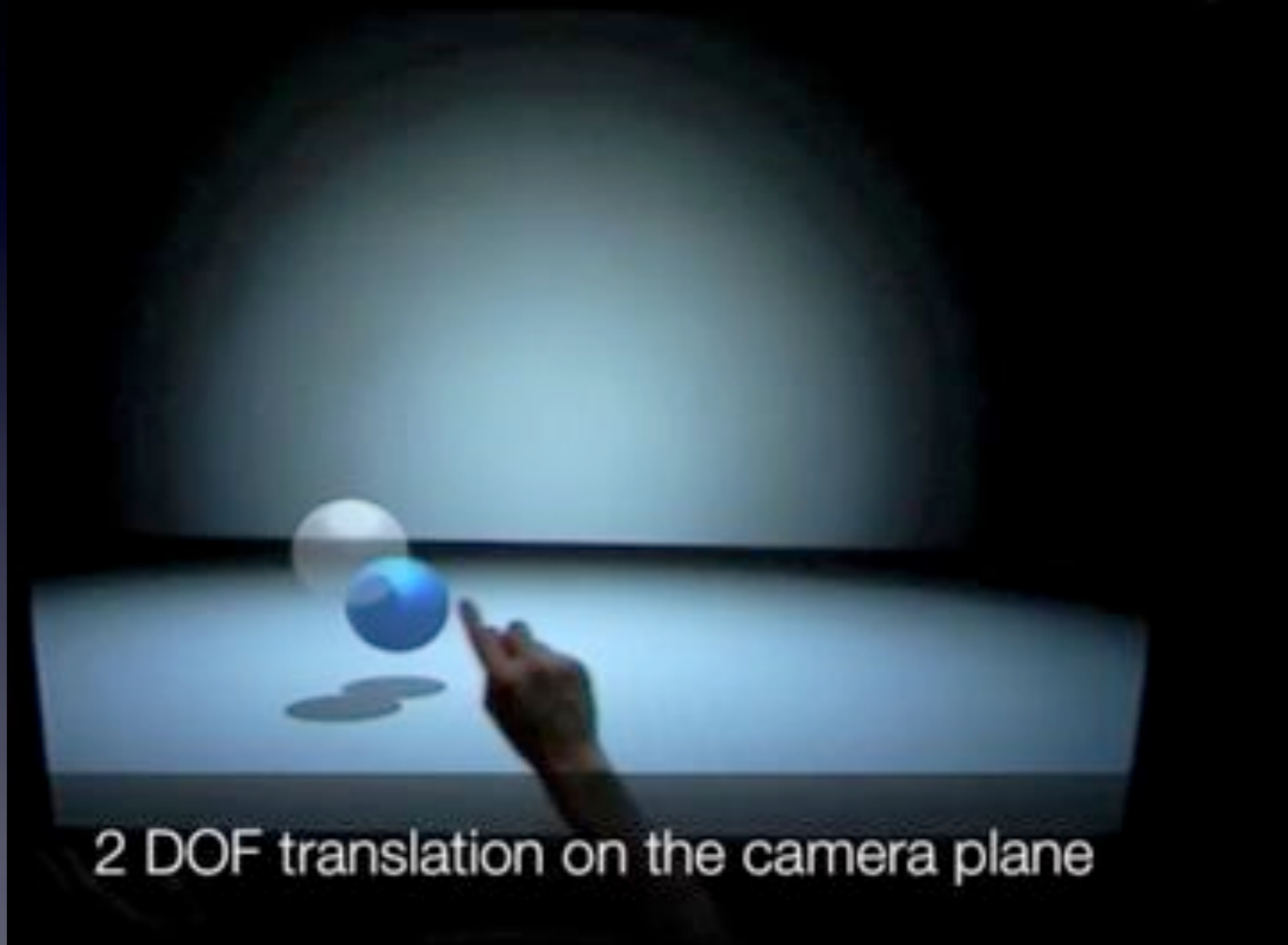
Fonction de transfert non-linéaire

Mouvements rapides ET précis possibles



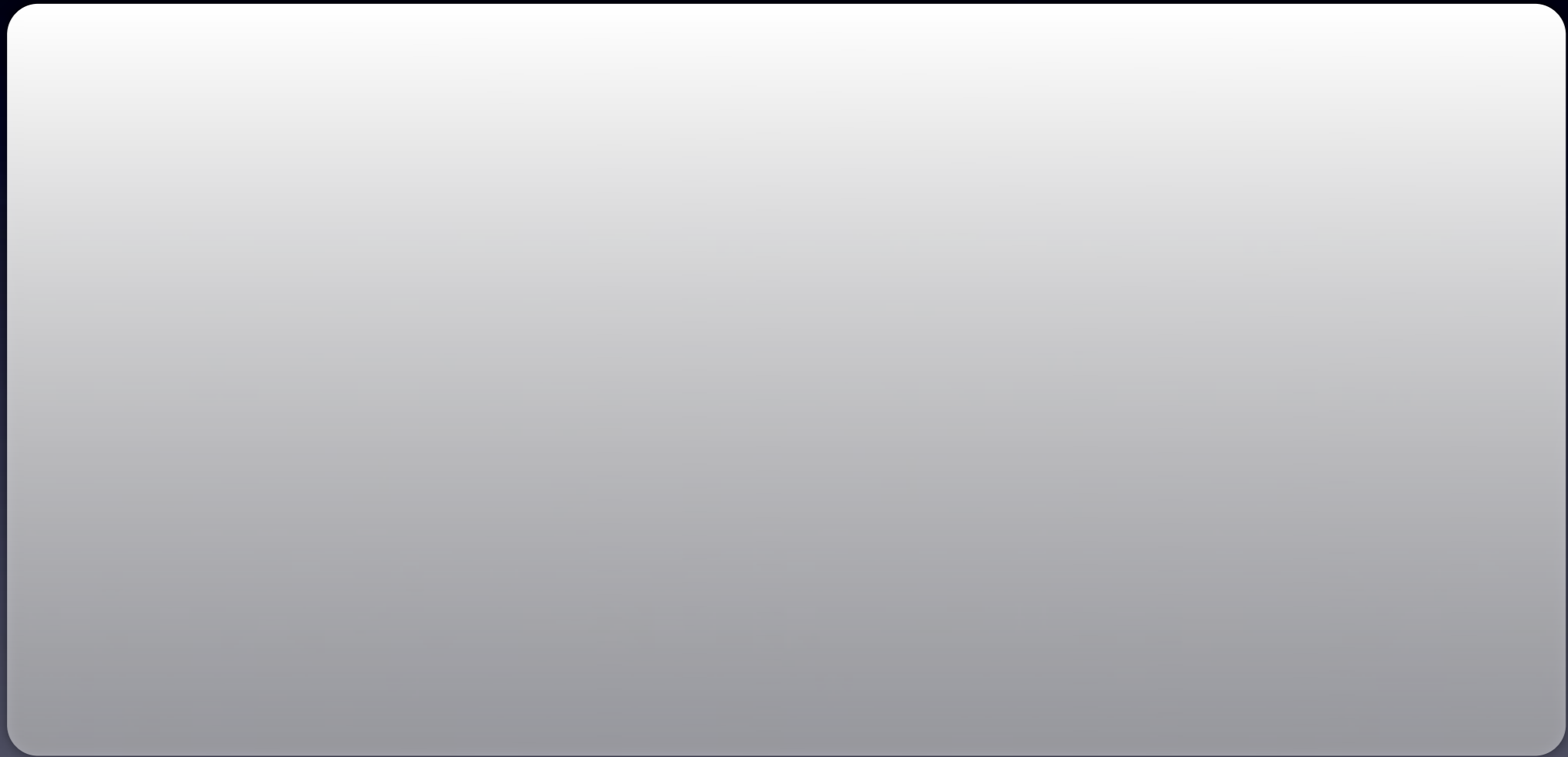
Vidéo

Vidéo



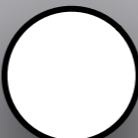




2 DOF translation on the camera plane



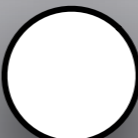


Taxonomie



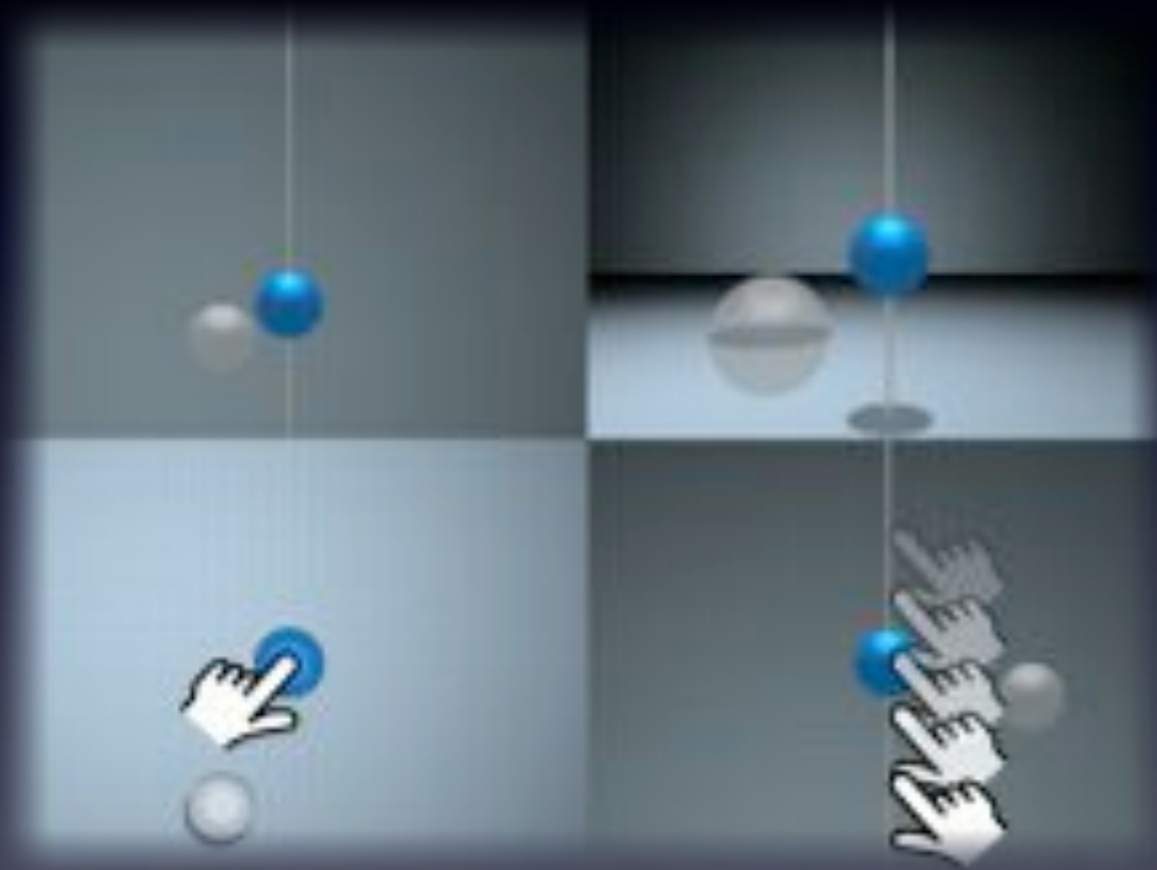
Taxonomie

	Translation			
	Mode	Tx	Ty	Tz
Z Technique	$1d$			
	$1d + 1i$			

Taxonomie

	Translation			
	Mode	Tx	Ty	Tz
Z Technique	$1d$			
	$1d + 1i$			

Nos techniques



MT-Viewport

4 vues

manipulation **directe**

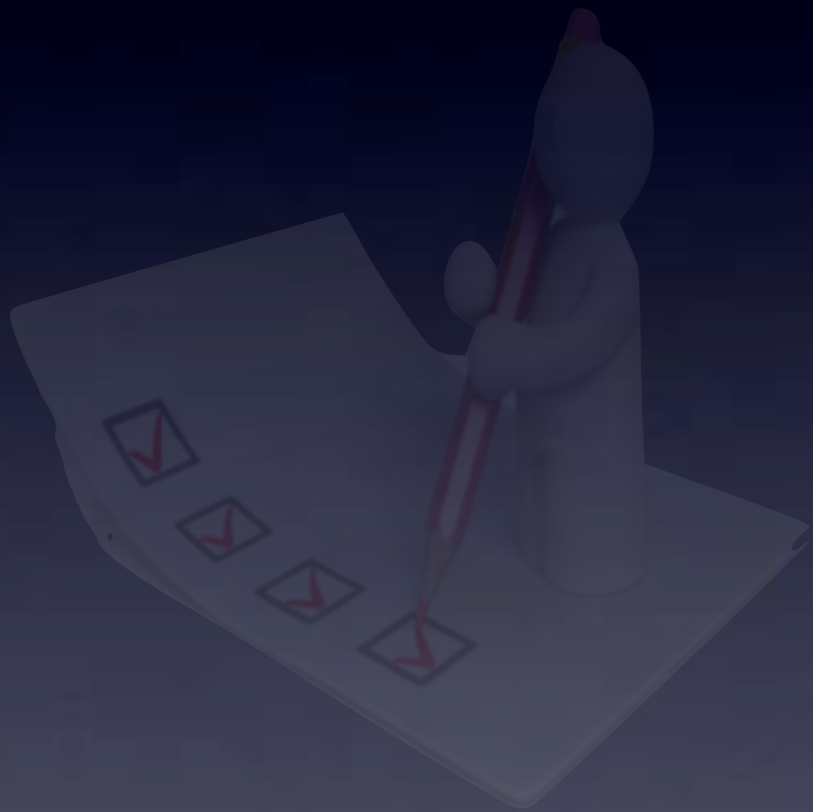


Z-Technique

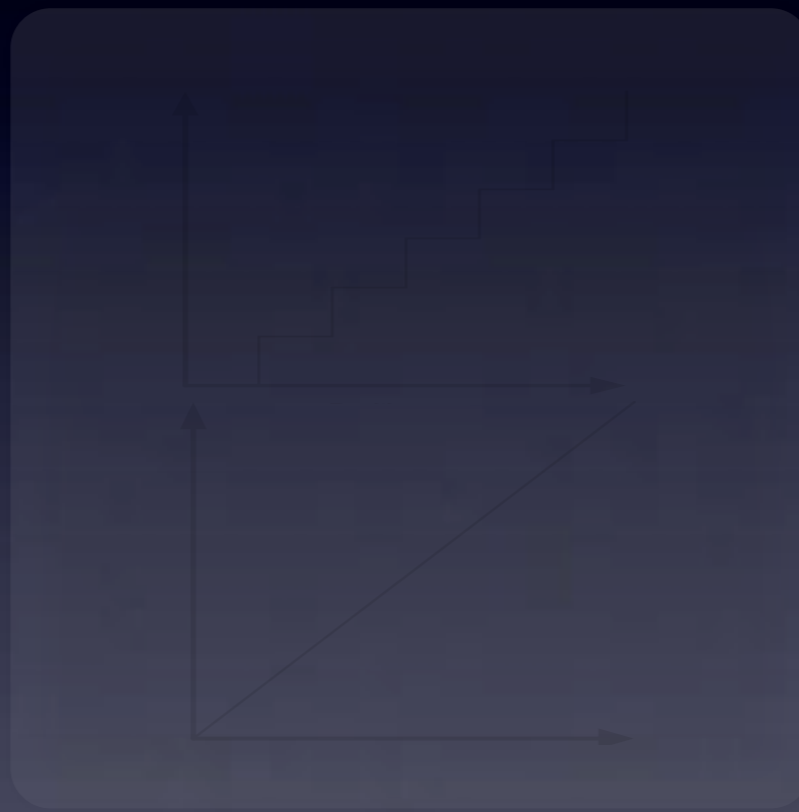
plein écran

directe **ET** indirecte

Analyse des techniques



Ressenti
utilisateur



Coordination

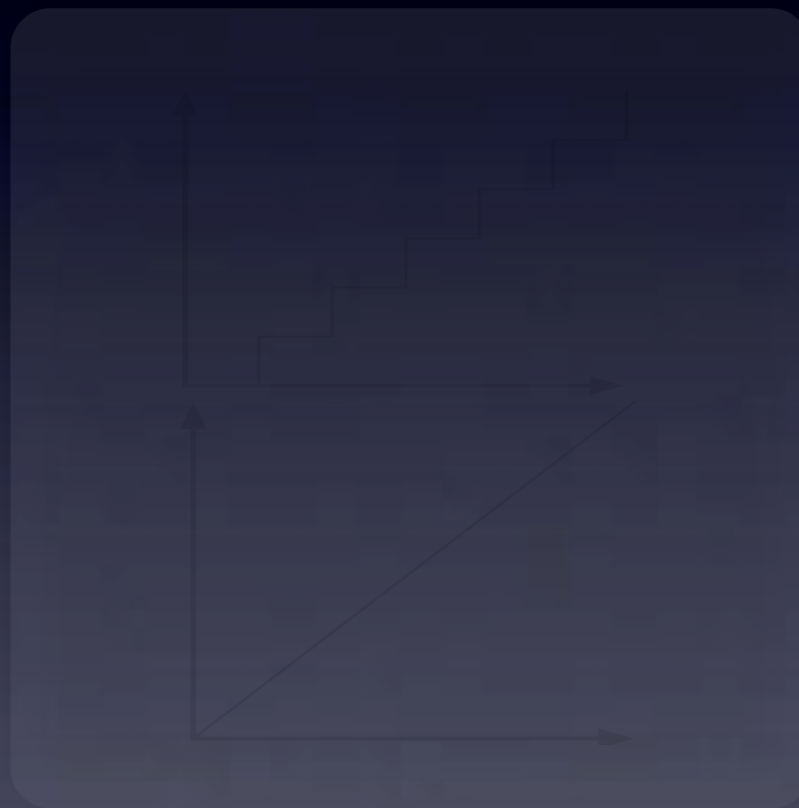


Utilisation des
deux mains

Analyse des techniques



Ressenti
utilisateur



Coordination

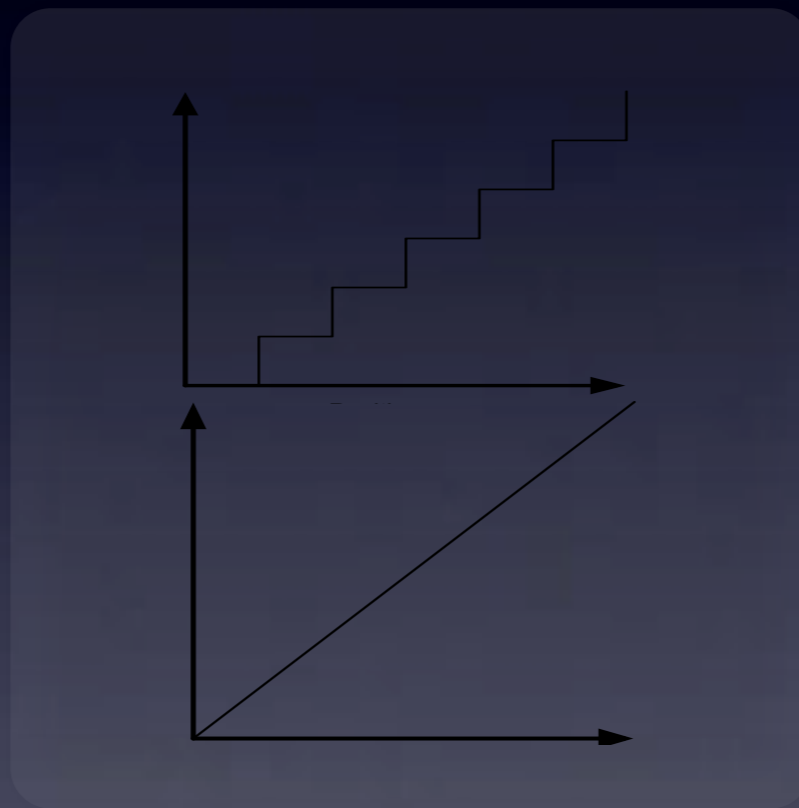


Utilisation des
deux mains

Analyse des techniques



Ressenti
utilisateur



Coordination

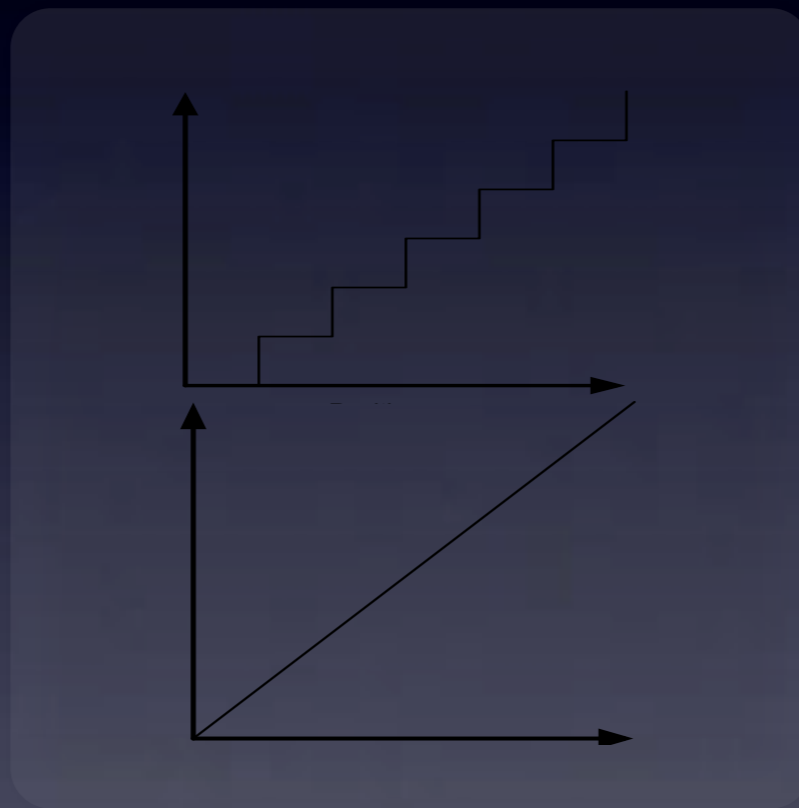


Utilisation des
deux mains

Analyse des techniques



Ressenti
utilisateur



Coordination



Utilisation des
deux mains

Leçons apprises (I)



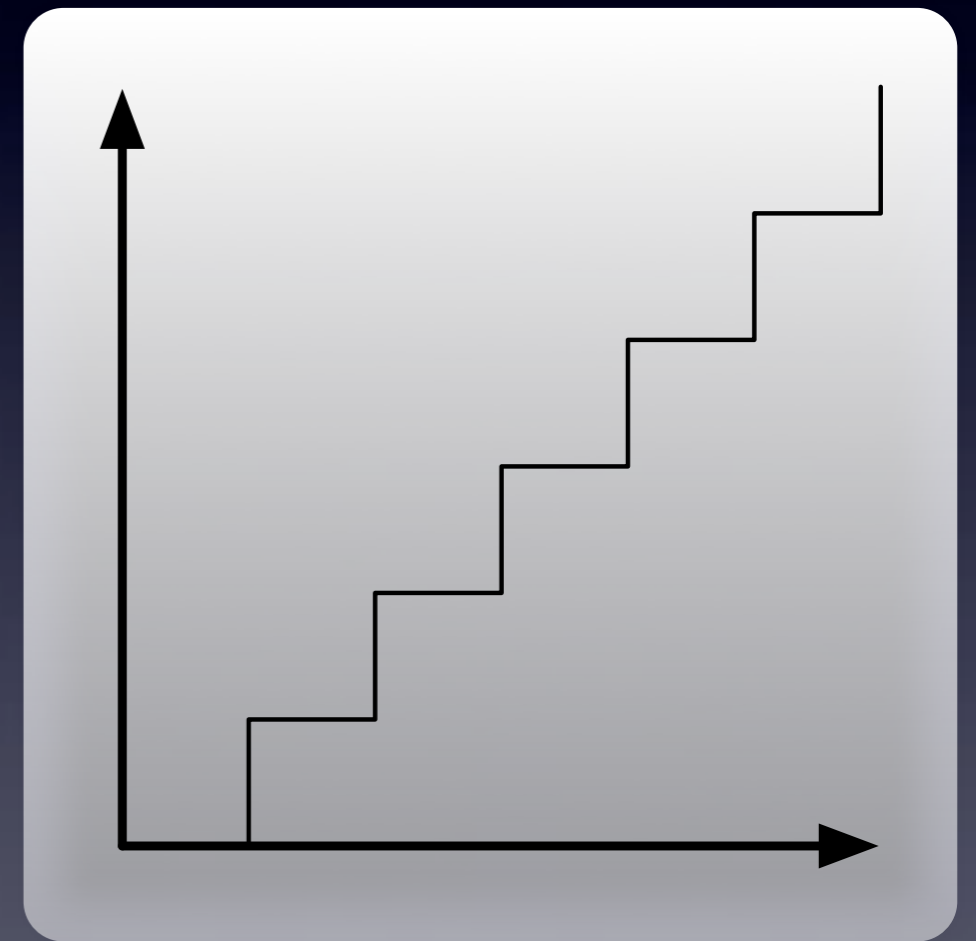
=

Précision

Leçons apprises (I)



=



Précision

Séparation

Leçons apprises (2)

Z-
Technique



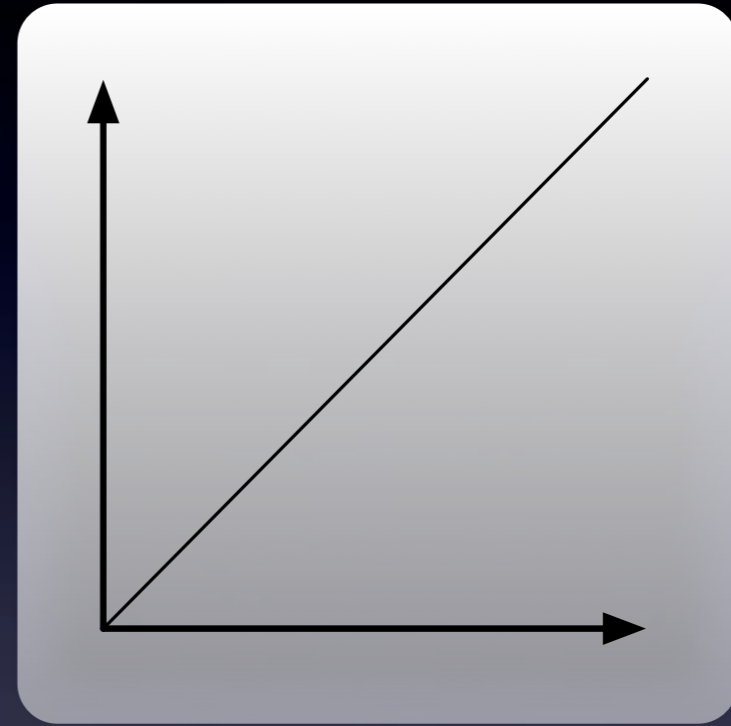
=

Leçons apprises (2)

Z-
Technique



=



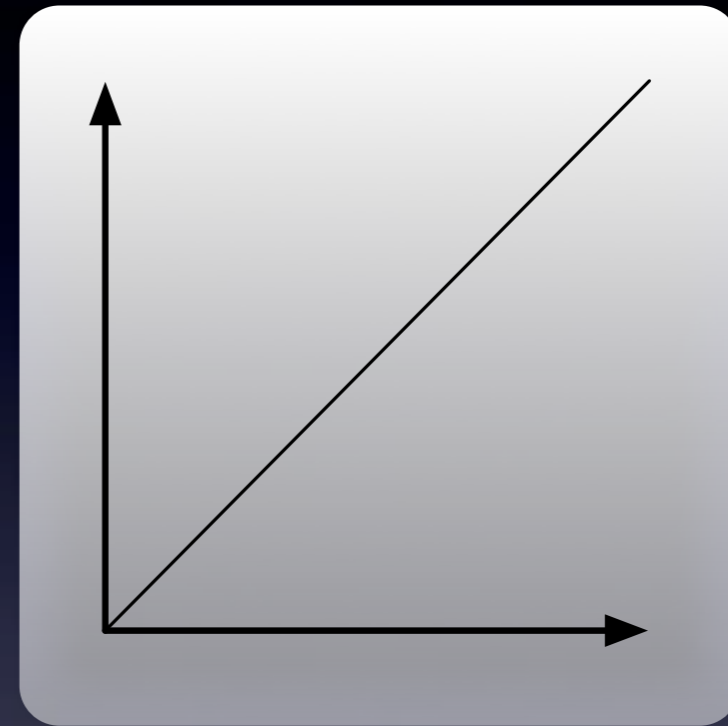
Intégration

Leçons apprises (2)

Z-
Technique



=



Intégration

MT-
Viewport



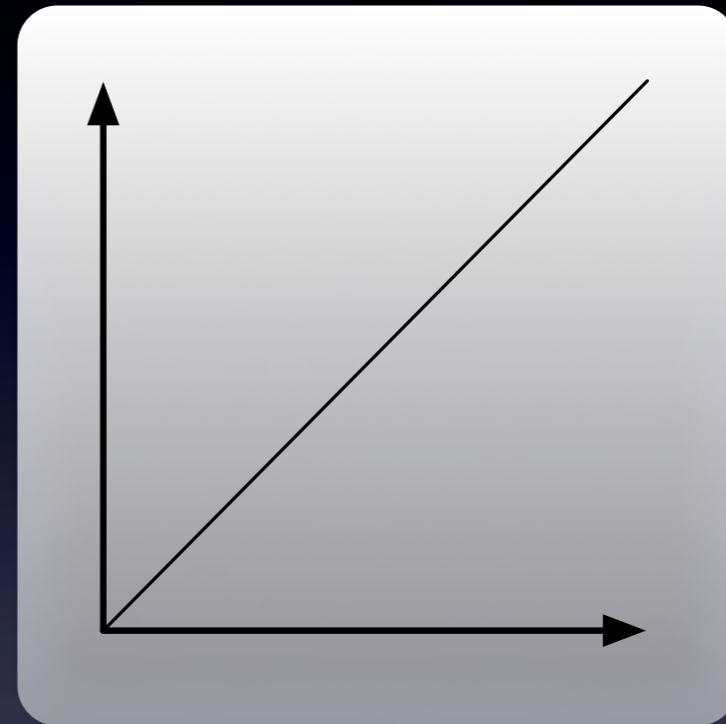
=

Leçons apprises (2)

Z-
Technique



=

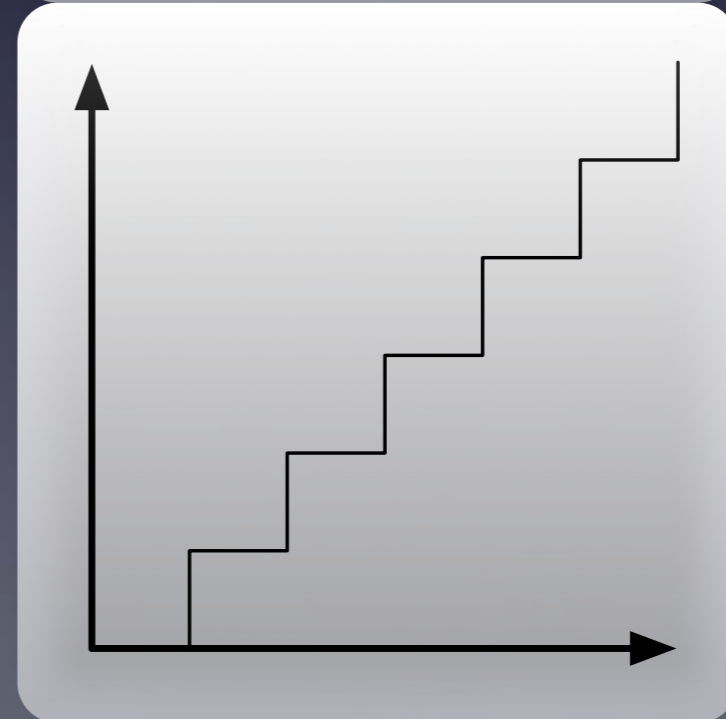


Intégration

MT-
Viewport



=



Séparation

Leçons apprises (3)



- [Guiard 1980]
- Coordination
- [Veit et al. 2011]

	Translation			
	Mode	Tx	Ty	Tz
Z Technique	$1d$	○	○	
	$1d + 1i$	○	○	○ <i>i</i>



Manipulation 3D

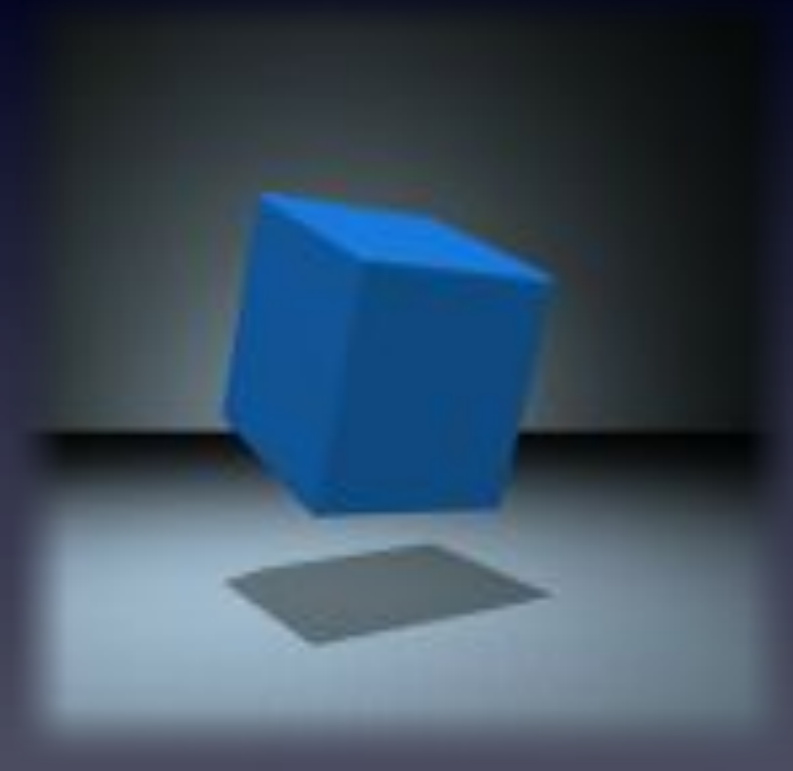
Coeur du problème

Retour sur le problème



Multipoint

2xDoigts DDL



Manipulation 3D

6 DDL

Retour sur le problème



Multipoint
2xDoigts DDL



Optimisation du
lien



Manipulation 3D
6 DDL

Techniques existantes

- Sticky Tools [Hancock et al. 2009]
- Screenspace [Reisman et al. 2009]
- tBox [Cohé et al. 2011]

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]



Mécanisme RST

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]



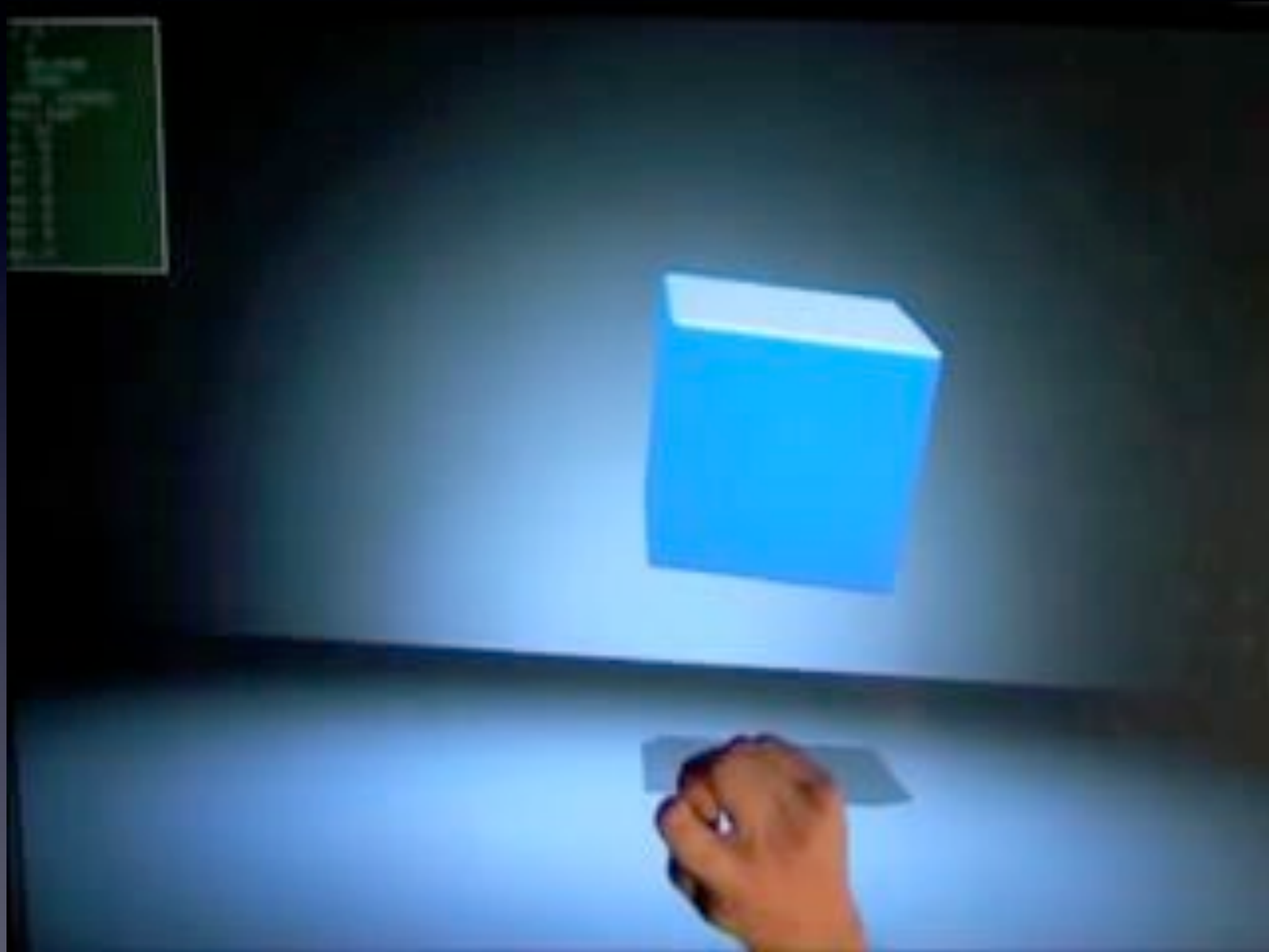
Mécanisme RST



Doigt indirect

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]



Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

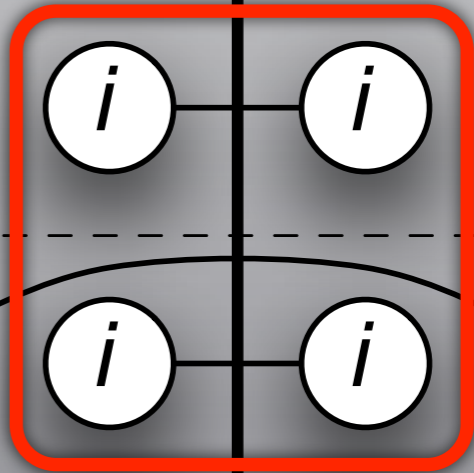
		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Sticky Tools	$1d$	○	○				
	$2d$	○	○	○			○
	$1d + 1i$	○	○		<i>i</i>	<i>i</i>	
	$2d + 1i$	○	○	○	<i>i</i>	<i>i</i>	○

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Sticky Tools	$1d$	○	○				
	$2d$	○	○	○			○
	$1d + 1i$	○	○		<i>i</i>	<i>i</i>	
	$2d + 1i$	○	○	○	<i>i</i>	<i>i</i>	○

Sticky Tools [Hancock et al. 2009]

		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Sticky Tools	$1d$	○	○				
	$2d$	○	○	○			○
	$1d + 1i$	○	○		○	○	
	$2d + 1i$	○	○	○	○	○	○



Screenspace [Reisman et al. 2009]

Screenspace [Reisman et al. 2009]

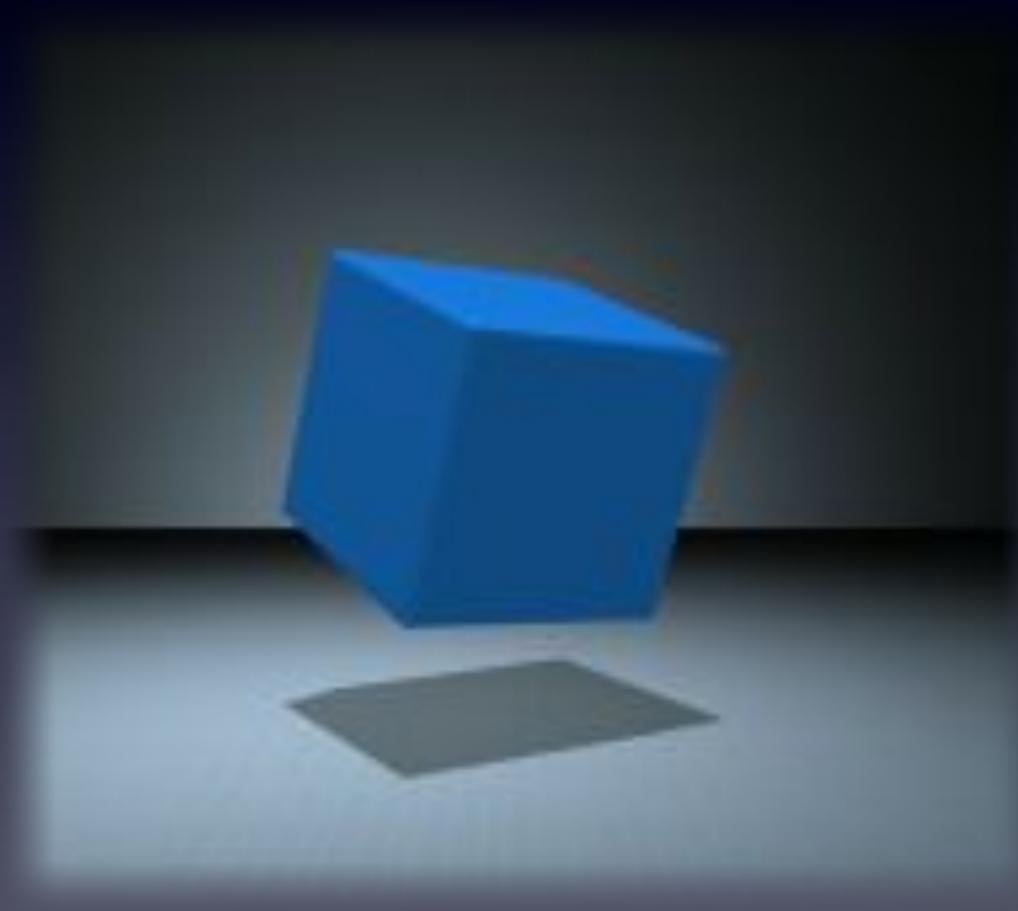


Mécanisme RST
2D

Screenspace [Reisman et al. 2009]



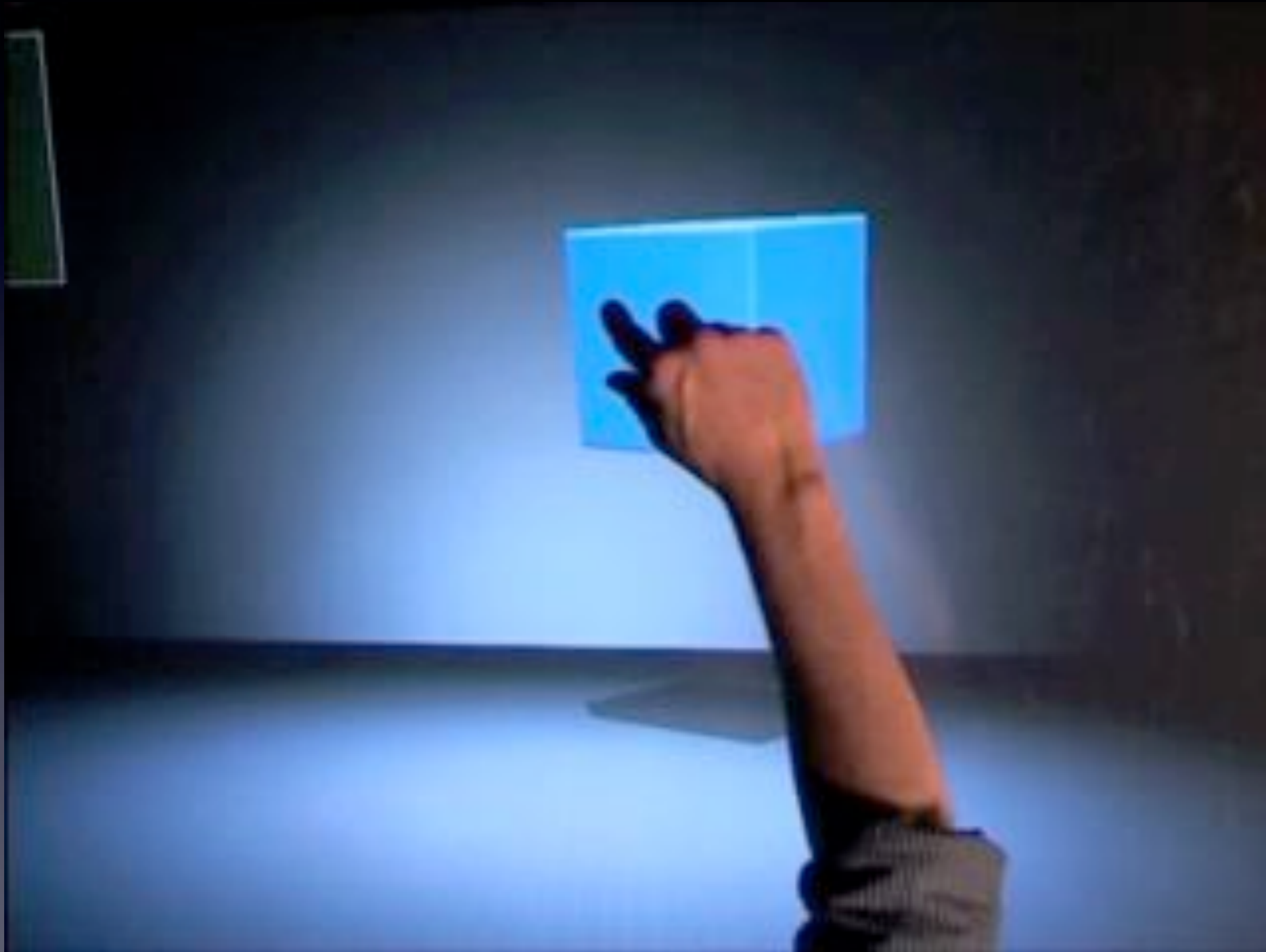
Mécanisme RST
2D



Mécanisme «RST»
3D

Screenspace [Reisman et al. 2009]

Screenspace [Reisman et al. 2009]



Screenspace [Reisman et al. 2009]

Screenspace [Reisman et al. 2009]

	Mode	Translation			Rotation		
		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Screen-Space	$1d$	○	○				
	$2d$			○	○	○	○
	$\geq 3d$	○	○	○	○	○	○

Screenspace [Reisman et al. 2009]

	Translation			Rotation			
	Mode	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Screen-Space	1d	○	○				
	2d			○	○	○	○
	$\geq 3d$	○	○	○	○	○	○

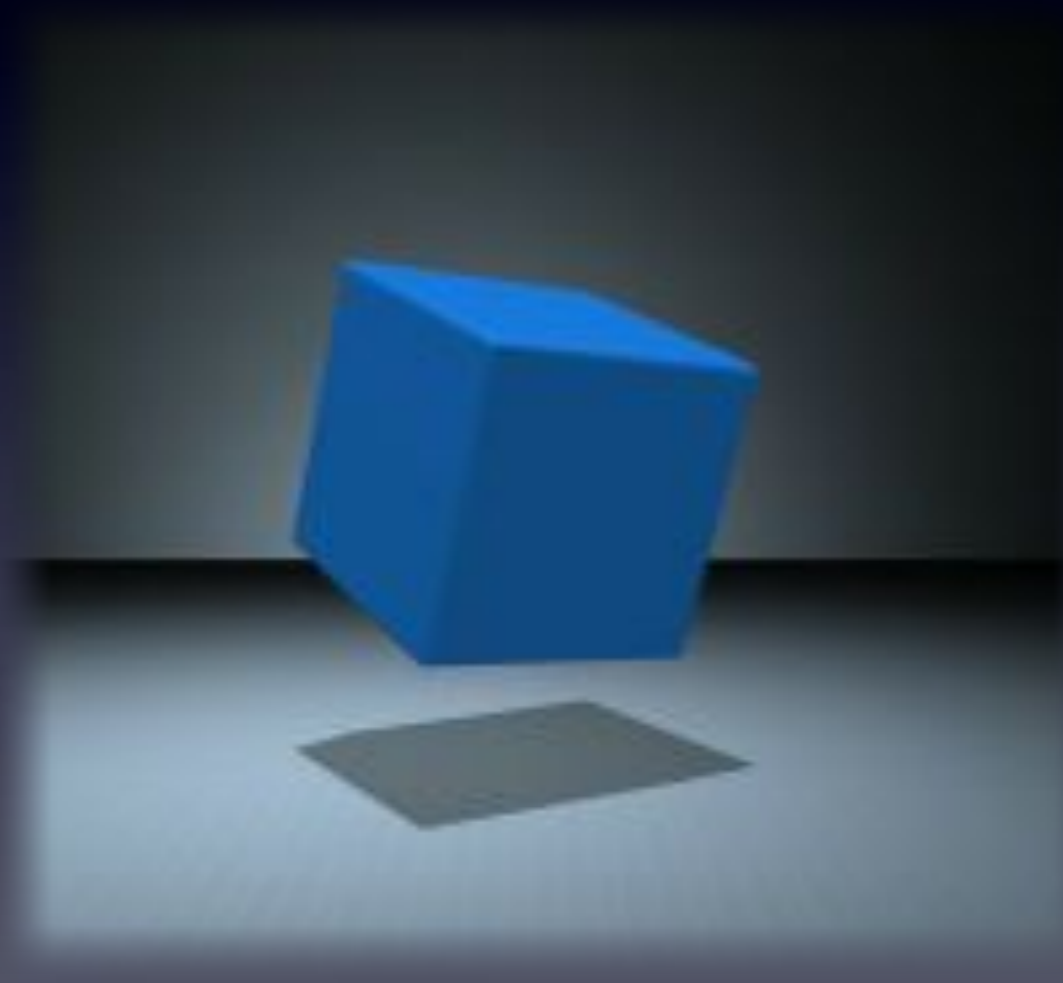
Screenspace [Reisman et al. 2009]

	Translation			Rotation			
	Mode	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Screen-Space	$1d$	○	○				
	$2d$			○	○	○	○
	$\geq 3d$	○	○	○	○	○	○

Screenspace [Reisman et al. 2009]

	Translation			Rotation			
	Mode	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
Screen-Space	$1d$	○	○				
	$2d$			○	○	○	○
	$\geq 3d$	○	○	○	○	○	○

Notre technique



DS3



Observation

Perception d'attributs visuels

[Garner 1974]

Attributs **intégrables** : perçus comme un tout

VS

Attributs **séparables** : perçus distinctement

Perception d'attributs visuels

[Garner 1974]

Intégrable

VS

Séparable



Perception d'attributs visuels

[Garner 1974]

Intégrable

VS

Séparable



Triangle



Étoile

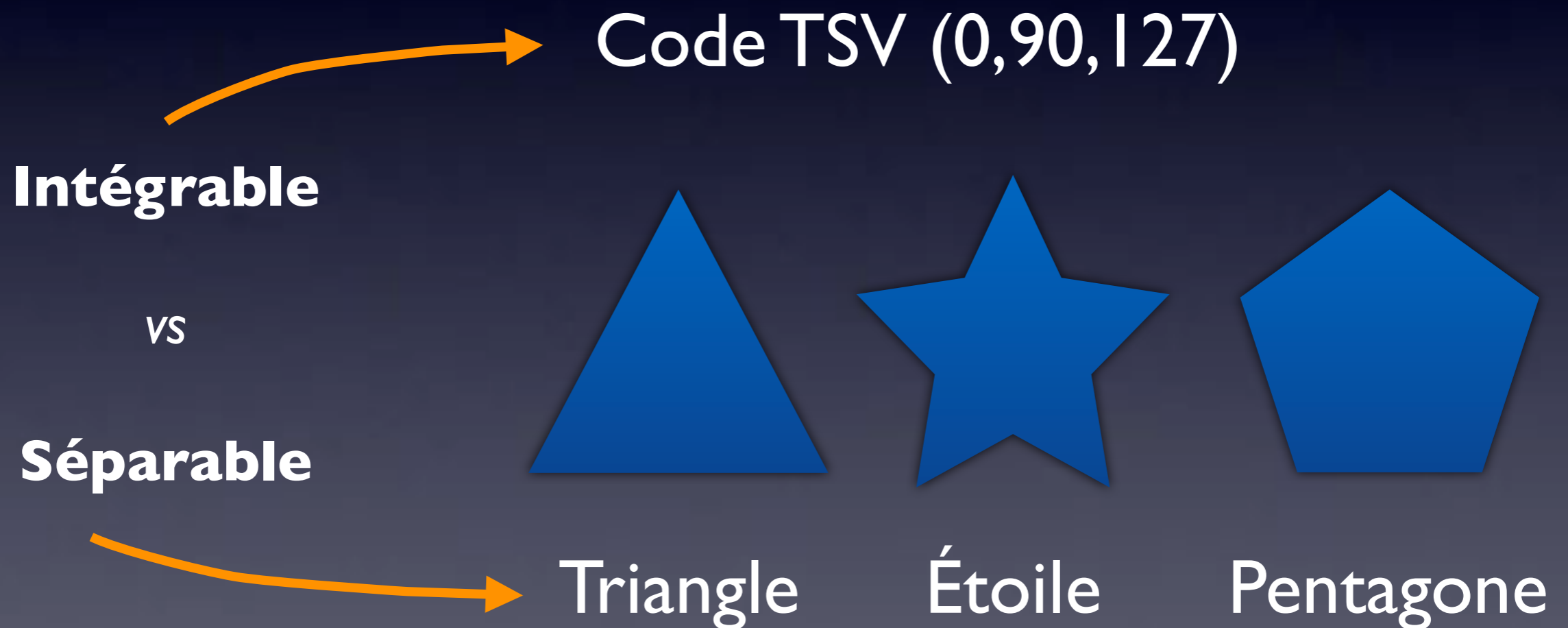


Pentagone



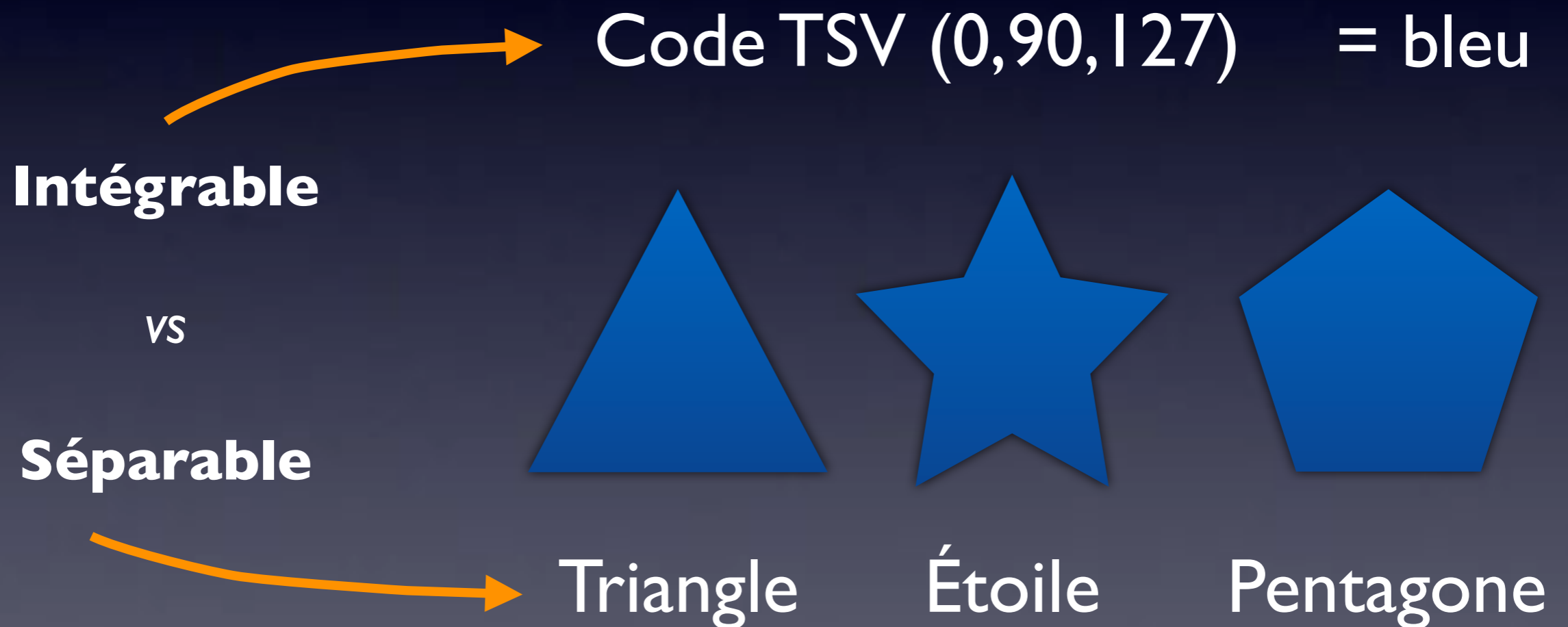
Perception d'attributs visuels

[Garner 1974]



Perception d'attributs visuels

[Garner 1974]



Perception d'attributs visuels

[Jacob et al. 1994]

Tâche virtuelle

=

Changements de valeur des attributs

Perception d'attributs visuels

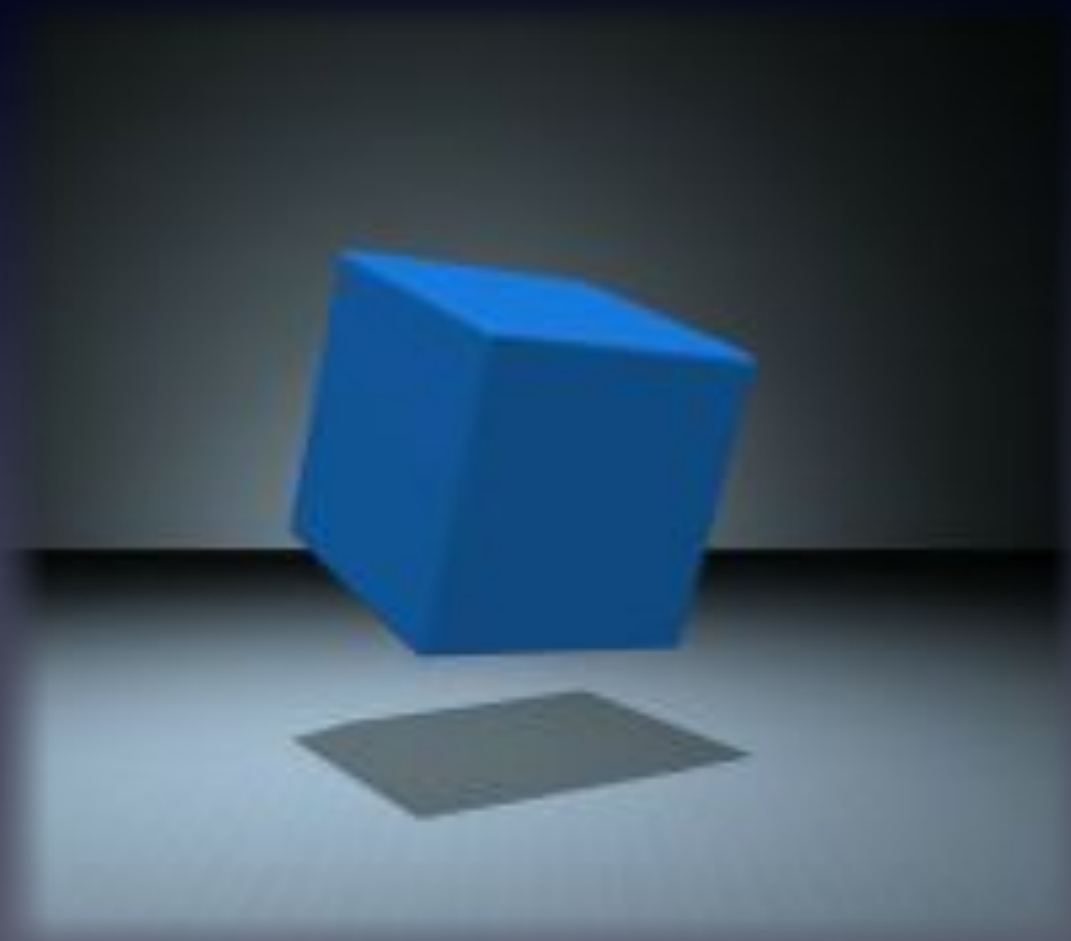
[Jacob et al. 1994]

Structure de perception de la **tâche**

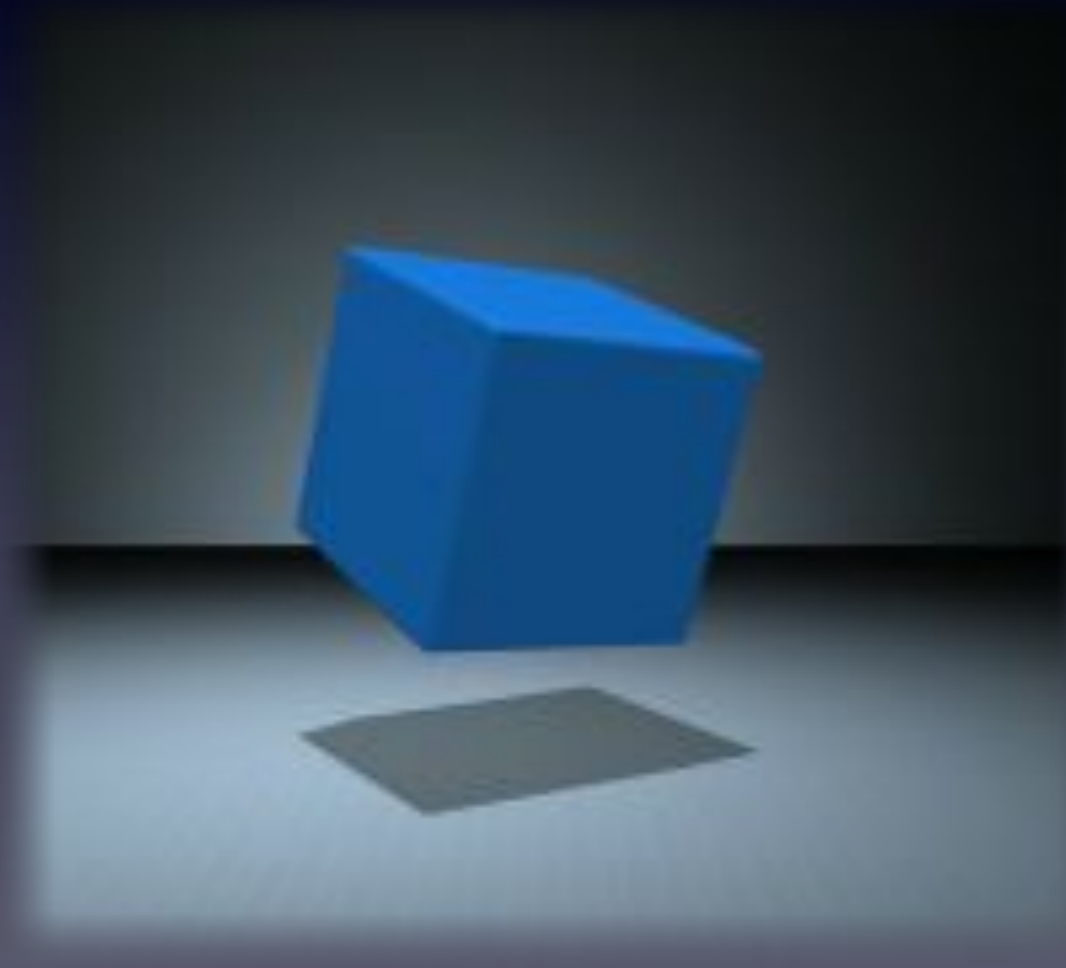
≈

Structure de contrôle du **périphérique**

Perception de la manipulation 3D



Perception de la manipulation 3D

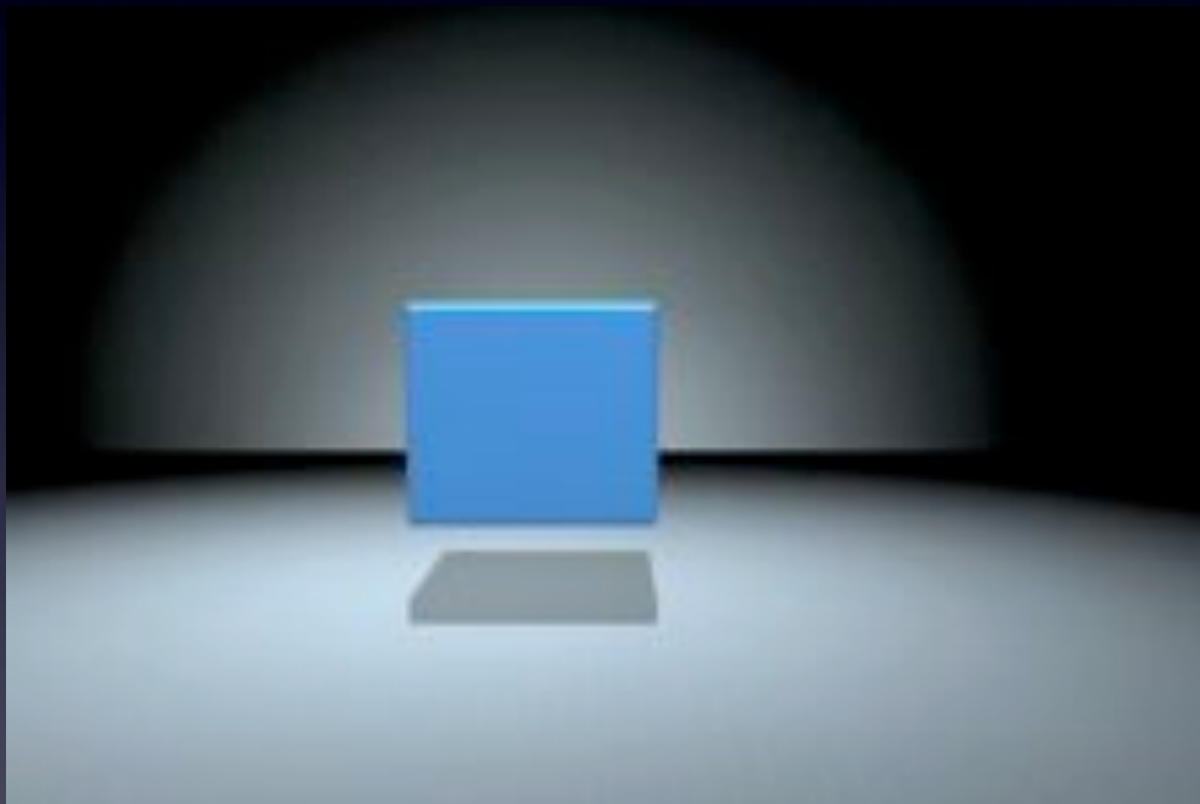


Perception de la manipulation 3D

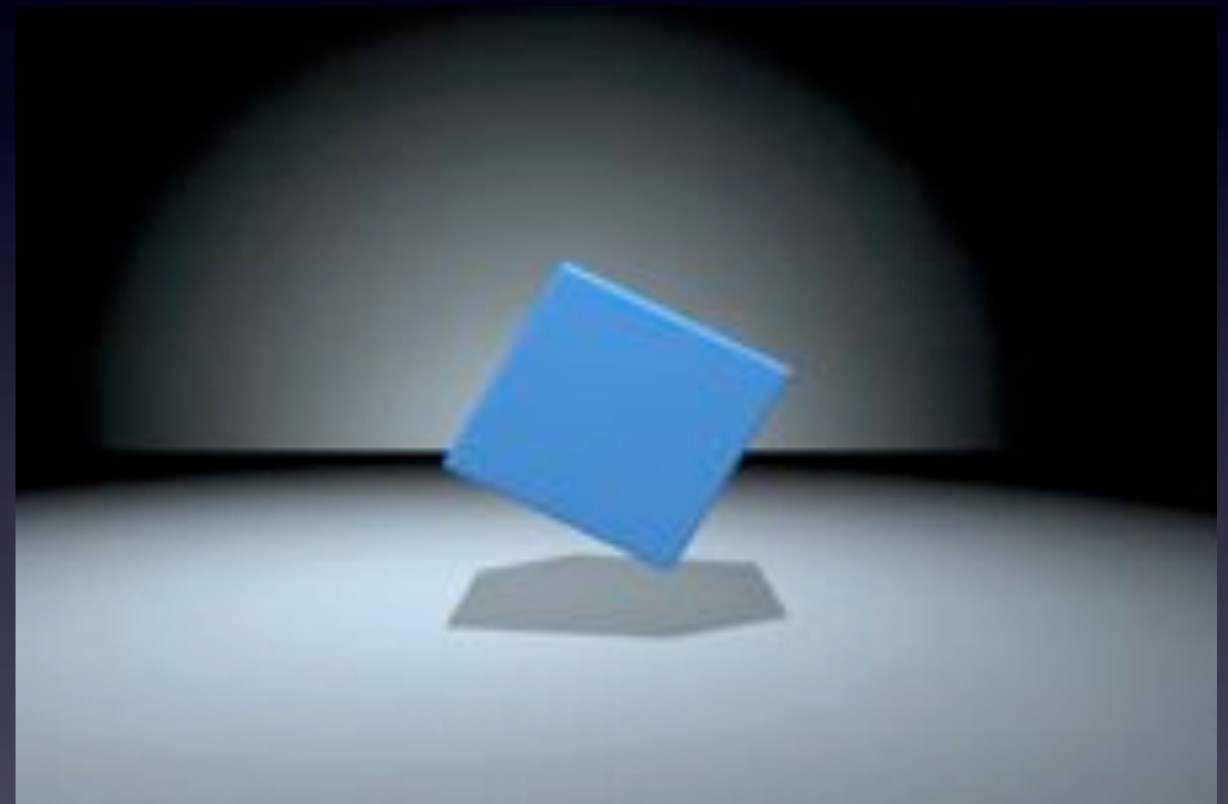


Perception de la manipulation 3D

6 Degrés De Liberté




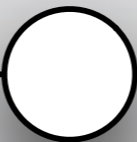



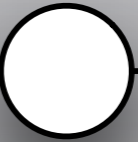
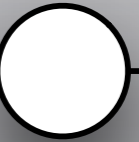


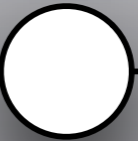
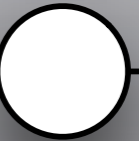

3 de translation



3 de rotation


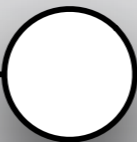



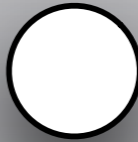
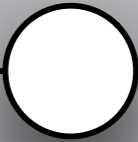
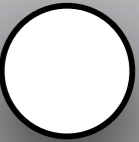

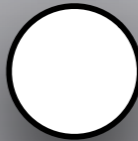
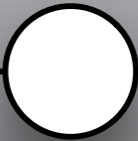
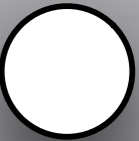
DS3

DS3

		Translation			Rotation		
	Mode	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	$1d$						
	$1d + 1i$						
	$\geq 2d$						
	$\geq 2d + 1i$						

Z-Technique

DS3

		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	$1d$						
	$1d + 1i$						
	$\geq 2d$						
	$\geq 2d + 1i$						

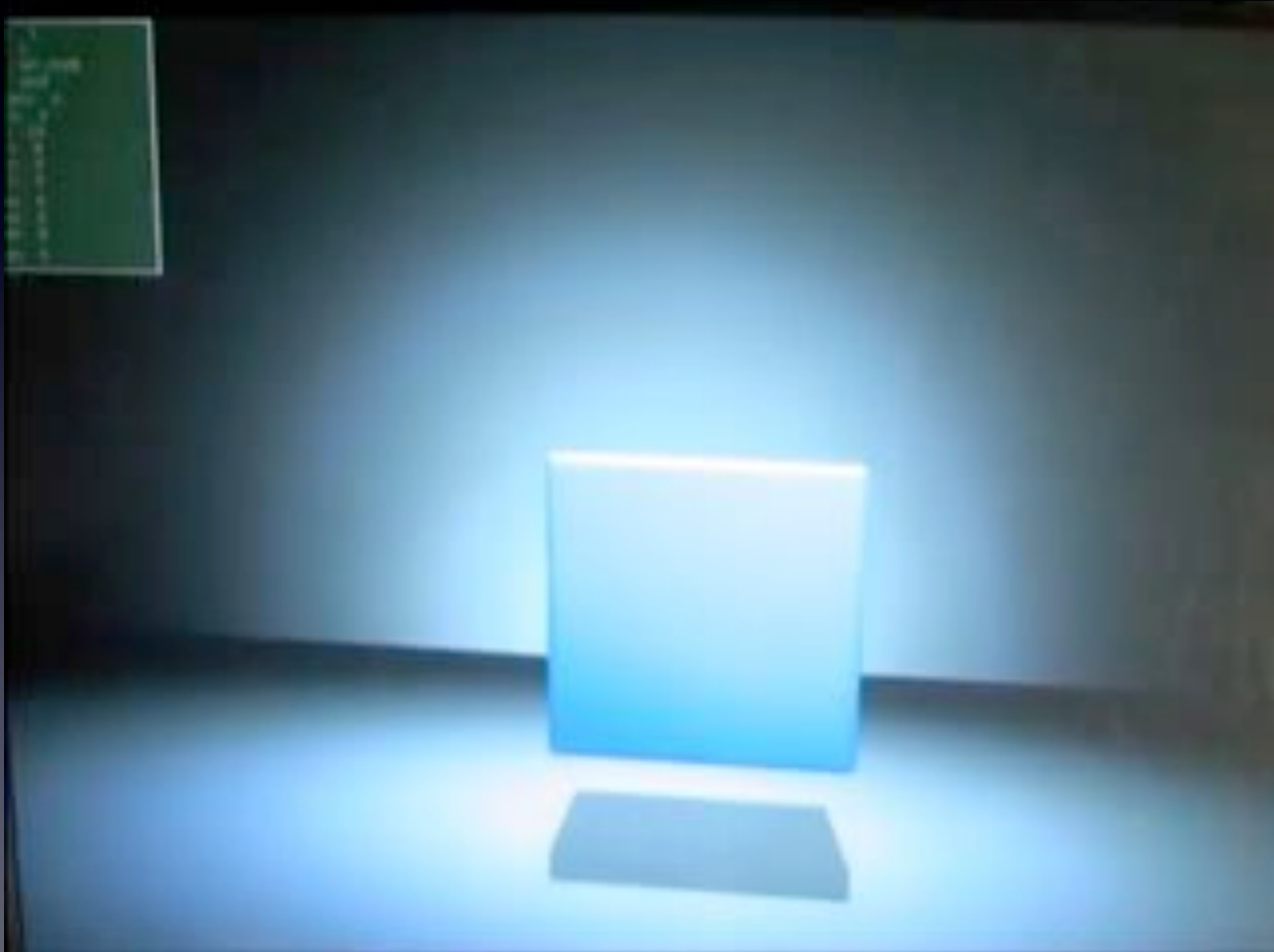
Z-Technique

}

DS3

		Translation			Rotation		
Mode		Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	$1d$						
	$1d + 1i$						
	$\geq 2d$						
	$\geq 2d + 1i$						

DS3



Analyse des techniques



Performance



Ressenti
utilisateur

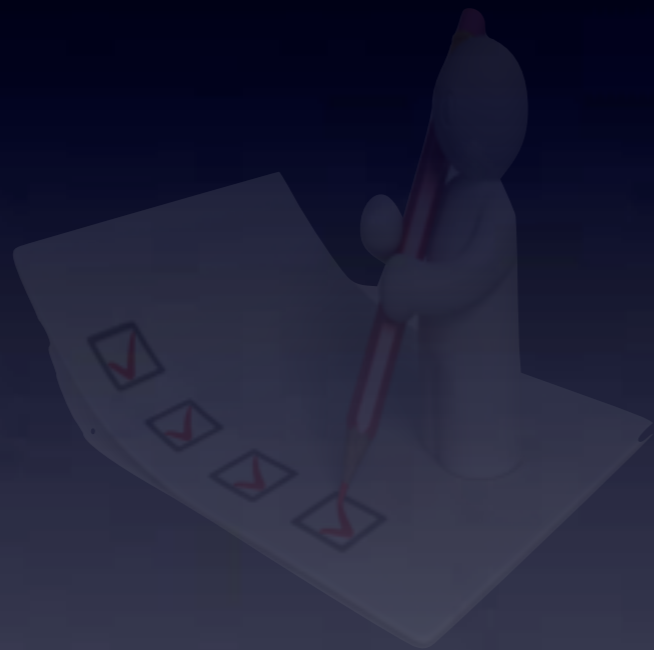


Coordination



Utilisation
des deux
mains

Analyse des techniques



Performance

Ressenti
utilisateur

Coordination

Utilisation
des deux
mains

Analyse des techniques



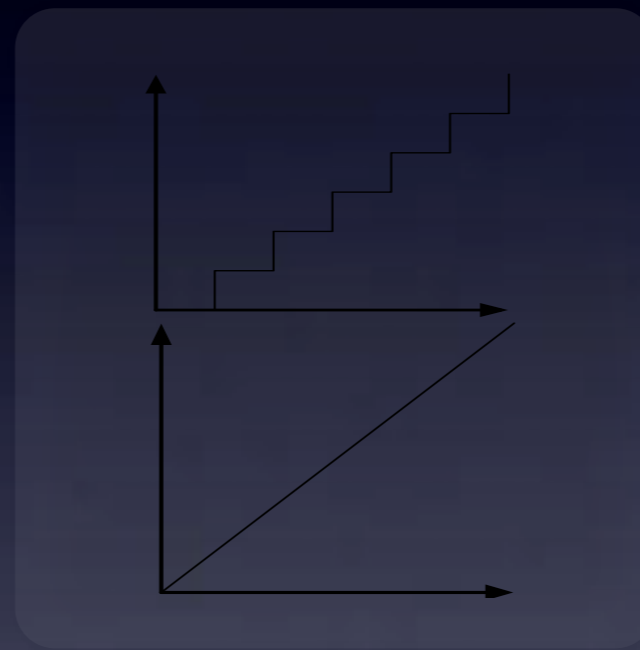
Performance

Ressenti
utilisateur

Coordination

Utilisation
des deux
mains

Analyse des techniques



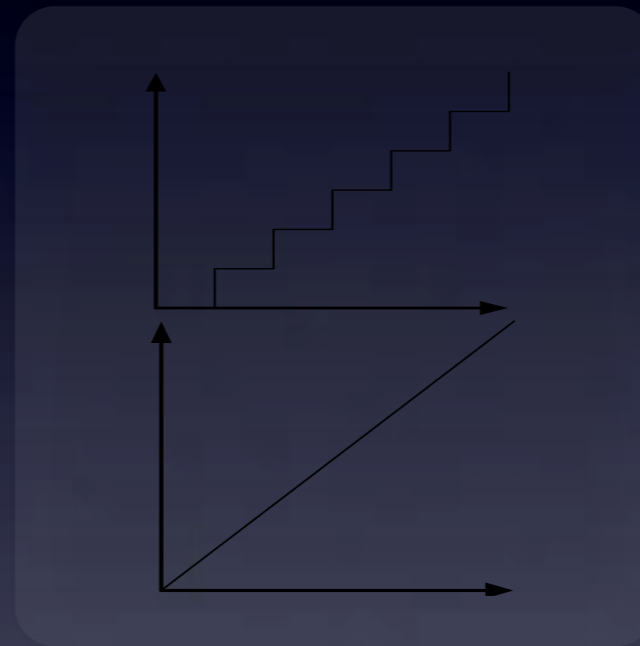
Performance

Ressenti
utilisateur

Coordination

Utilisation
des deux
mains

Analyse des techniques



Performance

Ressenti
utilisateur

Coordination

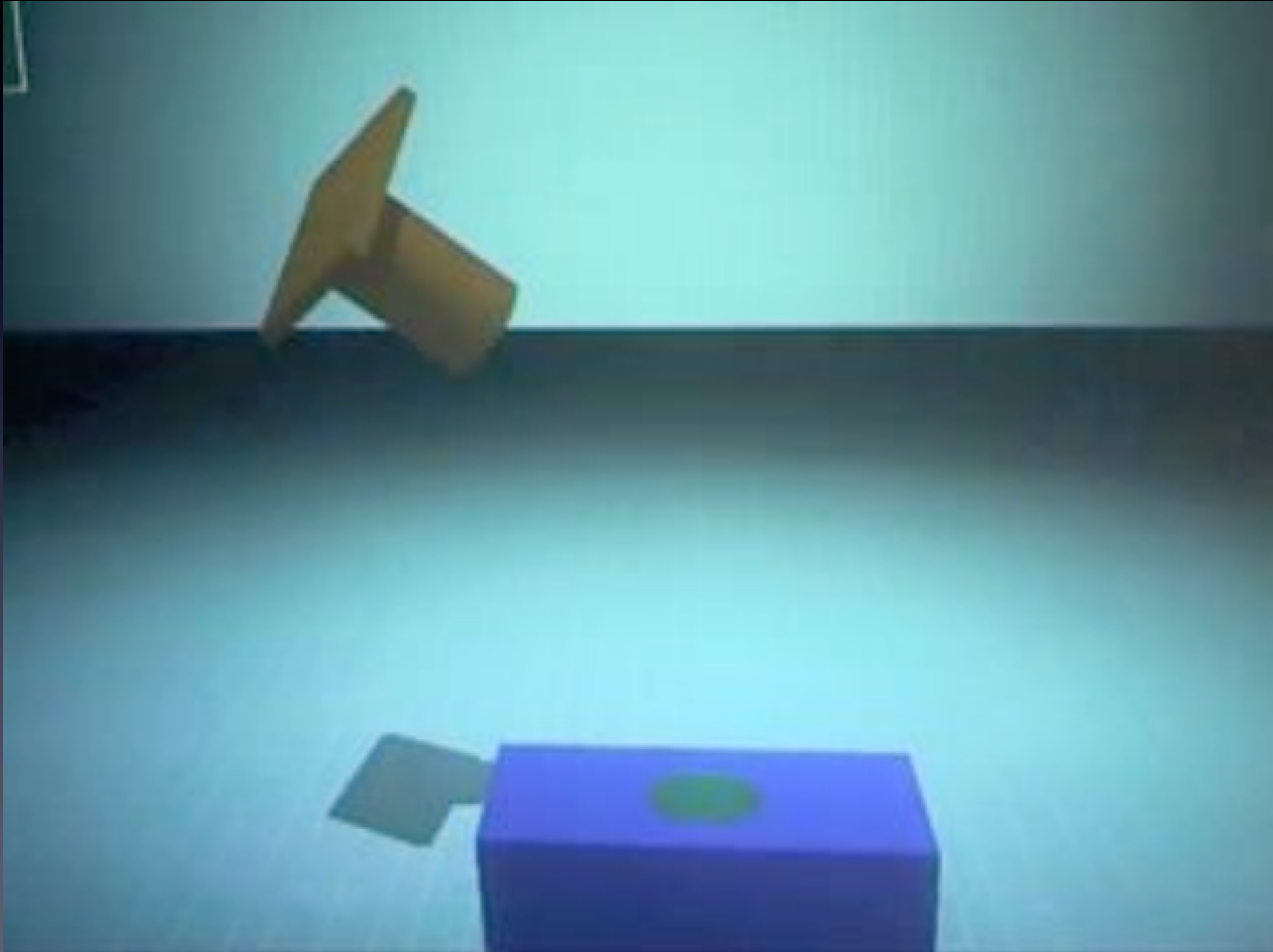
Utilisation
des deux
mains

Matériel



Tâche

Tâche



Plan expérimental

Plan expérimental

Plan

Raison

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison
5 blocs	Effet d'apprentissage

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison
5 blocs	Effet d'apprentissage
2 niveaux de profondeur	Variables indépendantes Distinguer comportements

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison
5 blocs	Effet d'apprentissage
2 niveaux de profondeur	Variables indépendantes Distinguer comportements
2 niveaux de rotation	

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison
5 blocs	Effet d'apprentissage
2 niveaux de profondeur	Variables indépendantes Distinguer comportements
2 niveaux de rotation	
2 amplitudes de rotation	

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
3 techniques	Comparaison
5 blocs	Effet d'apprentissage
2 niveaux de profondeur	Variables indépendantes Distinguer comportements
2 niveaux de rotation	
2 amplitudes de rotation	
2 répétitions	Diminuer la variance

Plan expérimental

Plan	Raison
12 participants	Echantillon viable
2 r	
2	
2 amplitudes de rotation	
2 répétitions	Diminuer la variance

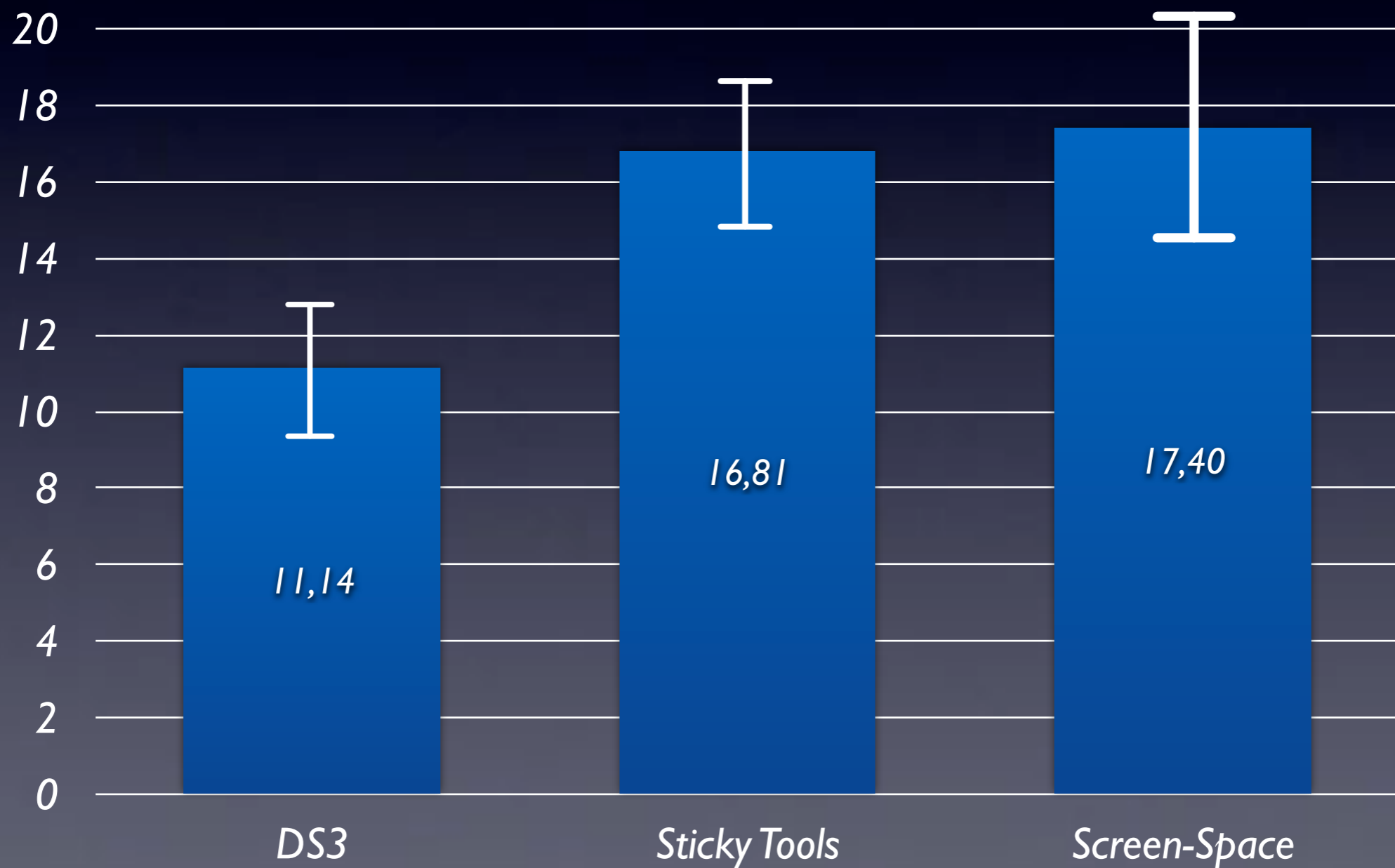
2880 essais

Performance

■ Temps moyen (s)

Performance

■ Temps moyen (s)



Coordination

$$\begin{aligned} & \text{Efficacité en translation} \\ & = \\ & \frac{[\text{Chemin le plus court}]}{[\text{Chemin parcouru}]} \end{aligned}$$

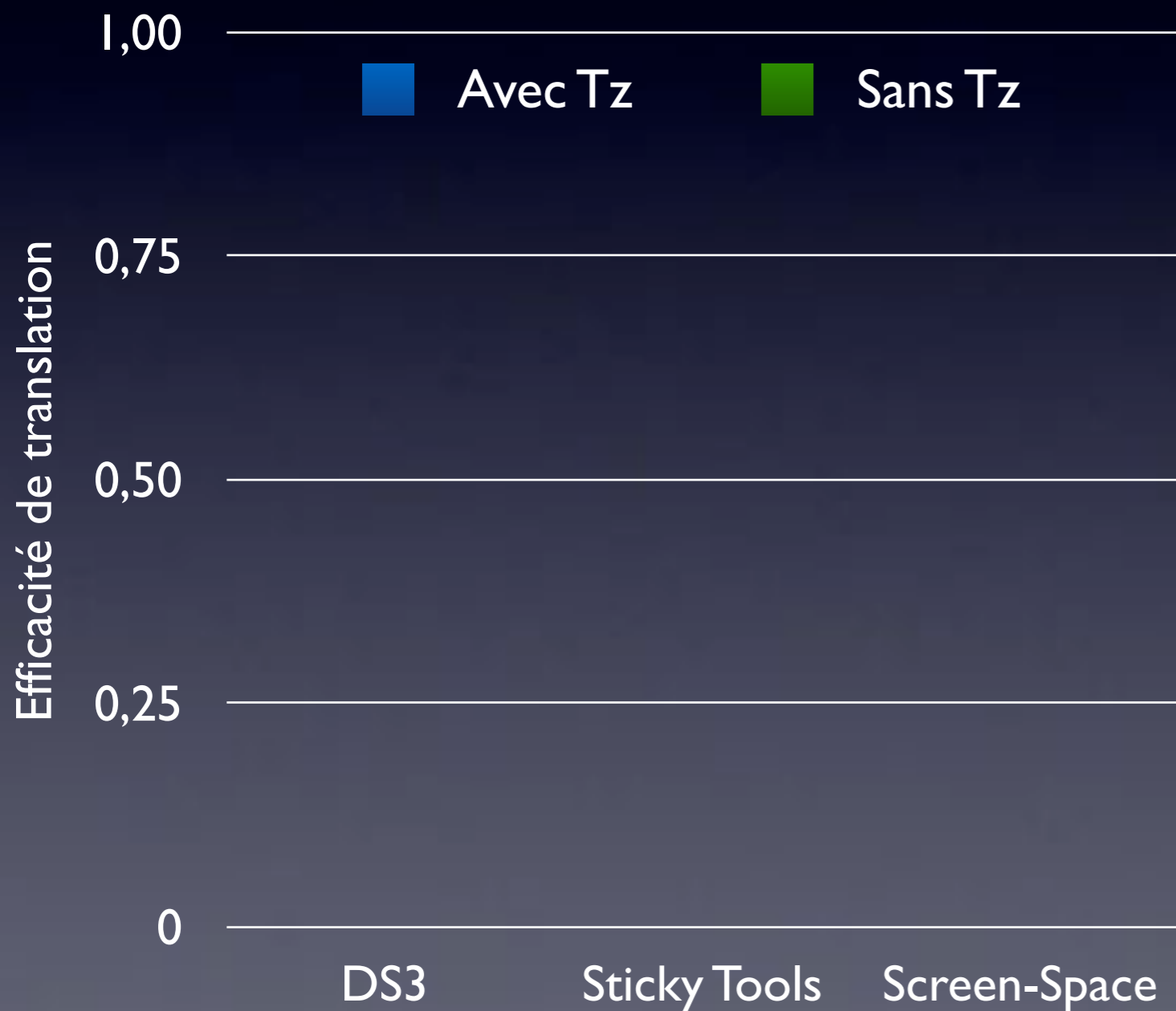
$$\begin{aligned} & \text{Efficacité en rotation} \\ & = \\ & \frac{[\text{Rotation initiale}]}{[\text{Rotation effectuée}]} \end{aligned}$$

[Zhai 1998]

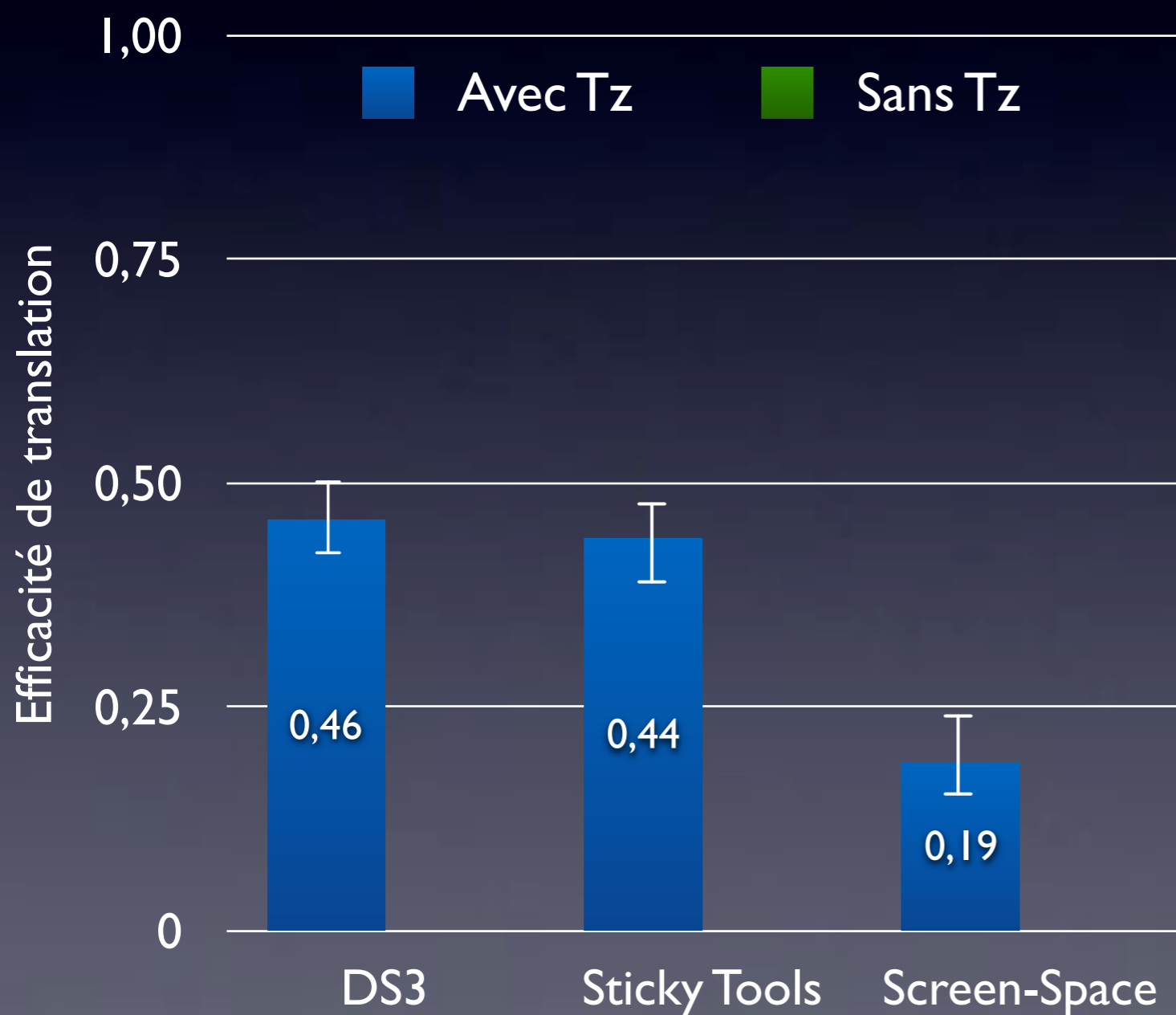
Efficacité de translation

■ Avec Tz ■ Sans Tz

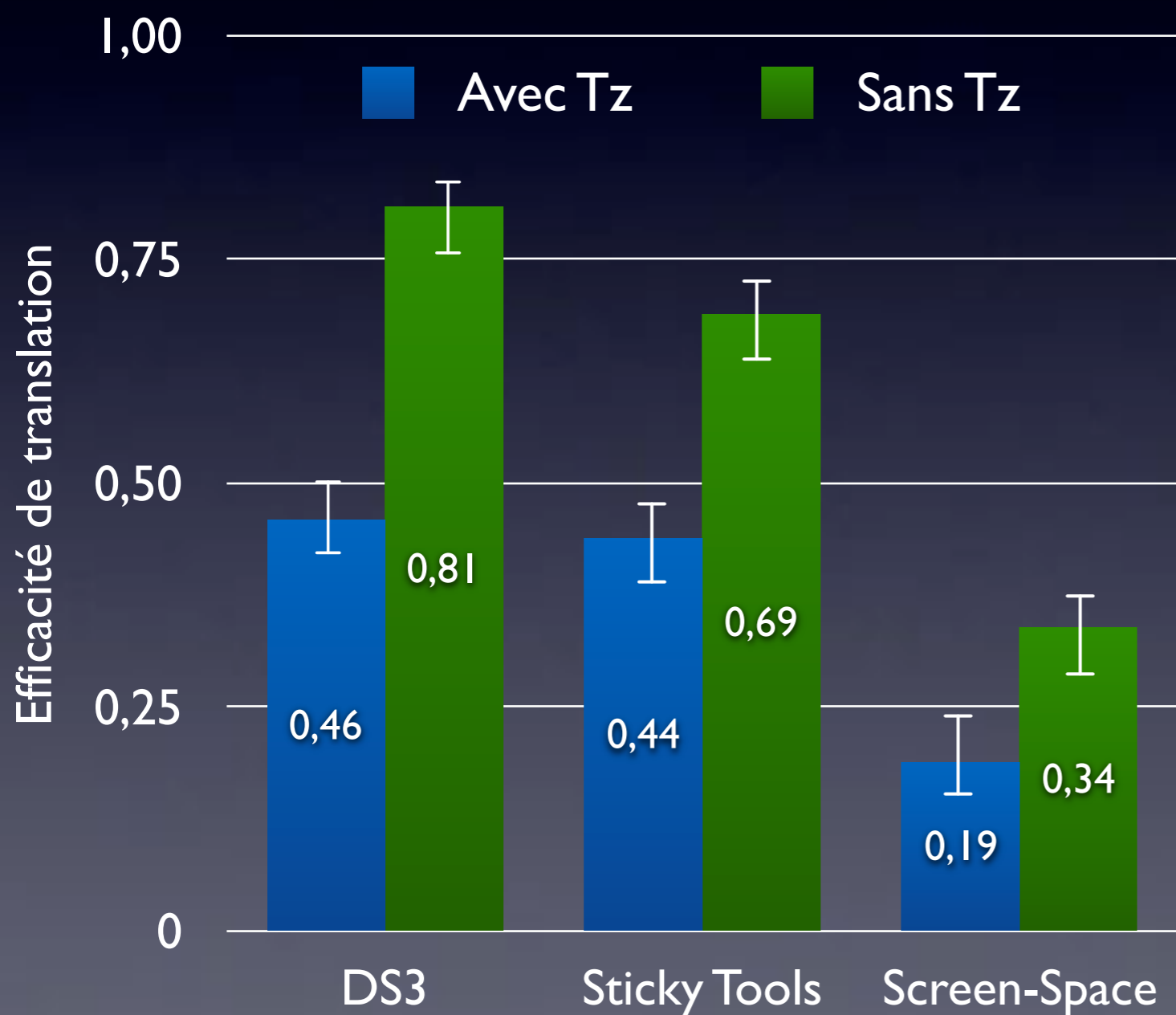
Efficacité de translation



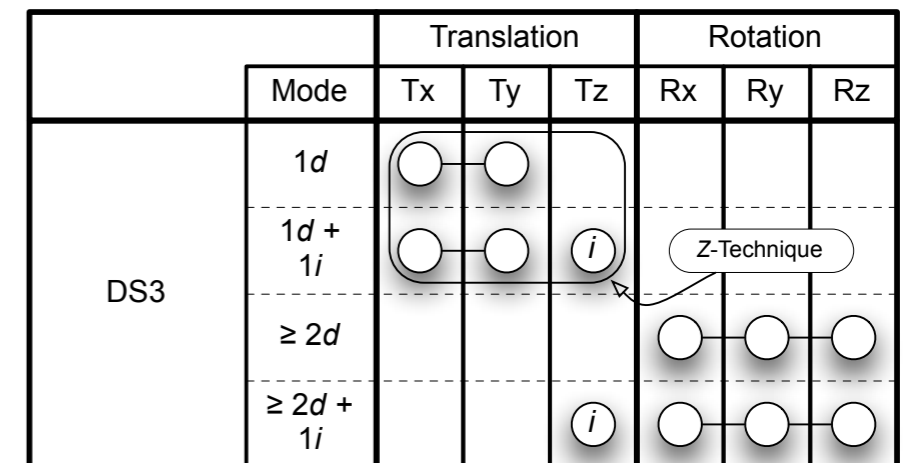
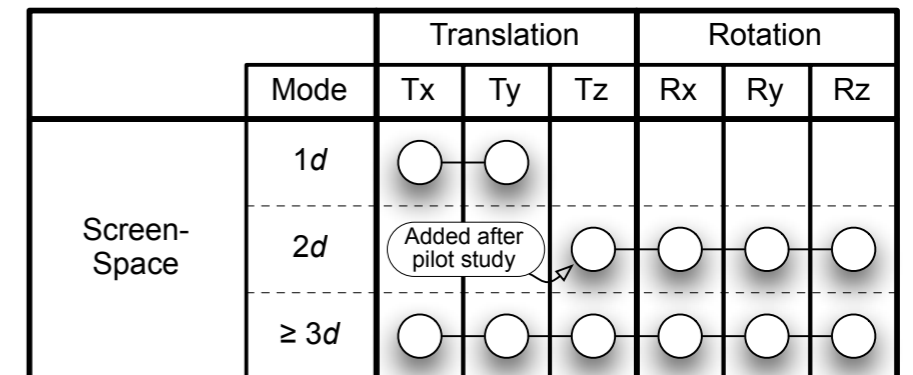
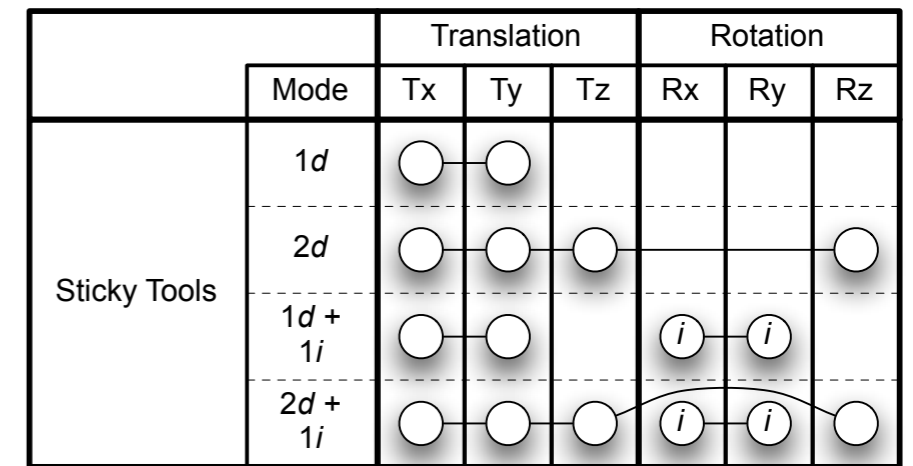
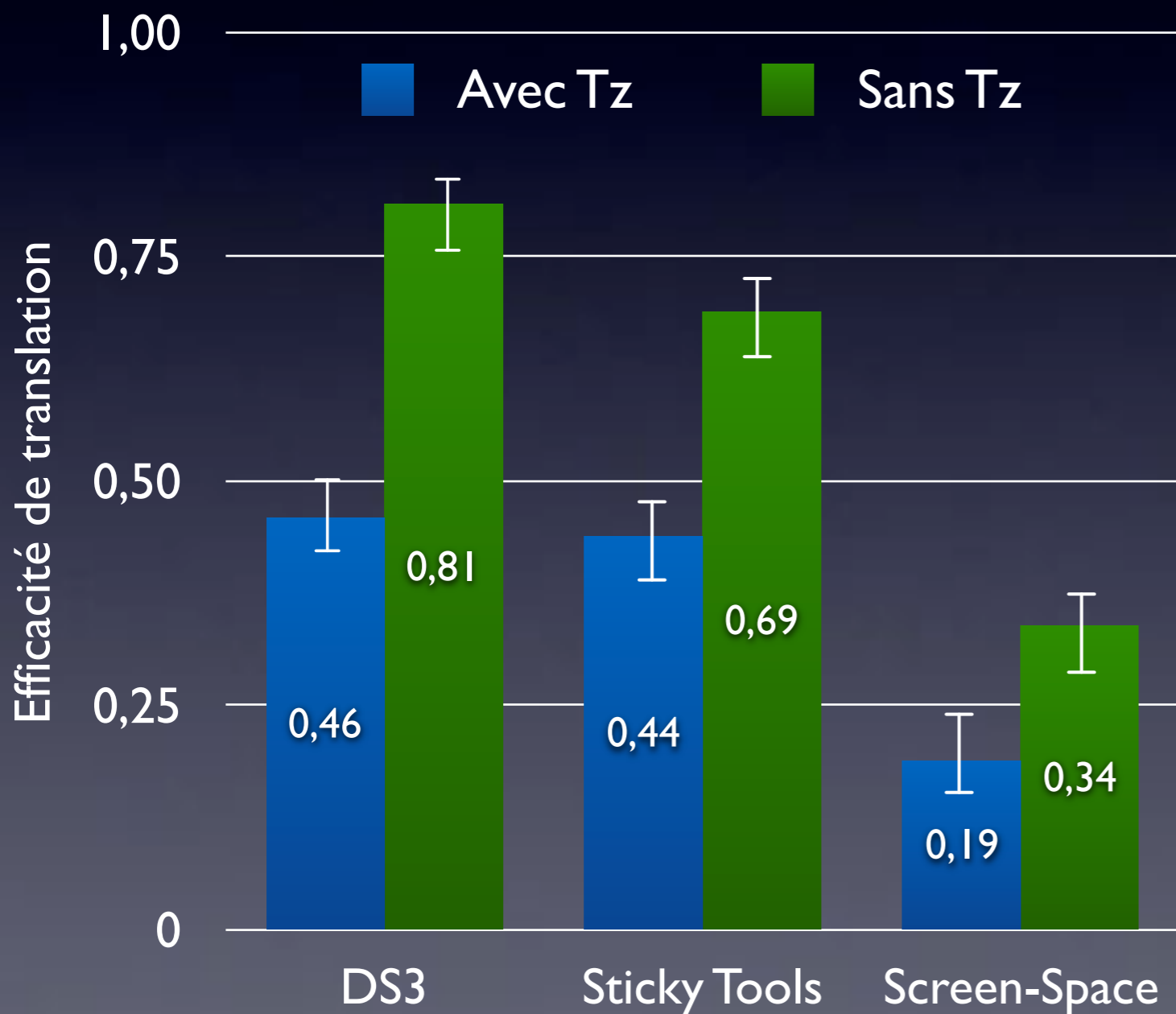
Efficacité de translation



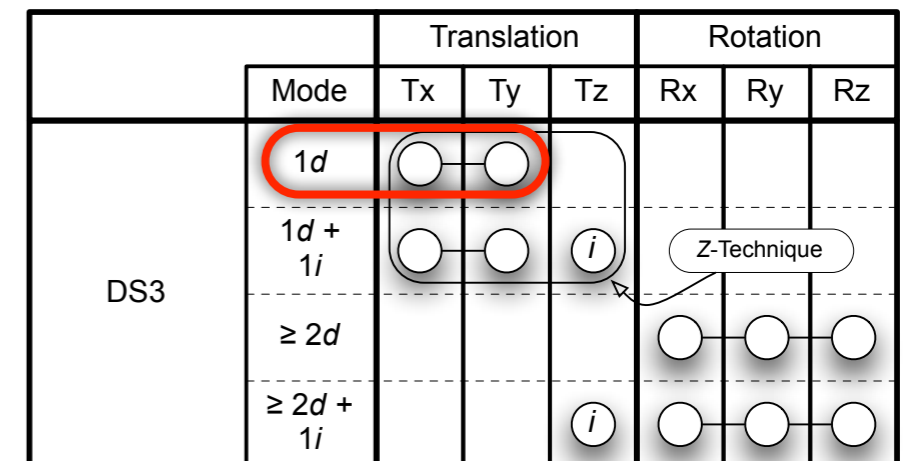
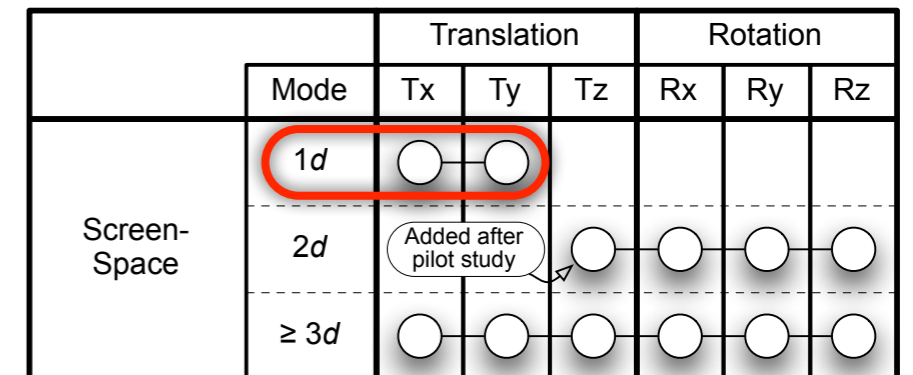
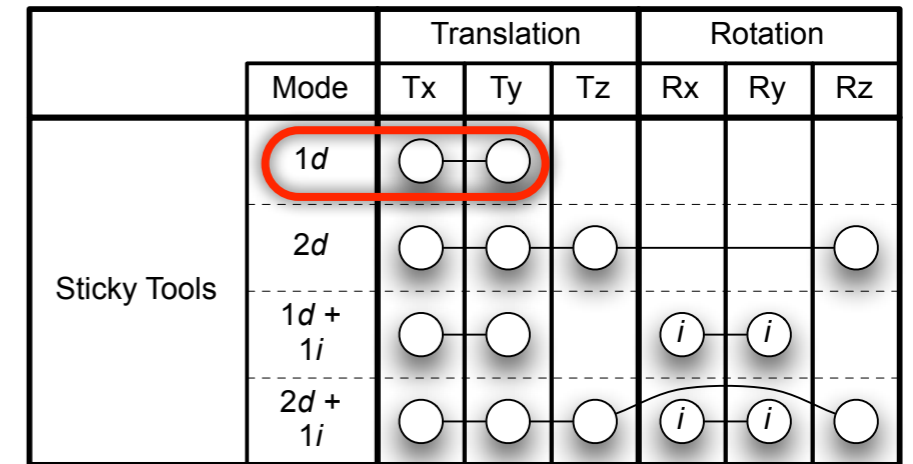
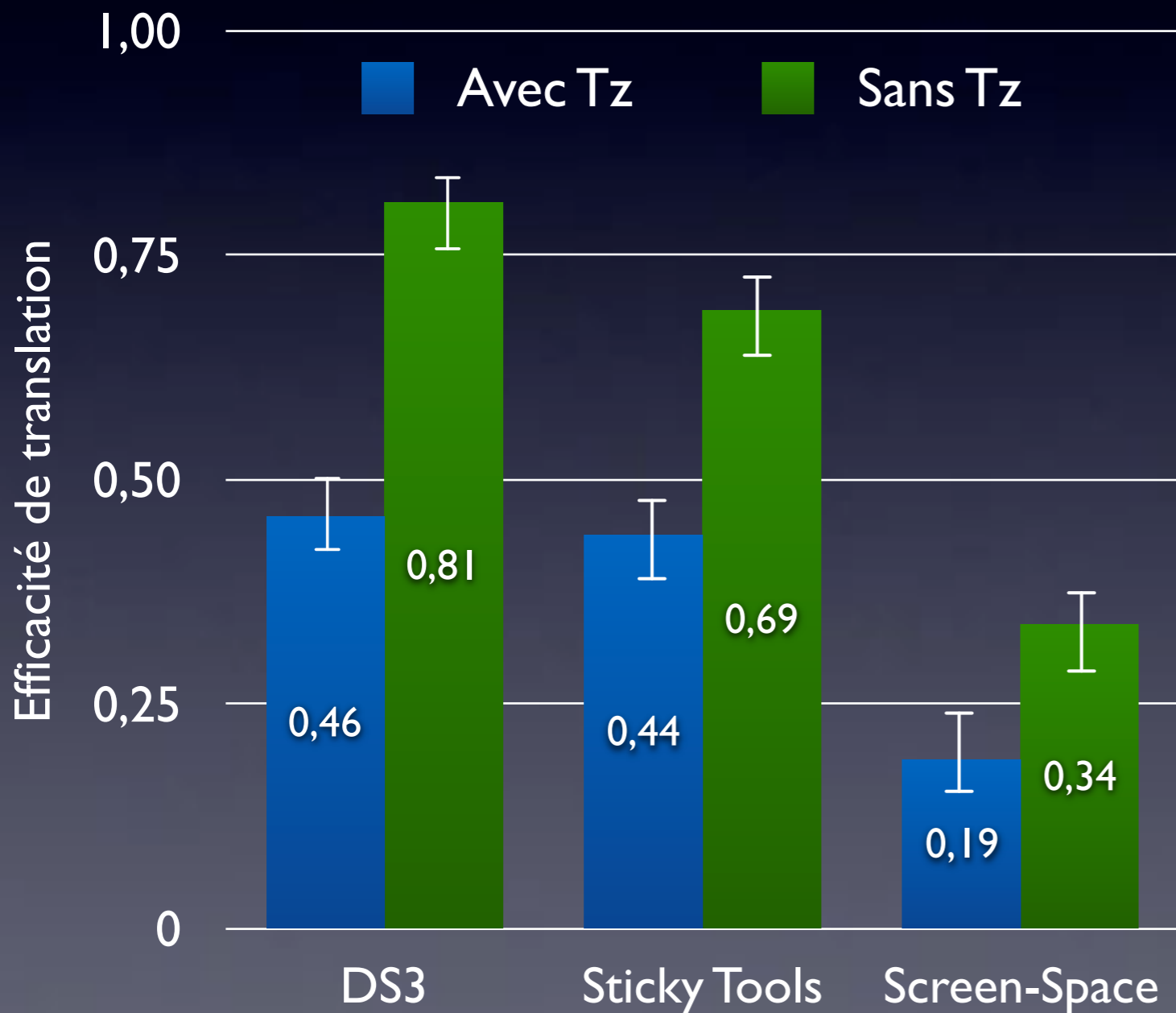
Efficacité de translation



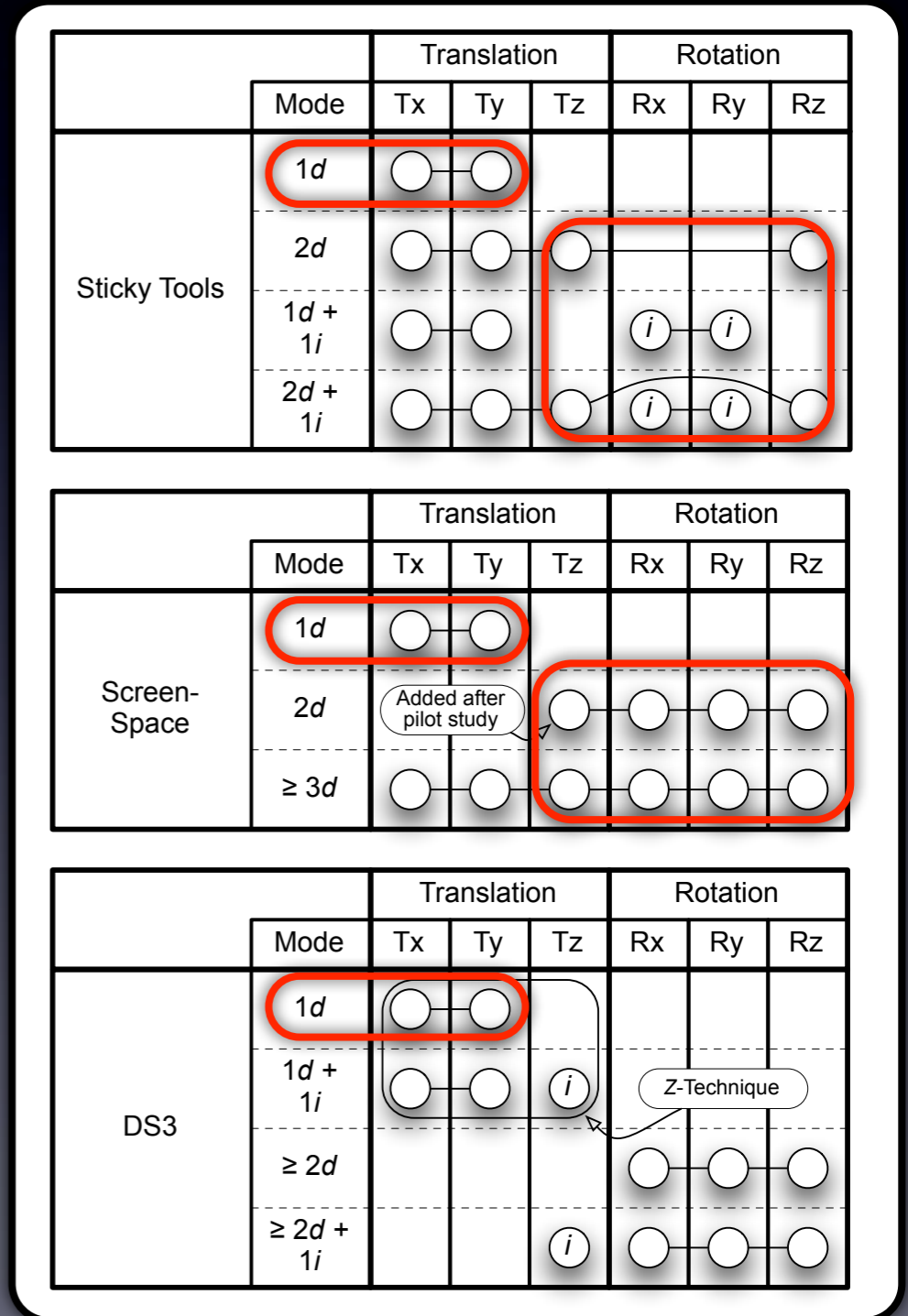
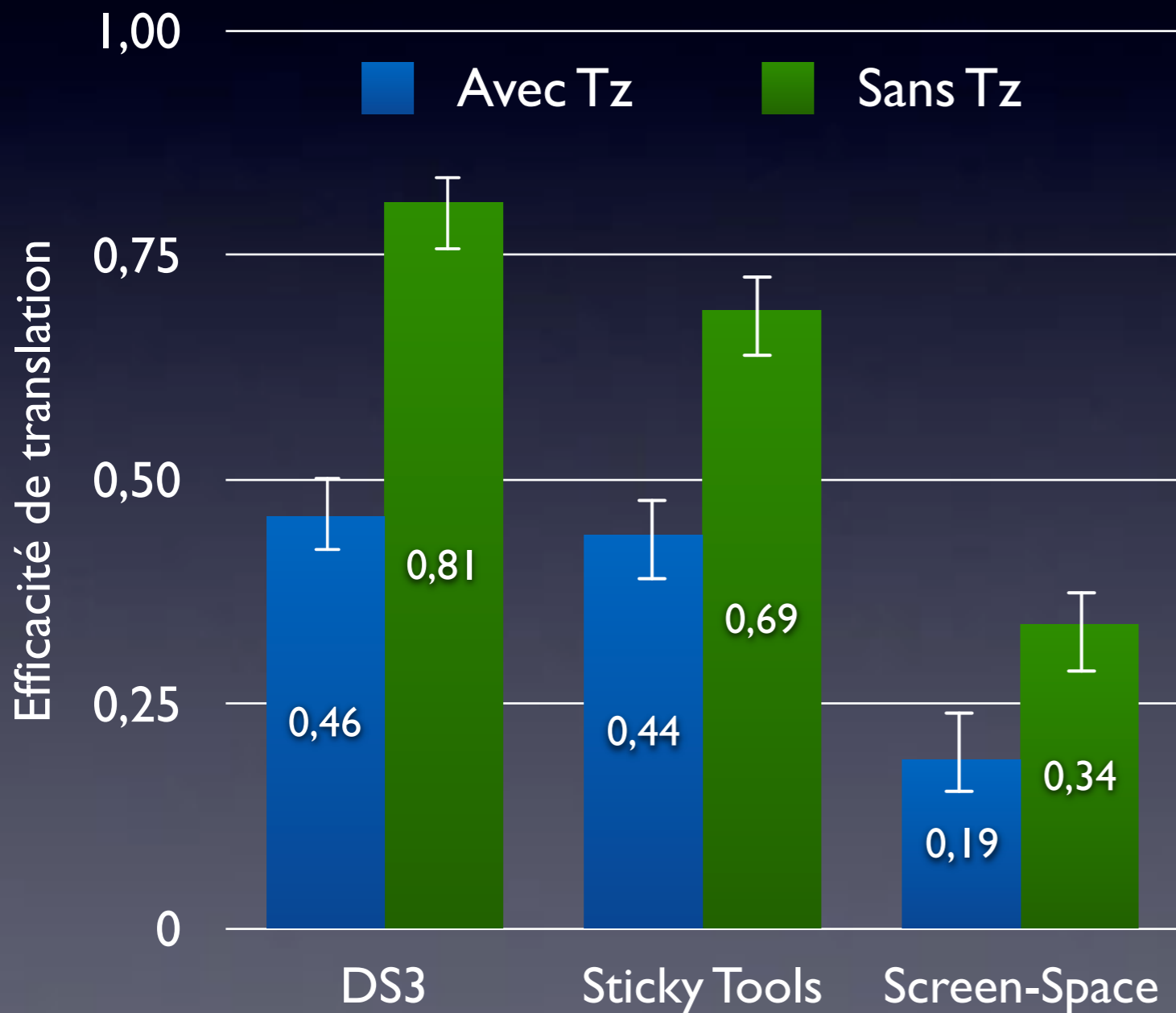
Efficacité de translation



Efficacité de translation



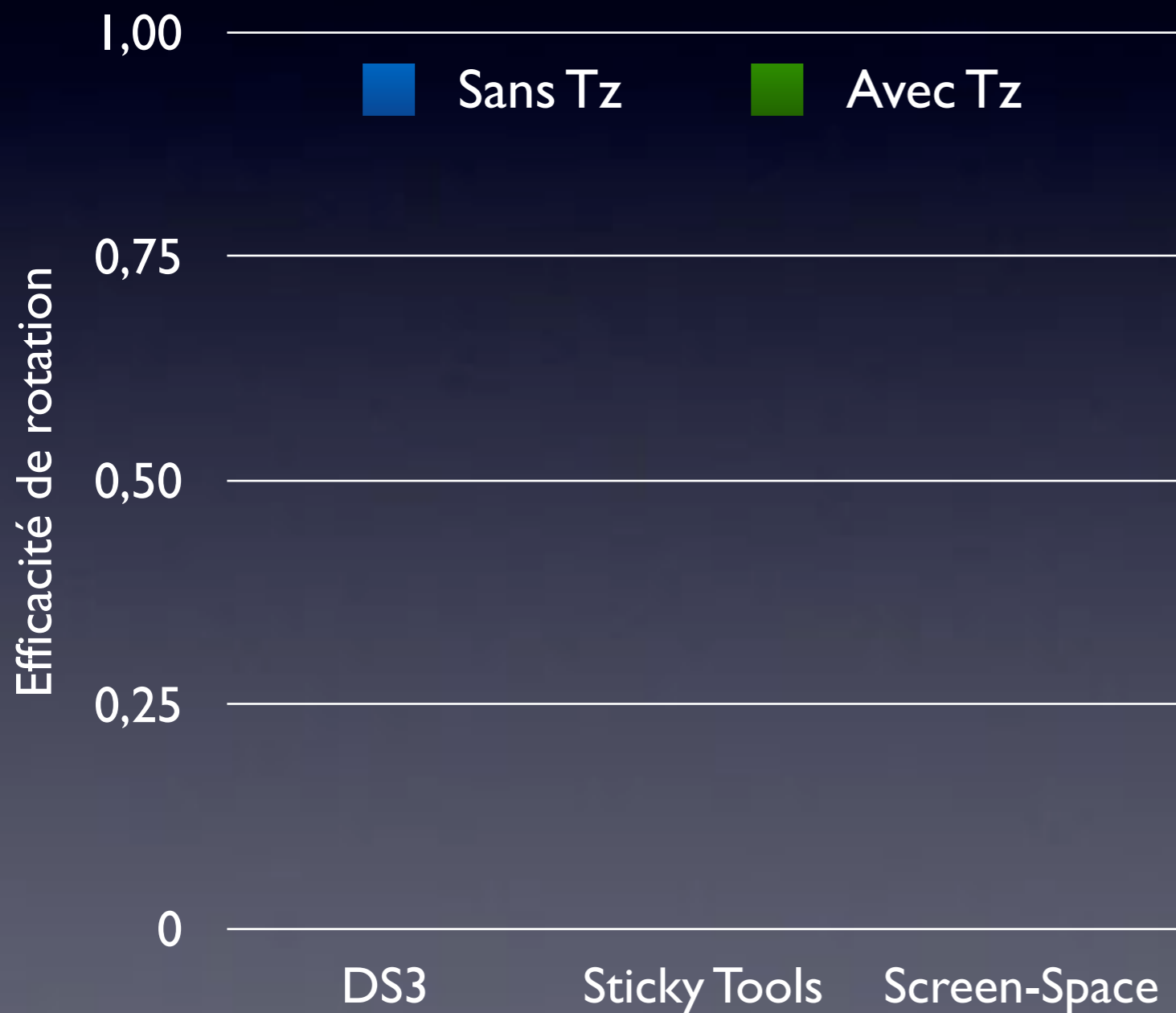
Efficacité de translation



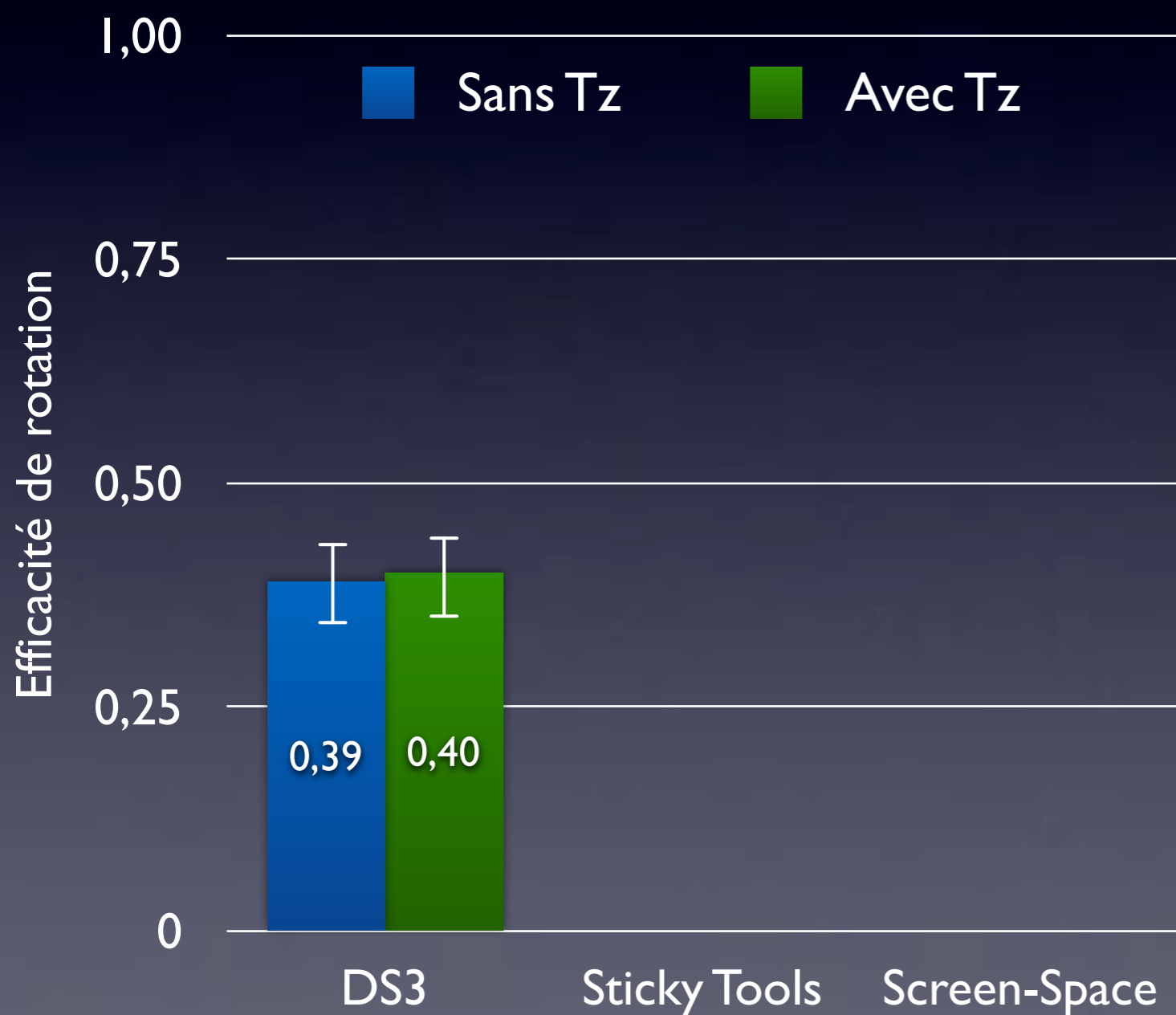
Efficacité de rotation

■ Sans Tz ■ Avec Tz

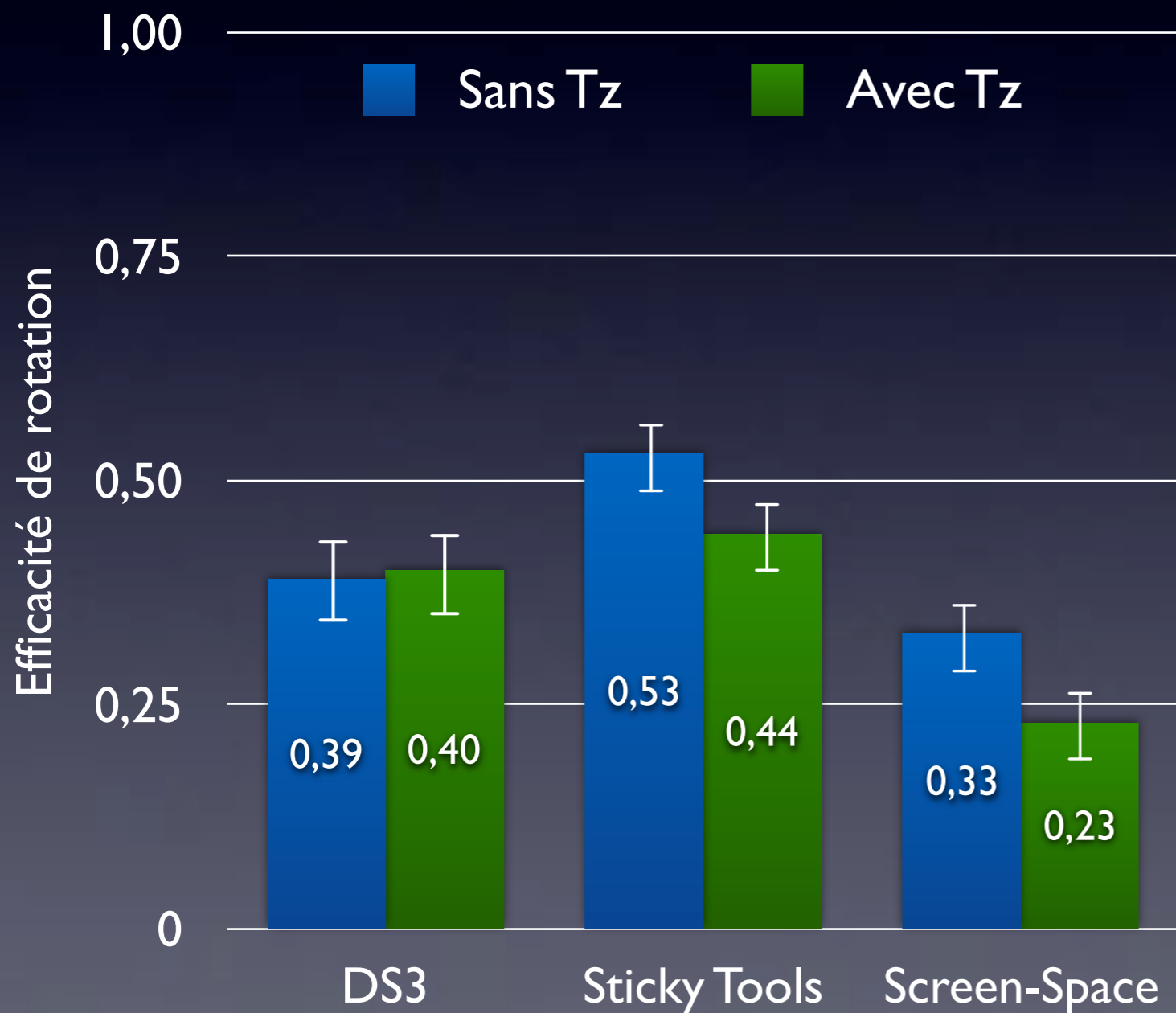
Efficacité de rotation



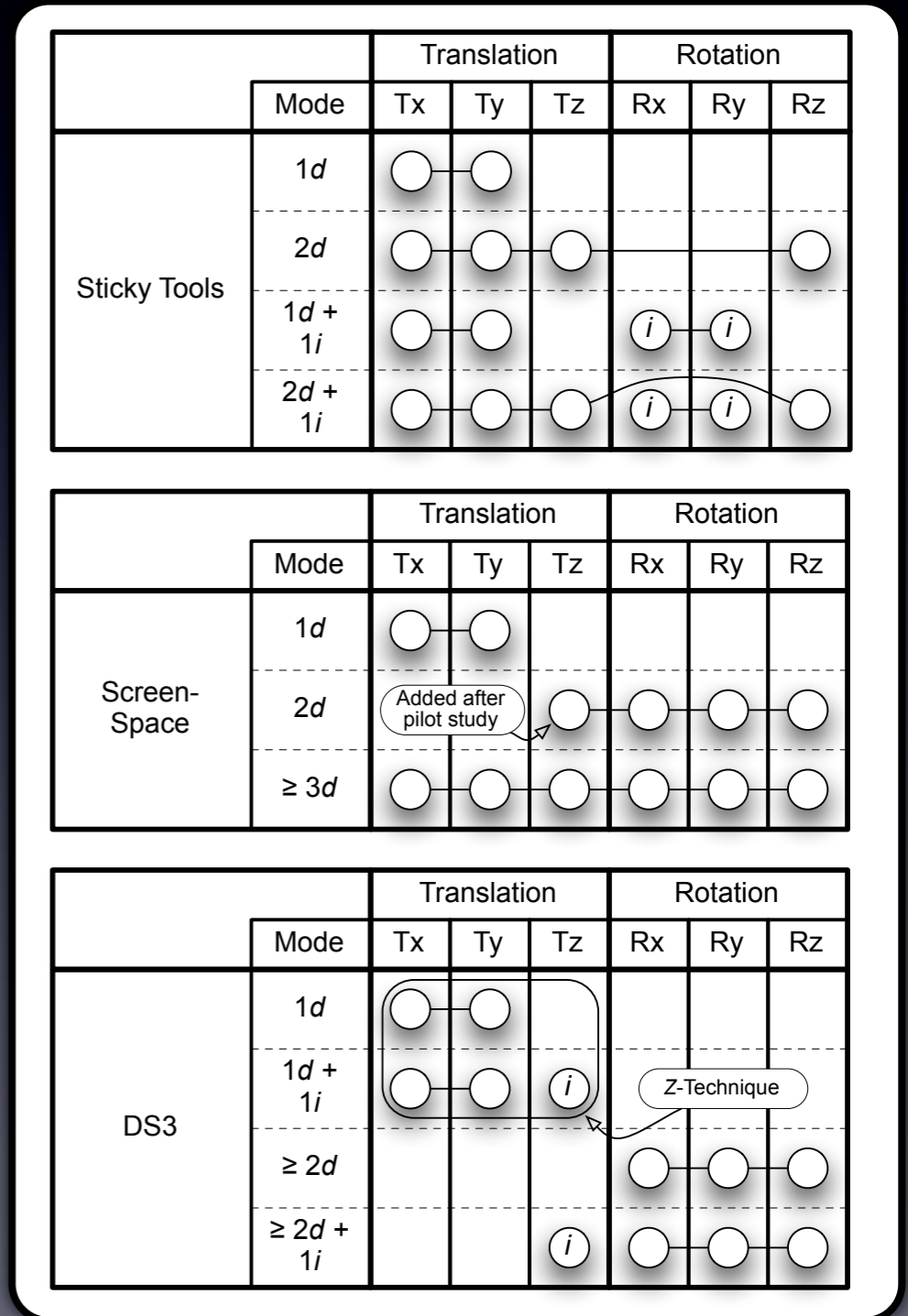
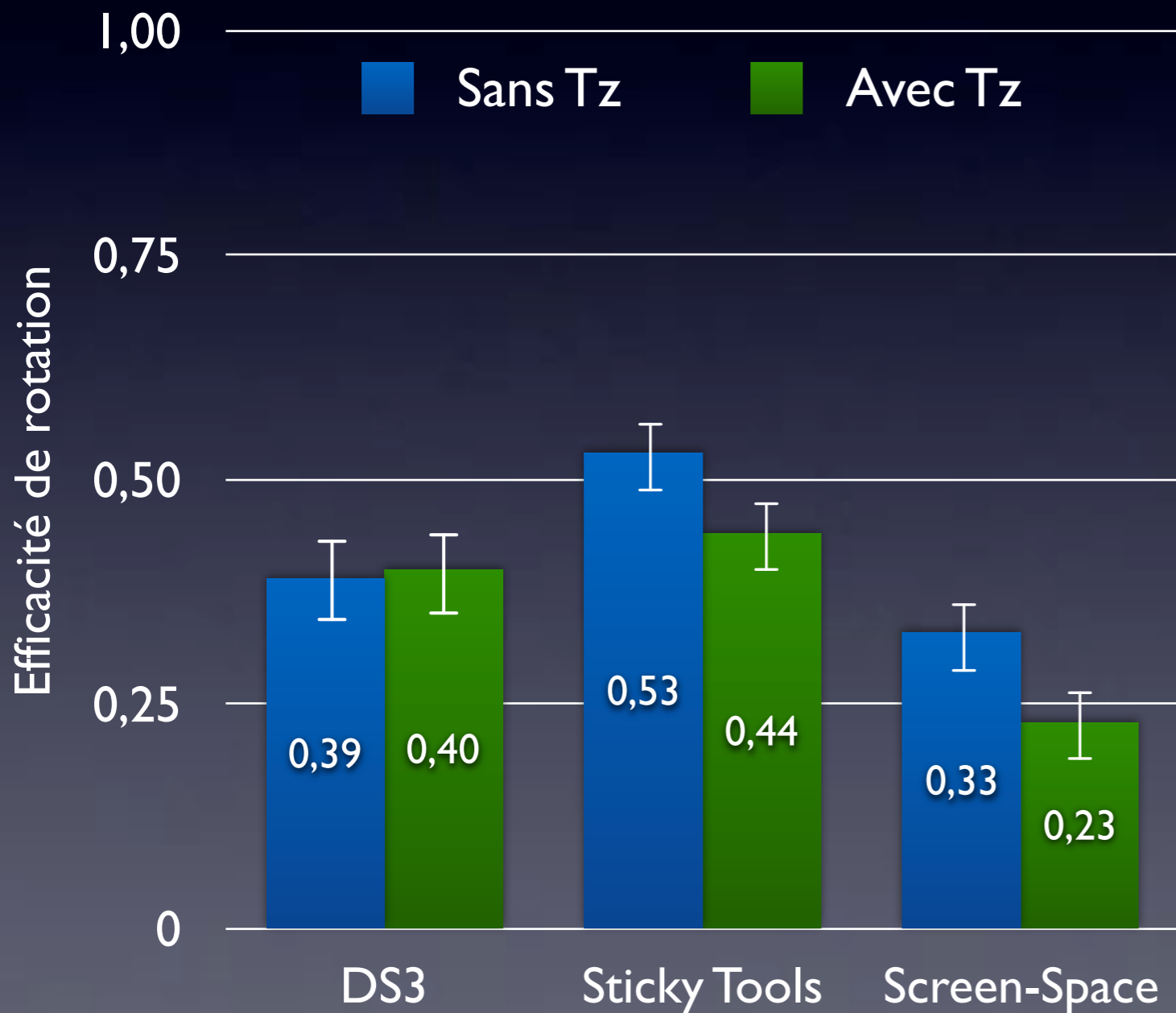
Efficacité de rotation



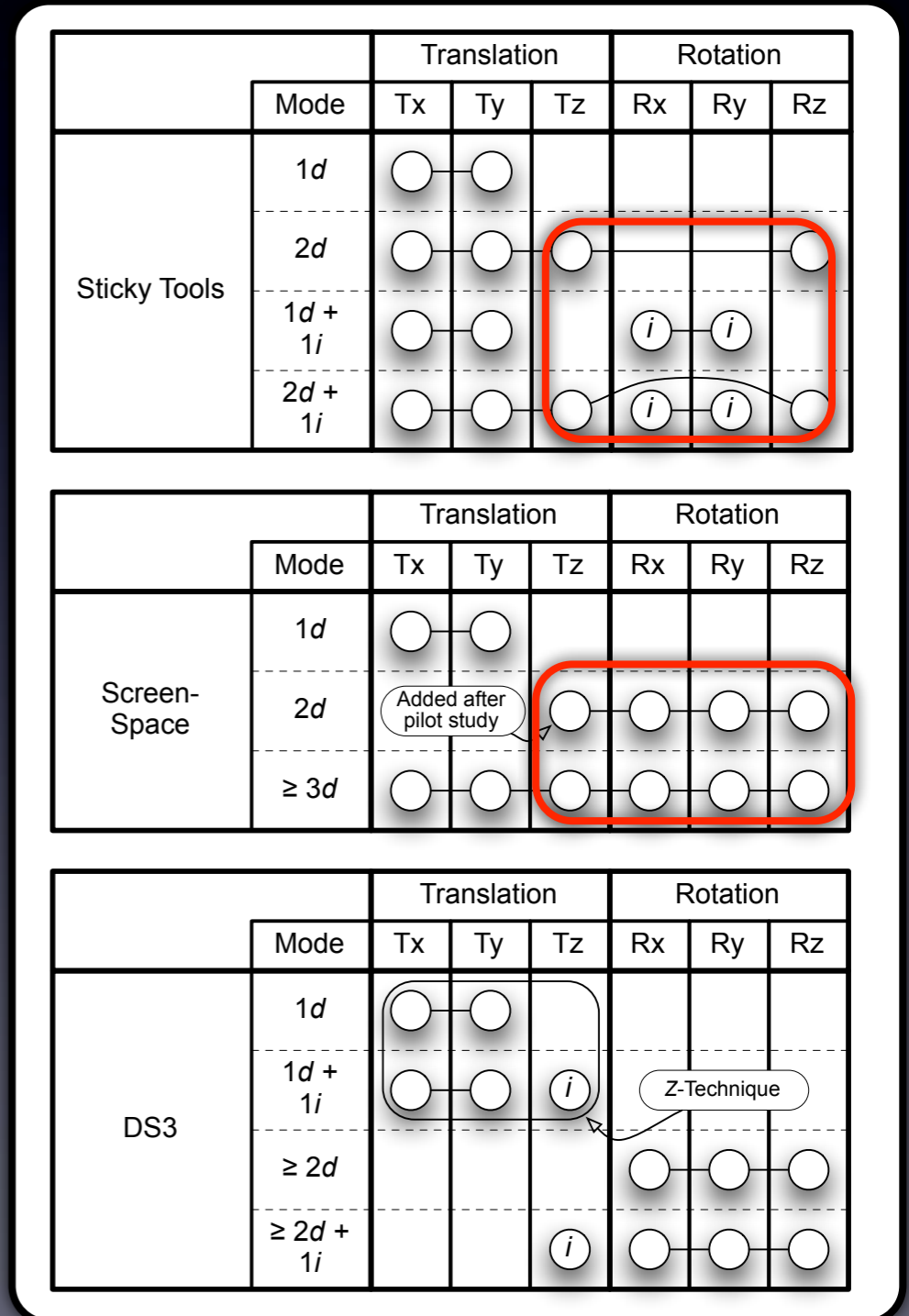
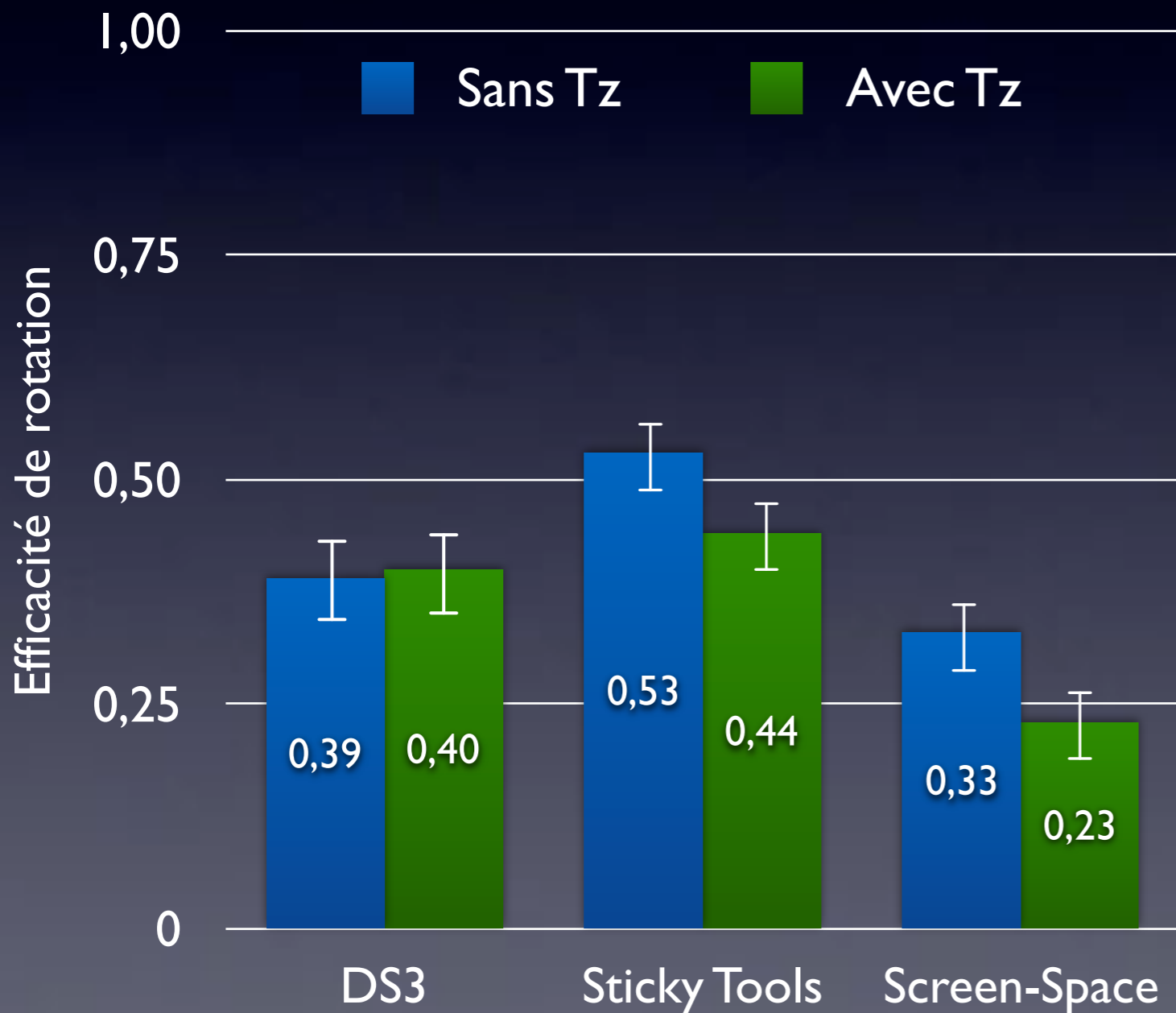
Efficacité de rotation



Efficacité de rotation



Efficacité de rotation



Nombre de DDL manipulés

Nombre de DDL Combinés : NDC [Veit et al. 2010]

Nombre de DDL manipulés

Nombre de DDL Combinés : NDC [Veit et al. 2010]

$$1 \leq \text{NDC} \leq 6$$

Nombre de DDL manipulés

Nombre de DDL Combinés : NDC [Veit et al. 2010]

$$1 \leq \text{NDC} \leq 6$$

Moyenne de temps

Nombre de DDL manipulés

Nombre de DDL Combinés : NDC [Veit et al. 2010]

$$1 \leq \text{NDC} \leq 6$$

Moyenne de temps

DDL unique

Nombre de DDL manipulés

Nombre de DDL Combinés : NDC [Veit et al. 2010]

$$1 \leq \text{NDC} \leq 6$$

Moyenne de temps

DDL unique

Couples de DDL

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Sticky Tools	Moyenne
(Tx, Tz)	11,5 %
(Ty, Tz)	6 %
(Rx, Rz)	5,5 %
(Ry, Rz)	4 %
(Rx, Ry)	3,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Sticky Tools	Moyenne
(Tx, Tz)	11,5 %
(Ty, Tz)	6 %
(Rx, Rz)	5,5 %
(Ry, Rz)	4 %
(Rx, Ry)	3,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Sticky Tools	Moyenne
(Tx, Tz)	11,5 %
(Ty, Tz)	6 %
(Rx, Rz)	5,5 %
(Ry, Rz)	4 %
(Rx, Ry)	3,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	2,5 %
Autres	≤ 2%

ScreenSpace	Moyenne
(Ty, Tz, Ry, Rz)	14,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	14,5%
(Tx, Ty)	9,5 %
(Ty, Tz, Rx, Ry)	6,5 %
(Ty, Tz, Rx)	6 %
(Ty, Tz, Ry)	6 %
Autres	≤ 2%

Technique	NDC1	NDC2	NDC3	NDC4	NDC5	NDC6
DS3	31 %	62 %	6,5 %	0,5 %	0 %	0 %
Sticky Tools	55 %	33 %	6,5 %	5 %	0,5 %	0 %
ScreenSpace	20,5 %	14 %	17 %	42 %	6,5 %	0 %

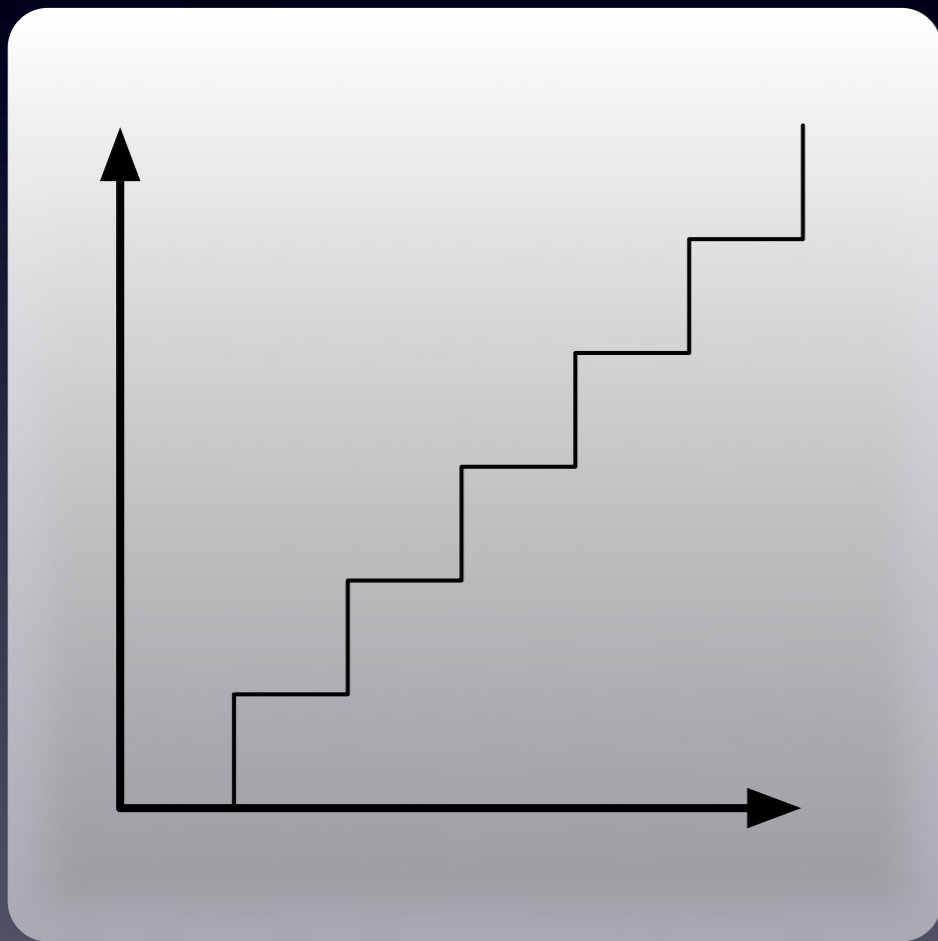
Technique	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
DS3	8,5 %	15,5 %	1 %	3,5 %	1 %	1,5 %
Sticky Tools	9,5 %	20,5 %	0 %	10,5 %	13,5 %	1 %
ScreenSpace	6,5 %	13 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0 %

DS3	Moyenne
(Ty, Tz)	20,5 %
(Rx, Rz)	13 %
(Ry, Rz)	13 %
(Tx, Tz)	9,5 %
(Rx, Ry, Rz)	6,5 %
(Rx, Ry)	2,5 %
Autres	≤ 2%

Sticky Tools	Moyenne
(Tx, Tz)	11,5 %
(Ty, Tz)	6 %
(Rx, Rz)	5,5 %
(Ry, Rz)	4 %
(Rx, Ry)	3,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	2,5 %
Autres	≤ 2%

ScreenSpace	Moyenne
(Ty, Tz, Ry, Rz)	14,5 %
(Ty, Tz, Rx, Rz)	14,5 %
(Tx, Ty)	9,5 %
(Ty, Tz, Rx, Ry)	6,5 %
(Ty, Tz, Rx)	6 %
(Ty, Tz, Ry)	6 %
Autres	≤ 2%

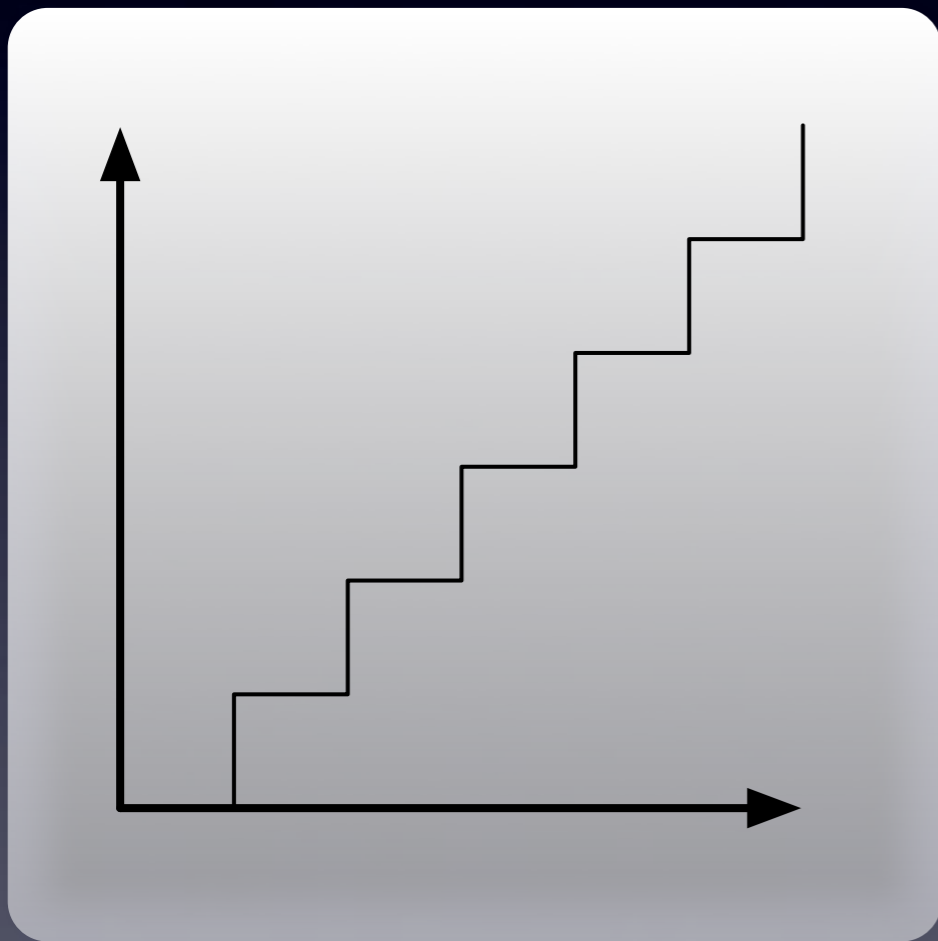
Leçons apprises (I)



=

Séparation

Leçons apprises (I)



Séparation

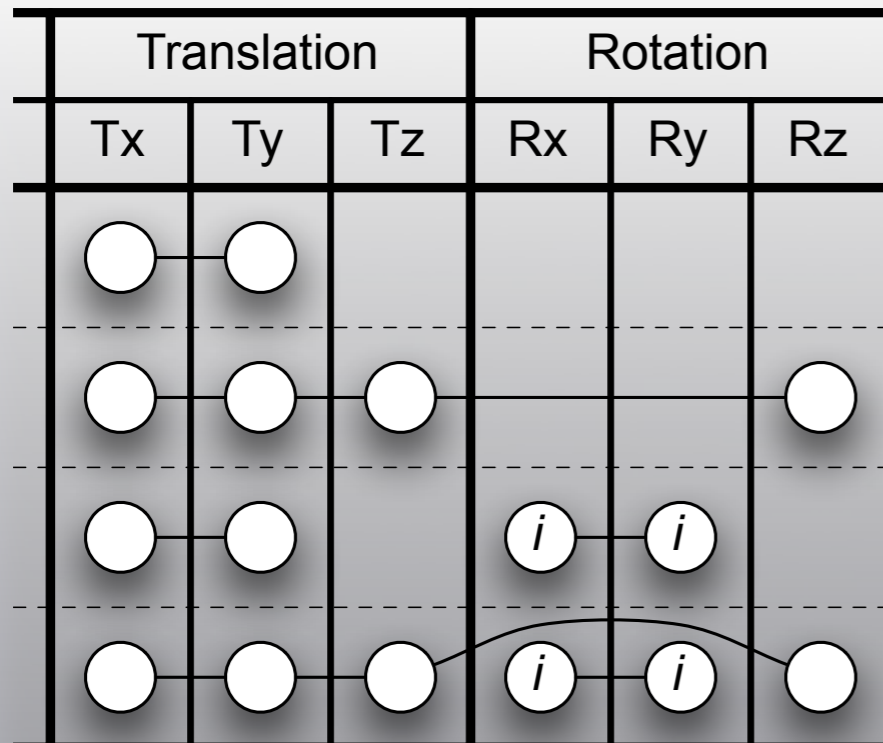
=



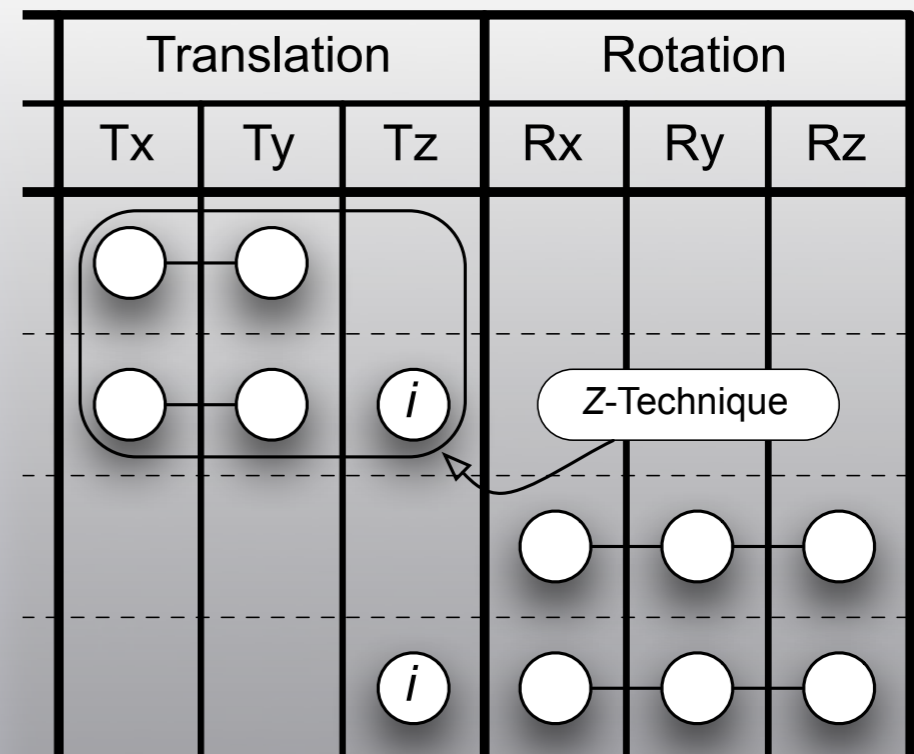
Performances

Leçons apprises (2)

Les stratégies de séparation sont importantes



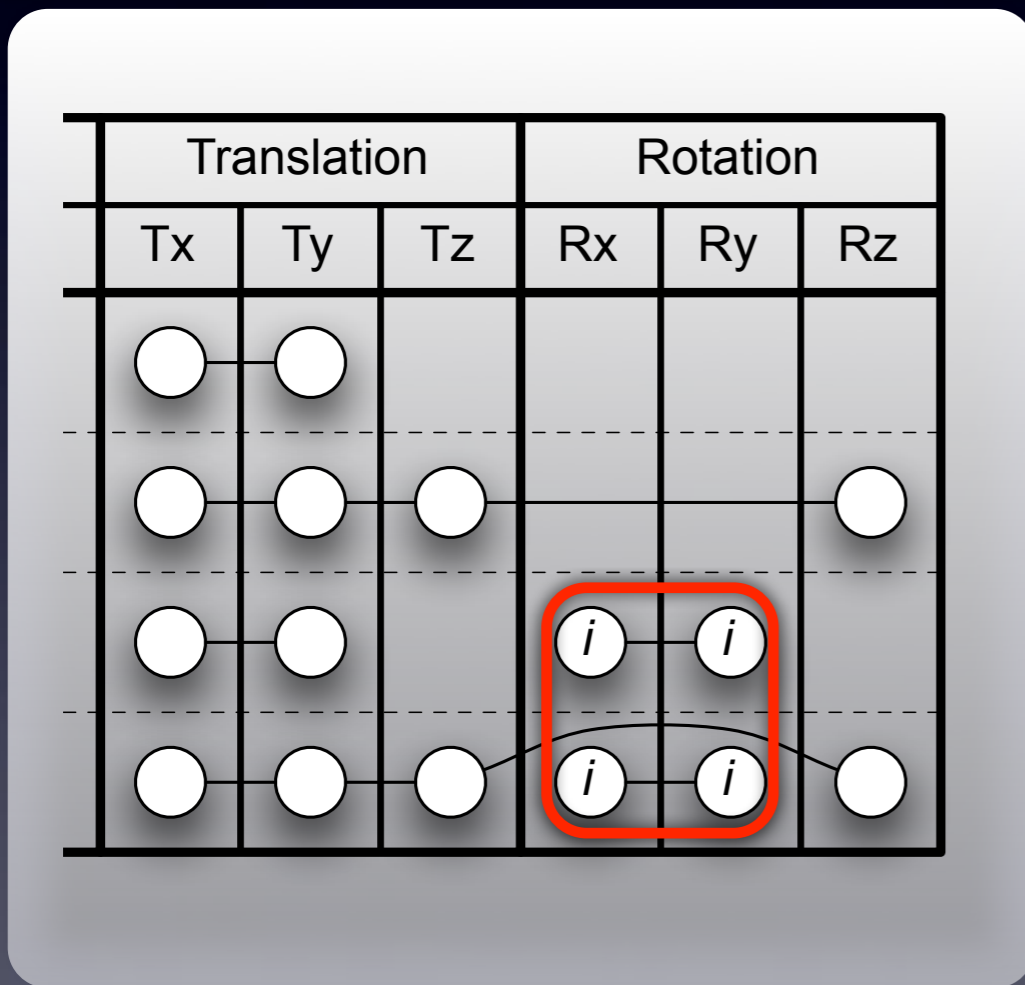
Sticky Tools



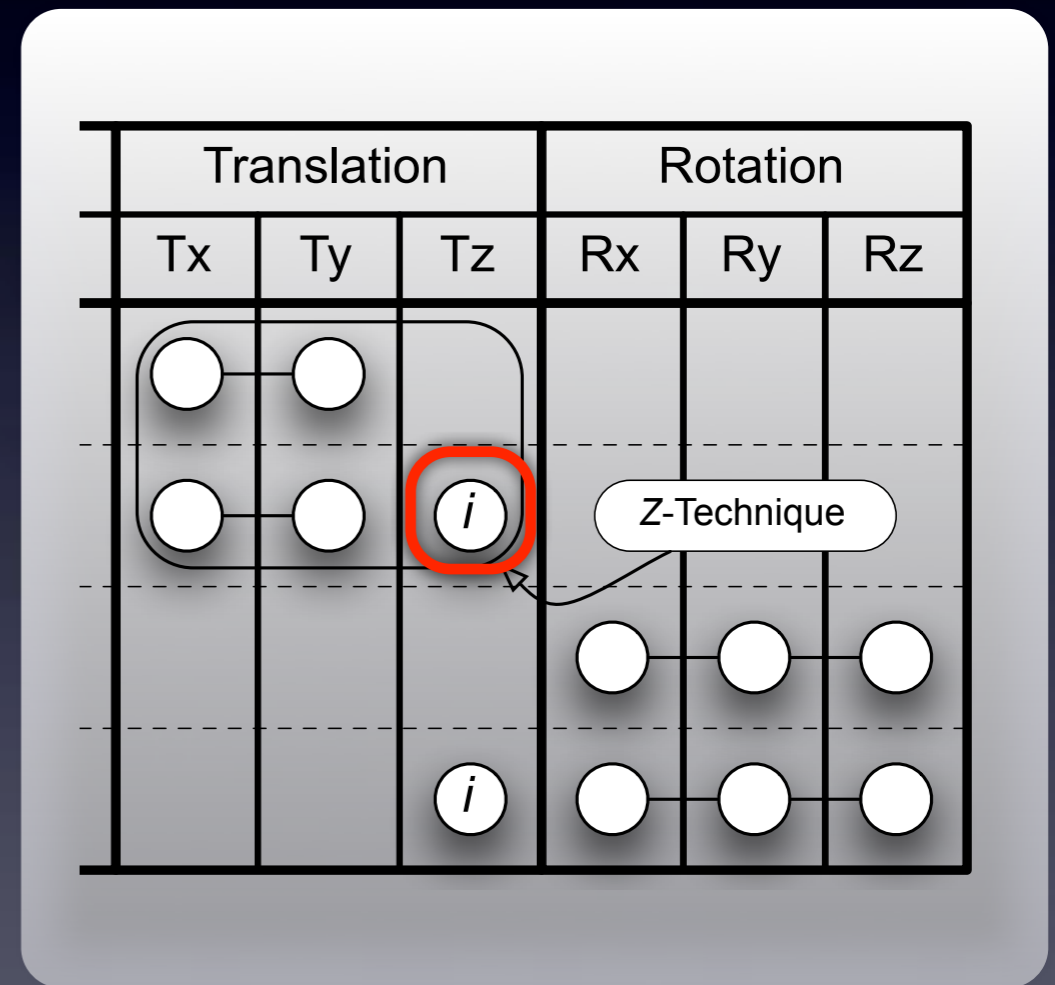
DS3

Leçons apprises (2)

Les stratégies de séparation sont importantes



Sticky Tools



DS3

Leçons apprises (3)

Attributs de même nature

≈

parallélisable avec contrôle indirect

Leçon à **retenir**

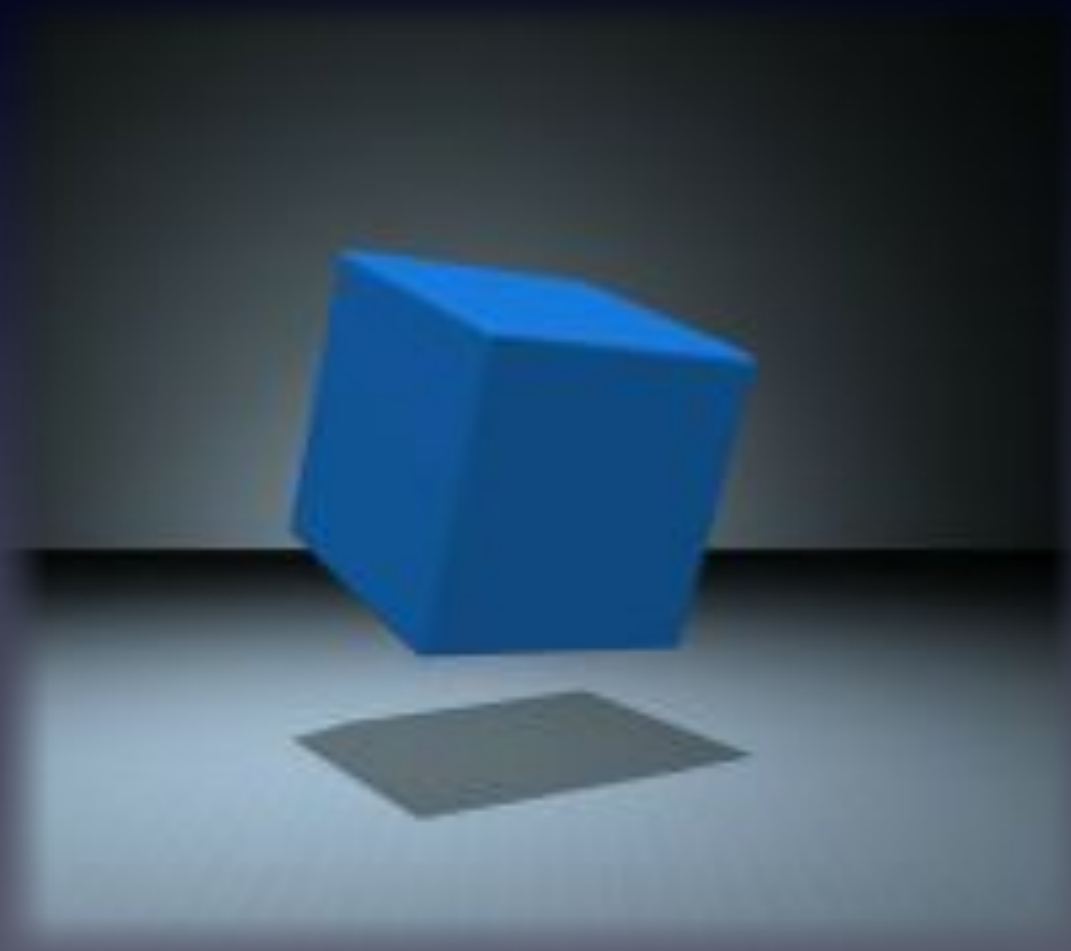
[Jacob et al. 1994]

Structure de perception de la **tâche**

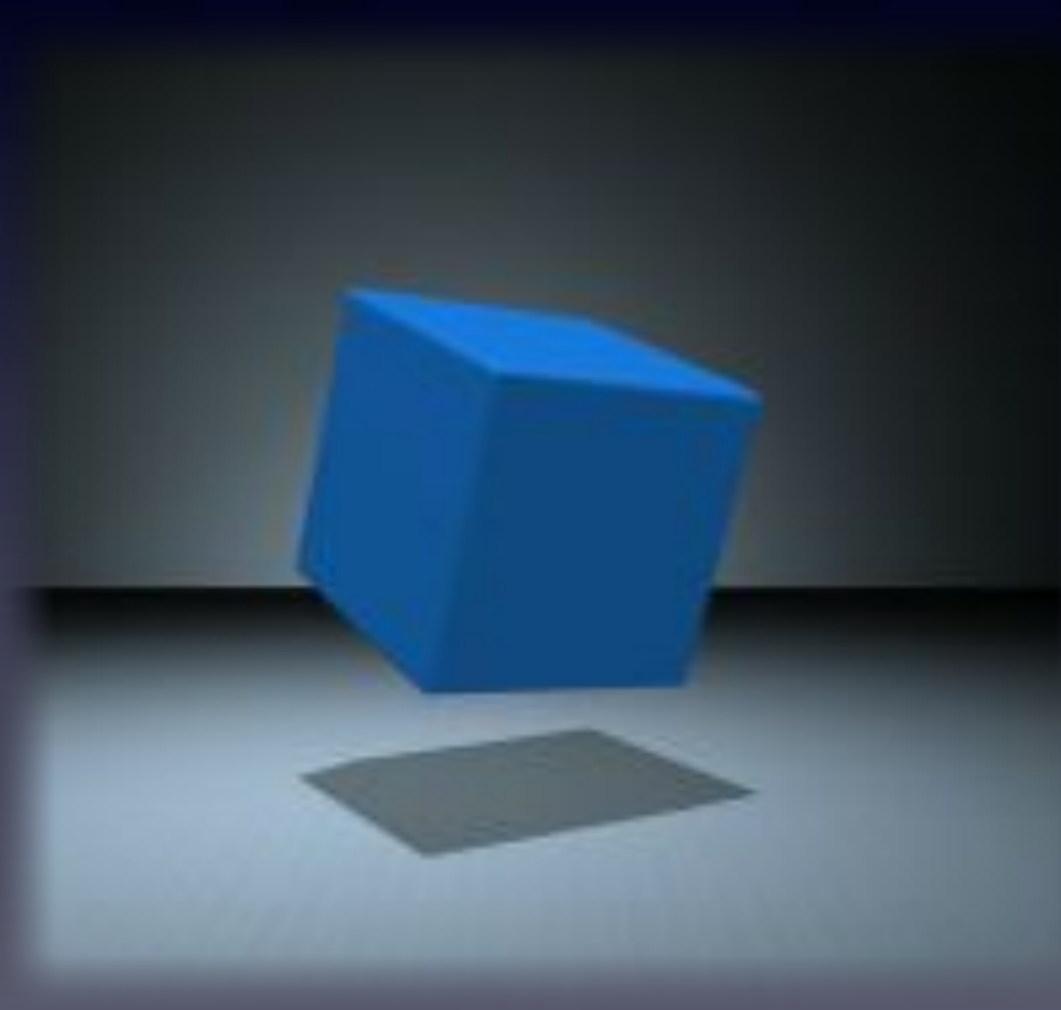
≈

Structure de contrôle du **périphérique**

Leçon à **retenir**



Leçon à **retenir**



Leçon à **retenir**



Leçon à **retenir**



Leçon à **retenir**

[Jacob et al. 1994]

Structure de perception de la **tâche**

≈

Structure de contrôle du **périphérique**

Leçon à **retenir**

[Jacob et al. 1994]

Structure de contrôle du **périphérique**

Retour sur le problème



Multipoint

2xDoigts DDL



Manipulation 3D

6 DDL

Retour sur le problème



Multipoint
2xDoigts DDL

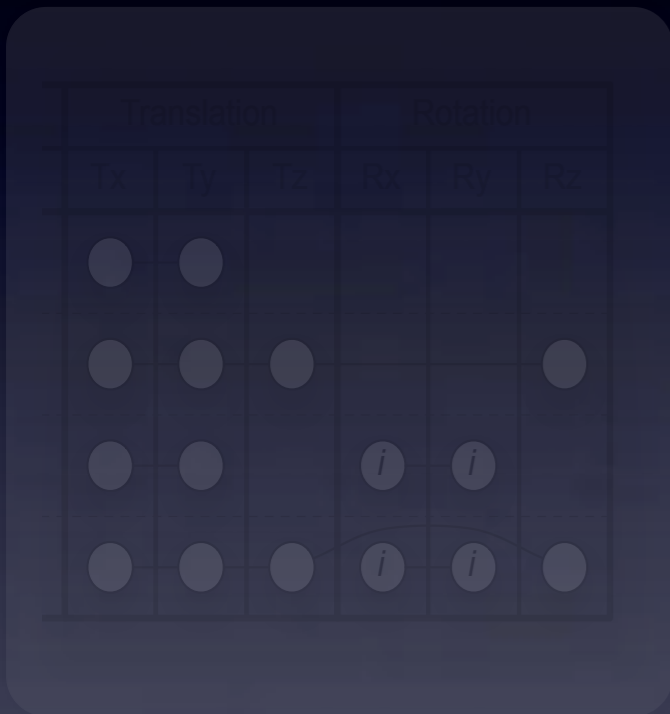


Lien



Manipulation 3D
6 DDL

Contributions



Taxonomie
VRST 2010

Sous problème
3DUI 2010

DS3
VRST 2010

Stratégie de
séparation
IEEE TVGC

Contributions

Translation			Rotation		
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
●	●				
●	●	●			●
●	●		<i>i</i>	<i>i</i>	
●	●	●	<i>i</i>	<i>i</i>	●

Taxonomie
VRST 2010

Sous problème
3DUI 2010

DS3
VRST 2010

Stratégie de
séparation
IEEE TVGC

Contributions

Translation			Rotation		
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
●	●				
●	●	●			●
●	●		<i>i</i>	<i>i</i>	
●	●	●	<i>i</i>	<i>i</i>	●



Taxonomie
VRST 2010

Sous problème
3DUI 2010

DS3
VRST 2010

Stratégie de
séparation
IEEE TVGC

Contributions

Translation			Rotation		
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
●	●				
●	●	●			●
●	●		<i>i</i>	<i>i</i>	
●	●	●	<i>i</i>	<i>i</i>	●



Sous problème
3DUI 2010



DS3
VRST 2010



Stratégie de
séparation
IEEE TVGC

Taxonomie
VRST 2010

Contributions

Translation			Rotation		
Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
●	●				
●	●	●			●
●	●		<i>i</i>	<i>i</i>	
●	●	●	<i>i</i>	<i>i</i>	●



Sous problème
3DUI 2010



DS3
VRST 2010



Stratégie de
séparation
IEEE TVGC

Taxonomie
VRST 2010

Perspectives

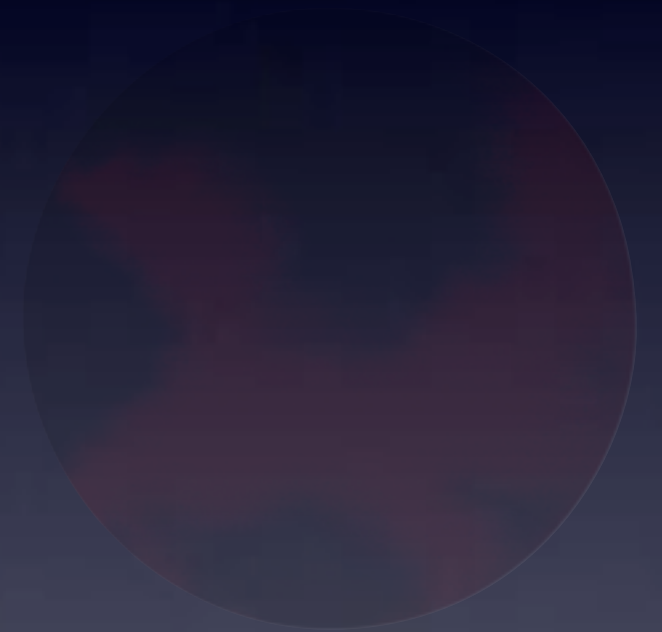


Séparation
dynamique

[Veit et al. 2010]



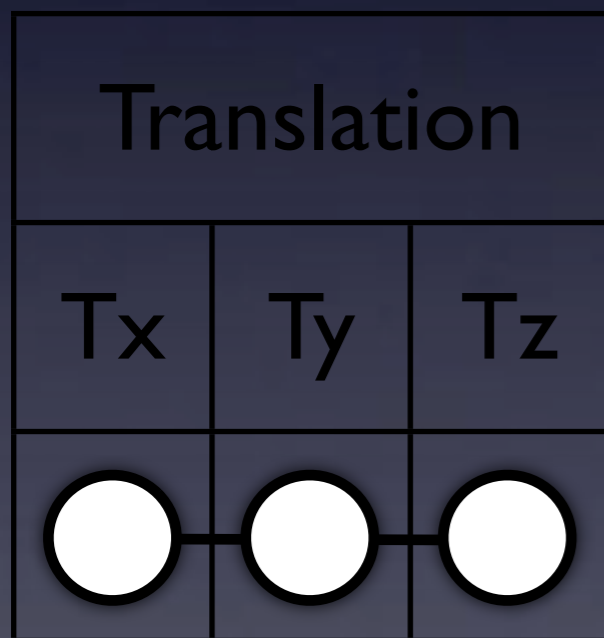
Navigation 3D



CAP SCIENCES

Tâche réelle

Perspectives

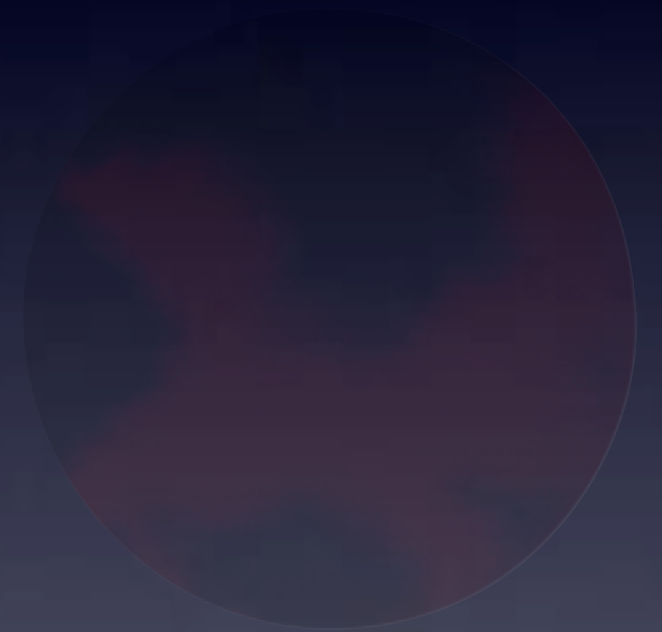


Séparation
dynamique

[Veit et al. 2010]



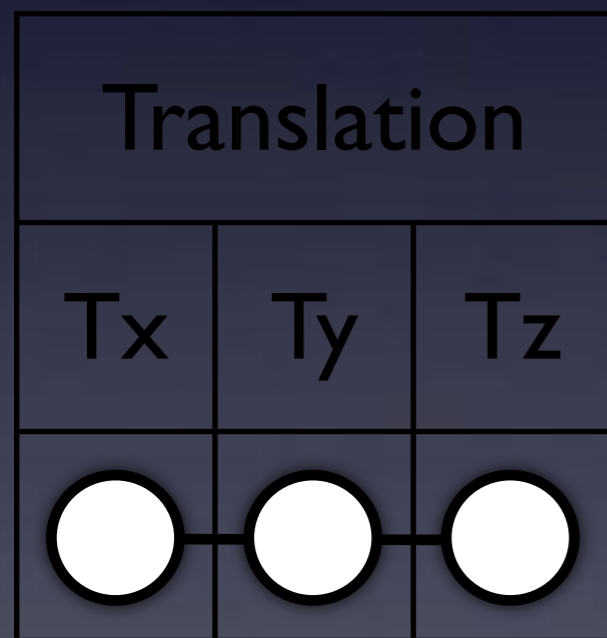
Navigation 3D



CAP SCIENCES

Tâche réelle

Perspectives



Séparation
dynamique

[Veit et al. 2010]

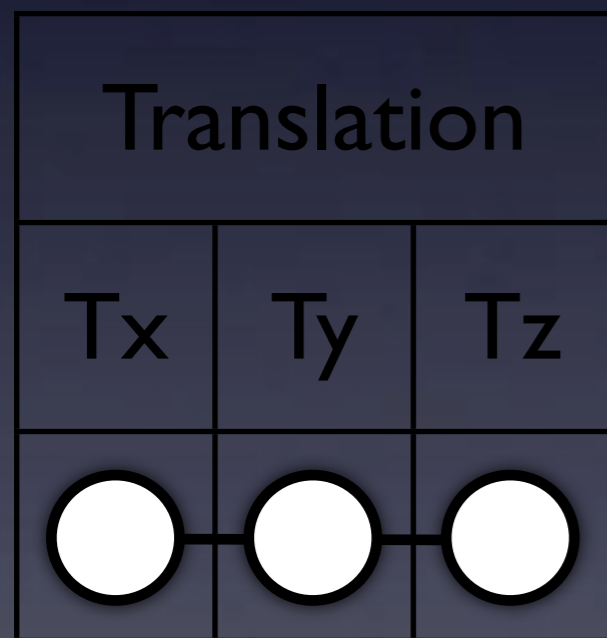


Navigation 3D

CAP SCIENCES

Tâche réelle

Perspectives



Séparation
dynamique

[Veit et al. 2010]



Navigation 3D



CAP SCIENCES

Tâche réelle

Limites de la taxonomie

Limites de la taxonomie

Généricité

Limites de la taxonomie

~~Généricité~~

Spécificité

Limites de la taxonomie

~~Généricité~~

Spécificité



Distinction des
mains

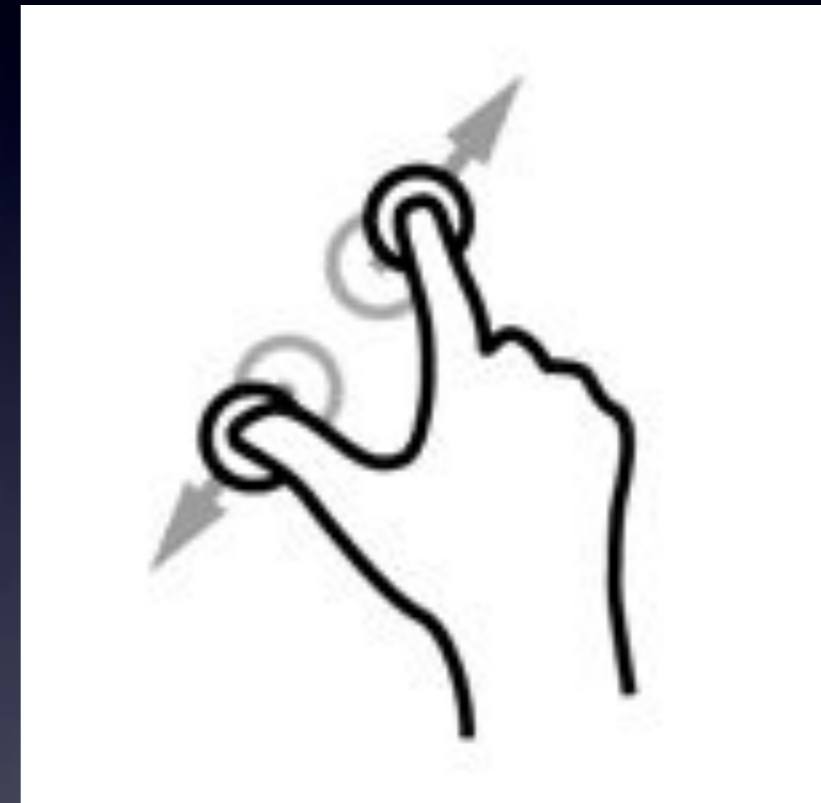
Limites de la taxonomie

~~Généricité~~

Spécificité



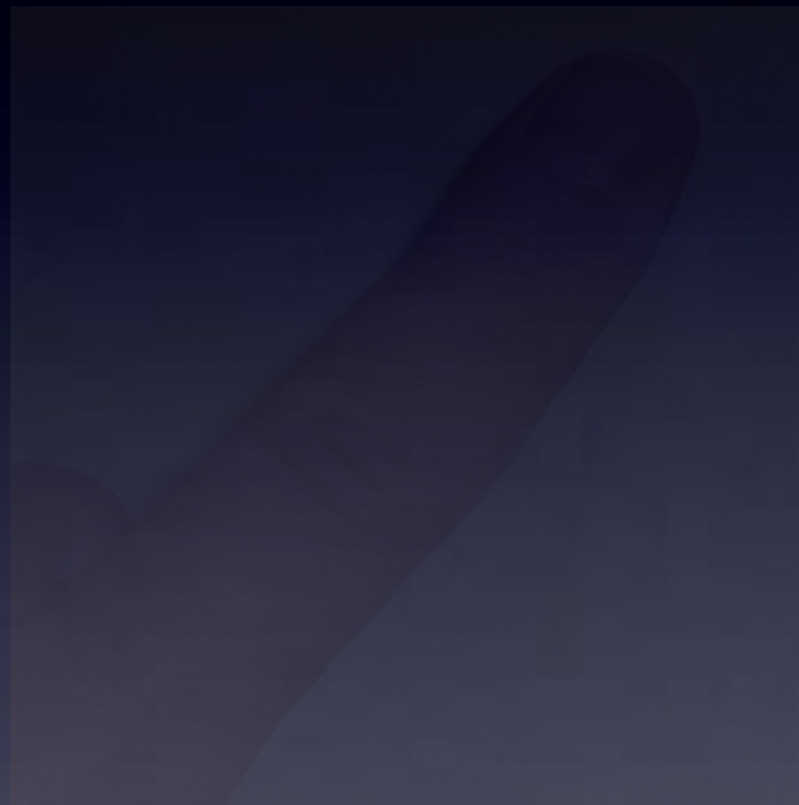
Distinction des
mains



Geste

Perspectives

	Translation			
Mode	Tx	Ty	Tz	Rx
1	1	1		
2	2	2	2	
3	2	2	2	1



Translation

+

Rotation

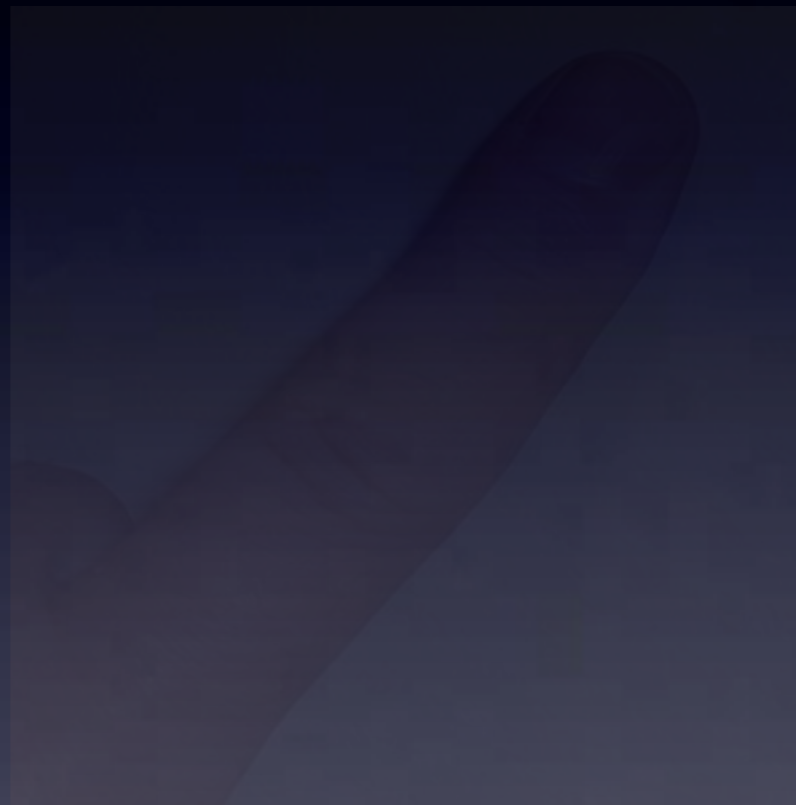
Explorer

>2 DDL ?

Simultanéité

Perspectives

	Translation			
code	Tx	Ty	Tz	Rx
1	①	①		
2	②	②	②	
3	②	②	②	①



Translation

+

Rotation

Explorer

>2 DDL ?

Simultanéité

Perspectives

	Translation			
code	Tx	Ty	Tz	Rx
1	①	①		
2	②	②	②	
3	②	②	②	①



Translation

+

Rotation

Explorer

>2 DDL ?

Simultanéité

Perspectives

	Translation			
code	Tx	Ty	Tz	Rx
1	①	①		
2	②	②	②	
3	②	②	②	①



Translation

+

Rotation

Explorer

>2 DDL ?

Simultanéité

Étude de l'influence de la séparation des degrés de liberté pour la manipulation 3D avec surfaces tactiles multipoints.

Anthony Martinet - Octobre 2011



Étude de l'influence de la séparation des degrés de liberté pour la manipulation 3D avec surfaces tactiles multipoints.

Anthony Martinet - Octobre 2011

?



?

État de l'art (I)

M. Hancock, S. Carpendale, and A. Cockburn.

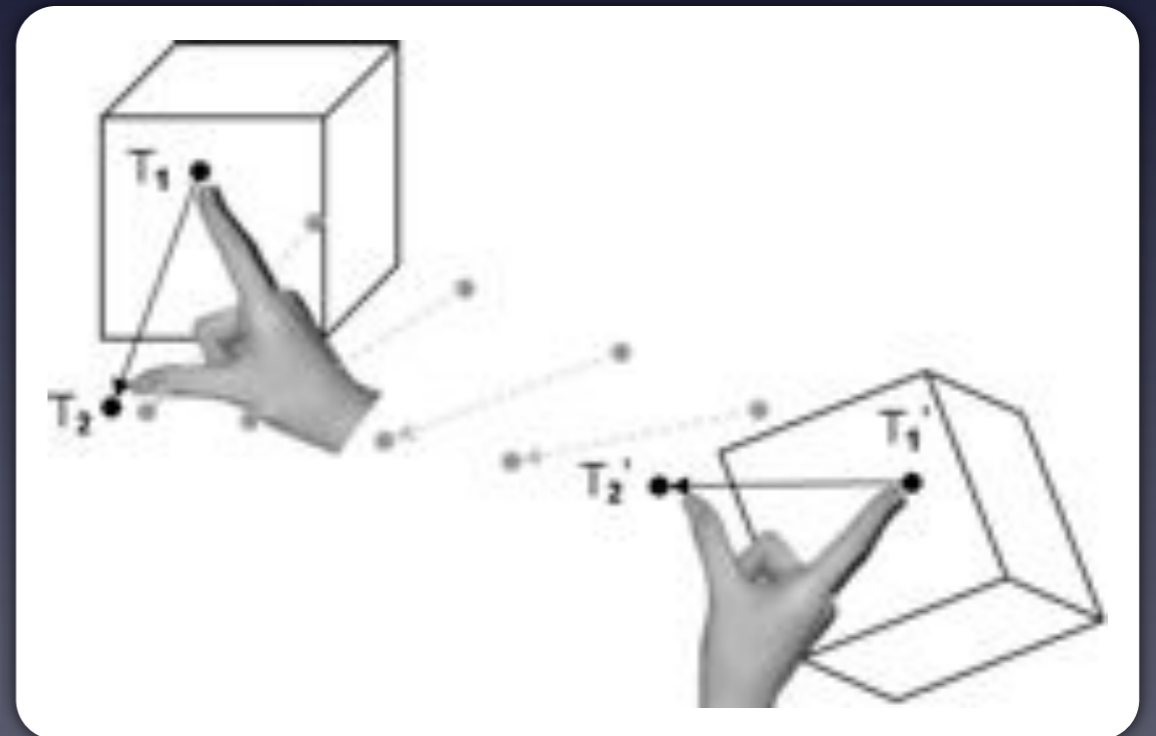
Shallow-depth 3d interaction:

design and evaluation of one-, two- and three-touch techniques.

 Vraiment multipoint

 Direct et indirect

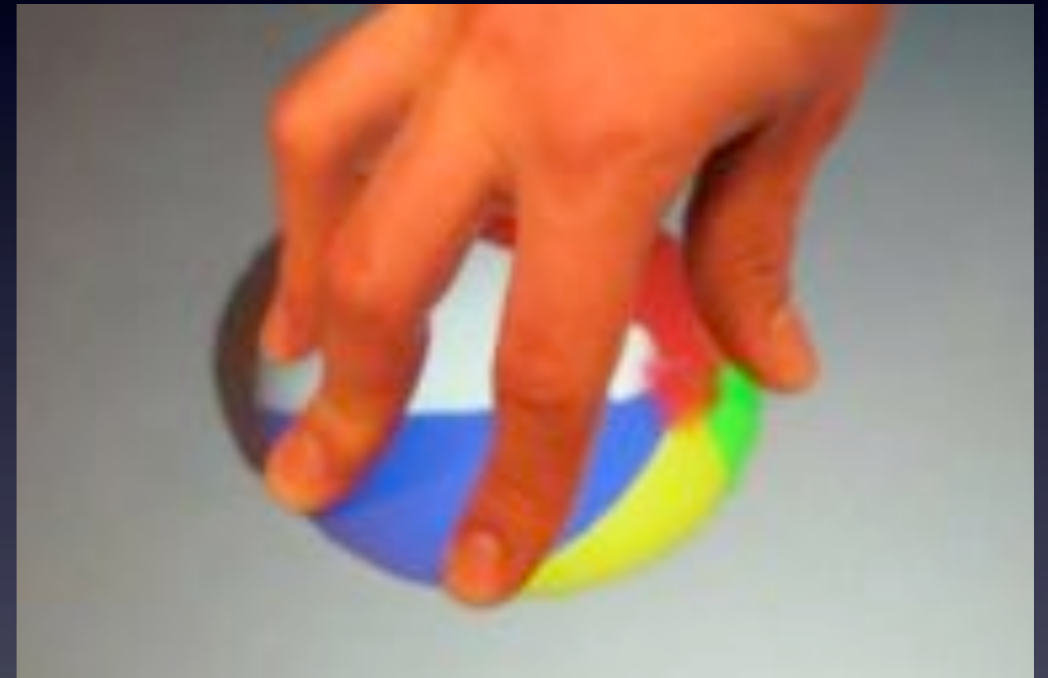
 Profondeur



État de l'art (2)

A. D. Wilson, S. Izadi, O. Hilliges, A. Garcia-Mendoza, and D. Kirk.
Bringing physics to the surface

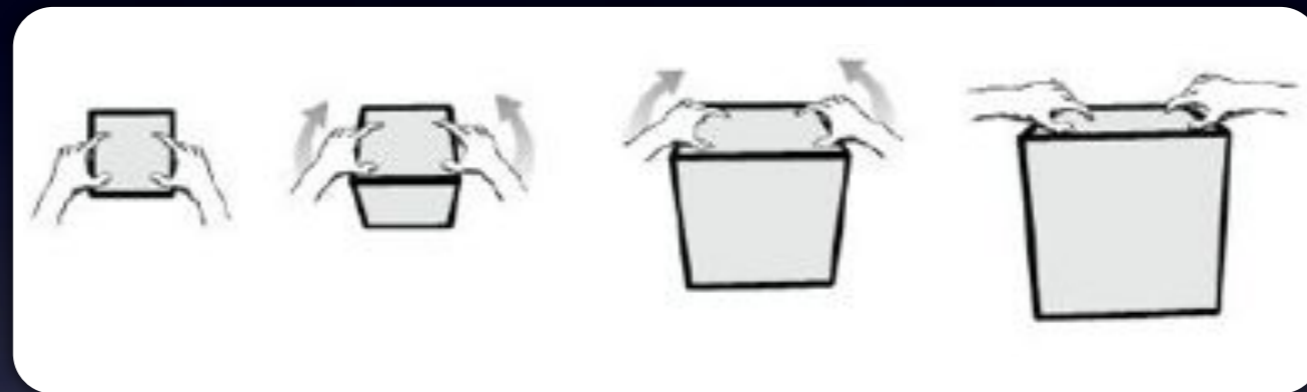
- 👍 Fun car intuitive
- 👍 Bien si besoin de physique
- 👎 ... mais si aucun besoin ?
- 👎 Manipulation d'objets derrière autre objet



Previous work (3)

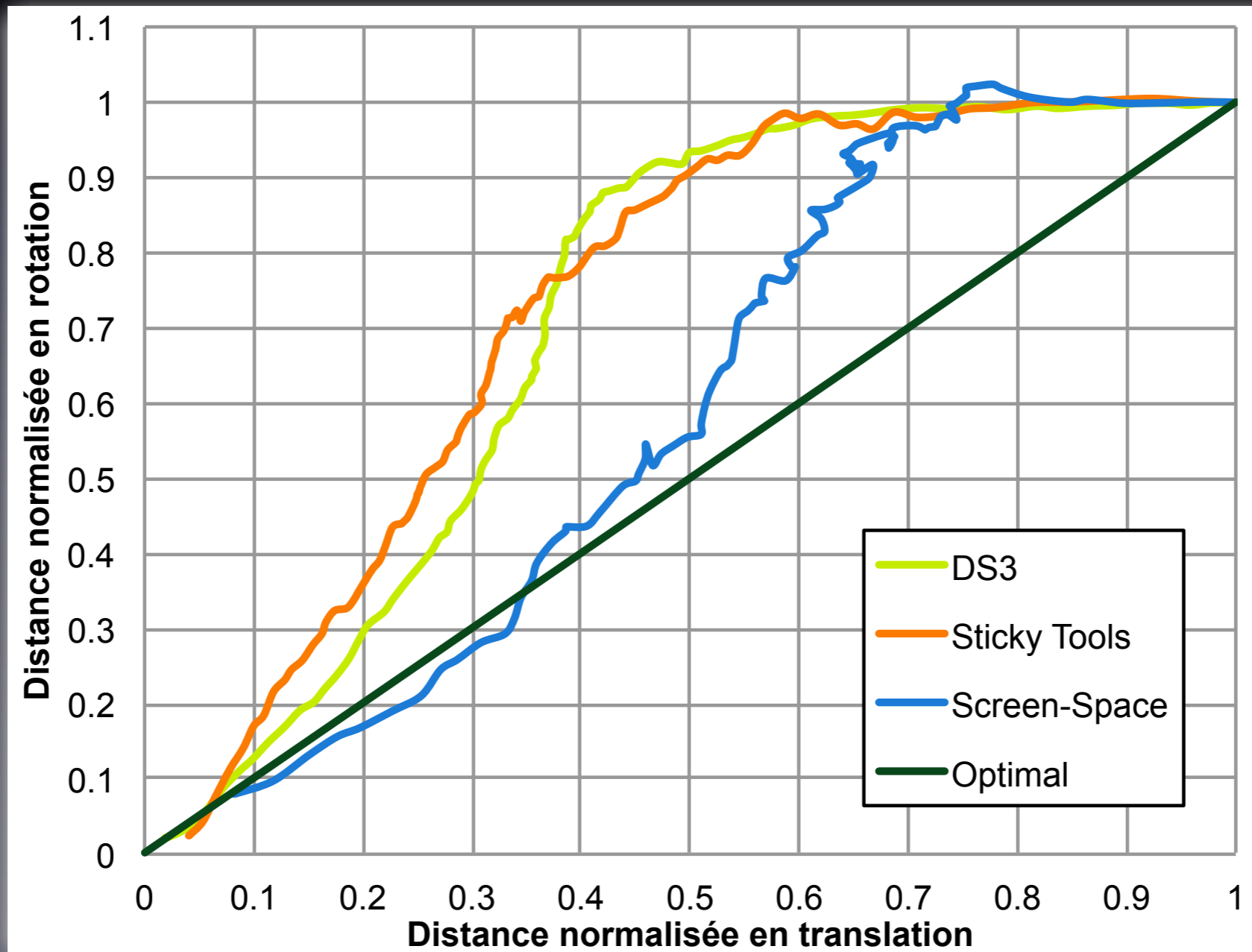
J. L. Reisman, P. L. Davidson, and J.Y. Han.

A screen-space formulation for 2d and 3d direct manipulation

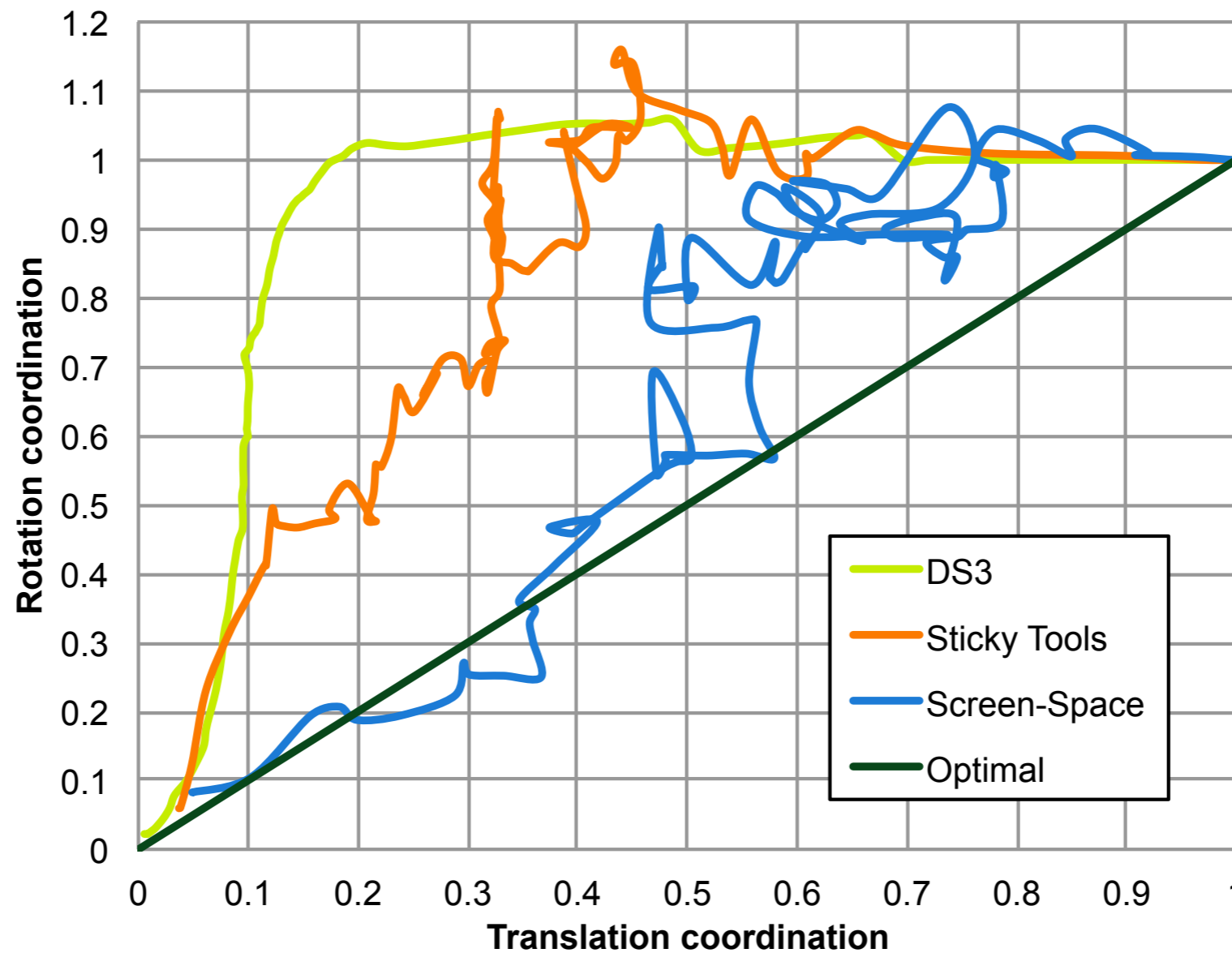


- 👍 Excellent pour l'interaction directe
- 👍 Naturelle et intuitive ...
- 👎 Naturelle et intuitive
- 👎 Débrayage et petit objets

Chemin parcouru

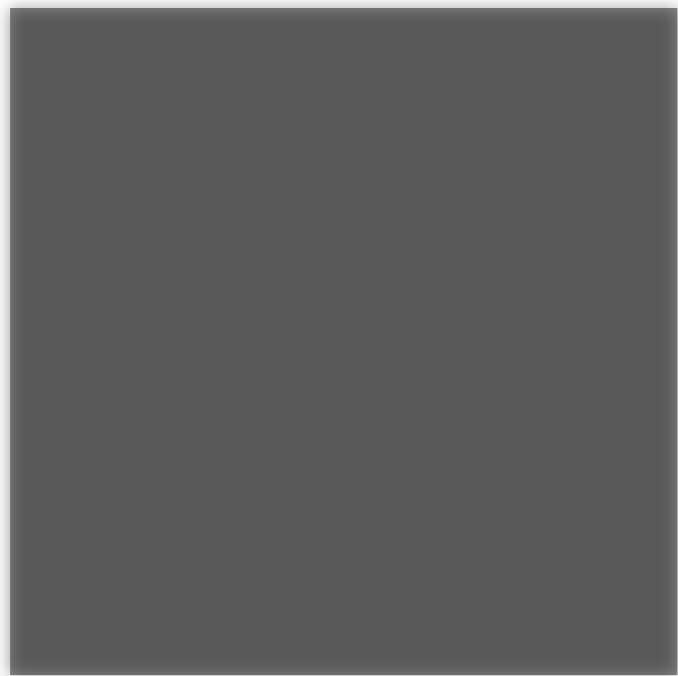


Chemin parcouru



Structure perceptible d'une tâche

[Jacob et al. 1994]



Structure perceptible d'une tâche

[Jacob et al. 1994]



Structure perceptible d'une tâche

[Jacob et al. 1994]

Positions en x & y : attributs **intégraux**

VS

Niveau de gris : attribut **séparable**

Structure perceptible d'une tâche



Structure perceptible d'une tâche

