



Simulations en anesthésie, robotique chirurgicale: Quels enjeux pour l'apprentissage ?

Adélaïde Blavier

Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS)
Laboratoire d'Ergonomie Cognitive (Université de Liège)

Simuler pour former : Enjeux cognitifs et technologiques
December 2007
Paris

Méthodologies utilisées et mises en place par le LECIT (ULg)

- Analyse de Cas : reporting systems, séance de débriefing à partir d'erreur humaine (incidents ou accidents)
⇒ *Anesthésie*
- Simulations avec un simulateur pleine échelle
⇒ *Anesthésie*
- Simulations à partir de tâches perceptivo-motrices
⇒ *Chirurgie minimale invasive*

Simulation en anesthésie

Simulateur pleine échelle

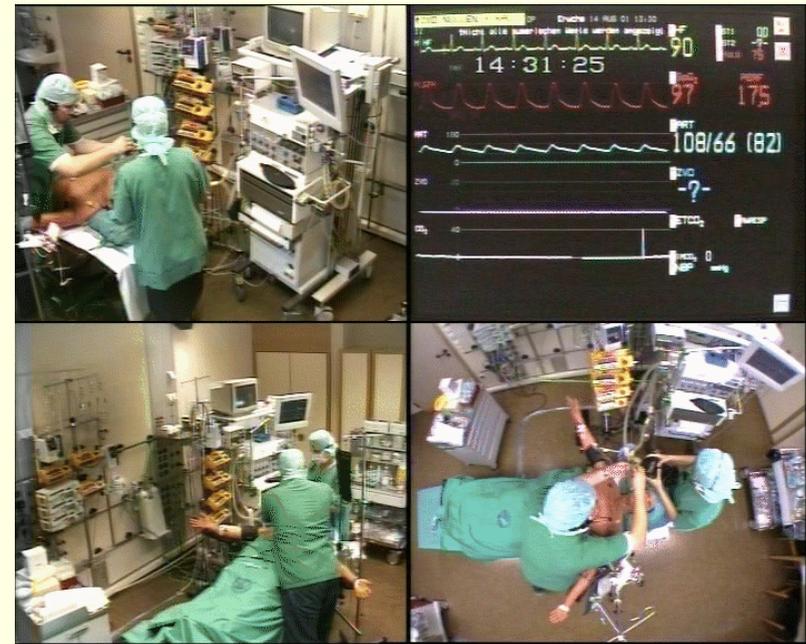
- Intérêt
 - Présentation de cas rares ou très difficiles
 - Réalité temporelle
 - Dynamique réelle
 - Réalité comportementale
 - Gestes
 - Communications



Simulation pleine échelle en anesthésie

Formation

- Assistant anesthésiste
- De la 1^{ère} à la 5^e année
- Équipe de 2
- Scénari de différentes complexités
- 3 phases
 - Présentation du cas
 - Simulation
 - Débriefing
 - Pharmacologique
 - Psychologique



Le cas de la chirurgie

**De la chirurgie ouverte à la chirurgie
robotique**

Chirurgie ouverte

is characterized by incision through healthy tissue, which is made large enough to expose the organ to be operated on the surgeon's eyes and hands

- Vue directe et en 3D du site à opérer
- Possibilité d'approcher les organes avec beaucoup de degrés de libertés pour une perception optimale
- Observations tactiles des tissus
- Retour de force des actions

Chirurgie minimale invasive

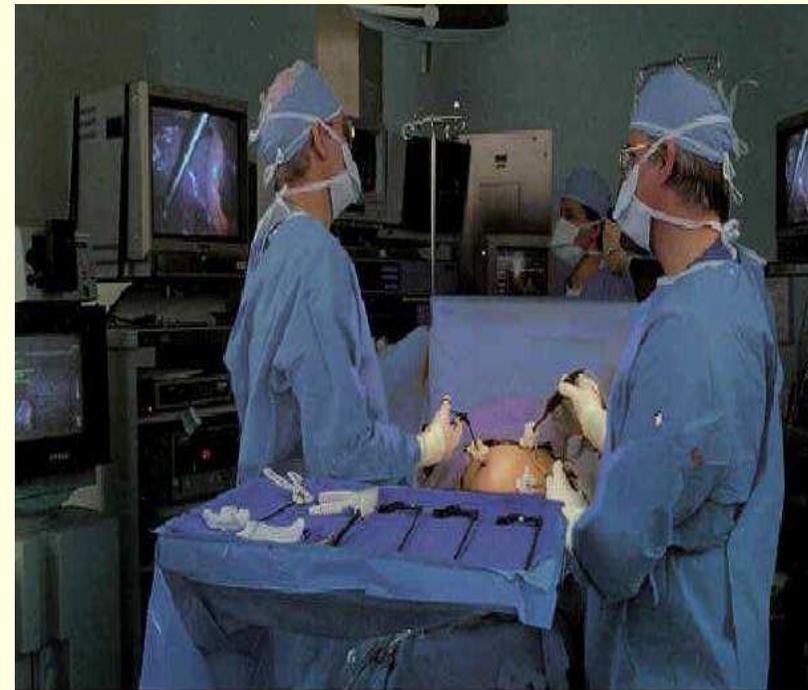
T
E
R
R
A
I
N



Chirurgie laparoscopique classique: Avantages

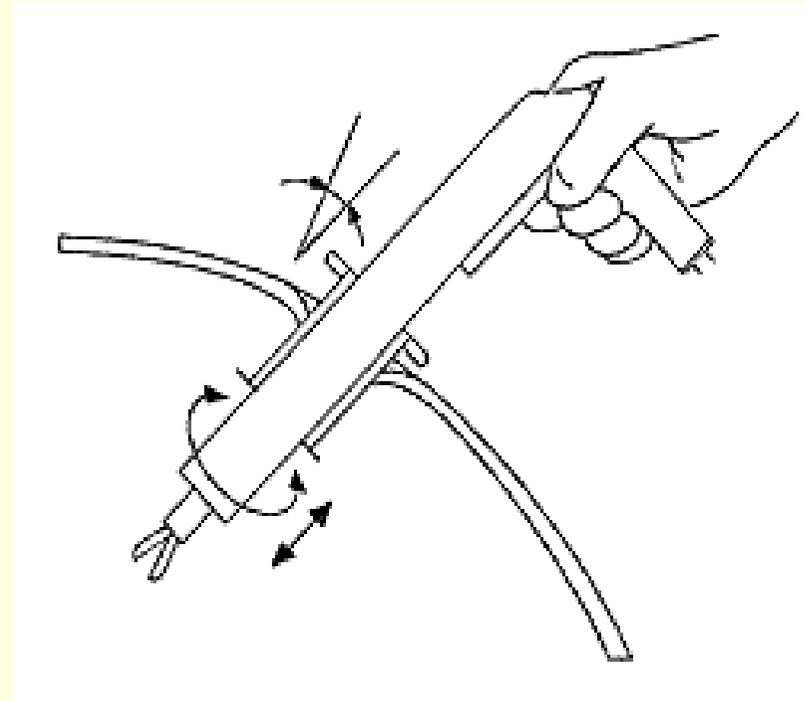
- Pour le patient
 - Très petites incisions
 - Petites cicatrices
 - Réduction des douleurs post-opératoires
 - Réduction du risque d'infection
 - Rétablissement rapide

- Pour le chirurgien
 - Image agrandie
 - Plus grande précision



Chirurgie laparoscopique classique: Désavantages

- Vue indirecte et réduite du site à opérer
- Observation et manipulation à travers de très petites incisions
- Feedback seulement visuel
- Image en 2D
- Degrés de liberté de mouvements des instruments très réduits



Nécessite une excellente coordination visuo-motrice et une longue phase d'apprentissage

(Tendick et al. 2003)

Chirurgie robotique

- Image en 3D

MAIS, toujours

- Vue du site indirecte et réduite
- Feedback seulement visuel



Chirurgie robotique



- suppression du tremblement physiologique naturel des mains
- Diminution de l'amplitude des mouvements
- Degrés de liberté de mouvements des instruments retrouvés

Chirurgie laparoscopique et nouvelles technologies : Implications pour l'apprentissage

La chirurgie minimale invasive a révolutionné

- La chirurgie générale
- Mais aussi l'apprentissage de la chirurgie, posant de nouveaux obstacles (Jones et al., 1996):
- Instruments longs et rigides
- Vue indirecte et en 2D
- Nécessite une nouvelle connaissance de l'anatomie et nouvelle orientation spatiale (Gallagher et al., 2003; Cadière & Leroy, 1999)



Chirurgie laparoscopique et nouvelles technologies : Implications pour l'apprentissage

La chirurgie minimale invasive a révolutionné les pratiques chirurgicales

Cependant,

- ❑ MIS introduites et adoptées rapidement sans évaluation des processus d'apprentissage (Hernandez et al., 2004)
- ❑ Très peu d'études sur l'apprentissage des habiletés perceptivo-motrices et la compétence avec des nouvelles technologies sophistiquées (Prasad et al., 2002)

Pour remédier à ce problème

Nécessité de comprendre comment nouvelles technologies affectent les processus d'apprentissages de façon à établir des trainings et évaluations adéquates et sûres

Nécessité d'étudier les processus cognitifs (vision et gestes) impliqués dans l'utilisation de ces nouvelles technologies chirurgicales

Chirurgie laparoscopique et nouvelles technologies : Implications pour l'apprentissage

O B J E C T I F

De fait, beaucoup d'études sur les bénéfices cliniques et la sécurité technique (Huber et al., 2003 ; Arnold et Farrell, 2002)

Mais très peu d'études sur la perception visuelle et les facteurs humains lors de l'introduction de ces nouvelles technologies dans le milieu médical

Notre objectif : étudier l'impact de l'utilisation des nouvelles technologies sur l'apprentissages et les processus cognitifs (perceptivo-moteurs) du chirurgien

Objectifs de l'étude

2 différences majeures entre la laparoscopie classique et robotique :

- Perceptive : 2D (classique) ou 3D (robotique)
- Instrumentale : 4 DOF (classique) ou dextérité naturelle (robotique)

Notre objectif était d'étudier l'impact de ces 2 dimensions sur les processus d'apprentissage et sur le transfert de compétence entre les techniques à partir de simulation

La perception de la profondeur

Indices binoculaires (3D)

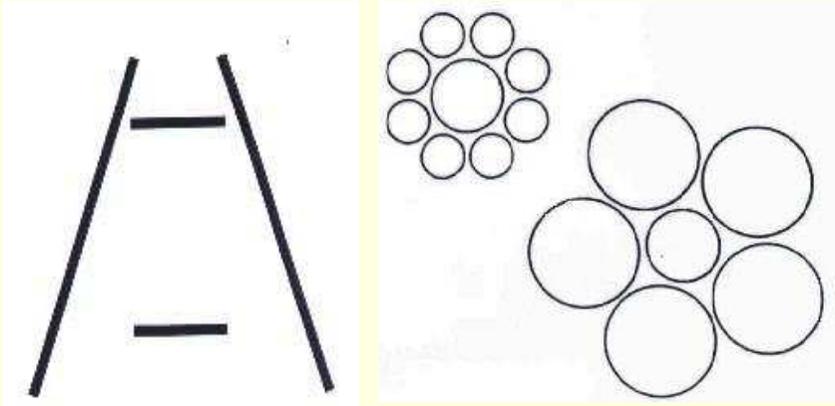
- Disparité rétinienne
- Convergence

Indices monoculaires (2D)

La perception de la profondeur

Indices binoculaires (3D)

- Disparité rétinienne
- Convergence



Indices monoculaires (2D)

- Indices picturaux :
 - Ombre et lumière
 - Taille relative
 - Interposition d'objets
 - Gradient texture
 - Perspective linéaire
- Indices dynamiques :
 - Parallaxe de mouvement
 - Mouvement rétinien
- Accommodation

La perception de la profondeur

Indices binoculaires (3D)

- « Physiologiques »
 - Caractère inné
 - Traitement rapide
 - Automatique

- ➔ Utiles dans l'espace d'action
- ➔ Peu sensibles aux illusions visuelles

Indices monoculaires (2D)

- « Cognitifs »
 - Dépendent d'un apprentissage
 - Traitement lent
 - Conscient
 - Coûteux en ressources cognitives

- ➔ Utiles lors de jugements verbaux
- ➔ Sensibles aux illusions perceptives

La perception de la profondeur en chirurgie

- La littérature montre des résultats contradictoires :
 - **Performance 3D > performance 2D** (Taffinder et al., 1999 ; Van Bergen et al., 1998 ; Peitgen et al., 1996 ; Dion and Gaillard, 1997 ; Birkett et al., 1994)
 - **Performance 3D = performance 2D** (Hanna et al., 1998 ; Crosthwaite et al., 1995 ; Pietrabissa et al., 1994; Berber and Siperstein, 2001; Huber et al., 2003)
 - **Performance 3D = performance 2D pour des tâches simples mais pas pour des tâches complexes** (Birkett et al., 1994)

- 3 sources d'explication aux résultats contradictoires :
 - Système technologique utilisé (Falk et al., 2001)
 - Complexité des tâches (Birkett et al., 1994)
 - ➔ Hypo : tâches complexes plus sensibles au 3D?
 - Expertise
 - ➔ Hypo : chirurgiens experts moins sensibles à la différence 2D-3D?

Apprentissage et chirurgie robotique

2 questions :

- Comment le système robotique influence et transforme-t-il l'apprentissage de la chirurgie chez des novices?

→ 1ère étude

- Comment les novices et les chirurgiens experts utilisent-ils le système robotique (adaptation à la nouvelle technologie)?

→ 2e étude

Plan expérimental : mise en place de la simulation

O
B
J
E
C
T
I
F



Laparoscopie classique
Écran ou vue directe



Chirurgie robotique
Vue 2D ou 3D



- Plan expérimental : 2 dimensions

Dimension instrumentale

**Dimension
perceptive**

	Laparoscopie	Robot
2D		
3D		

Première étude: courbes d'apprentissage

Analyser l'impact des dimensions instrumentale et perceptive sur les courbes d'apprentissage et le transfert des habiletés acquises

Méthodologie

- Comparaison des performances de 40 étudiants dans 4 conditions:
 - Laparoscopie classique 2D
 - Laparoscopie classique 3D
 - Système robotique 2D
 - Système robotique 3D

		Dimension instrumentale	
		Laparoscopie	Robot
Dimension perceptive	2D	10	10
	3D	10	10

Tâche



Première étude: courbes d'apprentissage

Analyser l'impact des dimensions instrumentale et perceptive sur les courbes d'apprentissage et le transfert des habiletés acquises

Méthodologie

- Comparaison des performances de 40 étudiants dans 4 conditions:
 - Laparoscopie classique 2D
 - Laparoscopie classique 3D
 - Système robotique 2D
 - Système robotique 3D

		Dimension instrumentale	
		Laparoscopie	Robot
Dimension perceptive	2D	10	10
	3D	10	10

Procédure

3 phases :

- Courbe d'apprentissage dans une des 4 conditions : 6 répétitions

Première étude: courbes d'apprentissage

Analyser l'impact des dimensions instrumentale et perceptive sur les courbes d'apprentissage et le transfert des habiletés acquises

Méthodologie

- Comparaison des performances de 40 étudiants dans 4 conditions:
 - Laparoscopie classique 2D
 - Laparoscopie classique 3D
 - Système robotique 2D
 - Système robotique 3D

		Dimension instrumentale	
		Laparoscopie	Robot
Dimension perceptive	2D	10	10
	3D	10	10



Procédure

3 phases :

- Courbe d'apprentissage dans une des 4 conditions : 6 répétitions
- Transfert perceptif (2D vs 3D) : 2 essais

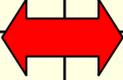
Première étude: courbes d'apprentissage

Analyser l'impact des dimensions instrumentale et perceptive sur les courbes d'apprentissage et le transfert des habiletés acquises

Méthodologie

- Comparaison des performances de 40 étudiants dans 4 conditions:
 - Laparoscopie classique 2D
 - Laparoscopie classique 3D
 - Système robotique 2D
 - Système robotique 3D

		Dimension instrumentale	
		Laparoscopie	Robot
Dimension perceptive	2D	10	10
	3D	10	10

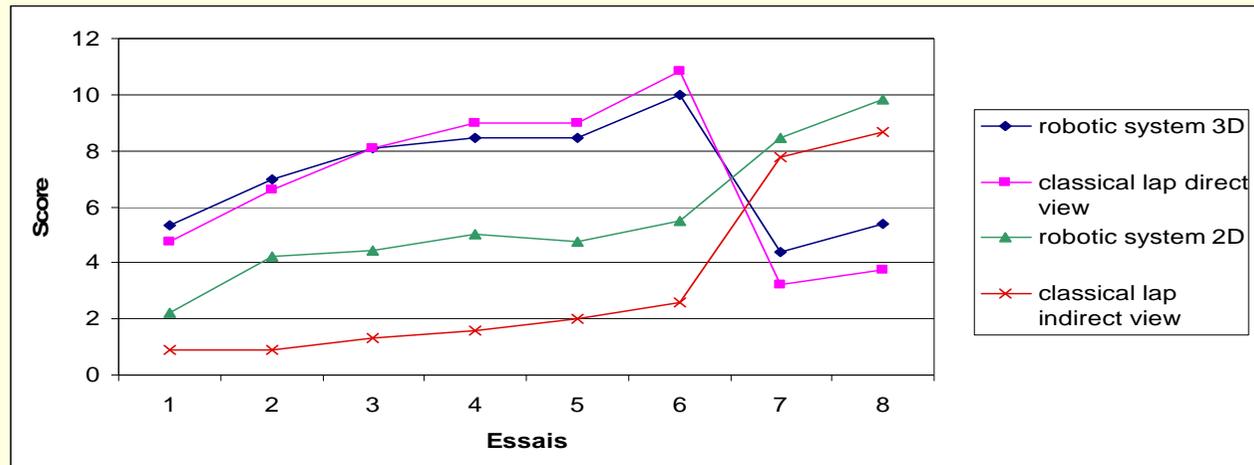


Procédure

3 phases :

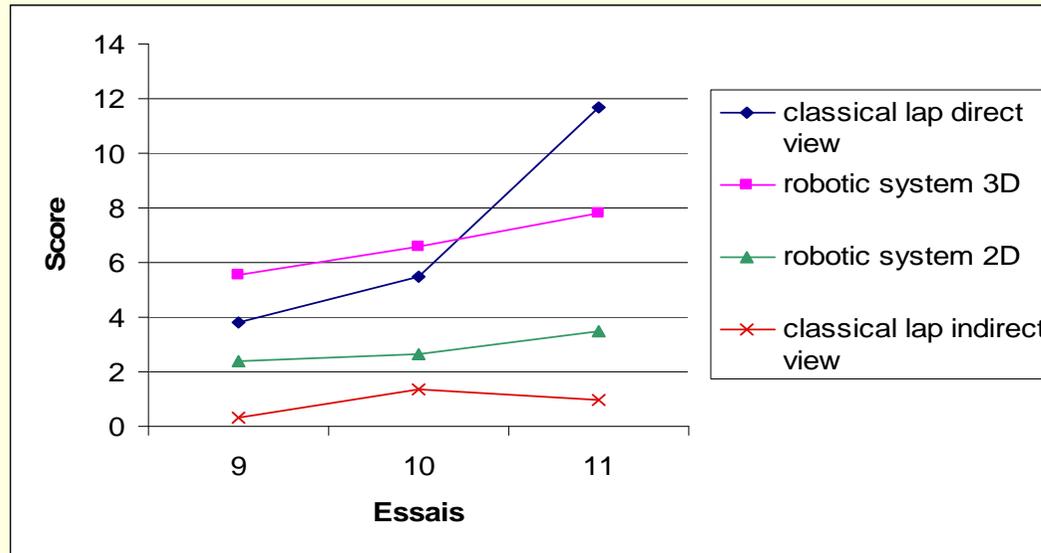
- Courbe d'apprentissage dans une des 4 conditions : 6 répétitions
- Transfert perceptif (2D vs 3D) : 2 essais
- Transfert technique (laparo vs robot) : 3 essais

Résultats: courbes d'apprentissage et transfert perceptif



- **Courbes d'apprentissage :**
 - 3D>2D quelle que soit la technique utilisée
 - En 3D, mêmes courbes en laparo classique et robot
 - En 2D, courbe robot > courbe laparo classique
 - Quand 2D, dimension instrumentale influence performance
 - Écart s'accroît entre le 2D et 3D au fil des essais
- **Impact très marqué du transfert perceptif**

Résultats : transfert technique



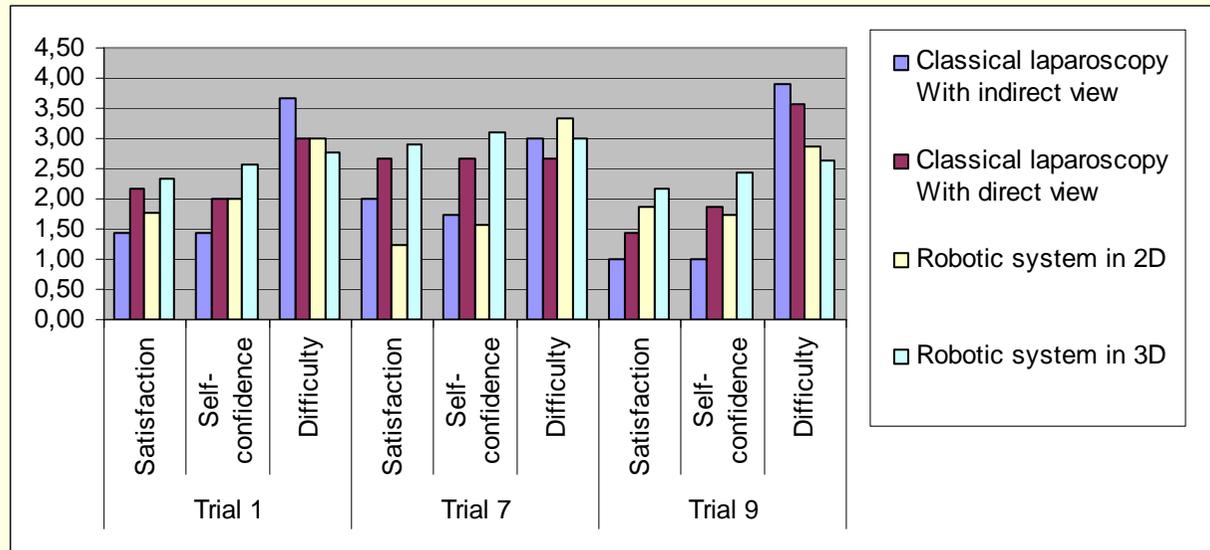
Performances équivalentes au 1er essai

➔ Pas de transfert d'habiletés chez sujets novices

Peu d'évolution des performances excepté laparoscopie en vue directe 3D

➔ Apprentissage avec 1 technique entrave utilisation de l'autre technique

Résultats: impressions subjectives



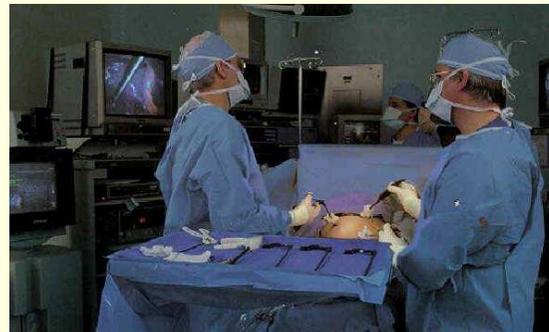
Essai 1: plus de difficulté en laparoscopie classique, plus de satisfaction et de confiance en soi avec le robot en 3D

Essai 7: pas de différence significative pour la difficulté mais plus de confiance en soi et de satisfaction en 3D qu'en 2D quelle que soit la technique

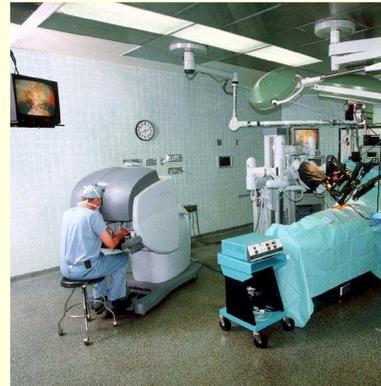
Essai 9: moins de satisfaction et de confiance en soi en laparoscopie classique en 2D que dans les autres conditions

Deuxième étude : influence de l'expertise en simulation

- Trois groupes :
 - Experts laparo



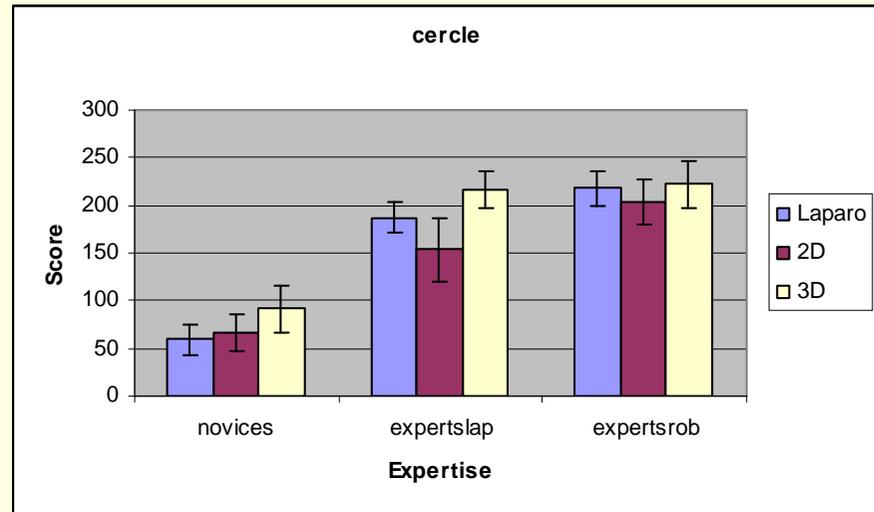
- Experts robot



- Novices (étudiants en médecine)

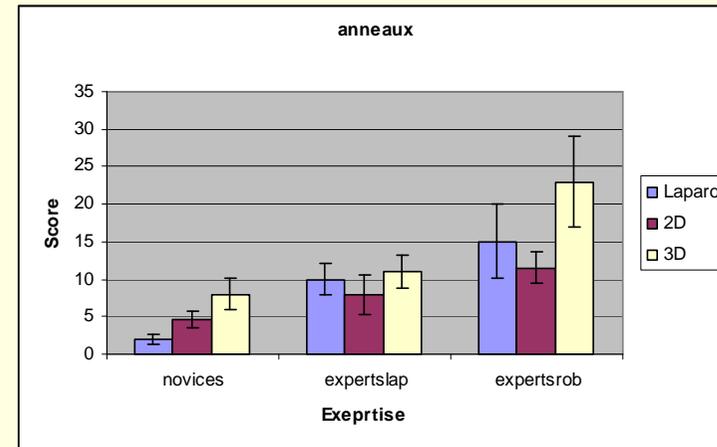
Influence de l'expertise : résultats

- Trois groupes : experts laparo, experts robot, novices
- Résultats :
 - Experts > novices



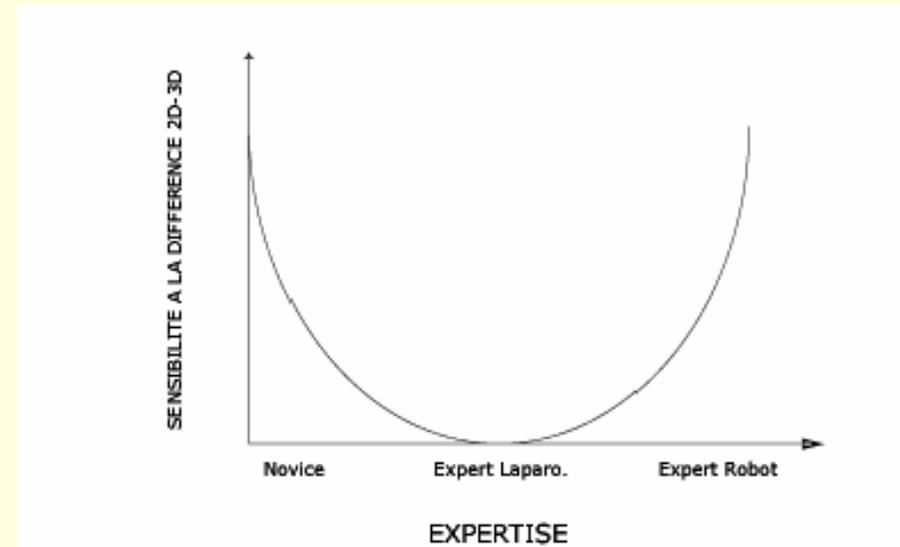
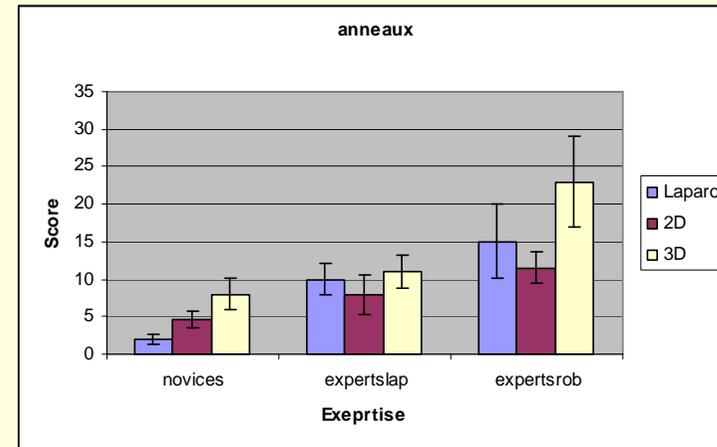
Influence de l'expertise : résultats

- Trois groupes : experts laparo, experts robot, novices
- Résultats :
 - Experts > novices
 - Experts : pas d'influence de la dimension instrumentale



Influence de l'expertise : résultats

- Trois groupes : experts laparo, experts robot, novices
- Résultats :
 - Experts > novices
 - Experts : pas d'influence de la dimension instrumentale
 - Expertise au robot ≠ expertise en laparoscopie classique
 - Simulation reproduit différence réellement observée dans la réalité



Implications théoriques de nos résultats

- Vue en 3D permet une meilleure performance and amélioration quelle que soit la technique
- Performance en 2D est influencée par la dimension instrumentale
- ➔ Vue 3D plus intuitive demande moins de ressources et de contrôle conscient que la vue en 2D (Marotta et al., 1997, 1998)
- ➔ Ces ressources peuvent être impliquées dans la maîtrise de la technique complexe en 3D mais pas en 2D
- ➔ Nos résultats encouragent le développement de système 3D efficaces et moins couteux pour la MIS

Utilité des modèles inanimés dans les processus d'apprentissage en médecine

Developpement d'habiletés spécifiques and techniques pour devenir chirurgien

En chirurgie, apprentissage sur le terrain (Hamilton et al., 2001)

Formation continue

APPRENTISSAGE TRADITIONNEL

Désavantages

- Temps
- Ressources
- Risques pour le patient

(Bridges & Diamond, 1998)



Utilité des modèles inanimés dans les processus d'apprentissage en médecine

- **Constat** : Plusieurs simulateurs conceptualisés dans le domaine de la chirurgie minimale invasive, mais peu réellement et fréquemment utilisés.
- **Systemes hautement perfectionnés et coûteux** qui reproduisent l'anatomie humaine de façon très approximative
⇒ pas d'une grande utilité dans les apprentissages par rapport à la formation directe en salle d'opération
- **Simulateurs assez simples, pelvytrainers** qui permettent de réaliser des tâches de base dites primitives sont très adéquats pour l'apprentissage des habiletés chirurgicales
- Il n'existe à l'heure actuelle aucun module de formation objectif et reconnu ayant montré un impact réel sur les performances en salle d'opération.
- La plupart des modules qui existent sont plutôt évaluatifs que formatifs et n'aident pas l'assistant à développer une compréhension concrète des aspects particuliers des habiletés techniques qui doivent être améliorées (Vassiliou et al., 2005).

Utilité des modèles inanimés dans les processus d'apprentissage en médecine

Entraînement nécessaire en chirurgie

Cependant, entraînement en salle d'opération peut être peut efficient et praticable (temps, ressources, risques pour le patient)

DONC les modèles inanimés intéressants pour:

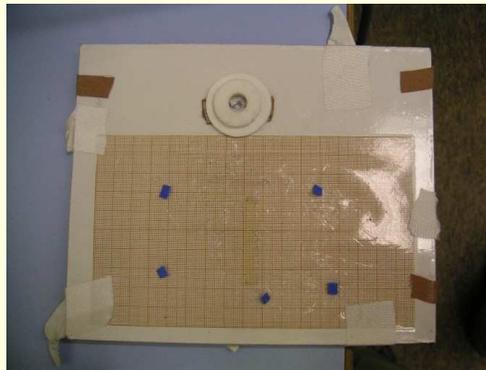
- Apprentissage des habiletés psychomotrices et transfert en salle d'opération
- Formation continue et amélioration des habiletés psychomotrices
- Evaluer performance des chirurgiens
- Étudier l'impact des nouvelles technologies sur les performances des chirurgiens
- Améliorer la confiance en soi et le bien-être

Cependant, nécessité d'adapter les tâches aux techniques utilisées (complexité, validité...)

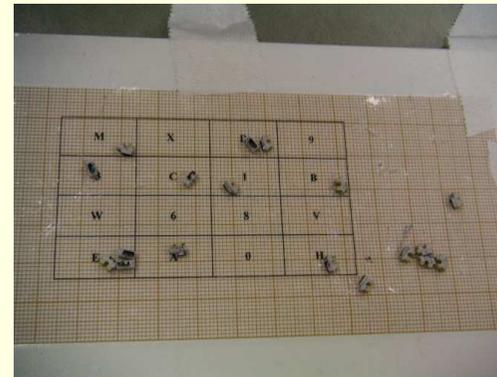
Utilité des modèles inanimés dans les processus d'apprentissage en médecine

Tâches que nous utilisons dans nos protocoles expérimentaux et d'apprentissage

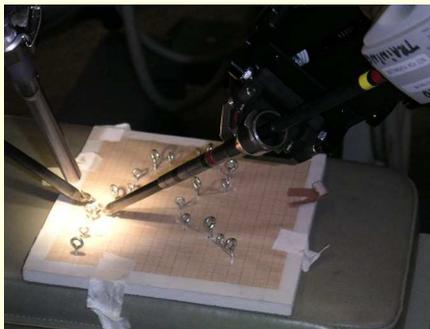
Phase de familiarisation



Task 1 : checkerboard with letters and numbers



Task 2: rings route



Task 3 : pattern cutting



Task 4 : Suture and knot



Robot chirurgical = outil de formation?

- Pas ou peu de transfert d'habiletés entre les techniques chez sujets novices
- Techniques \neq entraînent des habiletés \neq ?
- La vue en 3D diminue les courbes d'apprentissage MAIS les sujets ne développent pas les mécanismes de compensation en 2D
- Privilégier apprentissage avec les différentes techniques afin d'éviter risque lors de reconversion
- Apport bénéfique de la simulation sur l'apprentissage, la confiance en soi et le bien-être des étudiants

Et les facteurs affectifs dans la simulation ?

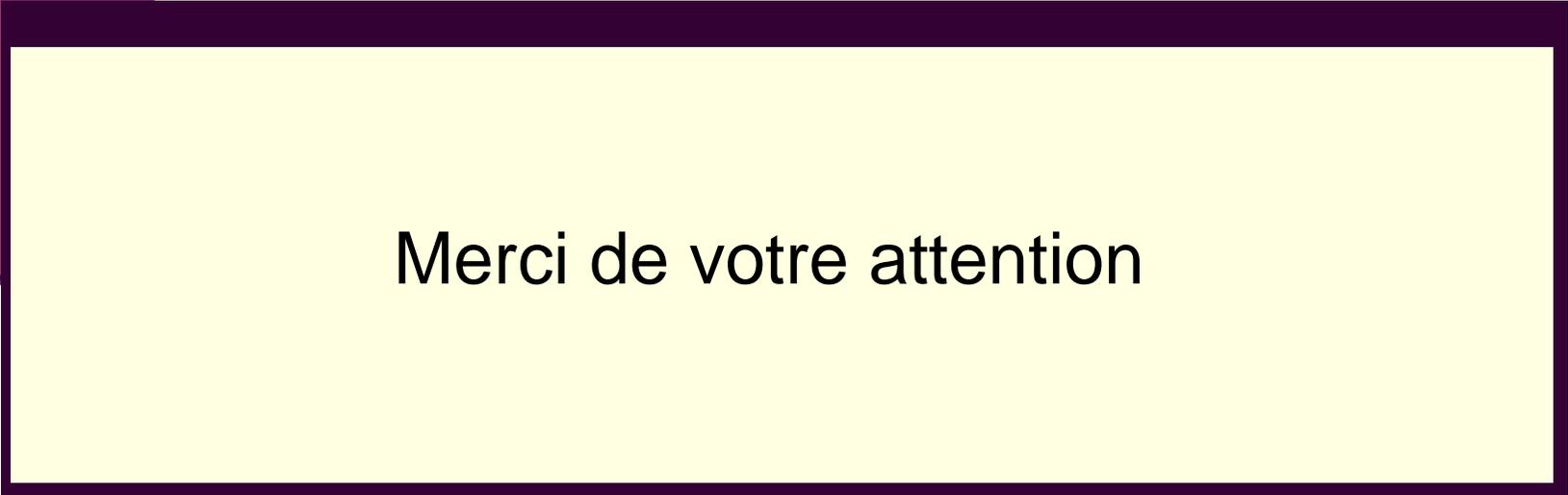
- Beaucoup d'études sur les aspects cognitifs et la « compatibilité » cognitive des situations de simulation
- Mais quelle implication des facteurs affectifs?
 - Motivation
 - Sentiment de présence
 - Attrait pour les nouvelles technologies

Simulation à tout prix?

- Réalité virtuelle: jusqu'où aller dans le réalisme?
 - Choix du type de simulation en fonction des objectifs d'apprentissage
 - Choix de la difficulté des tâches en fonction des objectifs, de la technique et du public visé
- Nécessité de comprendre processus cognitifs et moteurs impliqués dans les gestes laparoscopiques
- Nécessité de comprendre les facteurs affectifs et organisationnels impliqués dans les situations réelles
- **Interdisciplinarité essentielle**



Questions?



Merci de votre attention

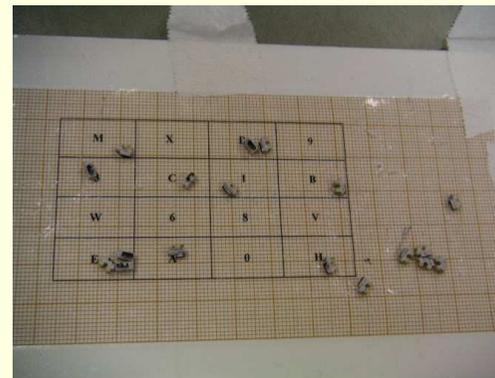
Second study : Influence of expertise

■ 5 tasks :

Familiarisation phase



Task 1 : checkerboard
with letters and numbers



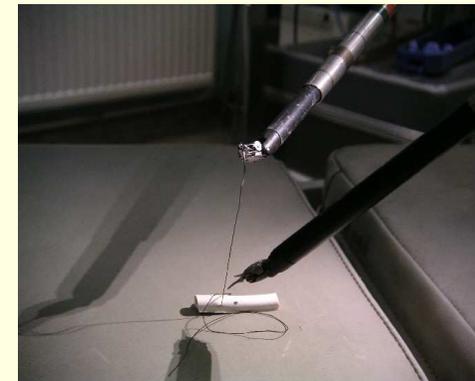
Task 2: rings route



Task 3 : pattern cutting



Task 4 : Suture and knot



Expertise

- Acquired compensatory mechanisms in 2D vision for laparoscopic surgeons, no sensibility to the 2D-3D difference
- Expertise \neq fixed characteristic
- Double expertise :
 - Linked to the task and the domain
 - ➔ Transversal et generalisable competences
 - Linked to the use of a specific tool or instrument
 - ➔ Specific competences that depend on usual conditions of instrument use (in this case, the robot in **3D view**)