

# Un petit questionnaire avant de commencer...

Avec votre téléphone intelligent, votre tablette ou votre ordinateur,  
rendez-vous à **Socrative.com**

Student login (en haut à droite)

N'entrez pas votre nom

Salle (room) : 8EDCDD81

# Des savoirs à enseigner aux savoirs appris : le cas du modèle probabiliste de l'atome

Christine Marquis  
Cégep de Saint-Jérôme

Recherche réalisée avec le soutien du Programme d'aide à la  
recherche sur l'enseignement et l'apprentissage (PAREA) et du  
Cégep de Saint-Jérôme



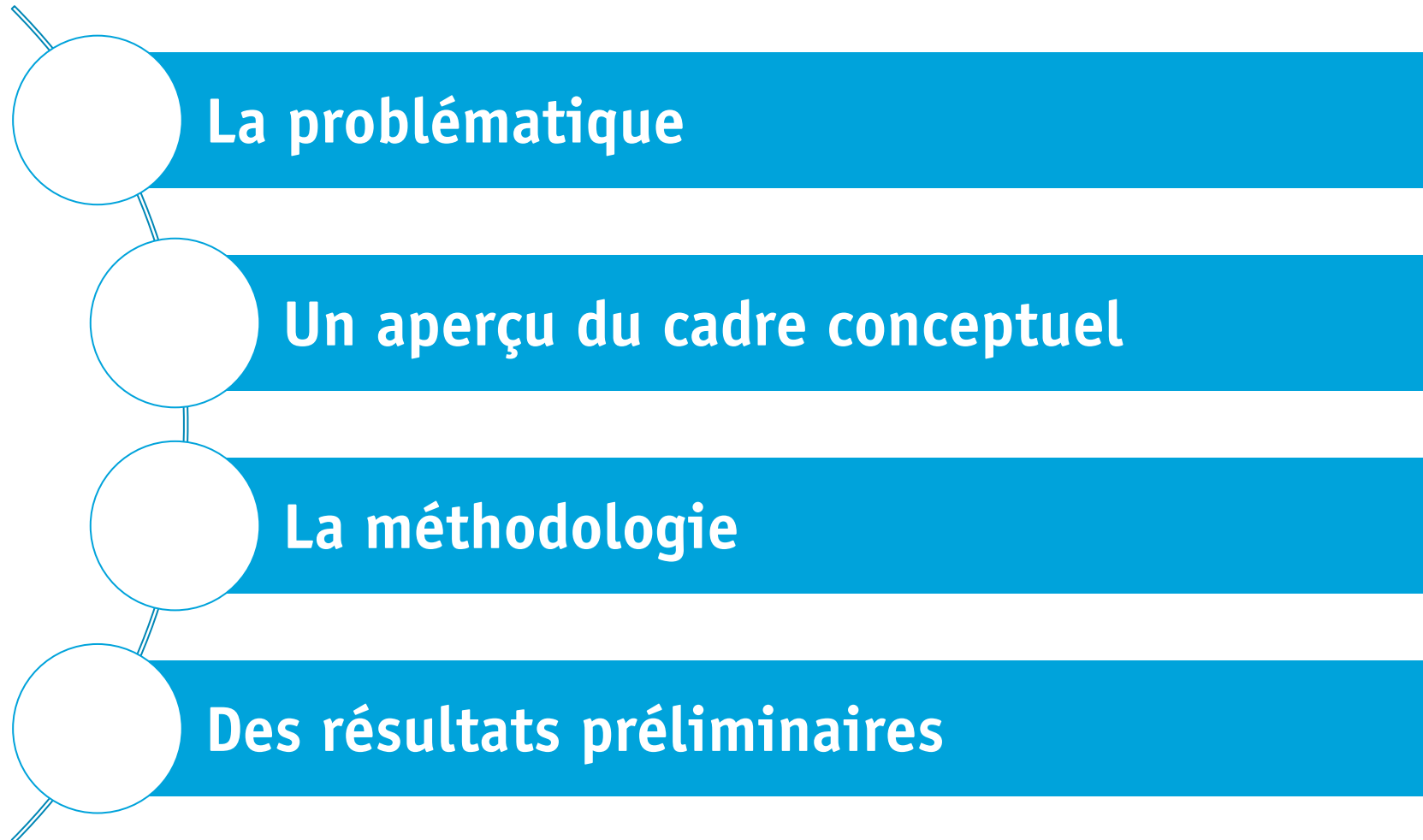
**36<sup>e</sup> Colloque annuel de  
l'AQPC**

**Compétence, culture et  
citoyenneté**

**10 juin 2016**

- **Pourquoi s'intéresser aux pratiques enseignantes ?**
- **Pourquoi s'intéresser aux modèles atomiques ?**

# Plan de la présentation



# La problématique



Défis de  
l'enseignement  
dans le **contexte**  
**de l'APC**

**Conceptions**  
**alternatives** des  
étudiants

Une **transposition**  
**didactique**  
problématique

# Des défis de l'enseignement dans le contexte de l'APC

- Choisir des contenus pertinents (Lapierre, 2008; Bizier, 2008).
- Choisir des méthodes d'enseignement qui favorisent le développement de compétences.
  - Rapport synthèse de la CEEC (2008)
  - Rosenfield et al. (2005)
  - Cormier (2016) ...

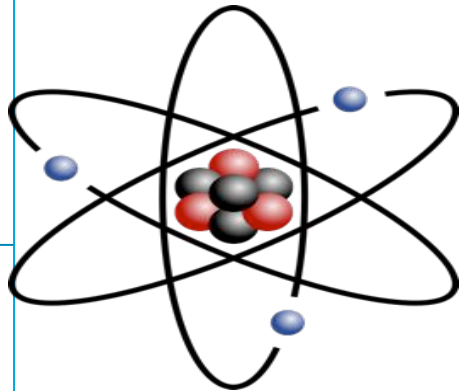
# Les conceptions alternatives : un obstacle à l'apprentissage

- Conceptions très bien ancrées dans l'esprit des élèves et souvent en désaccord avec la théorie scientifique afin d'expliquer différents phénomènes scientifiques (Cormier, 2014; Driver et Easley, 1978; Duit, Treagust et Widodo, 2008; Duit, 1991; Gabel, 1999; Taber, 2001).



## Le modèle de Rutherford

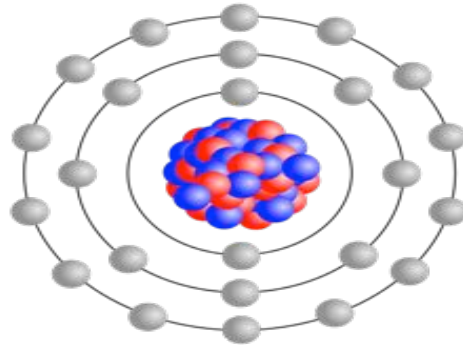
Les électrons gravitent autour du noyau.



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stylised\\_Lithium\\_Atom.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stylised_Lithium_Atom.svg)

## Le modèle de Bohr

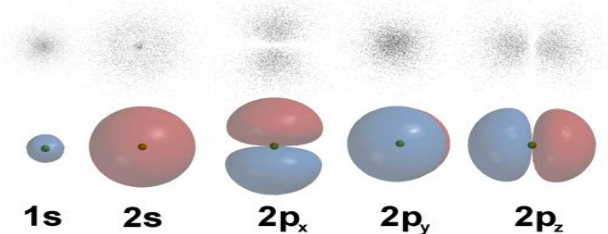
Les électrons tournent autour du noyau sur certaines orbites permises.



[https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_subatomic\\_physics](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_subatomic_physics)

## Le modèle probabiliste

On parle de la probabilité que les électrons se trouvent dans une portion de l'espace occupé par un atome.



[https://ro.wikipedia.org/wiki/Orbital\\_atomic](https://ro.wikipedia.org/wiki/Orbital_atomic)

- Les modèles antérieurs appris agissent comme des conceptions alternatives (Stefani et Tsapalis, 2009)
- Conceptions alternatives et difficultés d'apprentissage documentées pour le modèle probabiliste
- Les enseignants ne prendraient pas suffisamment en compte les conceptions alternatives des étudiants dans leurs stratégies pédagogiques (Astolfi et Peterfaivi, 1993; Johnstone, 1991; Duit, 1991).

# Lorsque la transposition didactique devient un obstacle à l'apprentissage

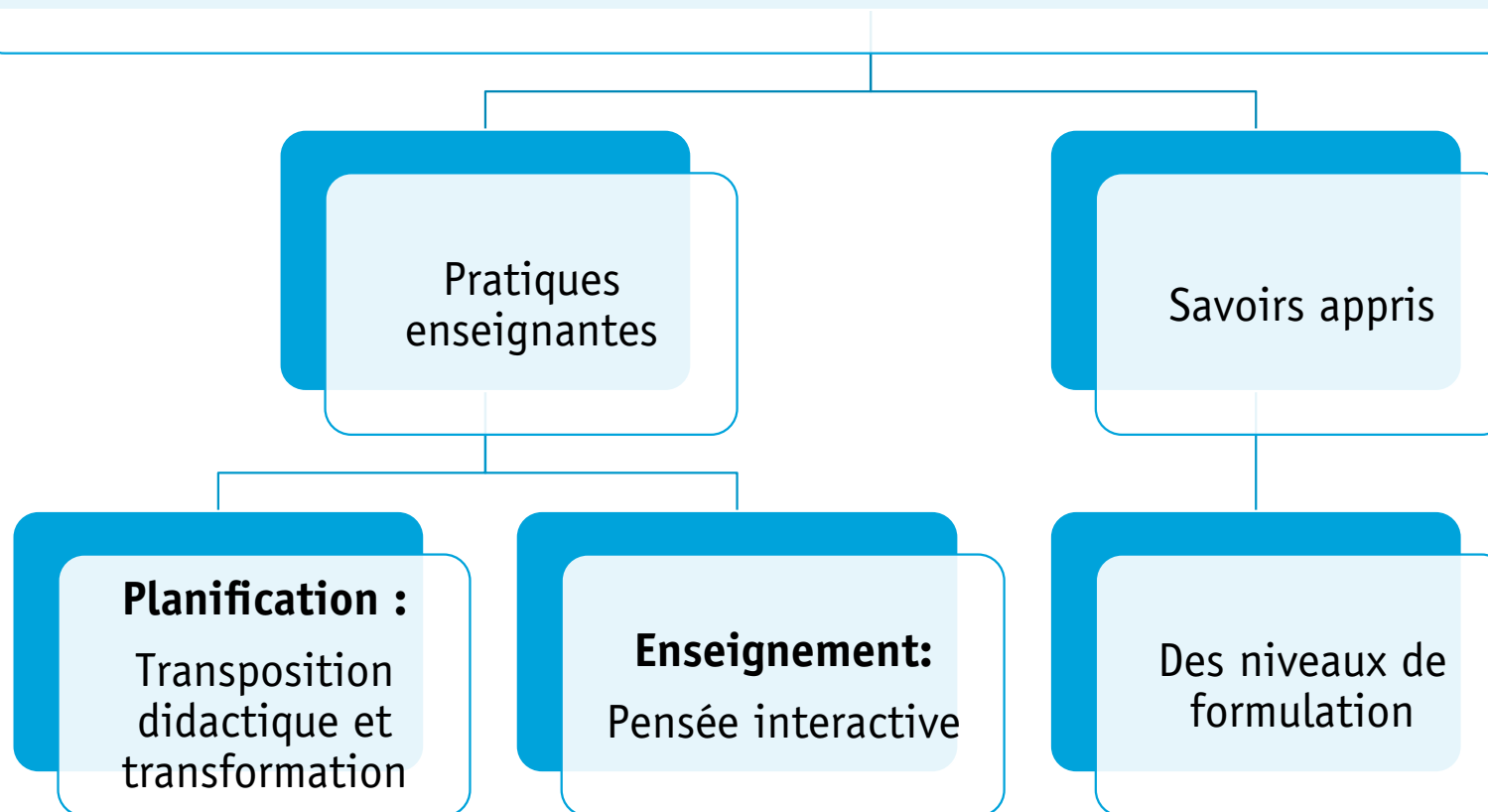
- Les choix pédagogiques et les découpages entre les dans les savoirs peuvent générer des obstacles concernant les enseignements ultérieurs (Reuter et coll., 2013).
- Simplification excessive (Taber, 2005).

# L'objectif général de la recherche

Mieux comprendre les **pratiques enseignantes** pour la **transformation de savoirs scientifiques lors de la planification** et pour leur **enseignement** en lien avec les **savoirs appris** par les étudiants.

# Le cadre conceptuel

Mieux comprendre les **pratiques enseignantes pour la transformation de savoirs scientifiques lors de la planification** et pour leur **enseignement** en lien avec les **savoirs appris** par les étudiants.



# La méthodologie

- Avec 6 profs:
- Entrevues semi-dirigées
- Cueillette matériel did.



Pratiques  
transformation  
(planification)  
(Obj.1+3)



- Avec 6 profs:
- Enregistrements vidéo de cours
- Entrevues de rappel stimulé

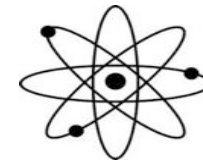
Pratiques  
interaction  
(Obj.2+3)

- Avec 3 étudiants de chaque groupe:
- Entrevues semi-dirigées



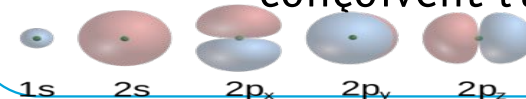
Formes de  
représent. et  
strat. d'ens.  
favorisant le  
changement  
(Obj. 3+4)

Savoirs appris  
(Obj.3)



Avec un groupe  
d'étudiants des 6  
profs:

- Schémas expliqués (2) de la façon dont les étudiants conçoivent l'atome







Enregistrement d'une entrevue de rappel stimulé avec la vidéo du cours en trame de fond

# Des résultats préliminaires

(en lien avec les modèles  
théoriques choisis)

# Les pratiques enseignantes

- Influencées par le **contexte** dans lequel elles s'inscrivent (Reuter, 2005).
- Concernent les **actions des enseignants** autant **dans la classe** que **hors de la classe** (Altet, 2002).
- Englobent aussi les **processus cognitifs** à l'origine de ces activités (Altet, 2003).

# Présentation des participants

	Prof A (Yvan)	Prof B (Antoine)
Formation disciplinaire	Baccalauréat en chimie, maîtrise et doctorat en chimie organique	Baccalauréat en biochimie et maîtrise en biochimie
Nombre d'années d'expérience en enseignement au collégial	Cinq ans (dans le même collège)	Un peu plus de six ans (dans plus d'un collège)
Formation en pédagogie	Non	Microprogramme en enseignement post-secondaire (15 crédits obtenus)
Nombre de fois que le cours « Chimie générale » a été donné	Dix fois (2 ou 3 <sup>e</sup> fois dans la classe active d'apprentissage)	Cinq fois

# Éléments du contexte

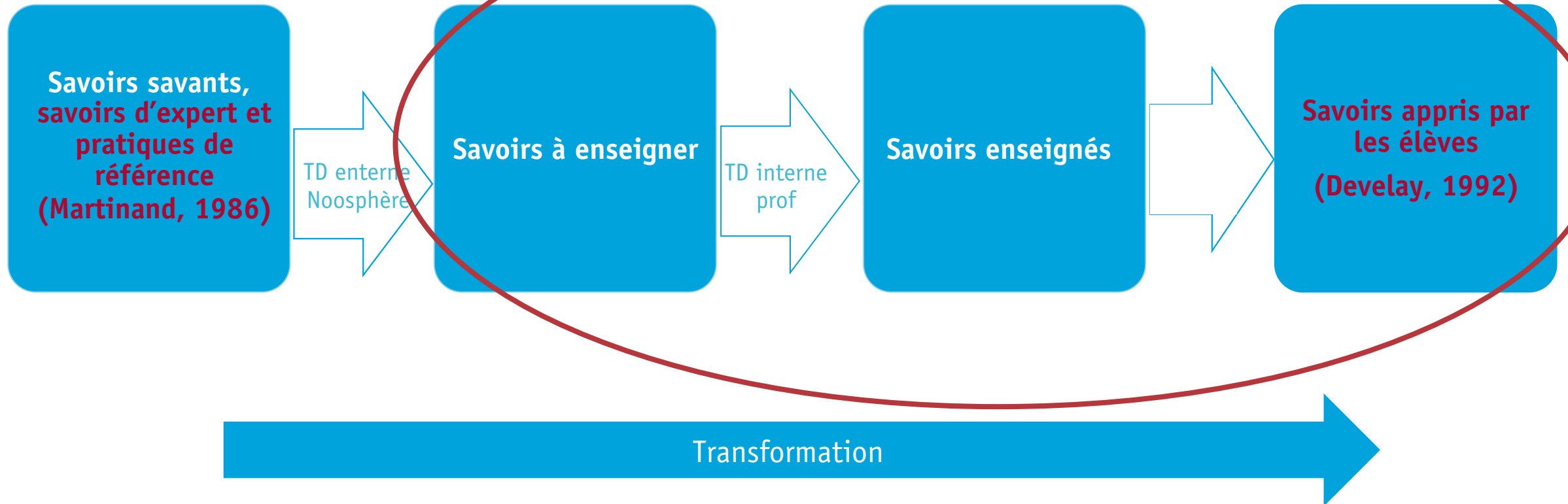
Prof A (Yvan)	Prof B (Antoine)
Collecte en automne 2014	Collecte en hiver 2015
Collège anglophone de la région de Montréal	Collège francophone de la région de Montréal
Étudiants inscrits dans une option « enrichissement » (sélectionnés d'après leurs résultats scolaires)	Cohorte « en dentelle ». Beaucoup d'étudiants font un retour aux études
Classe active d'apprentissage	Classe régulière

# Les pratiques pour la transformation des savoirs (planification)

# Deux modèles théoriques

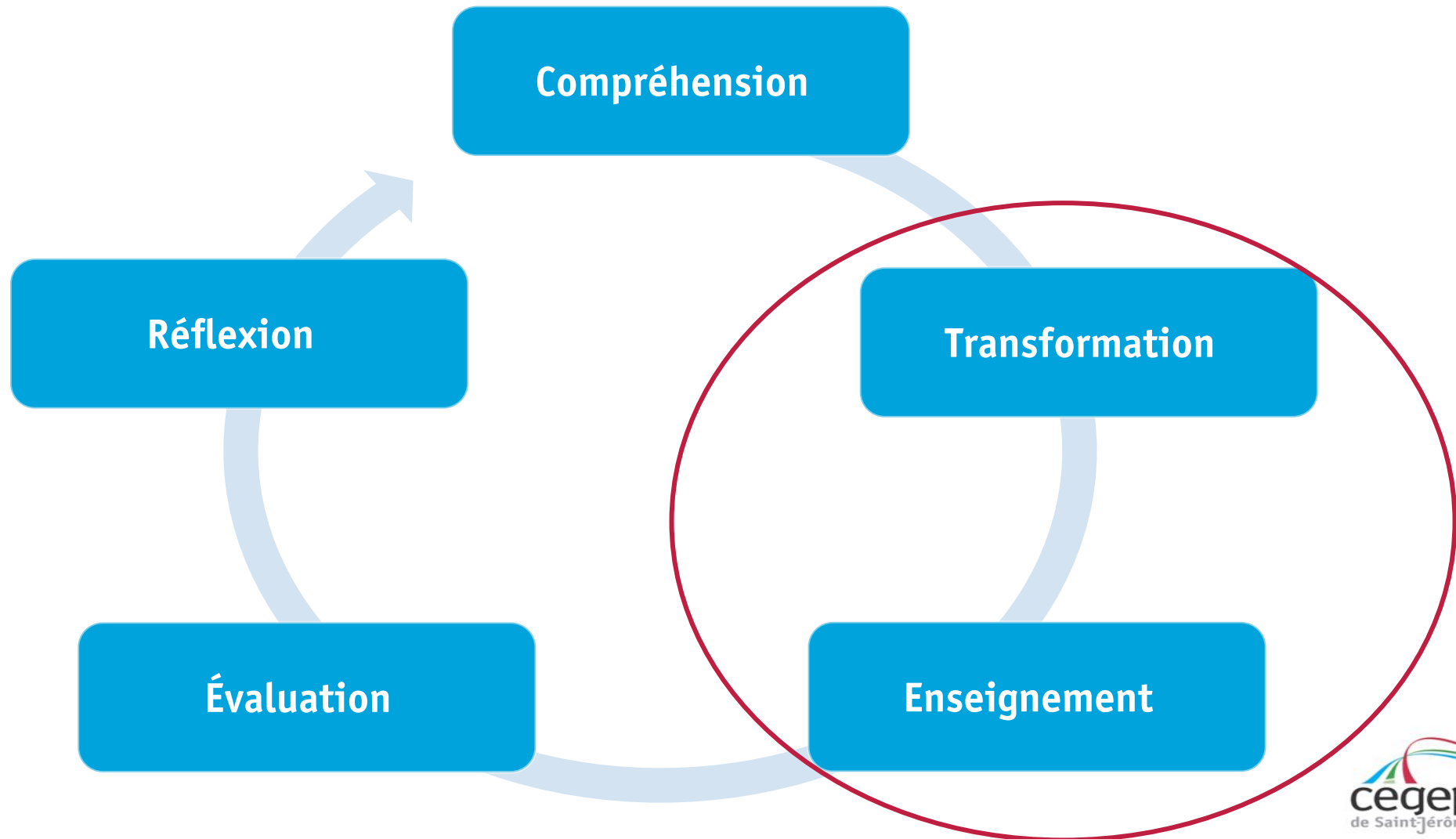
- Un modèle européen : la **transposition didactique**
- Un modèle américain : la **transformation**

# Un modèle européen : la transposition didactique (Chevallard, 1991) et après-Chevallard

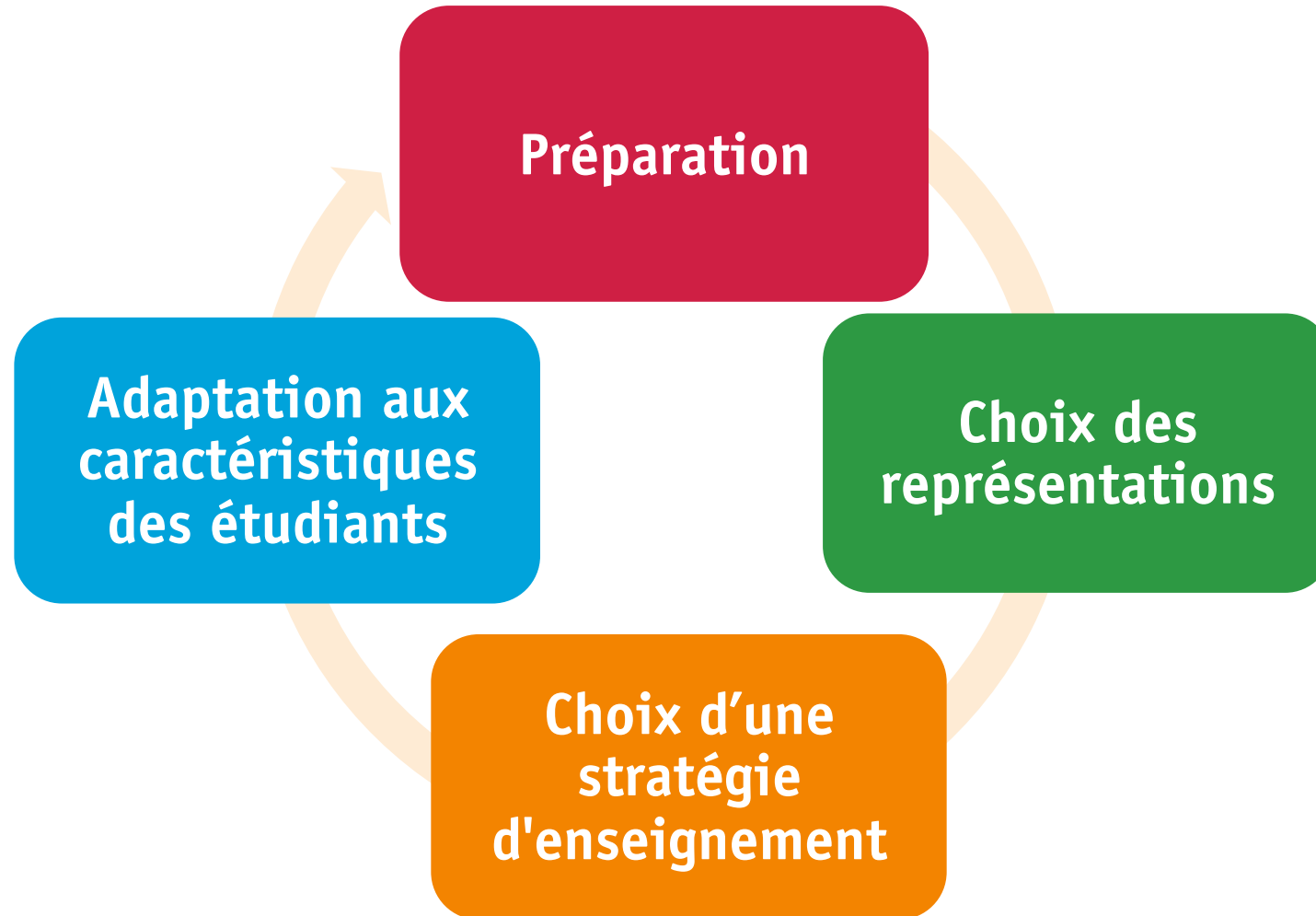




# Un modèle américain : Le modèle de raisonnement et d'action pédagogique (Shulman, 1987)



# La transformation (Shulman, 1987)



## Préparation

- **Examen du matériel d'enseignement** (erreurs et omissions)
- **Structuration et segmentation du contenu**
- **Choix des contenus essentiels**

## Représentations

- Identification et **choix des différentes manières de représenter le contenu** (analogies, des exemples, des simulations, des illustrations, modèles, équations, graphiques, figures, etc... ).

## Sélection d'une stratégie d'enseignement

- **Choix de méthodes d'enseignement** à partir de son répertoire (incluant les méthodes actives).

## Adaptation aux caractéristiques des étudiants

- **Adaptations des représentations** aux capacités, au genre, au langage, à la culture ,aux motivations, aux connaissances antérieures des étudiants.
- **Questionnement relativement aux conceptions alternatives ou aux difficultés des étudiants** pouvant nuire à la compréhension.

# Une première analyse : construction de tableaux de planification

Planification	Savoirs en jeu	Type de méthode d'enseignement ou de représentation	Centré sur	Matériel didactique	Justifications (lorsque fournies par l'enseignant)
Rappel des notions relatives au modèle de Bohr	Modèle de Bohr	Exposé magistral	P	PowerPoint	
Utilisation de représentations du modèle de Bohr tirées de série télévisées (The Simpsons et Big Bang Theory)	Modèle de Bohr	Exposé magistral avec représentation de type visuelle	P	PowerPoint	Montrer comment le modèle de Bohr est utilisé dans de nombreuses représentations communes de l'atome. Interpeler les étudiants via leurs intérêts.
Explication que le modèle de Bohr est incorrect (limitations)	Modèle de Bohr	Exposé magistral	P	PowerPoint	
Présentation du principe d'incertitude d'Heisenberg (avec une référence à la série Breaking bad) pour en venir au concept d'orbitale.	Principe d'incertitude d'Heisenberg, fonction d'onde, orbitale	Exposé magistral avec une représentation visuelle tirée d'une série télévisée	P	PowerPoint	Expliquer le principe d'incertitude d'Heisenberg aux étudiants en référant à la série Breaking Bad pour aller chercher leur intérêt.

	Propos des enseignants (prof A et B)
<p><b>Préparation</b></p> <p>Choix des savoirs à ens.</p> <p>Examen matériel d'ens</p>	<p><b>A et B</b> : Manuel, collègues, temps</p> <p><b>A</b> : Application «mathématique», échafaudage des connaissances, évaluation</p> <p><b>B</b> : Ajouts personnels (expériences scientifiques, exercices),</p> <p><b>B</b> : Structuration des contenus</p>
<p><b>Représentations</b></p> <p>Formes plus utilisées</p> <p>Justifications</p>	<p><b>A et B</b> : Figures et analogies</p> <p><b>A</b> : Représentations tirées film ou série</p> <p><b>B</b> : Équations math.</p> <p><b>A et B</b> : Attirer l'attention des étudiants, expliquer et illustrer</p>
<p><b>Choix strat. ens.</b></p> <p>Activités plus utilisées</p> <p>Justifications</p>	<p><b>A et B</b> : Exposé, exercices</p> <p><b>B</b> : questionnement</p> <p><b>A et B</b> : Faire des liens et vérifier la compréhension</p>
<p><b>Adaptation caract. des étudiants</b></p>	<p><b>A et B</b> : Connaissance des caractéristiques des étu, des difficultés et conceptions des étudiants (contexte)</p> <p><b>A</b>: Part de zéro... Liens faits avec le modèle de Bohr</p> <p><b>B</b>: Explication de l'évolution des modèles (éviter de dire qu'ils sont faux)</p>

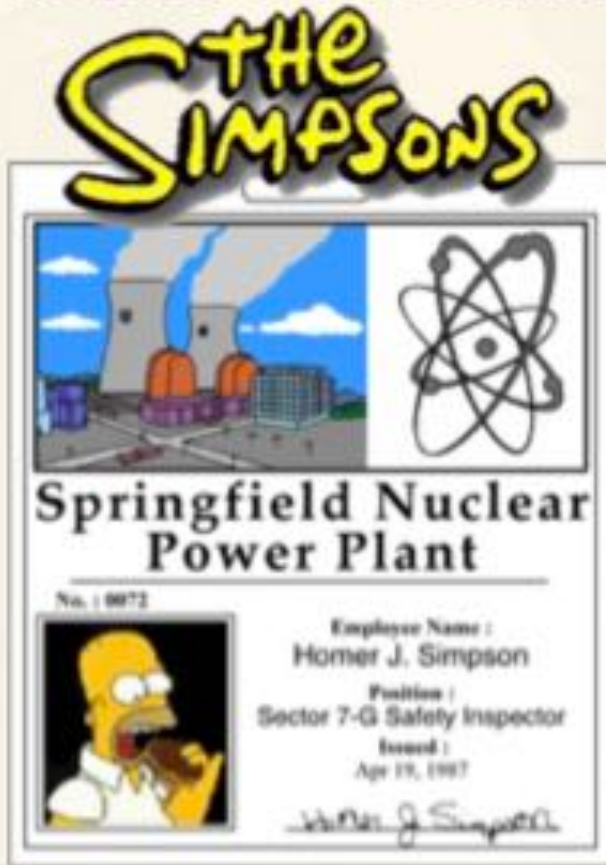
# Des exemples de transformation des savoirs

- Images tirées du matériel pédagogique des participants. Reproduites avec la permission des auteurs.

## Section 7.4

### The Bohr Model

Inspiration for Common representation of the Atom



Représentations tirées d'émission de télé, prof A

Section 7.5

The Quantum Mechanical Model of the Atom

Heisenberg uncertainty principle



Br<sup>35</sup>eaking  
Ba<sup>36</sup>d



Werner Karl Heisenberg  
(1901 –1976)  
German theoretical physicist

Référence à une émission de télé, **prof A**

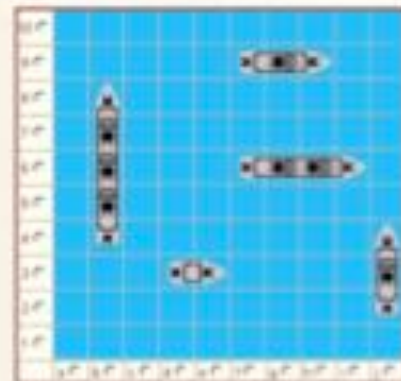


## Section 7.5

# The Quantum Mechanical Model of the Atom

Quantum numbers are like coordinates

- Like when you are playing BATTLESHIP



	1	2	3	4	5
A					
B			○		
C					
D				●	
E					

○ & ● are not in the same space.  
They have different coordinates.

This is in 2D. Now we have to think in 3D.

Analogie pour l'enseignement des nombres quantiques, **prof A**

### Expérience de Young

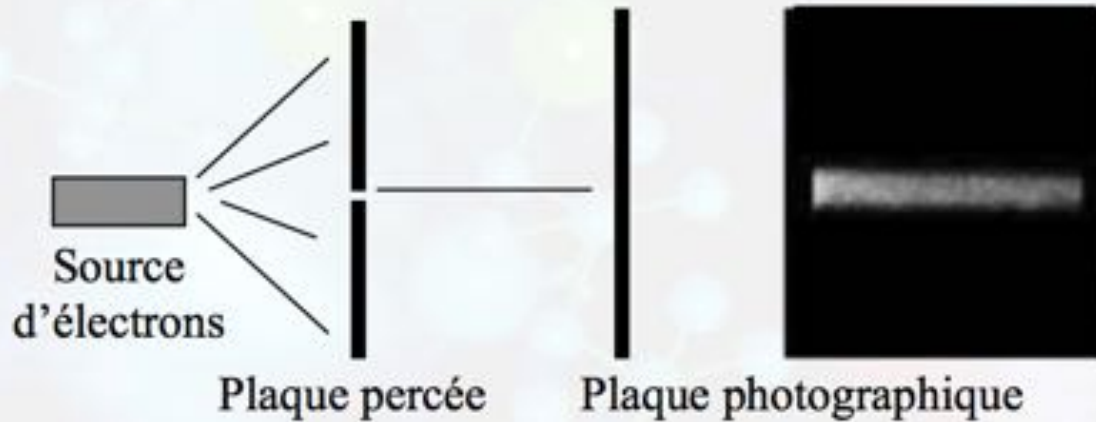
Young étudie la trajectoire des électrons à l'aide d'un dispositif ingénieux.



Source d'électrons



Plaque photographique



Représentation visant à expliquer la nature ondulatoire des électrons,  
**prof B**



## Chat de Schrödinger

Le chat de Schrödinger est une **analogie** pour expliquer la **nature quantique de l'électron**.



← L'atome est une boîte noire.

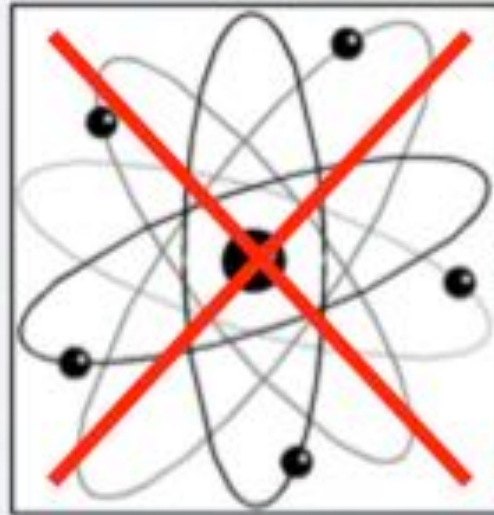
← L'électron est un chat dans la boîte.

← La boîte contient aussi une bouteille de poison qui a **une chance sur deux de s'ouvrir à chaque minute**.

## Nouveau modèle atomique

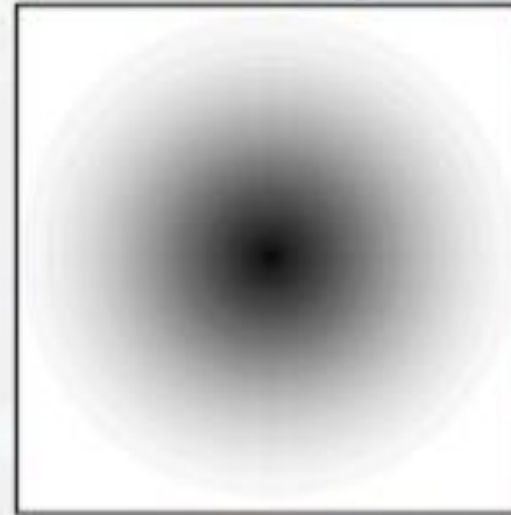
Le modèle atomique doit être repensé pour **tenir compte de la dualité onde-particule des électrons.**

**Modèle planétaire de Rutherford-Bohr**



**Invalide** car suppose les électrons comme des particules.

**Modèle de Schrödinger**



L'électron est à la fois **onde ET particule.**

Figure pour favoriser le changement des conceptions, **prof B**

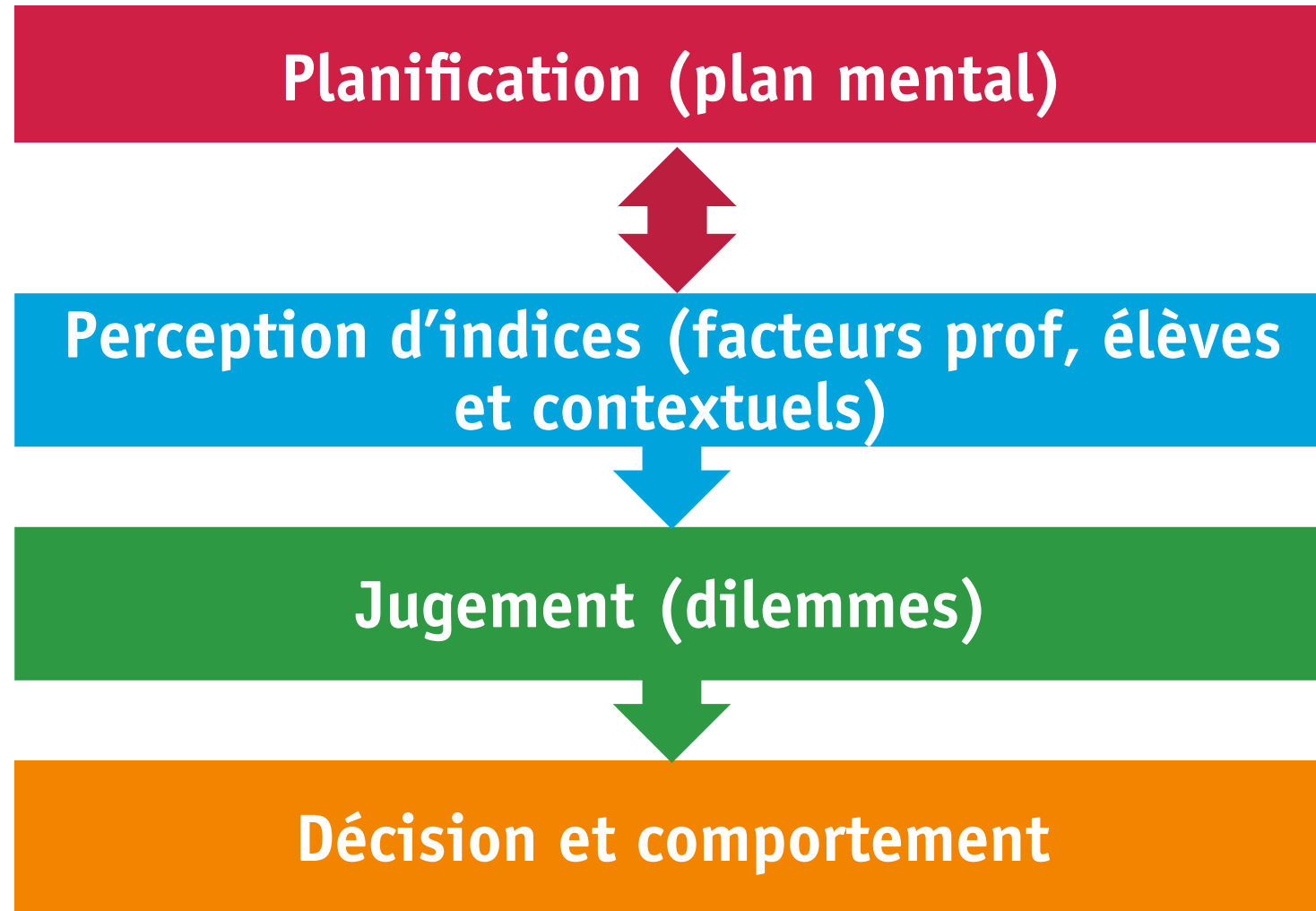
## Pistes d'interprétation :

- Des repères communs pour le choix des savoirs à enseigner, mais aussi des repères personnels
- Le choix des formes de représentations dans l'optique de susciter l'intérêt.
- Des façons de faire différentes pour favoriser le changement des conceptions alternatives.

# Les pratiques pour l'enseignement de ces savoirs

# 3) L'enseignement des savoirs

- Réflexion **sur** l'action  
et
- Réflexion **dans** l'action (Schön, 1991; Perrenoud, 1998) (et pensée interactive)



Un modèle intégré de la pensée interactive des enseignants  
(Adapté de Wanlin et Crahay, 2012)



# Les pratiques pour l'enseignement de ces savoirs

## Prof A et B

Plan très souvent suivi dans les pratiques observées en classe

Observation de **réflexion dans l'action** et de **prises de décisions**

- Perception d'indices (surtout des élèves)
- Jugement (**dilemmes** chez le prof A)
- Prise d'une décision (souvent poursuite du plan ou légères adaptations)

### Réflexion sur l'action

- Commentaires sur les formes de représentations et activités utilisées.

Réflexion dans et sur l'action passée intégrée aux nouveaux plans (prof A et B)

# Les savoirs appris par les étudiants

# Les savoirs appris et les niveaux de formulation

Niveaux de formulation :

Différents énoncés (ou formulations) peuvent être produits pour un même concept (Astolfi et al. 2008, Reuter et al., 2013).

# La consigne

- **Faites une représentation schématique de comment vous imaginez un atome d'azote (7 électrons).** Veuillez noter que ce travail ne sera PAS évalué et que votre professeur aura accès à votre schéma seulement après que toutes les évaluations auront été complétées.
- **Expliquez votre schéma de façon détaillée à l'aide de phrases complètes** (vous pouvez utiliser le verso au besoin).

A1-2  
 A1-3  
 A1-4  
 A1-5  
 A1-6

VARIABLES

FILE A1-2  
 IMAGE [IMAGE]  
 SCHEMA2 [IMAGE]  
 PROF A  
 FORCE  $F_0$   
 COH Coherent  
 COH2 Coherent

CHANGEMENT Autom  
 MODELPRO1 Solo  
 MODELPRO2 Solo  
 NIVEAUFOR1 Sa. orbites circ. plusieurs niveaux (oh)  
 NIVEAUFOR2 Sb. Diff. formes d'orbitales/magnées de n resp

CODES

Particules
 

- Parf
- ParB
- ParP

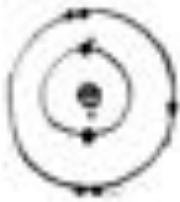
 Modèle atomique
 

- MoD
- MoI
- MOI

IMAGE SCHEMA2

CODE

Ligne 108 des paramètres: 22.1 00 00

<p>           Draw a schematic diagram of the way you imagine a nitrogen atom (7 electrons). Please note that your work will NOT be evaluated and your professor will only see your diagram once all the evaluations have been completed.         </p>	<p>           Provide a detailed description of your schema using complete sentences (you can write on the back of the sheet if necessary).         </p>
<p>A1-2</p> 	<p>           The nitrogen atom has 5 valence electrons because it is in group IIIA and <math>8-3=5</math>.            There's since we know that there are 7 in total, these are the missing so that the other 10 remaining electrons go in the inner shell.         </p>

Part 1  
 Part 2

CAS

- A1-2
- A1-3
- A1-4
- A1-5

DOCUMENT

IMAGE SCHEMA2

CODE:

VARIABLES

FILE A1-2

IMAGE [IMAGE]

SCHEMA2 [IMAGE]

PROF A

FORCE  $F_0$

COH Coherent

COH2 Coherent

CHANGEMENT Autom

MODELPRO1 Bohr

MODELPRO2 Probe

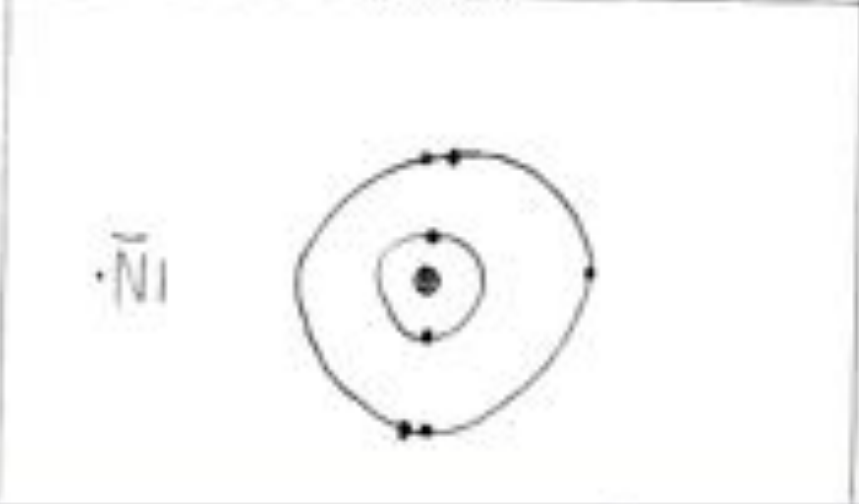
REVEALEMENT

CODES

- Particules
  - Part
  - Part
  - Part
- Modèle atomique
  - Mod
  - Mod
  - Mod

Draw a schematic diagram of the way you imagine a nitrogen atom (7 electrons). Please note that your work will NOT be evaluated and your professor will only see your diagram once all the evaluations have been completed.

Provide a detailed description of your schema using complete sentences (you can write on the back of the sheet if necessary).



Le total. Le Nitrogen a 7 électrons. Il a donc un nombre de 2 électrons. Donc il y a 2 électrons. 5 autres électrons sont sur la 2<sup>e</sup> couche. Les 2<sup>e</sup> électrons sont sur la 1<sup>ère</sup> couche. Les autres sont sur la 2<sup>e</sup> couche. C'est le 7<sup>ème</sup> période.

Part

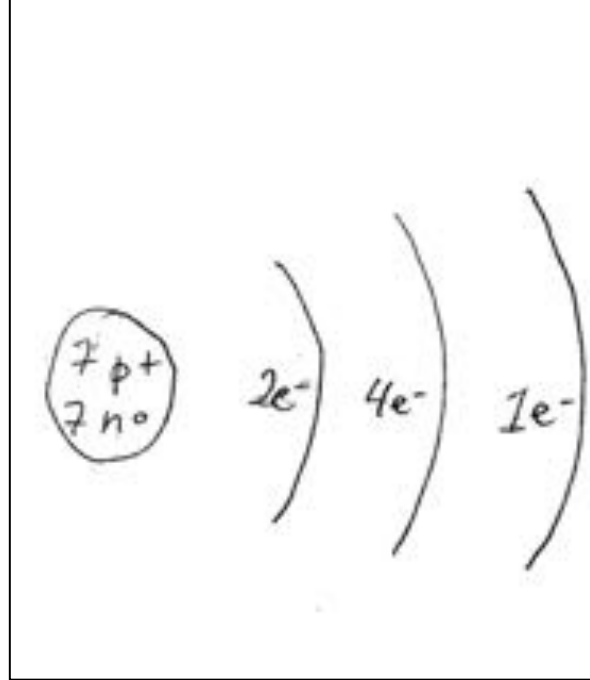
Modèle

Modèle

Part

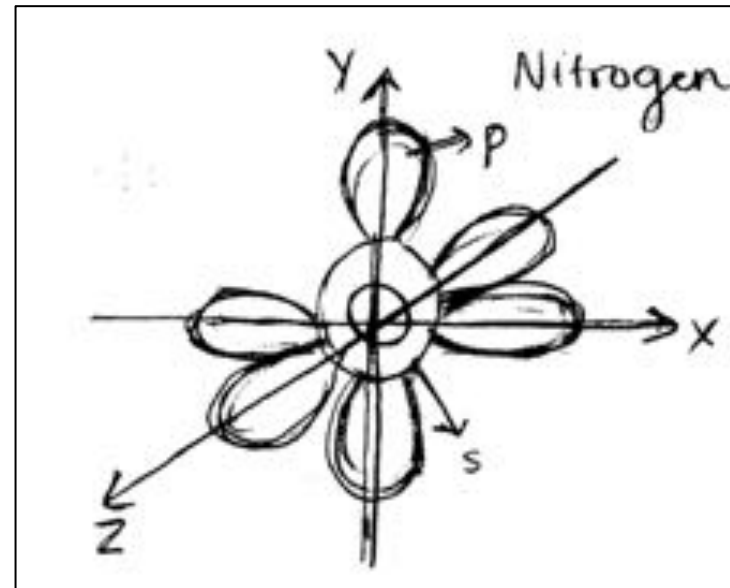
Niveaux de formulation des étudiants (Park, 2009)	Prof A		Prof B	
	S1	S2	S1	S2
1 Atome = particule				
2 Particules subatomiques			6,5	9,7
3 é autour du noyau	3,2		6,5	
4 Orbites circulaires			3,2	
5a é sur orbites circulaires (diff. niveaux)	90,3	9,7	74,2	6,5
5b é sur orbites de diff. formes	3,2	3,2		3,2
6 Modèle de Bohr (+ quant. énergie)				
7 é dans régions				
8 é probabilité de présence	3,2	6,5		
9a é dans orbitales de diff. formes (non-superposées)				12,9
9b é dans orbitales de diff. formes (superposées)		74,2		16,1
10 Concepts (dualité, probabilité, ect)				
Autre (Lewis, cases quantiques seules, ect.)		9,7	9,7	51,6

## Schéma 1 fait par Étudiant 5 (prof A)



The nucleus contains 7 protons and 7 neutrons. There are 3 "levels" where the electrons are: the first one has 2 electrons, the second one has 4 electrons and the last one has 1 electron.

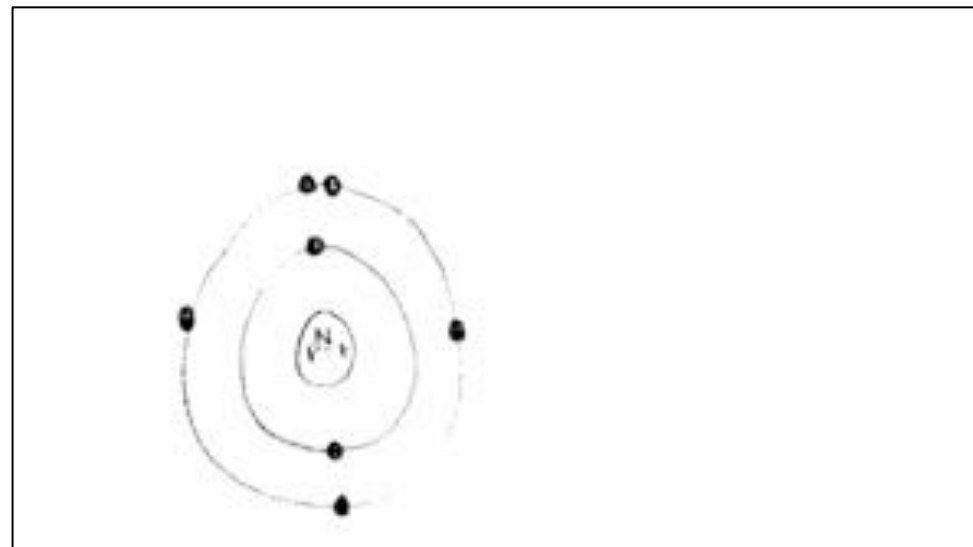
## Schéma 2 fait par Étudiant 5 (prof A)



Nitrogen has different orbitals (s and p). s orbitals are spheric. p orbitals are in all 3 dimensions (x, y, z). Orbitals represent the zones where electrons have the biggest probability to be in.



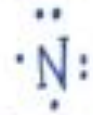
## Schéma 1 fait par Étudiant 10 (prof B)



L'atome d'azote possède 7 électrons dont 5 sont des électrons de valence. Cet atome compte deux couches électroniques et a le même nombre de protons que d'électrons.

## Schéma 2 fait par Étudiant 10 (prof B)

représentation de Lewis



case quantique



Dessin de l'orbital p



Premièrement, j'ai fait la représentation de Lewis de l'atome d'azote avec ses 7 électrons.

Deuxièmement, j'ai dessinée ses cases quantiques en plaçant ses 7 électrons. Il se rend jusqu'à l'orbital 2p alors j'ai dessiné l'orbital p.

Je sais aussi que l'azote aura tendance à avoir un arrangement tétraédrique et une géométrie courbée à cause des 2 paires d'électrons.

# Ce que l'on a retrouvé dans les schémas (prof A)

Prof A	
Schéma 1	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Particules</b> (surtout électrons, aussi protons et neutrons)</li><li>- <b>Modèle de Bohr, 2 couches, 2é sur la 1<sup>ère</sup> et 5é sur la 2<sup>e</sup></b> (représenté avec cercles ou arcs) (61% des étudiants)</li></ul>
Schéma 2	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Particules</b> (surtout <b>électrons</b>, un peu protons et neutrons)</li><li>- Modèle probabiliste, Représentation des orbitales s et p <b>2 orbitales s et distribution de 2é dans chacune</b> (55% des étudiants)</li><li>- Modèle probabiliste, Représentation des orbitales s et p <b>3 orbitales p et distribution de 1é dans chacune</b> (39% des étudiants)</li><li>- Modèle probabiliste, Représentation des orbitales s et p 3 orbitales p et <b>distribution de plus de 1é dans chacune</b> (19% des étudiants)</li><li>- Représentation correcte des <b>formes des orbitales</b> (71% des étudiants)</li><li>- Représentation des <b>é sur les contours des orbitales</b> (39% des étudiants) = <i>des orbites ???</i></li><li>- <b>Cases quantiques</b> exactes (35% des étudiants) et <b>configurations électroniques</b> exactes (45% des étudiants)</li></ul>

# Ce que l'on a retrouvé dans les schémas (prof B)

	Prof B
Schéma 1	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Particules</b> (électrons, protons, neutrons)</li><li>- <b>Modèle de Bohr, 2 couches, 2é sur la 1<sup>ère</sup> et 5é sur la 2<sup>e</sup></b> (représenté avec cercles ou arcs)</li></ul>
Schéma 2	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Particules (seulement électrons)</b></li><li>- Modèle probabiliste, Représentation des orbitales s et p <b>2 orbitales s et distribution de 2é dans chacune</b> (16% des étudiants)</li><li>- Modèle probabiliste, Représentation des orbitales s et p <b>3 orbitales p et distribution de 1é dans chacune</b> (13% des étudiants)</li><li>- Représentation : <b>nuage électronique</b> (16% des étudiants)</li><li>- Représentation de <b>Lewis (avec tous les électrons)</b> (39 % des étudiants)</li><li>- <b>Cases quantiques</b> exactes (23% des étudiants) et <b>configurations électroniques</b> (16% des étudiants)</li></ul>

## Pistes d'interprétation :

- Le changement des conceptions est relié aux caractéristiques des élèves.
- Analyse + fine des codes utilisés lors du codage pour liens entre pratiques et apprentissages.

# Conclusion

- Des questions ?
- Des commentaires ?

**Merci!**

**cmarquis@cstj.qc.ca**

# Les données du Socrative

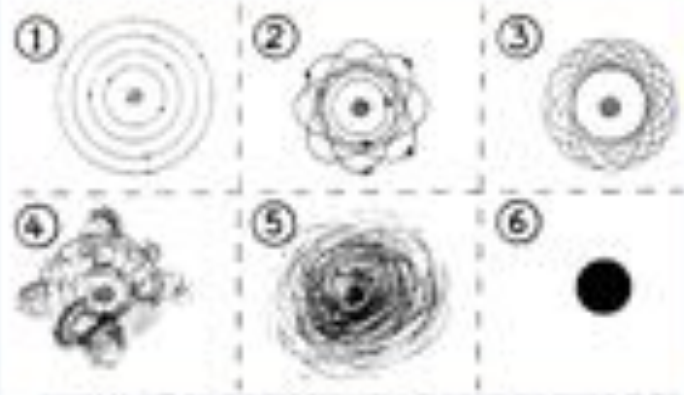
#1

Quelle est votre occupation ?

QUEL EST NOTRE CLASSEMENT?

29/29 des étudiants ont répondu





Q zoom

#2

Quelle image représente le mieux la façon dont vous vous imaginez la structure d'un atome?

QUEL EST NOTRE CLASSEMENT?

29/29 des étudiants ont répondu

