

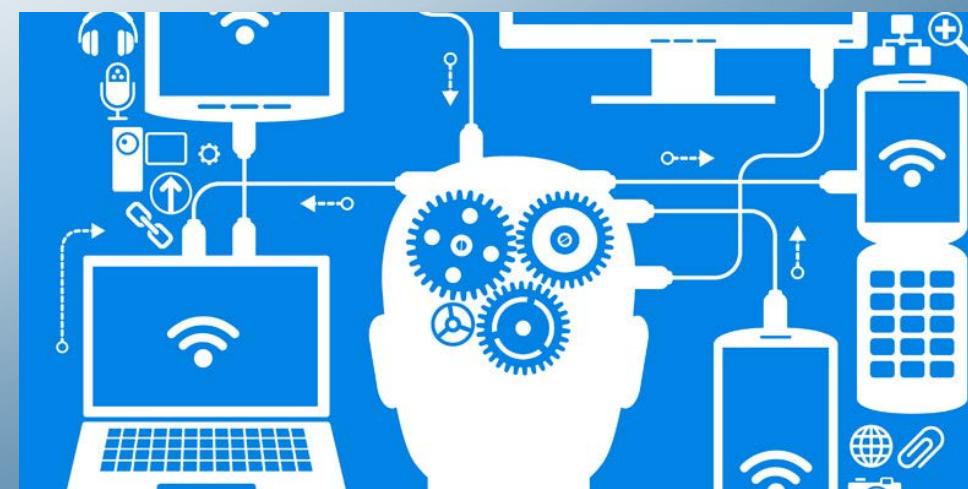
# COMMENT FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DU RAISONNEMENT CLINIQUE GRÂCE AUX ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE?

PAR JOSEPH-OMER DYER, PHT, MSC, PHD  
DANS LE CADRE DU CONGRÈS DE LA SIFEM  
LE JEUDI 5 OCTOBRE 2017, MARSEILLE



# ENJEUX

- Évolution rapide des technologies de l'information et des communication (TIC): comment les utiliser pour favoriser les apprentissages?
- Quelles sont les données probantes?
- Comment évaluer les résultats?



Tiré de : [http://www.memooc.hu/courses/course-v1:Uni-Miskolc+IT.K1.MODUL.0.E+2015\\_T1/about](http://www.memooc.hu/courses/course-v1:Uni-Miskolc+IT.K1.MODUL.0.E+2015_T1/about)

# QU'EST-CE QUE LE RAISONNEMENT CLINIQUE?

- **Une définition conceptuelle**

- Le raisonnement clinique consiste à avoir recours à l'ensemble de ses **connaissances** ainsi qu'à sa **cognition** et à sa **métacognition**, en vue de prendre des décisions éclairées et de résoudre des **problèmes** dans un contexte de pratique clinique (Alsop and Ryan 1999, Higgs 2008)
- Au cœur de l'expertise professionnelle

# QU'EST-CE QU'UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE (ENA)?

**e-Learning:** Apprentissage qui est réalisé au moyen de TIC et qui peut être réalisé en tout ou en partie dans un environnement en ligne

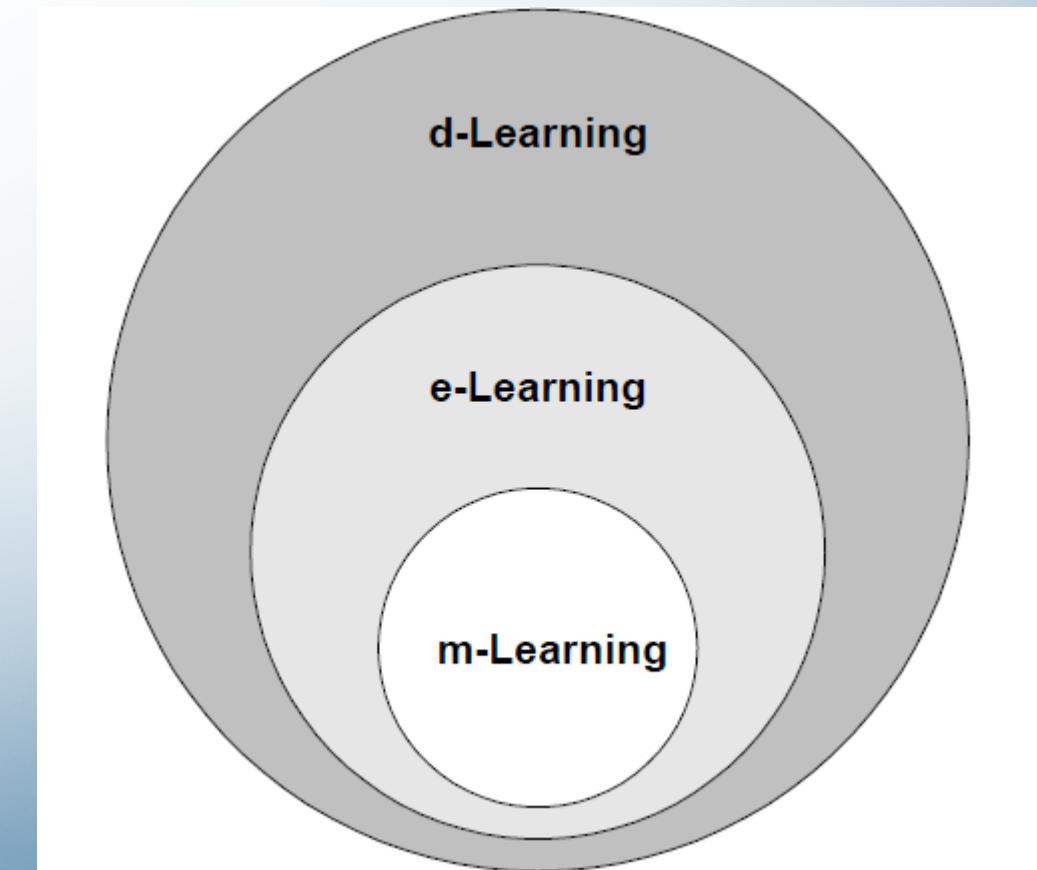
- Ressources internet (sites);
- Patients virtuels;
- Modélisation numérique;
- Tutoriels en ligne;
- Vidéos et images.

(Jayakumar, Brunckhorst et al. 2015,  
Tarpada, Morris et al. 2016)



# QU'EST-CE QU'UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE?

- Apprentissage à distance (**d-Learning**);
- Apprentissage électronique (**e-Learning**)
- Apprentissage avec appareils mobiles  
**(m-Learning)**
  - (Krishnapillai 2004)





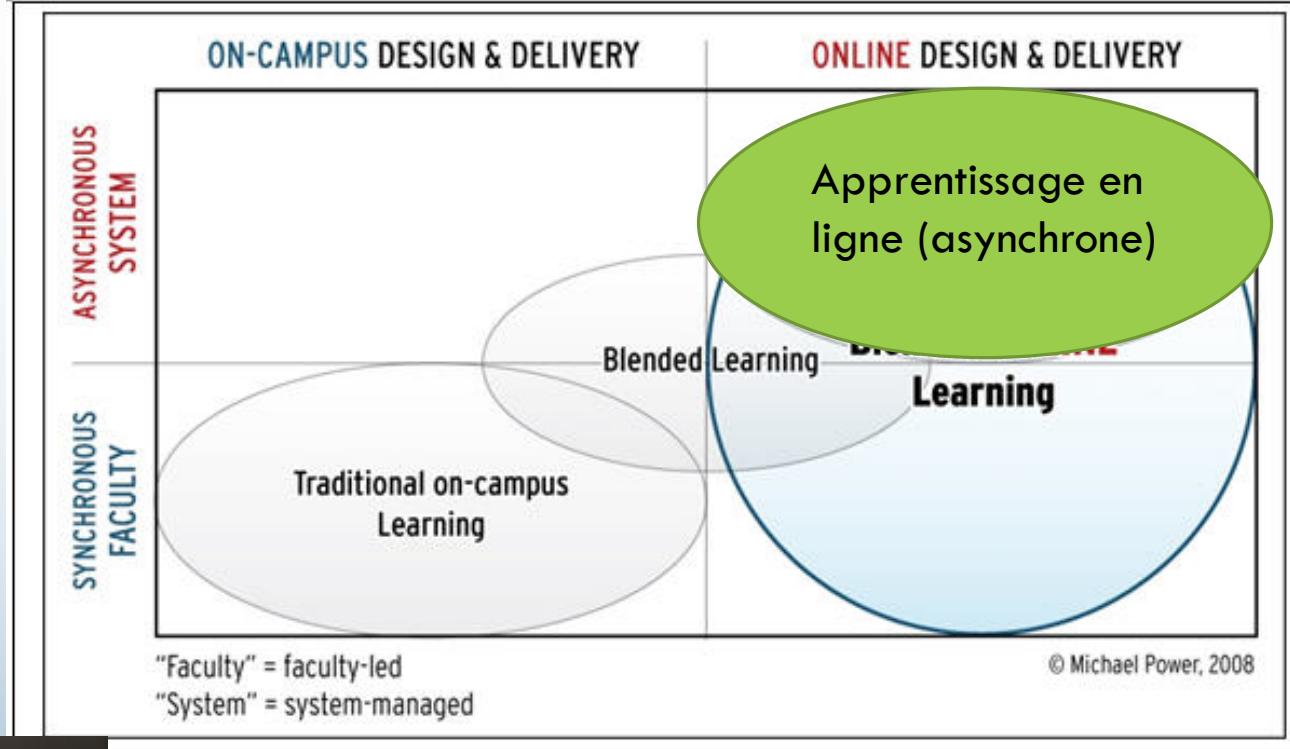
**Asynchrone  
(individuel)**



**En personne**

**Apprentissage  
mixte (hybride)**

**En ligne**



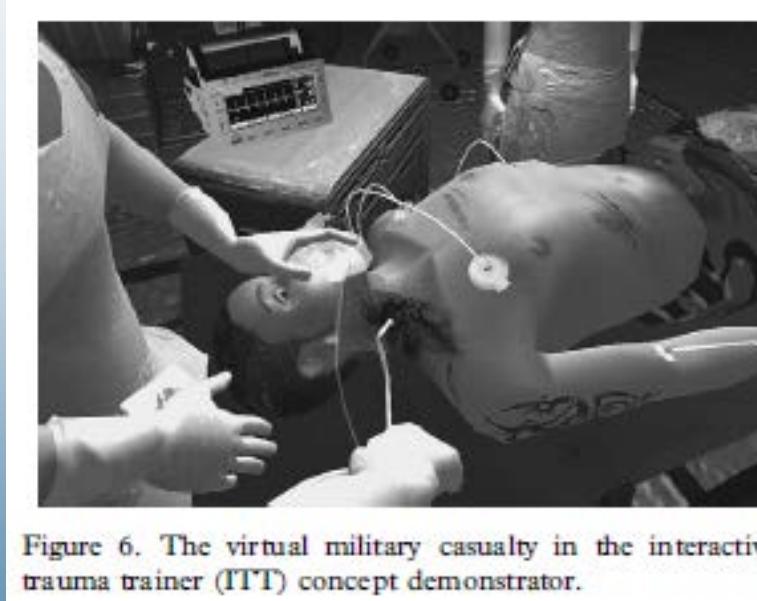
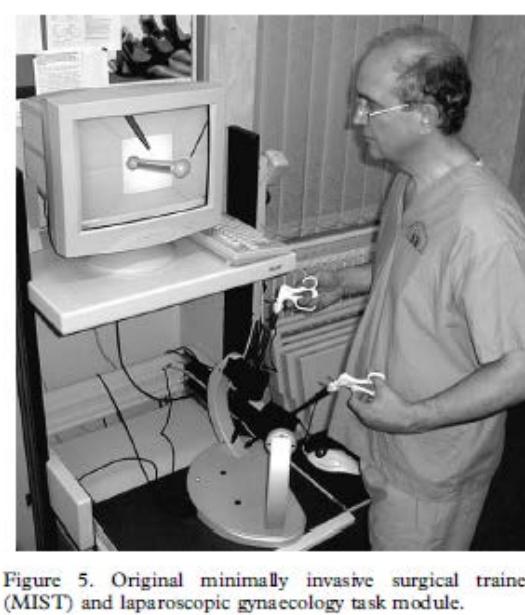
**Synchrone  
(en groupe)**



Power (2008) The Emergence of a Blended Online Learning Environment. MERLOT Journal of Online Learning and Teaching 4 (4).

# ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE VIRTUEL (VIRTUAL LEARNING ENVIRONNENT)

- Environnement immersif;
- L'apprenant est acteur et participe à la co-construction de la réalité;
- Dillenbourg et coll (2007)



(Stone 2011)

<https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190701>

# ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE (ENA)

- L'ENA de l'Université de Montréal rassemble du matériel pédagogique tel que des enregistrements de visioconférence, des formations, des conférences, des colloques, des activités de cyber-apprentissage (e-learning) et autres documents d'appoint s'adressant à tous les professionnels de la santé.
- **Plateformes ou systèmes de gestion des apprentissages:**
  - Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE)
  - Blackboard
  - Sakai 11

Tiré de: <http://ruis.umontreal.ca/environnement-num%C3%A9rique-dapprentissage-ena-0>

# ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE

The screenshot shows the Moodle interface for the cpd4physios course. At the top, there is a navigation bar with a user icon labeled 'admin', a password field, and a 'Login' button. Below the navigation bar, there are links for 'Non member Signup' and 'Forgot Password?'. The main content area displays a course titled 'Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine Series' with three sub-modules: 'Hip-Related Pain', 'Acute Ankle Injuries', and 'Anterior knee pain'. Each module has a thumbnail image and a brief description. Below these, there are price tables for 'Member Price \$65' and 'Non-Member Price \$75'. At the bottom, there are two 'Overview' sections with detailed descriptions of the modules.

Images et textes

<https://ecreators.com.au/moodle/moodle-themes-customisations/>  
<https://www.slideshare.net/unte/lutilisation-de-limage-dans-moodle-lexperience-de-la-faculte-de-mdecine-de-lusj>  
<https://moodle.chumontreal.qc.ca/>

The screenshot shows a Moodle presentation slide titled 'Festival Moodle.USJ '08'. The slide features a header with the Moodle logo and the text 'Université Saint-Joseph de Beyrouth'. Below the header, there is a heading 'Possibilité de naviguer durant le cours'. The main content is a chest X-ray with various anatomical points labeled A through G. To the left of the X-ray, there is a small image of a human torso and the text 'Gril Costal de Face (60 kV)'. At the bottom left is the LPU logo, and at the bottom right, there is text for the 'Comité Technologie et Pédagogie Laboratoire de pédagogie universitaire'.

Photos, textes et quizz



Vidéos présentation de cas

# ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE

Cadre théorique pour planifier leur développement:

Théorie de la **charge cognitive** (Sweller 1994)

Théorie cognitive de l'**apprentissage multimédia**

(Mayer 2001)

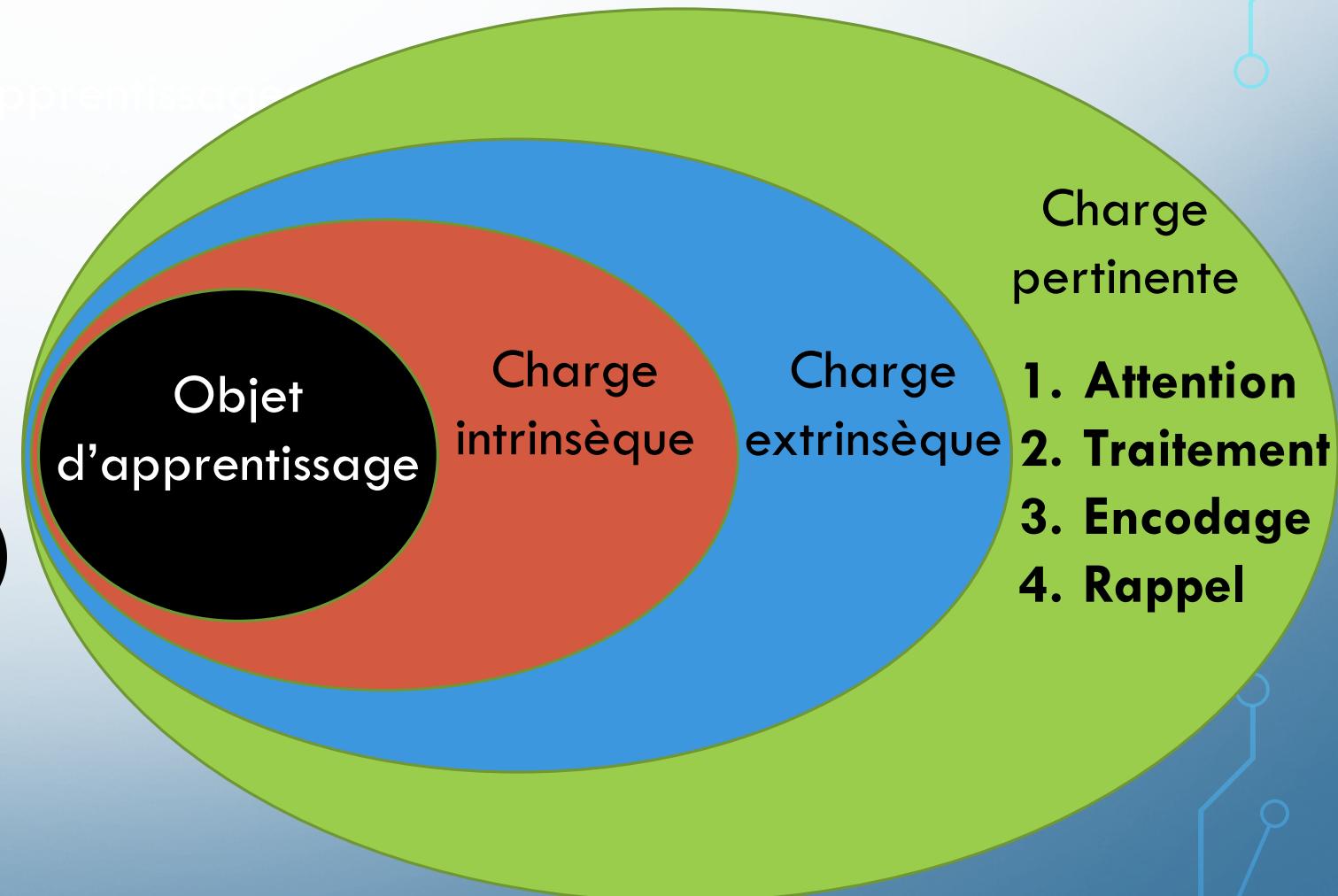
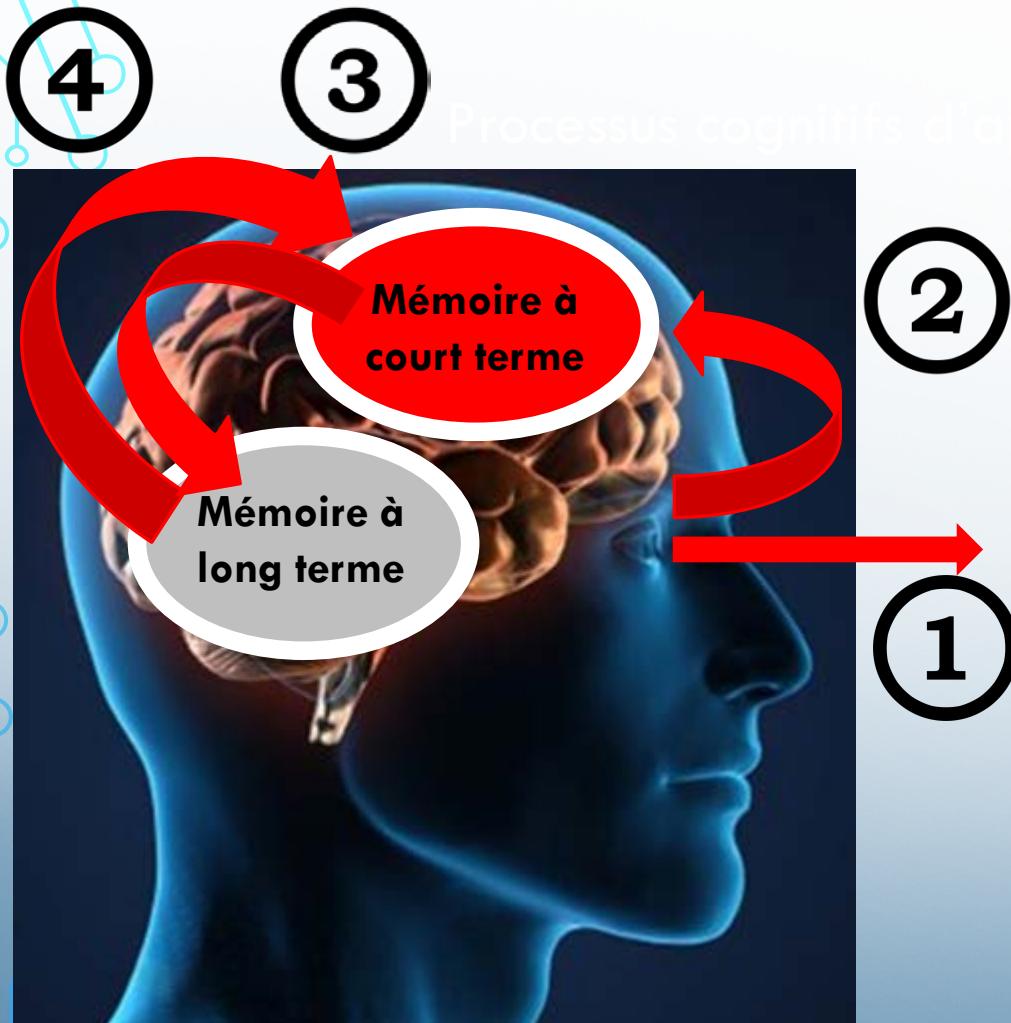
Effet des **exemples résolus** («*worked example*»)

(Chi, Bassok et al. 1989, Sweller 1994)

Théorie de l'**auto-détermination** («*self-determination*»)

(Ryan and Deci 2000)

# THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE (SWELLER, 1994)

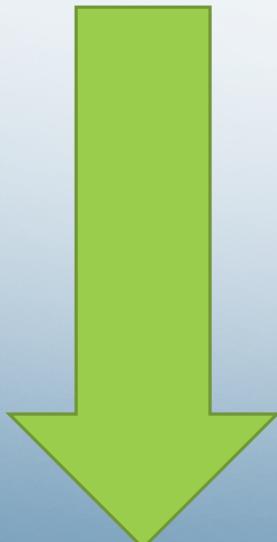


# THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE (SWELLER, 1994)

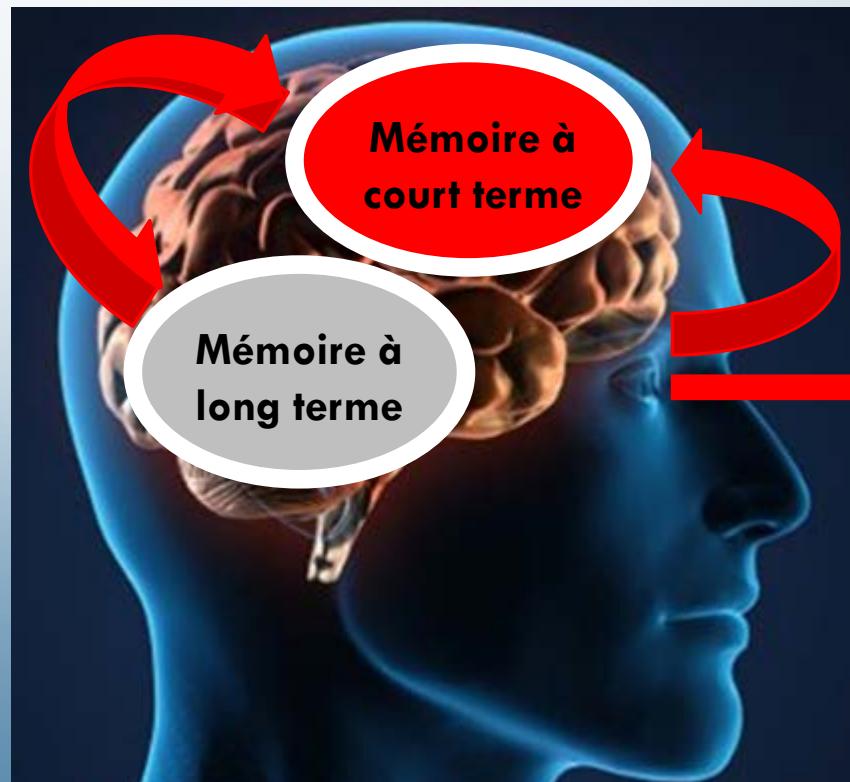
- Mesure de la charge cognitive associée à l'apprentissage
  - Échelle subjective de perception de l'effort mental investi (Paas, 1998) lors de tâche

## Effort mental investi

- 9- Très, très difficile
- 8- Très difficile
- 7- Difficile
- 6- Un peu difficile
- 5- Neutre
- 4- Un peu facile
- 3- Facile
- 2- Très facile
- 1- Très, très facile



## Activité d'apprentissage

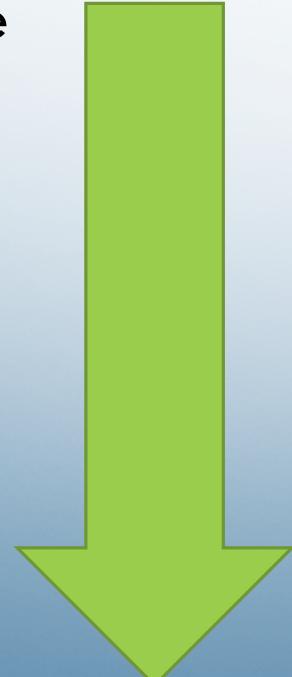


# THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE (SWELLER, 1994)

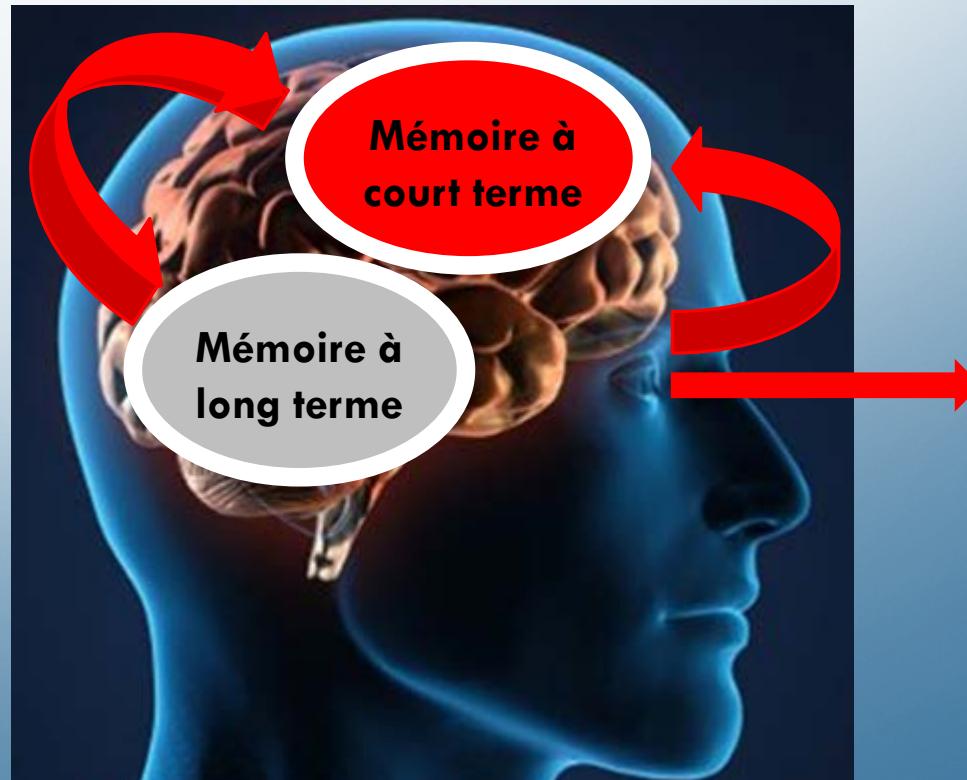
- Mesure de la charge cognitive associée à l'évaluation des apprentissages
  - Évaluation de l'efficience d'apprentissage en termes de résultats d'apprentissage (van Gog and Paas 2008)

## Effort mental investi

- 9- Très, très difficile
- 8- Très difficile
- 7- Difficile
- 6- Un peu difficile
- 5- Neutre
- 4- Un peu facile
- 3- Facile
- 2- Très facile
- 1- Très, très facile



## Performance à l'évaluation apprentissages



# THÉORIE DE LA CHARGE COGNITIVE (SWELLER, 1994)

## Effort mental investi (charge cognitive)

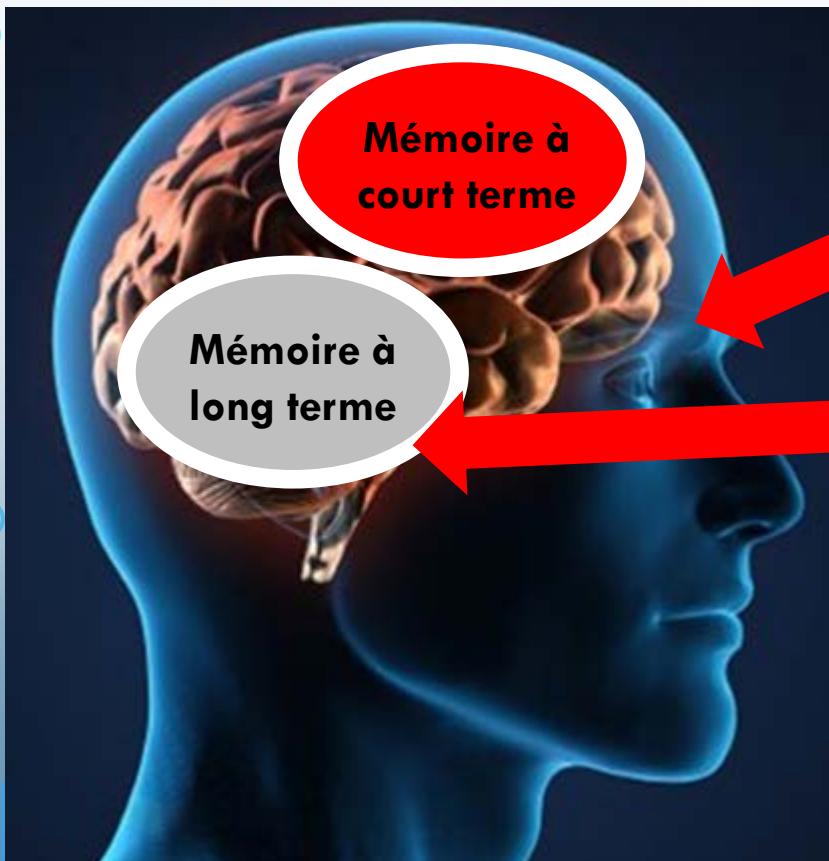
Learning phase	Mental effort (max = 9)	a) Self-explanation	b) Concept mapping	c) Concept map study	Tukey post-hoc HSD		
		6.70 (0.86)	6.92 (0.79)	6.02 (1.13)	P <sub>a-b</sub>	P <sub>a-c</sub>	P <sub>b-c</sub>
Post-test	Mental effort (max = 9)	5.90 (0.92)	7.07 (0.83)	6.52 (1.03)	.001	.030	.060

## Performance aux évaluations (résolution de problèmes de RC)

Pre-test (% max. score)	Concept. knowledge	a) Self-explanation	b) Concept mapping	c) Concept map study	Tukey post-hoc HSD		
		48.89 (16.91)	49.44 (17.77)	50.00 (20.18)	P <sub>a-b</sub>	P <sub>a-c</sub>	P <sub>b-c</sub>
Post-test (% max. score)	Problem-solving	41.27 (9.30)	35.37 (9.95)	37.95 (11.44)			
	Concept. knowledge	52.78 (17.00)	52.22 (21.77)	68.82 (21.83)	.994	.008	.006
	Problem-solving	63.16 (16.02)	50.98 (13.60)	53.34 (16.37)	.008	.038	.821

(Dyer, Hudon et al. 2015)

# THÉORIE COGNITIVE DE L'APPRENTISSAGE MULTIMÉDIA (MAYER, 2001)



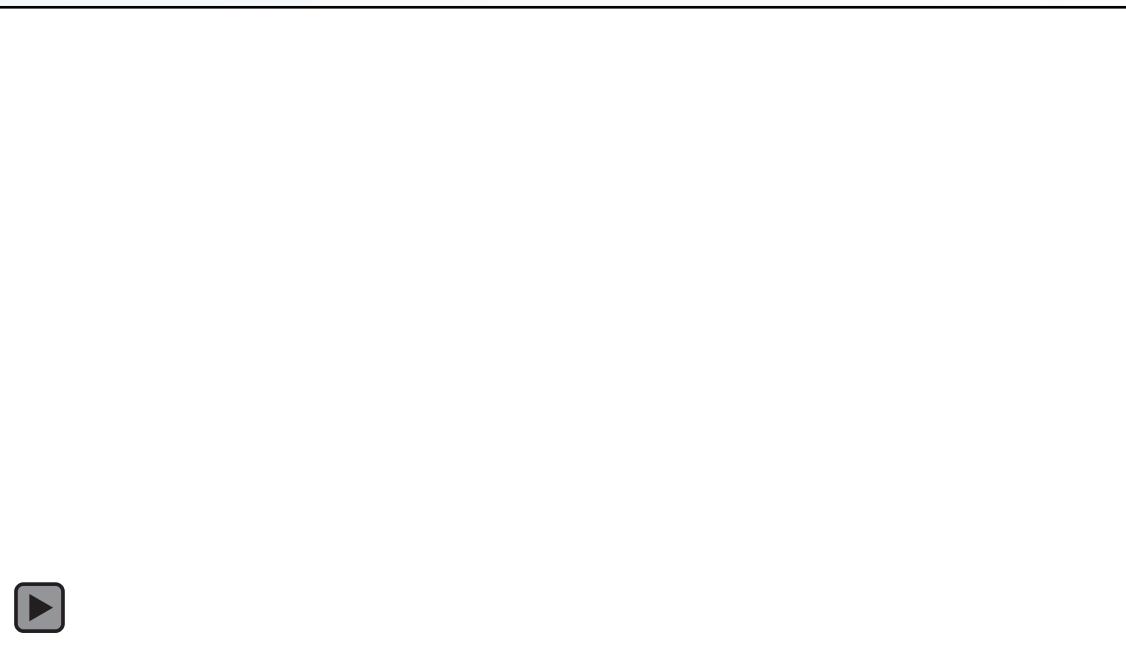
## Canaux perceptuels:

**Visuel:** texte, figure, image, photo, animation, vidéo

**Auditif:** narration, son, musique

**Vidéo/ Animation:** peuvent combiner les deux canaux perceptuels

# APPRENTISSAGE EN ENA: TEXTES VS. VIDÉOS



▶ Notes de cours pratiques  
MODULE A:  
▼ Auto-apprentissage du Raisonnement clinique...  
     1- Test no. 1 (à faire en premier)  
     1- Test no. 1 (à faire en premier)  
     2-Difficulté test no. 1  
     2-Difficulté test no. 1  
     3- Histoires/  
        Raisonnement clinique  
        DOULEUR  
     3-Histoires de cas/  
        Raisonnement clinique  
        DOULEUR  
     4-  
        Histoires/Raisonnement  
        clinique INFLAMMATION  
     4-Histoires de cas/  
        Raisonnement  
        clinique INFLAMMATION  
     5-  
        Histoires/Raisonnement  
        clinique FAIBLESSE  
     5-Histoires de cas/

Description  
[Modifier la question](#)

**Présentation initiale du cas clinique**

M. Thomas, **58 ans**, a un travail de bureau. Depuis **3 ans**, il vit avec de l'**arthrose aux deux genoux** avec ↑ progressive des douleurs bilatéralement (symptômes G > D). Ses **douleurs sont ↑ à la marche, aux escaliers et en position assise prolongée**. Sa condition s'est détériorée depuis 4 mois, il utilise maintenant un bâton de marche pour tous ses déplacements à l'extérieur et a pris du poids (10 kg). M. Thomas a reçu une infiltration au Synvisc (visco-supplément) il y a 3 mois qui a aidé ↔ mais la douleur revient depuis 1 mois. Les douleurs et la raideur sont plus importantes en matinée. En position assise, les mouvements des genoux les soulagent. Il prend des **médicaments anti-inflammatoires, mais à dose limitée** en raison de troubles gastro-intestinaux. Le médecin référent aimerait qu'on **maintienne le plus possible le niveau d'activité tout en le soulageant le plus possible**.

**Suite à l'évaluation Subjective (S) et Objective (O) : Analyse (A)**

Le physiothérapeute pense dans son analyse... Ce patient a fort probablement un problème d'arthrose aux genoux. Mes évaluations subjective et objective m'ont permis d'éliminer les hypothèses peu probables de lésions de structures péri-articulaires (ligamentaires, tendineuses ou musculaires) ou intra-articulaires aux genoux telles que les ménisques. Par ailleurs, il y a diminution de force en extension et présence de douleur en fin d'amplitudes au genou G. Je note également une rétraction des muscles gastrocnémiens et ischio-jambiers G (avec flexum au genou G et diminution de l'extension passive). Les symptômes sont plus importants à G, où il semble même y avoir un décalage de la biomécanique musculaire et articulaire plus important par rapport au côté D. Ce patient sédentaire est à risque de déconditionnement.

Ma liste de problèmes PAR ORDRE DE PRIORITÉ découlant de cette évaluation est la suivante : **1- Douleur importante aux genoux (G>D); 2- Faiblesse du quadriceps G; 3- AA en extension passive au genou G; 4-Raideur des gastro et des ischio-jambiers G; 5- ↑ autonomie à la marche; 6- Déconditionnement et 7- Méconnaissance de la condition par le patient.**

Mon libellé diagnostic en physiothérapie associé à ce cas serait: Arthrose modérée aux genoux (G>D) entraînant une inflammation chronique associée à des douleurs, des retractions musculaires et des limitations d'amplitude de mouvement qui limitent la marche (↑ autonomie et durée) et restreignent la participation aux AVDs et aux activités physiques.

**Raisonnement clinique à la base du plan de traitement (P):**

Le physiothérapeute pense pour son plan de traitement... La douleur aux genoux résulte de l'arthrose et de l'inflammation associée. Quant à l'arthrose, elle est elle-même la conséquence de l'usure excessive des surfaces articulaires due à des facteurs qui affectent la biomécanique du genou, dont le surrèlief de poids, la perte de confluence articulaire et les altérations du contrôle moteur. Pour ralentir l'usure des surfaces

Dyer et al., (2016)

# APPRENTISSAGE EN ENA: TEXTES VS. VIDÉOS

## Effort mental (charge cognitive)

Table 2: Mean mental effort invested (SD) in the learning activity and in the post-test for the two learning conditions, and t-test results for the comparisons between the two conditions

Learning phase		Learning condition		t-test		
		Video-based	Text-based	$t_{(df)}$	P	d
Learning phase	Mental effort (max= 9)	4.8 (1.1)	5.4 (1.3)	2.563	.012	.550
Post-test	Mental effort (max= 9)	6.9 (1.3)	7.6 (1.2)	2.497	.014	.536

d represents effect size (Cohen's d) calculated for all comparisons. Statistically significant p values (P < .05) are presented in bold.

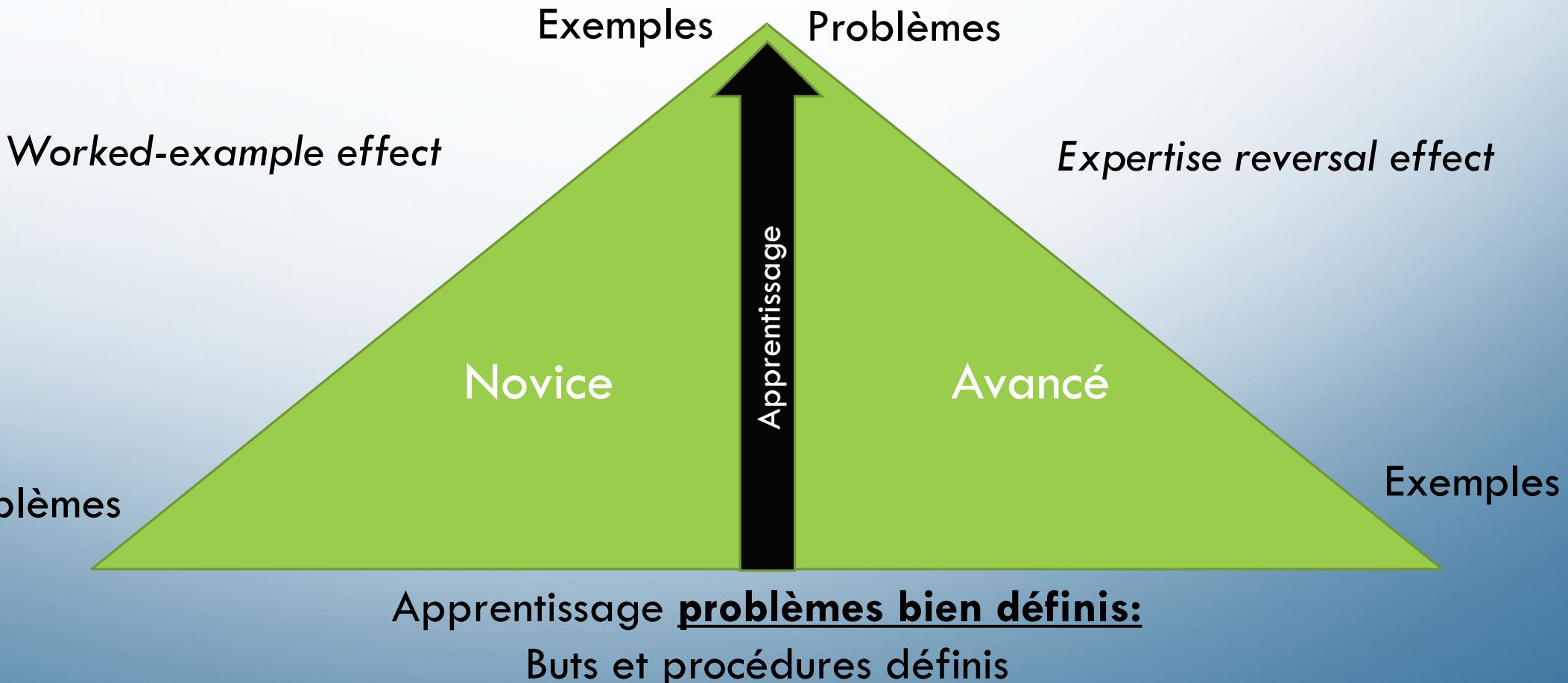
## Performance aux évaluations

Test	Learning outcome	Learning condition		
		Video-based	Text-based	P
Pre-test	Conceptual knowledge (%)	34.5 (21.6)	37.1 (20.6)	.564
	Problem-solving performance (%)	38.3 (11.2)	34.9 (12.6)	.192
Post-test	Conceptual knowledge (%)	44.4 (17.5)	43.4 (15.5)	.777
	Near transfer (%)	60.2 (16.4)	56.7 (20.9)	.392
	Far transfer (%)	25.8 (7.1)	22.3 (6.5)	.018

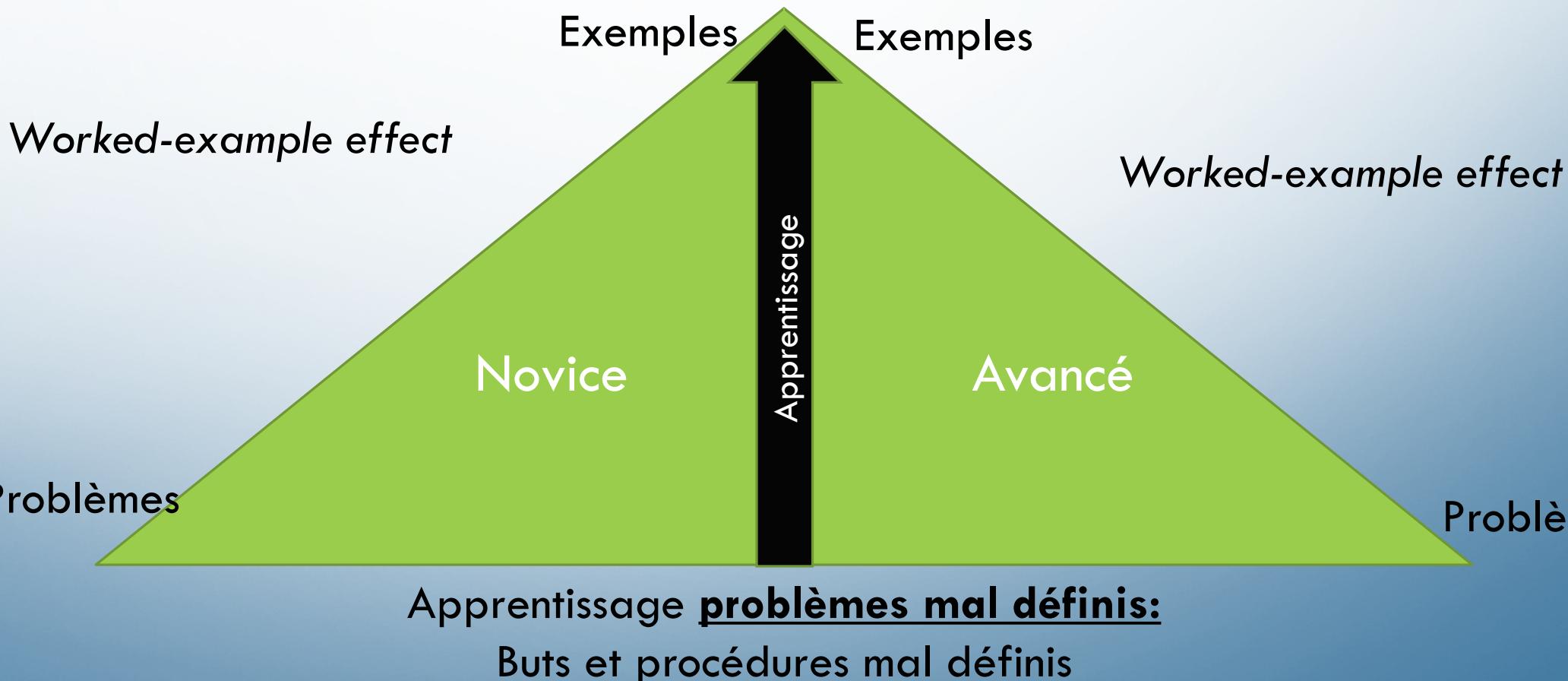
# APPRENTISSAGE EN ENA: TEXTES VS. VIDÉOS

- Études comparatives Textes vs. vidéos en ENA
- (Balslev, de Grave et al. 2005, Zhang, Zhou et al. 2006, Balslev, de Grave et al. 2009, Yeung, Justice et al. 2009, Rath and Holt 2010, El-Sayed and El-Sayed 2013, Flores, Demoss et al. 2013, Hibbert, Lambert et al. 2013, Weeks and Horan 2013, Buch, Treschow et al. 2014, Jang and Kim 2014)

# EFFETS D'APPRENTISSAGE PAR LES EXEMPLES (WORKED EXAMPLE EFFECT) (CHI, 1989; SWELLER, 1994)



# EFFETS D'APPRENTISSAGE PAR LES EXEMPLES (WORKED EXAMPLE EFFECT) (CHI, 1989; SWELLER, 1994)



## Case-based worked example

From: Kopp V, Stark R, Kuhne-Eversmann L, Fischer MR: **Do worked examples foster medical students' diagnostic knowledge of hyperthyroidism?** *Med Educ* 2009, **43**(12):1210-1217

### A) Clinical case presentation

#### APPENDIX A. EXAMPLE OF THE LEARNING ENVIRONMENT, CLINICAL SITUATION

Albrecht Dauner, a 71-year-old man, has come to the surgery for the first time because his previous, long-time general practitioner has retired.

You ask him what you can do for him.

He says, 'In the last few weeks, I have noticed an accelerated and irregular pulse and I haven't been able to sleep as well as I used to.'

When asked, Mr Dauner states that he has never before noticed an irregular heartbeat. He has suffered from high blood pressure for about 10 years and therefore takes HCT 25 mg and Ramipril 10 mg daily. This treatment appears to have controlled his blood pressure relatively well, to around 140/80 mmHg. He has no other known conditions.

Mr Dauner is a retired district attorney and a widower who lives alone. He has been climbing the steps to his flat on the second floor much more slowly over the last few days because he runs out of breath too quickly.

### B) Clinical reasoning (Problem-solving procedure/ Solution steps)

The symptoms described by Mr Dauner fit the picture of intermittent atrial fibrillation. This can also occur in a number of organic heart diseases with hypertrophy, dilatation or scar formation of the heart muscle or with various valvular changes such as mitral insufficiency. However, electrolyte imbalances, such as those resulting from treatment with diuretics, lead to increased atrial fibrillation. Another cause could be a hyperthyrosis with an increased expression of beta receptors and thus an increased sensitivity to catecholamine. This would also explain the patient's sleep disorder.

### C) Problem solution

You deem an intermittent atrial fibrillation most likely. The underlying reasons in your view could be a number of organic heart diseases, electrolyte imbalances or a hyperthyrosis.

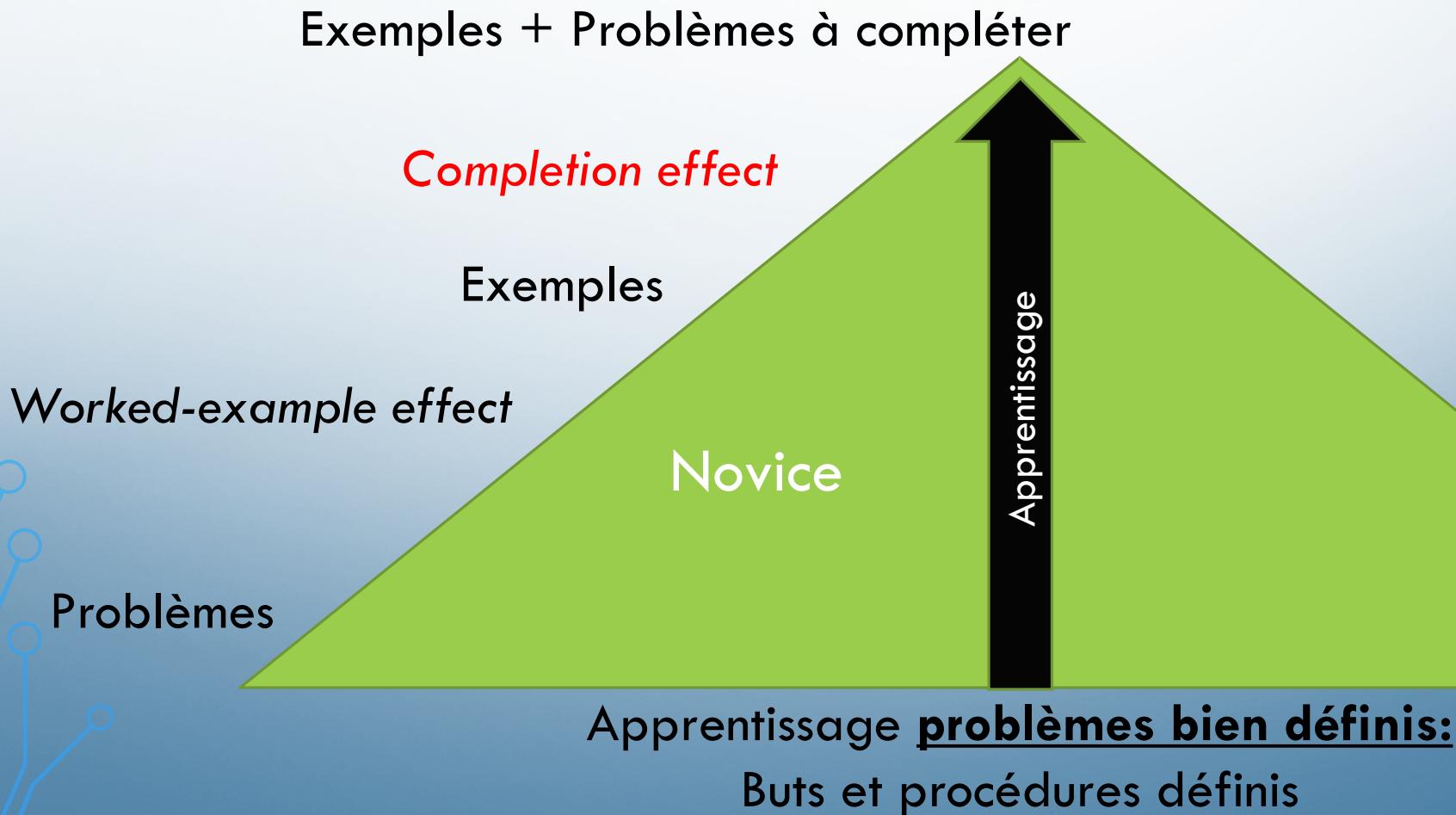
# EFFETS D'APPRENTISSAGE PAR LES EXEMPLES (WORKED EXAMPLE EFFECT)

## Évidences dans les sc. de la santé:

- Diagnostics liés à l'hypertension artérielle (Kopp et coll., 2008, Stark et coll., 2011)
- Diagnostics liés à l'hyperthyroïdie (Kopp et coll 2009)
- Démarche collecte de données pour le diagnostic des troubles musculosquelettiques en physiothérapie (Boekhout et coll., 2010)

# EFFETS D'APPRENTISSAGE PAR LES EXEMPLES (WORKED EXAMPLE EFFECT)

- Peut être limité par le niveau d'attention et la motivation des apprenants



Atkinson et al., (2000)

# THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION («*SELF-DETERMINATION*») (RYAN AND DECI 2000)

Importance de la motivation de l'apprenant:

Besoin d'autonomie

Besoin de compétence

Sentiment d'appartenance

Pertinent de mesurer la satisfaction des apprenants en regard de l'ENA (Zhang, Zhou et al. 2006, Rath and Holt 2010)

# THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION («*SELF-DETERMINATION*») (RYAN AND DECI 2000)

- Vidéos vs. textes: Satisfaction des apprenants

Table 3: Mean score (SD) on a 4-point Likert scale for each item of the survey assessing students satisfaction for the two learning conditions, and T-test results for the comparisons between the two conditions

The learning activity is:	Learning condition		T-test		
	Video-based	Text-based	$t_{(85)}$	P	d
1-Useful for practicing clinical reasoning (max=4)	2.8 (.8)	2.3 (.9)	2.740	<b>.007</b>	0.587
2-Useful for achieving educational goals (max=4)	2.9 (.7)	2.6 (.7)	2.291	<b>.024</b>	0.423
3-Useful in the curriculum (max=4)	2.6 (.8)	2.2 (.8)	2.370	<b>.020</b>	0.500
4-Motivating (max=4)	2.1 (.8)	1.9 (.7)	1.285	.202	0.266

d represents effect size (Cohen's d) calculated for all comparisons. Statistically significant p values ( $P < .05$ ) are presented in bold.

# THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION («SELF-DETERMINATION»)



Cognitive Load and Self-Determination Theories Applied to E-Learning

## Student satisfaction survey

At the end of the Emergency rotation, students of 2013 and 2014 academic years filled out a survey posted on the Moodle platform to assess their impressions about the course. The answers could be “yes”, “no” and “indifferent”. A text box for each question allowed students to further elaborate on their answers and write comments about their experience of participating in VLE activities. The questions were: (1) “Which category do you identify as the one that most contributed to your learning? Why?” (2) “Did the Virtual Rounds cases stimulate your clinical reasoning while seeing patients in the emergency room? How?” (3) “Did the information and discussions supplied in the Virtual Rounds stimulate you to increase your participation in real medical rounds in the emergency room? Why?” (4) “Did the discussions of diagnostic tests (electrocardiogram and radiology) in the form of weekly challenges help you interpret these exams when seeing a patient in the emergency room? How?” (5) “Did you feel stimulated to read the review papers listed in the bibliography? Why?” and (6) “After your participation in the course, do you feel better prepared to render emergency care? Why?”

(de Araujo Guerra Grangeia, de Jorge et al. 2016)



Fig 6. Reasons that motivated students to participate on our online course. Word cloud presenting the reasons that motivated students to participate on our online ecourse.

doi:10.1371/journal.pone.0152402.g006

# CONCLUSIONS

- Évolution technologique mais pérennité du cadre théorique;
- Privilégier la simplicité (mais préserver l'authenticité);
- Exploiter les possibilités de l'ENA (multimédia);
- S'assurer de la motivation des apprenants



# RÉFÉRENCES

- 1. Ackermann O, Siemann H, Schwarting T, Ruchholtz S: **[Effective skill training by means of E-learning in orthopaedic surgery].** *Z Orthop Unfall* 2010, **148**(3):348-352.
- 2. Alsop A, Ryan S: **Making the Most of Fieldwork Education: A Practical Approach:** Nelson Thornes; 1999.
- 3. Balslev T, de Grave W, Muijtjens AM, Eika B, Scherpier AJ: **The development of shared cognition in paediatric residents analysing a patient video versus a paper patient case.** *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2009, **14**(4):557-565.
- 4. Balslev T, de Grave WS, Muijtjens AM, Scherpier AJ: **Comparison of text and video cases in a postgraduate problem-based learning format.** *Med Educ* 2005, **39**(11):1086-1092.
- 5. Bevilacqua A, Paas F, Krigbaum G: **Effects of Motion in the Far Peripheral Visual Field on Cognitive Test Performance and Cognitive Load.** *Percept Mot Skills* 2016, **122**(2):452-469.

# RÉFÉRENCES

- 6. Boekhout P, van Gog T, van de Wiel MW, Gerards-Last D, Geraets J: **Example-based learning: effects of model expertise in relation to student expertise.** *Br J Educ Psychol* 2010, **80**(Pt 4):557-566.
- 7. Buch SV, Treschow FP, Svendsen JB, Worm BS: **Video- or text-based e-learning when teaching clinical procedures? A randomized controlled trial.** *Advances in Medical Education and Practice* 2014, **5**:257-262.
- 8. Chi MTH, Bassok M, Lewis MW, Reimann P, Glaser R: **Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems.** *Cognitive Science* 1989, **13**(2):145-182.
- 9. de Araujo Guerra Grangeia T, de Jorge B, Franci D, Martins Santos T, Vellutini Setubal MS, Schweller M, de Carvalho-Filho MA: **Cognitive Load and Self-Determination Theories Applied to E-Learning: Impact on Students' Participation and Academic Performance.** *PLoS One* 2016, **11**(3):e0152462.
- 10. Dyer JO, Hudon A, Montpetit-Tourangeau K, Charlin B, Mamede S, van Gog T: **Example-based learning: comparing the effects of additionally providing three different integrative learning activities on physiotherapy intervention knowledge.** *BMC Med Educ* 2015, **15**:37.

# RÉFÉRENCES

- 11. El-Sayed RE-SH, El-Sayed SE-HAE-R: **Video-based lectures: An emerging paradigm for teaching human anatomy and physiology to student nurses.** *Alexandria Journal of Medicine* 2013, **49**(3):215-222.
- 12. Flores RL, Demoss P, Klene C, Havlik RJ, Tholpady S: **Digital animation versus textbook in teaching plastic surgery techniques to novice learners.** *Plast Reconstr Surg* 2013, **132**(1):101e-109e.
- 13. Hibbert EJ, Lambert T, Carter JN, Learoyd DL, Twigg S, Clarke S: **A randomized controlled pilot trial comparing the impact of access to clinical endocrinology video demonstrations with access to usual revision resources on medical student performance of clinical endocrinology skills.** *BMC Medical Education* 2013, **13**(1):135.
- 14. Higgs J: **Clinical Reasoning in the Health Professions:** BH/Elsevier; 2008.
- 15. Jang HW, Kim K-J: **Use of online clinical videos for clinical skills training for medical students: benefits and challenges.** *BMC Medical Education* 2014, **14**(1):56.

# RÉFÉRENCES

- 16. Jayakumar N, Brunckhorst O, Dasgupta P, Khan MS, Ahmed K: **e-Learning in Surgical Education: A Systematic Review.** *J Surg Educ* 2015, **72**(6):1145-1157.
- 17. Khalil MK, Paas F, Johnson TE, Payer AF: **Interactive and dynamic visualizations in teaching and learning of anatomy: a cognitive load perspective.** *Anat Rec B New Anat* 2005, **286**(1):8-14.
- 18. Khalil MK, Paas F, Johnson TE, Payer AF: **Design of interactive and dynamic anatomical visualizations: the implication of cognitive load theory.** *Anat Rec B New Anat* 2005, **286**(1):15-20.
- 19. Kiesewetter J, Ebersbach R, Tsalas N, Holzer M, Schmidmaier R, Fischer MR: **Knowledge is not enough to solve the problems - The role of diagnostic knowledge in clinical reasoning activities.** *BMC Med Educ* 2016, **16**(1):303.
- 20. Kopp V, Stark R, Fischer MR: **Fostering diagnostic knowledge through computer-supported, case-based worked examples: effects of erroneous examples and feedback.** *Medical education* 2008, **42**(8):823-829.
- 21. Kopp V, Stark R, Heitzmann N, Fischer MR: **Self-Regulated Learning with Case-Based Worked Examples: Effects of Errors.** *Evaluation & Research in Education* 2009, **22**(2):107-119.

# RÉFÉRENCES

- 22. Kopp V, Stark R, Kuhne-Eversmann L, Fischer MR: **Do worked examples foster medical students' diagnostic knowledge of hyperthyroidism?** *Medical education* 2009, **43**(12):1210-1217.
- 23. Krishnapillai M: **The future of learning: From eLearning to mLearning.** 2004 2004, **5**(1).
- 24. La Guardia JG, Ryan RM, Couchman CE, Deci EL: **Within-person variation in security of attachment: a self-determination theory perspective on attachment, need fulfillment, and well-being.** *J Pers Soc Psychol* 2000, **79**(3):367-384.
- 25. Leppink J, Paas F, Van der Vleuten CP, Van Gog T, Van Merriënboer JJ: **Development of an instrument for measuring different types of cognitive load.** *Behav Res Methods* 2013, **45**(4):1058-1072.
- 26. Maizels M, Fernandez N, Farhat W, Smith E, Liu D, Bhanji Y: **E-learning: Training Attendings to objectively assess Pediatric Urology Residents' performance of open surgery.** *J Pediatr Urol* 2016, **12**(5):272-274.
- 27. Mayer RE: **Multimedia learning.** Cambridge ; New York: Cambridge University Press; 2001.
- 28. Mayer RE: **The Cambridge handbook of multimedia learning.** Cambridge, U.K. ; New York: Cambridge University Press; 2005.

# RÉFÉRENCES

- 29. Mayer RE: **Multimedia learning**, 2nd edn. Cambridge ; New York: Cambridge University Press; 2009.
- 30. Mayer RE: **The Cambridge handbook of multimedia learning**, Second Edition. edn. New York: Cambridge University Press; 2014.
- 31. Paas FG, Van Merriënboer JJ, Adam JJ: **Measurement of cognitive load in instructional research**. *Percept Mot Skills* 1994, **79**(1 Pt 2):419-430.
- 32. Rath TE, Holt DW: **Vicarious audiovisual learning in perfusion education**. *J Extra Corpor Technol* 2010, **42**(4):305-312.
- 33. Ryan RM, Deci EL: **Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being**. *Am Psychol* 2000, **55**(1):68-78.
- 34. Stark R, Gruber H, Renkl A, Mandl H: **Instructional effects in complex learning: Do objective and subjective learning outcomes converge?** *Learning and Instruction* 1998, **8**(2):117-129.

# RÉFÉRENCES

- 35. Stark R, Kopp V, Fischer MR: **Case-based learning with worked examples in complex domains: Two experimental studies in undergraduate medical education.** *Learning and Instruction* 2011, 21(1):22-33.
- 36. Stone RJ: **The (human) science of medical virtual learning environments.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2011, 366(1562):276-285.
- 37. Sweller J: **Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design.** *Learning and Instruction* 1994, 4(4):295-312.
- 38. Tarpada SP, Morris MT, Burton DA: **E-learning in orthopedic surgery training: A systematic review.** *J Orthop* 2016, 13(4):425-430.
- 39. ten Cate OTJ, Kusurkar RA, Williams GC: **How self-determination theory can assist our understanding of the teaching and learning processes in medical education.** *AMEE Guide No. 59. Medical Teacher* 2011, 33(12):961-973.

# RÉFÉRENCES

- 40. Van Gerven PW, Paas F, Van Merriënboer JJ, Schmidt HG: **Memory load and the cognitive pupillary response in aging.** *Psychophysiology* 2004, **41**(2):167-174.
- 41. van Gog T, Paas F: **Instructional efficiency: Revisiting the original construct in educational research.** *Educ Psychol-US* 2008, **43**(1):16-26.
- 42. Weeks BK, Horan SA: **A video-based learning activity is effective for preparing physiotherapy students for practical examinations.** *Physiotherapy* 2013, **99**(4):292-297.
- 43. Yeung P, Jr., Justice T, Pasic RP: **Comparison of text versus video for teaching laparoscopic knot tying in the novice surgeon: a randomized, controlled trial.** *J Minim Invasive Gynecol* 2009, **16**(4):411-415.
- 44. Zhang D, Zhou L, Briggs RO, Nunamaker Jr JF: **Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness.** *Information & Management* 2006, **43**(1):15-27.