

Culture Sciences de l'Ingénieur

<https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>



Journées pédagogiques  
de la revue 3EI et du DER Nikola Tesla :

Réflexions sur les formations génie électrique et  
science de l'information

Jeudi 23 et vendredi 24 juin 2022

Présentation de la conférence :

Les apports des sciences de l'apprentissage dans les  
domaines de l'enseignement des Sciences Industrielles

par Dominique BELLEC

Les présentations de ces journées se retrouvent sur :

<https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/actualites/journees-3ei-der-nikola-tesla>





**MIEUX CONNAÎTRE LE CERVEAU POUR MIEUX (FAIRE) RÉUSSIR À L'ÉCOLE**

# **Les apports des sciences de l'apprentissage dans les domaines de l'enseignement des sciences Industrielles**

**Journées pédagogiques de la revue 3EI  
et du DER Nikola TESLA**

**ENS Paris-Saclay, le 23 juin 2022**

**Dominique BELLEC**  
Agrégé de génie électrique  
Docteur en psychologie

# Les sciences de l'apprentissage ...

Tronc commun pour tous les métiers  
en relation avec les relations humaines

Spécificités pour les métiers  
de la formation et de l'enseignement

## Sciences du vivant :

- Biologie
- Médecine
- Neurosciences
- Génétique
- ...

## Sciences du comportement :

- Psychologie
- Sociologie
- Anthropologie
- ...

## Sciences de l'intervention

- Pédagogie
- Didactique
- Communication
- Gestion de classe
- Evaluation
- Emploi du temps
- Sanction
- ...

(Goigoux, 2017)

# Positionnement de cette présentation

## Contexte :

- Conception rationnelle d'environnements pour des apprentissages par enseignement directs et explicites (Sweller, 2004)
- Enseignement des sciences industrielles à partir de systèmes techniques (Bellec, Tricot, 2014)

## But :

- Apporter des préconisations pédagogiques fondées sur des travaux expérimentaux dans les domaines de la psycho-ergonomie
- Montrer que l'accompagnement pédagogique se situe dans une zone proximale d'apprentissage (Metcalfe, 2012) qui nécessite une mise en difficulté calibrée de l'apprenant (régulation métacognitive)

# Sommaire

## **Une revue des connaissances scientifiques sur le sujet**

Pourquoi s'intéresse-t-on aux apprentissages par enseignement à partir d'environnements complexes ?

Quels sont les problèmes soulevés lors des apprentissages par enseignement à partir de systèmes complexes ?

Théorie de la charge cognitive et développement d'environnements d'apprentissage

## **Un exemple pour illustrer**

Circulation des fluides énergétiques sur un moteur hybride thermique-électrique

## **Echanges**

# Pourquoi s'intéresse-t-on aux apprentissages par enseignement à partir d'environnements complexes ?

## Apprentissages par enseignement ...

- Ils permettent les apprentissages non adaptatifs (Geary, 2008)
- Ils permettent l'acquisition de connaissances secondaires qui doivent être enseignées pour être apprises (Sweller, 2007)



Mais exige de l'engagement de la part des apprenants (temps, efforts, motivation)

## .... à partir d'environnements complexes

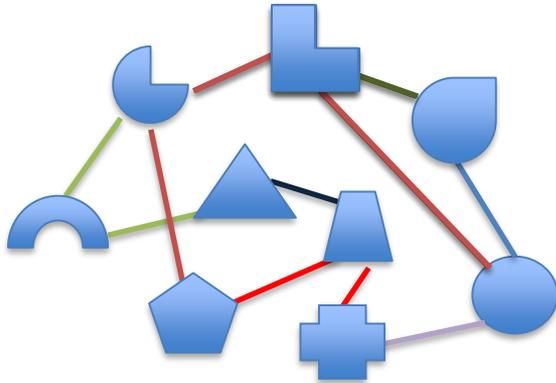
- Les approches holistiques s'opposent aux approches atomistiques (van Merriënboer et Kirschner, 2007) :
  - Elles favorisent l'acquisition de compétences interdisciplinaires
  - Elles évitent les efforts importants pour réinvestir les apprentissages partiels
  - Elles facilitent le transfert des connaissances



Mais soumis aux limitations du système cognitif

# Qu'est ce qu'un environnement complexe ?

Ensemble de parties, ensemble d'unités en interrelations mutuelles (von Bertalanffy, 1968)



## Conséquences pour l'apprentissage :

- Cardinalité importante
- Interdépendance entre les éléments
- La connaissance des propriétés des éléments isolés n'est pas suffisante pour connaître les propriétés du système (Jacobson & Wilensky, 2006; Wilensky & Reisman, 2006)

Difficiles à comprendre  
(Hmelo-Silver & Pieffer, 2004;  
Feltovich & al, 2001)

Focaliser son attention sur une partie masque ses aspects essentiels, sa structure globale et son comportement (Thietard, 2000)

# Caractéristiques du système cognitif et développement d'environnements d'apprentissage

Modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968)

## Mémoire de travail :

- Capacité limitée pour traiter simultanément de nombreuses informations (Miller, 1956; Cowan, 2001)
- Capacité limitée pour traiter des interactions (Sweller, 1994; Sweller & Chandler, 1994)

## Mémoire à long terme :

- Encodage dépendant de l'organisation des informations présentées (van Patten, Chao & Reigeluth, 1986)
- Trace plus discriminable si profondeur de traitement (Lockhard, Craik & Jacoby, 1976)



**Nécessité de prendre en compte ces caractéristiques pour développer des environnements d'apprentissage par enseignement : *Instructional Design* (Ozcinar, 2009)**



**Capacité limitée de la mémoire de travail : Théorie de la Charge Cognitive**

# Théorie de la charge cognitive et développement d'environnements d'apprentissage

- Sweller, Ayres et Kalyuga (2011)
- 3 types de charge cognitive : intrinsèque, extrinsèque et pertinente (additives)
- Amélioration de l'apprentissage si la charge cognitive pertinente est préservée

Charge cognitive extrinsèque

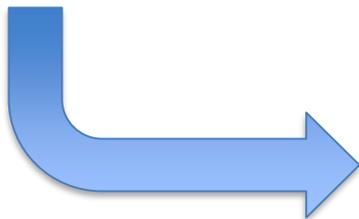


**A réduire**

Charge cognitive intrinsèque



**A manipuler dans le cas des environnements complexes**



**Comment manipuler la charge cognitive intrinsèque ?**

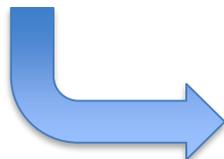
# **Théorie de la charge cognitive et développement d'environnements d'apprentissage**

## **La disparition progressive du guidage (*The guidance fading effect*) :**

- Effet du problème résolu (*worked example effect*)

## **Les apprentissages en 2 temps : un moyen de manipuler la charge cognitive intrinsèque dans le cas des systèmes techniques**

- Le pré-apprentissage (Mayer, Prothero & Wetzell, 2002) :
  - Etape 1: Présentation des principales fonctions (aspect statique)
  - Etape 2 : Présentation des relations de causes à effets (aspect dynamique)
- L'effet de l'isolement des éléments fortement interactifs (Pollock, Sweller & Chandler, 2002; Blayney, Kalyuga & Sweller, 2010) :
  - Etape 1 : Présentation des éléments isolés (les parties)
  - Etape 2 : Présentation du système (le tout)

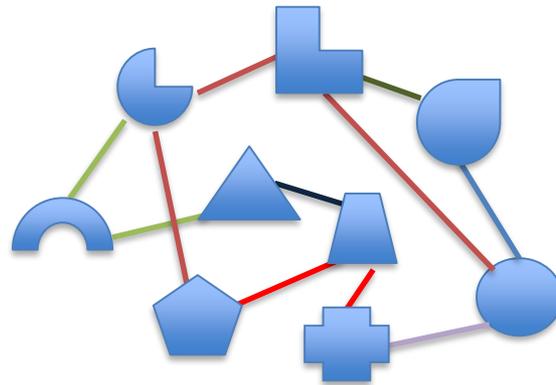


### **Questionnement de cet effet :**

- **Pour des approches tout vers parties**
- **Pour le degré d'isolement**

# L'effet de l'isolement des éléments fortement interactifs : Quel degré d'isolement ? Comment présenter les informations ?

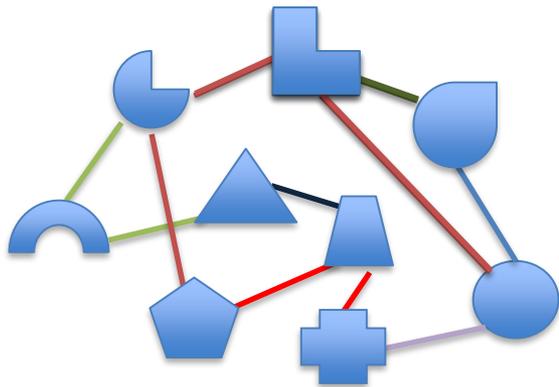
## Systeme complexe



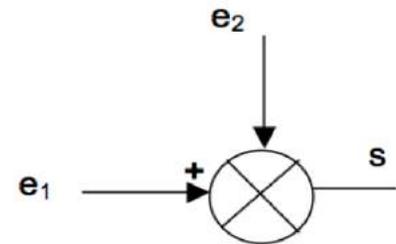
- Comment extraire des contenus simples à partir de contenus complexes (degré d'isolement ?)
- La présentation des parties vers le tout est-elle toujours pertinente comme le suggère la théorie de la charge cognitive ?

# Les apprentissages en deux étapes: le degré d'isolement des éléments

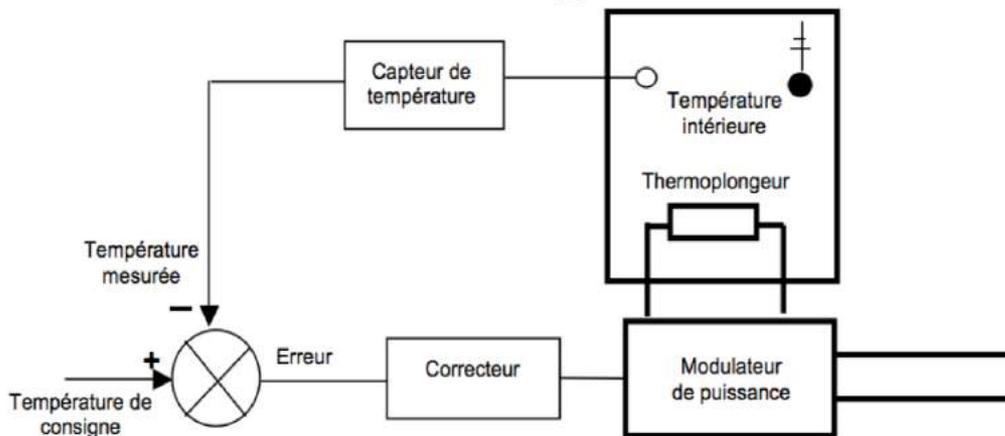
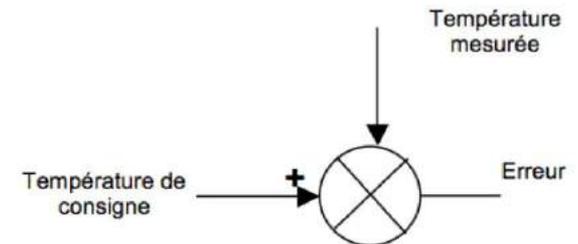
## Système complexe



## Élément totalement isolé

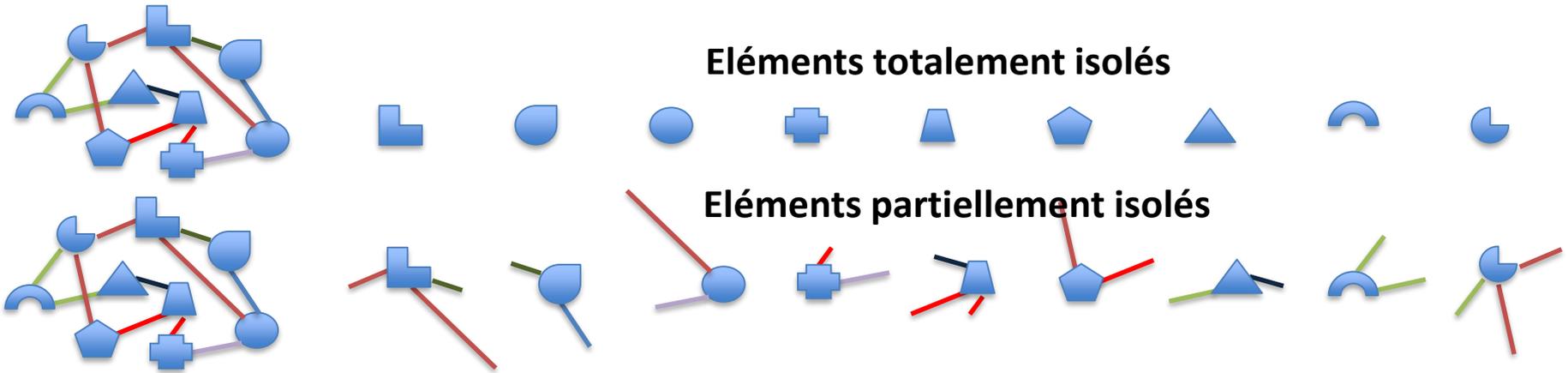


## Élément partiellement isolé

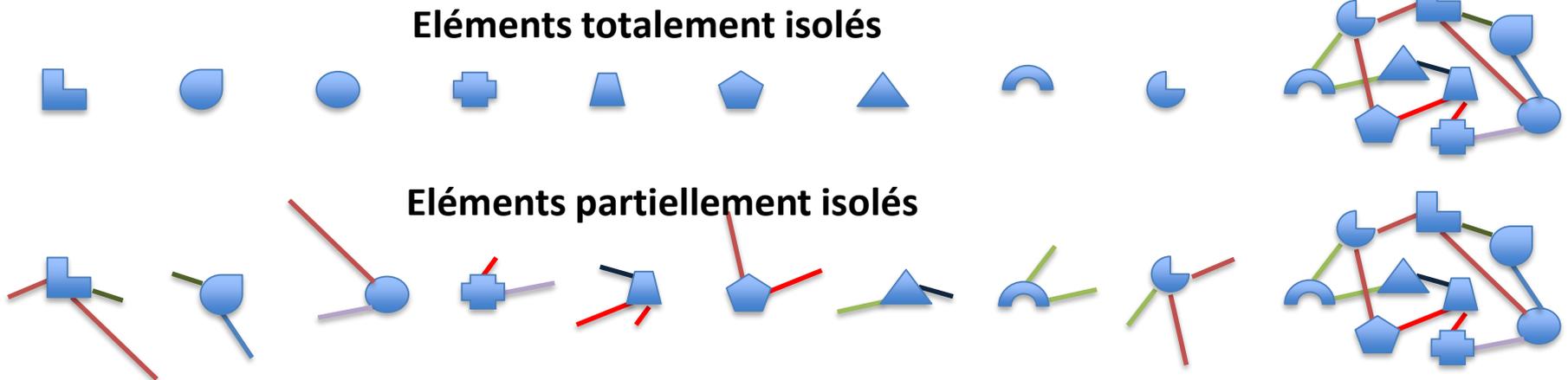


# Les apprentissages en deux étapes: l'ordre de présentation

Tout vers parties :



Parties vers tout :



# Un exemple pour illustrer : Circulation des fluides énergétiques sur un moteur hybride thermique-électrique

## Complexité forte :

### Variables :

- Effort
- Puissance
- Energie cinétique
- Émissions de CO2
- conversion électromécanique
- Stockage d'énergie

### Éléments :

#### Conditions de conduite :

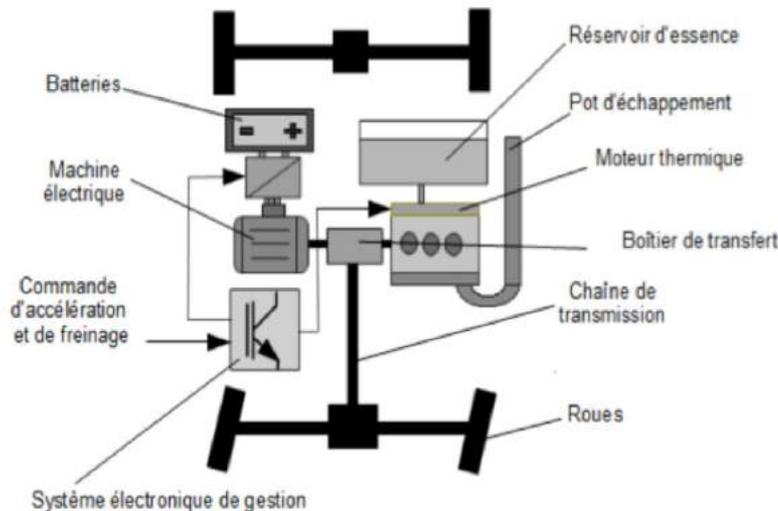
- Démarrage
- Freinage non urgent
- Fortes accélérations
- Vitesse intermédiaire

### Configurations :

- Réservoir d'essence vide
- Réservoir d'essence non vide
- Batteries déchargées
- Batteries chargées

### Interactions :

- Moteur thermique – moteur électrique
- Batteries – carburant fossile
- Conditions de conduite – configurations
- Energie cinétique – réversibilité des moteurs



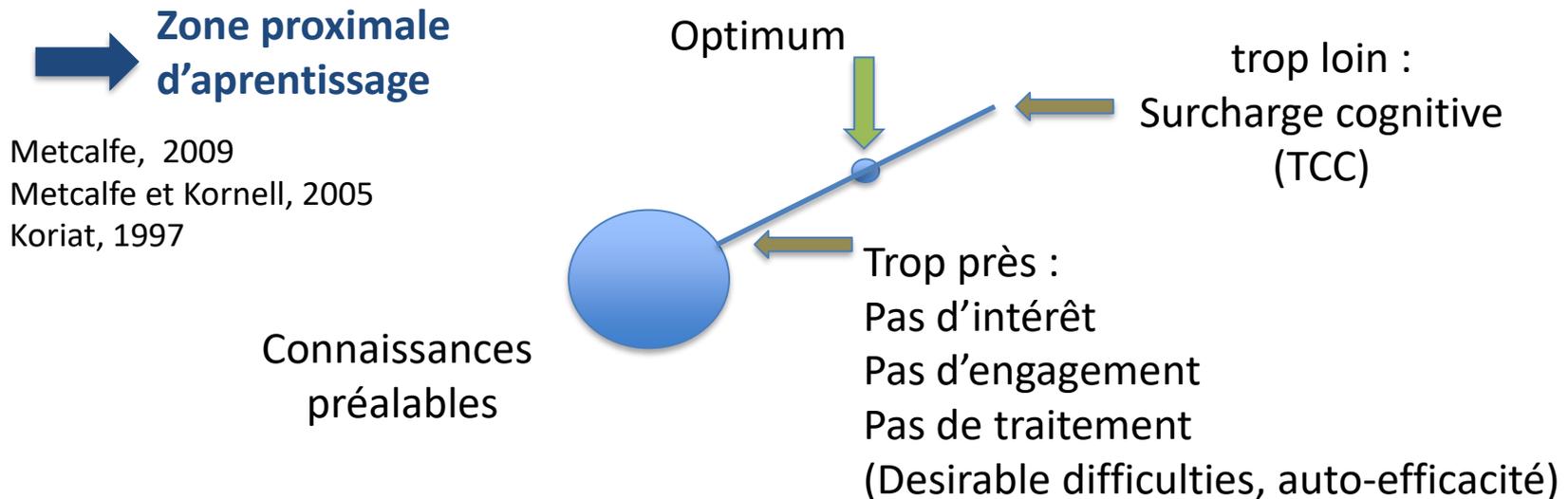
# Un exemple pour illustrer : Circulation des fluides énergétiques sur un moteur hybride thermique-électrique

3 types de questions :

- Questions de rappel, reconnaissance
  - Questions de compréhension
  - Questions de transfert
- 
- Le traitement du matériel d'apprentissage est plus profond quand de la complexité est présentée dans la première étape (hypothèse qui va dans le sens des travaux de Bjork (2011) et de Bandura et Locke (2003))
  - Apprentissages en deux étapes performants (transfert) si de la difficulté est présentée en première étape.

## En conclusion ...

- **Pour améliorer les apprentissages**, les sciences de l'apprentissage insistent :
  - sur la capacité des humains à traiter naturellement des environnements complexes
  - sur l'intérêt d'introduire de la difficulté dans le traitement d'un matériel d'apprentissage



**"La complexité apparaît certes où la pensée simplifiante défaille, mais elle intègre en elle tout ce qui met de l'ordre, de la clarté, de la distinction, de la précision dans la connaissance (...)."**

Morin, E. (1990). Introduction à la pensée complexe. Paris : ESF – Seuil.

