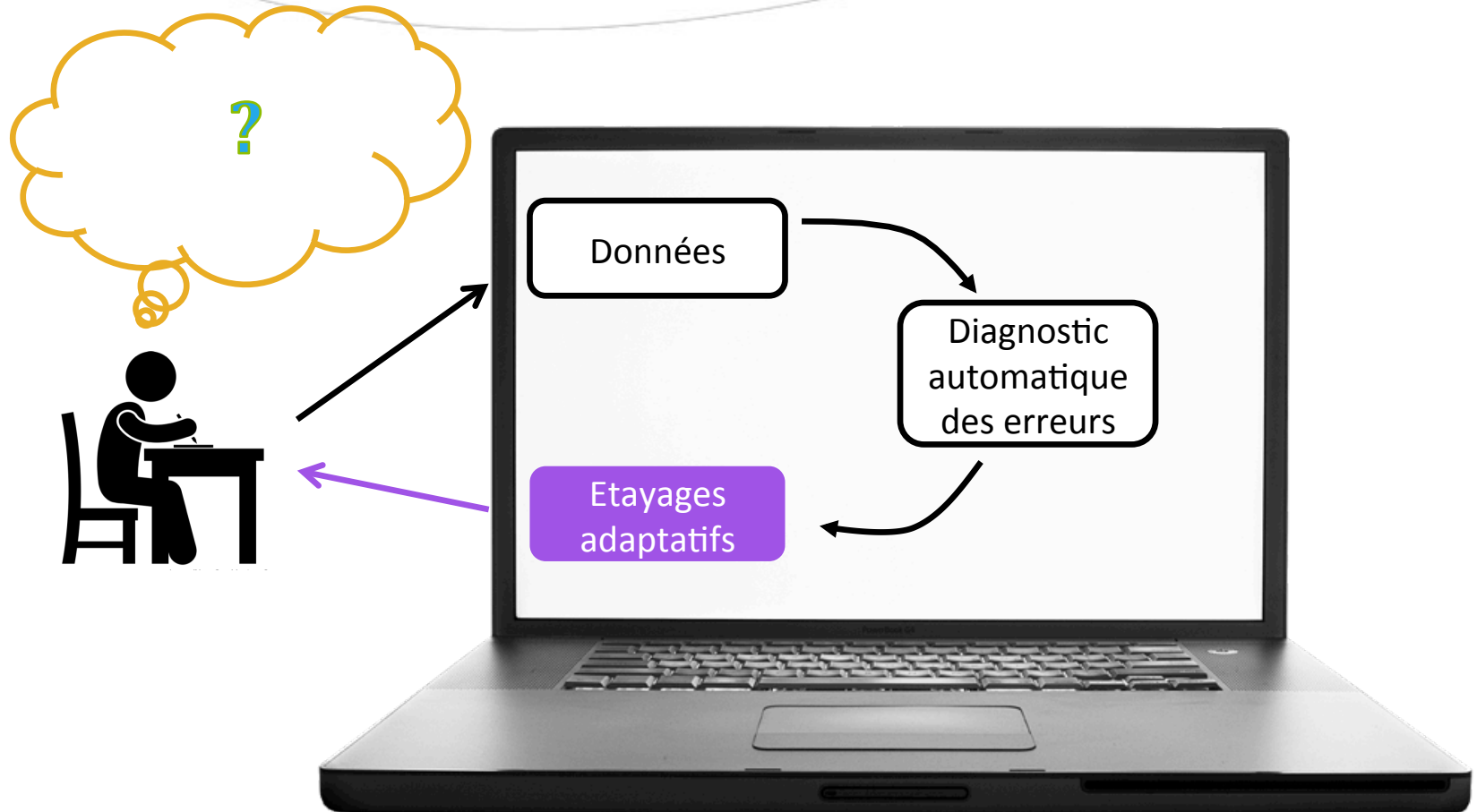


Étayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique

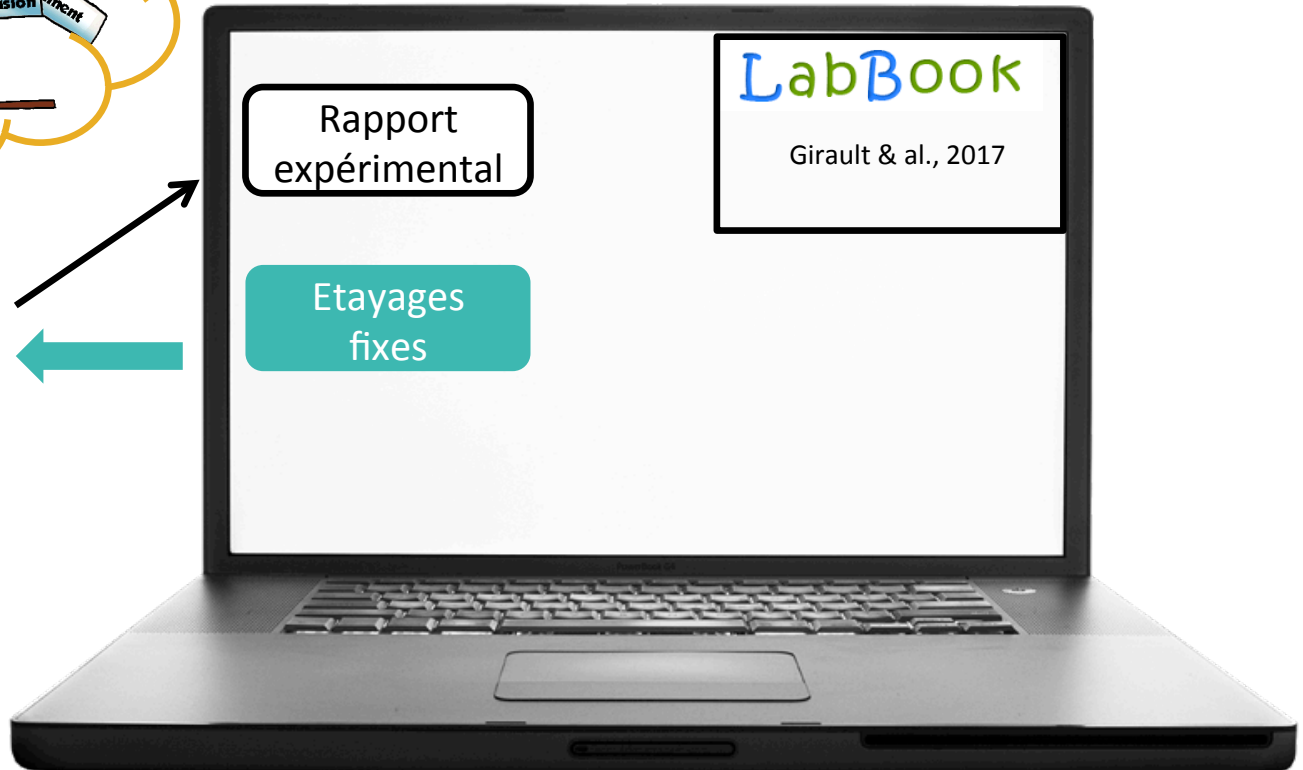
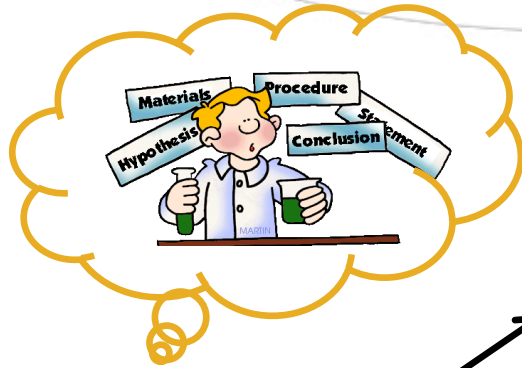
Thèse de didactique des sciences
Soutenue par Catherine Bonnat le 10 juillet 2017
Dirigée par Patricia Marzin-Janvier et Isabelle Girault



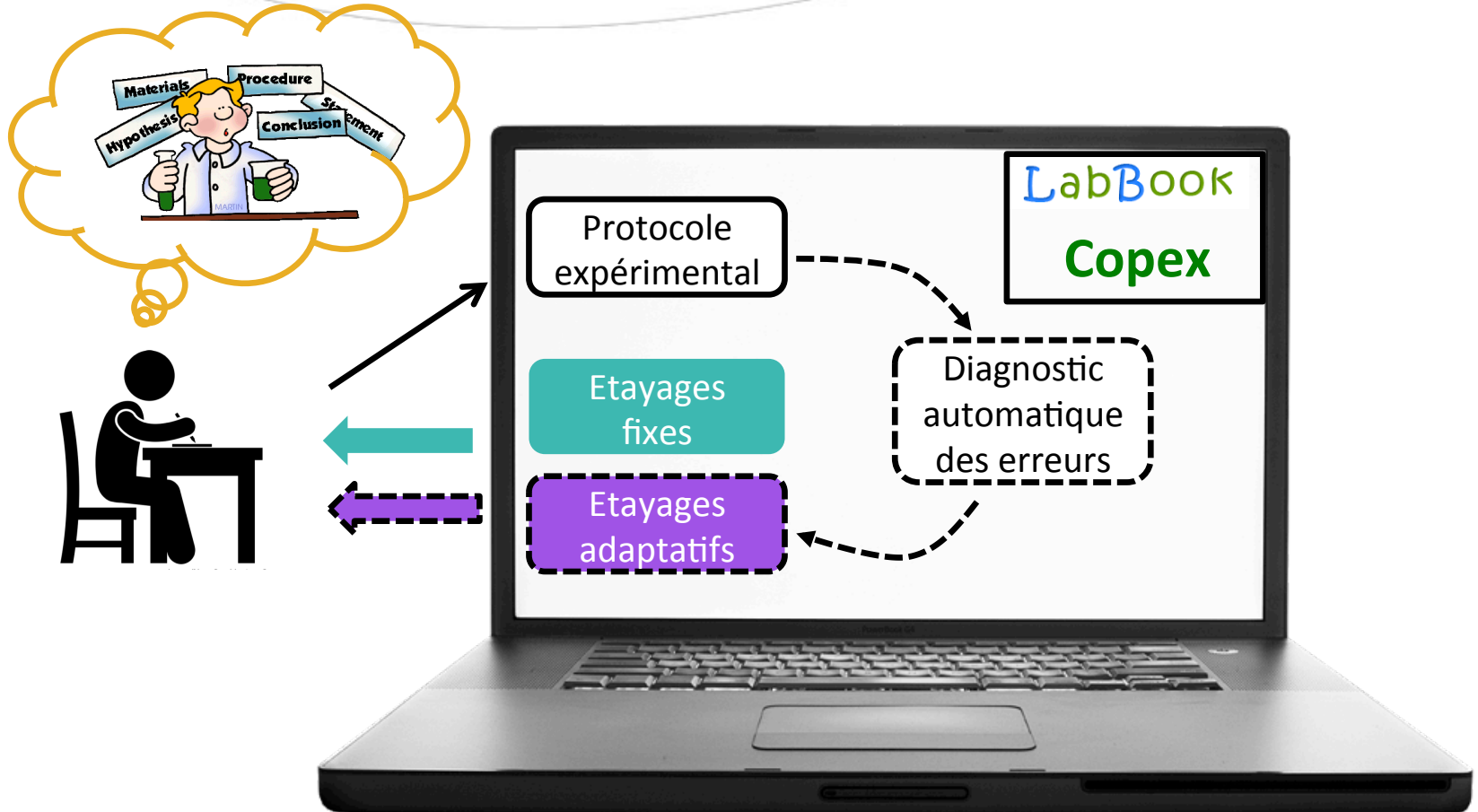
Contexte local de la recherche



Contexte local de la recherche



Mon travail dans ce contexte



Modélisation des connaissances : modèle praxéologique, T4TEL

Bosch & Chevillard, 1999 ; Chaachoua & al. 2013 ; Chaachoua 2015

Problématique générale

Est-ce que les étayages fixes proposés par la plateforme numérique Labbook et son logiciel Copex aident les élèves dans l'activité de conception expérimentale et plus particulièrement dans la rédaction d'un protocole ?

Questions de recherche

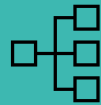


Modélisation praxéologique

Peut-on modéliser une situation de conception expérimentale dans le cadre de la TAD (modèle praxéologique) ?

? Identification des difficultés

Quelles sont les difficultés identifiées *a priori* de la situation ?



Étayages fixes

Comment modéliser la situation dans l'EIAH ?
Comment l'EIAH peut-il étayer les difficultés identifiées ?



Étayages adaptatifs

Comment automatiser un diagnostic des erreurs ?
Quelles rétroactions proposer ?

État de l'art

Activité de conception expérimentale
Étayages dans un EIAH



L'activité de conception expérimentale

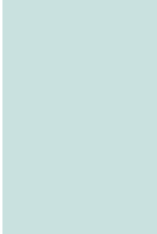
Conception expérimentale :

Imaginer, concevoir une expérience qui peut être rédigée sous la forme d'un **protocole** guidé par des hypothèses Etkina & al., 2010

Rédaction d'un protocole :

Description précise des conditions expérimentales et du déroulement de l'expérience. Succession **d'étapes et d'actions paramétrées** Marzin, 2013 ; Girault & al., 2012

Conception expérimentale



Autonomie, motivation

Karelina & Etkina, 2007




Apprentissages des pratiques scientifiques

Etkina & al., 2010



Construction du sens

Tiberghien, 2000



Créativité, réflexion

Arce & Betancourt, 1997

Conception expérimentale

Enseignants

- **Activité trop guidée**
Protocole du type « Recettes de cuisine »
Darley, 1994 ; Tiberghien & al., 2001
- **Absence de référence institutionnelle pour la rédaction du protocole** Girault & al., 2012

Élèves

- **Tâche complexe : sollicitation de la matrice cognitive**
Coquidé, 2000 ; Schneeberger & Rodriguez, 1999
- **Rédaction du protocole : peu structuré, incomplet**
Marzin & de Vries, 2011 ; Girault & al., 2012

Étayages

Étayer l'activité de conception expérimentale
incluant la rédaction d'un protocole par les élèves



Classification des étayages


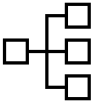
Étayer dans un EIAH :

utilisation d'outils informatiques (supports) pour aider les élèves à accomplir leurs apprentissages Puntambekar & Hubscher, 2005

Distinction des supports d'étayages : étayages fixes, étayages adaptatifs Azevedo, 2003

Étayer la démarche d'investigation dans un EIAH : prise en compte des difficultés et obstacles Quintana, 2004

Classification des étayages fixes : selon les fonctions, et les modes Saavedra, 2015

	Fonctions	Modes	Exemple de support
	Intégrer un guidage expert	Apports d'informations scientifiques expertes	Documents ressources
	Structurer la tâche	Pré structuration de la démarche, du protocole	Structuration du rapport expérimental

Thème d'étude

mise en évidence de la fermentation alcoolique
en terminale scientifique de spécialité SVT



Choix de la situation : enjeux

🔹 Attentes institutionnelles

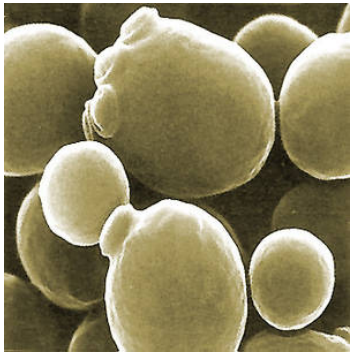
- Evaluation des Capacités Expérimentales
- Enjeux d'apprentissages (concepts, méthodes, techniques de laboratoire)

🔹 Apports de la didactique

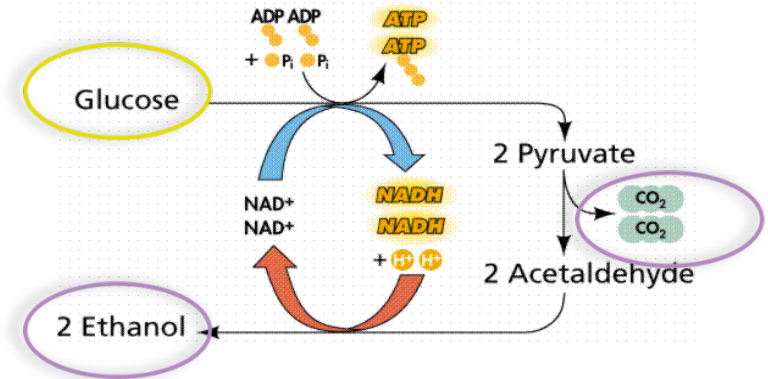
- Difficultés identifiées *a priori*
Concepts, techniques de laboratoire, méthode Coquidé & al. (1999) ; Schneeberger & Rodriguez (1999) ; Berthet & al., (2015)
- Conception d'étayages Astolfi & Peterfalvi, (1993) ; Quintana & al. (2004)

Concepts en jeu dans la situation

Levures

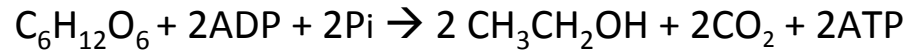


Bilan fermentation alcoolique



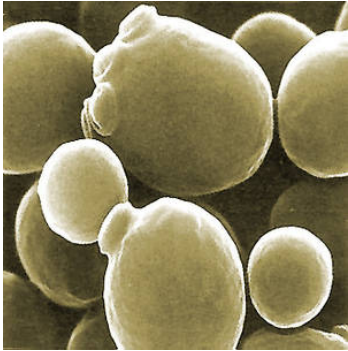
Enjeux (conceptuels) d'apprentissage :

- ✧ Conditions du milieu requises : anaérobie, température
- ✧ Microorganisme : levure *Saccharomyces Cerevisiae*
- ✧ Bilan de la réaction :

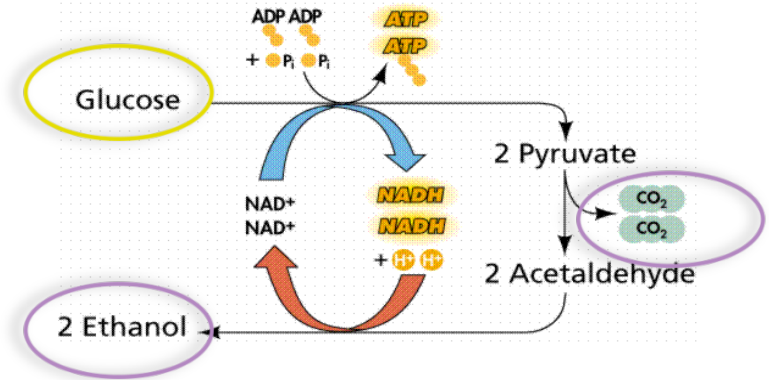


Concepts en jeu dans la situation

Levures



Bilan fermentation alcoolique



Enjeux (conceptuels) d'apprentissage :

- ✧ Conditions du milieu requises : anaérobie, température
- ✧ Microorganisme : levure *Saccharomyces Cerevisiae*
- ✧ Bilan de la réaction :



Ingénierie didactique



Questions de recherche

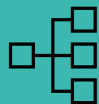


Modélisation praxéologique

Peut-on modéliser une situation de conception expérimentale dans le cadre de la TAD (modèle praxéologique) ?

? Identification des difficultés

Quelles sont les difficultés identifiées *a priori* de la situation ?



Étayages fixes

Comment modéliser la situation dans l'EIAH ?
Comment l'EIAH peut-il étayer les difficultés identifiées ?



Étayages adaptatifs

Comment automatiser un diagnostic des erreurs ?
Quelles rétroactions proposer ?

Modélisation des connaissances : modèle praxéologique

Bosch & Chevallard, 1999

Type de tâches T

T : Placer les microorganismes en anaérobie

Technique τ

T : prélever un volume V de suspension de microorganismes

T : fermer le tube à essai avec un bouchon hermétique

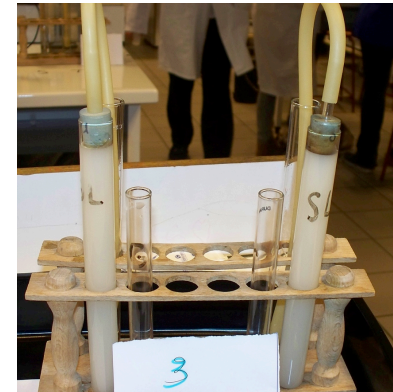
Technologie ϑ

ϑ : les levures réalisent la fermentation alcoolique en anaérobie stricte (en absence de dioxygène)

ϑ : les gaz présents dans l'air se dissolvent dans un liquide

Théorie Θ

Θ : théorie cellulaire



Modélisation des connaissances : modèle praxéologique

Chaachoua & Bessot, 2017
Chaachoua, 2015

Type de
tâches T

T : Placer les microorganismes en anaérobie

Technique τ

T : prélever un volume V de suspension de
microorganismes

T : fermer le tube à essai avec un matériel adéquat

Technologie ϑ

ϑ : les levures réalisent la fermentation alcoolique
en anaérobie stricte (en absence de dioxygène)

ϑ : les gaz présents dans l'air se dissolvent dans un
liquide

Théorie Θ

Θ : théorie cellulaire



T4TEL
Formalisation
Introduction de
Variables

Modélisation des connaissances : T4TEL

Type de tâches T

T : **placer** les microorganismes en anaérobie

Technique τ

T : **prélever** un volume V de suspension de microorganismes

T : **fermer** le tube à essai avec un matériel adéquat

Types de tâches ou tâches décrit(e)s :

- **Verbe d'action**

Modélisation des connaissances : T4TEL

Type de tâches T

T : **placer** les microorganismes **en anaérobie**

Technique τ

T : **prélever** un volume V **de suspension** de microorganismes

T : **fermer le tube à essai** avec un matériel adéquat

Types de tâches ou tâches décrit(e)s :

- **Verbe d'action**
- **Compléments fixes**

Modélisation des connaissances : T4TEL

Type de tâches T

T : **placer** les **microorganismes** en anaérobie
(Levures, ~~bactéries~~)

Technique τ

τ : suppression des apports en O₂
T : **prélever** un **volume V** de suspension de **microorganismes**
T : **fermer** le tube à essai avec un matériel adéquat
(bouchon, bouchon percé...)

Types de tâches ou tâches décrit(e)s :

- **Verbe d'action**
- **Compléments fixes**
- **Variables : Institutionnelle et / ou Didactique**

Contribution didactique



Modélisation praxéologique

Praxéologie de référence

Praxéologie institutionnelle

Formalisation de variables :
valeurs à disposition du chercheur

Identification des difficultés

Etayages fixes

Etayages adaptatifs

Questions de recherche

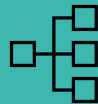


Modélisation praxéologique

Peut-on modéliser une situation de conception expérimentale dans le cadre de la TAD (modèle praxéologique) ?

? Identification des difficultés

Quelles sont les difficultés identifiées *a priori* de la situation ?



Étayages fixes

Comment modéliser la situation dans l'EIAH ?
Comment l'EIAH peut-il étayer les difficultés identifiées ?



Étayages adaptatifs

Comment automatiser un diagnostic des erreurs ?
Quelles rétroactions proposer ?

Transposition de la modélisation dans l'EIAH

Praxéologie de référence

Sélection des types de tâches

- enjeux d'apprentissage
- à l'origine de difficultés



Etayages fixes
(Copex)

T: Placer les microorganismes dans les conditions optimales du milieu
T: Placer les microorganismes en anaérobie
 τ : suppression des apports en O_2
T : prélever un volume V de suspension de microorganismes
Ⓣ fermer le contenant avec un bouchon hermétique
T : placer les microorganismes à température
 τ : utilisation du bain marie
t : placer les microorganismes à 25°C dans un bain marie
t : vérifier la stabilité de la température

Concept de fermentation :

Confusion respiration Flores & al. (2003) ; Songer & Mintzes (1994)
Dissolution des gaz, matérialité Astolfi & Peterfalvi (1997)
Stavy (1988)

Méthodologie de transposition



Modélisation praxéologique

Type de tâches T

T₁ : placer les microorganismes en **anaérobie**

Technique de T

T₁₁ : prélever un **volume** de **suspension de microorganismes**

et le placer dans un **contenant**

T₁₂ : fermer le **contenant** avec un **matériel adéquat**

Variables de T
→ valeurs

Variables : volume, solution, matériel, microorganismes

Valeurs à disposition de l'enseignant, du chercheur

Transposition



Pré structuration du protocole dans Copex

Étapes du protocole

Etape 1: placer les **microorganismes** dans les **conditions du milieu**

Actions du protocole

Action pré structurée : prélever **une solution**

Action pré structurée : fermer un **contenant**

Paramètres des actions
→ valeurs


« Champ libre », « champ fixé », « menu déroulant »

1 - Concevoir un protocole expérimental de mise en évidence de la fermentation alcoolique


Protocole pré-structuré 2 [En modification]
 


Question de recherche ou objectif

Mettre en évidence le métabolisme de la fermentation alcoolique chez les levures


Hypothèses ou résultats attendus

Identifier les réactifs et les produits de la fermentation alcoolique.

Donnez les évolutions attendues des concentrations en réactifs et en produits, lors d'une fermentation alcoolique.


Principe de la manipulation

Décrivez rapidement la stratégie, les moyens que vous allez mettre en place. Le principe de manipulation ressemble à un mode opératoire succinct ne contenant pas les paramètres de la manipulation.


Liste du matériel

- Alcotest
- Amidon
- Bain marie
- Becher
- Bouchon
- Bouchon percé
- Bouilloire
- Cristallisoir
- Dioxyde de carbone
- Dioxygène
- Eau
- Eau de chaux
- Epruvette graduée
- Ethanol
- Glucose
- Glucotest
- Pipette
- Saccharose
- Suspension de bactéries
- Suspension de levures
- Thermomètre
- Tube coudé
- Tube à essai


Mode opératoire

Placer les microorganismes dans les conditions du milieu.

Préparer les dispositifs expérimentaux de mesure.

● *Prélever une solution.* - Je prélève 36 mL de **Suspension de levures** à l'aide d'une éprouvette graduée et je la place dans un tube à essai de 40mL. J'appelle ainsi cette solution : **solution à tester**. Justifiez ici, si nécessaire, cette action.

● **Porter et maintenir une solution à température.**

Je place à °C.

Pour cela, j'utilise . Je vérifie la stabilité de la température avec .

Commentaire :

Justifiez ici, si nécessaire, cette action.

Préparer les dispositifs expérimentaux de mesure.

Initier l'expérimentation.

Recueillir les données.

Laver le matériel.

Copex

Etayages fixes : 3 niveaux de pré structuration du protocole

Copex



5 étapes imposées



Mode opératoire

- Placer les microorganismes dans les conditions du milieu.
- Préparer les dispositifs expérimentaux de mesure.
- Initier l'expérimentation.
- Recueillir les données.
- Laver le matériel.



10 actions
pré structurées

- Prélever une solution.
- Fermer un contenant.
- Porter et maintenir une solution à température.
- Préparer un dispositif expérimental.
- Indiquer la durée de l'expérience.
- Utiliser un tableau de données.
- Ajouter une solution.
- Observer une réaction.
- Réaliser une mesure.
- Laver le matériel.

Action pré structurée :

valeur de paramètre d'action fixée, libre, ou dans une liste à choix

● *Prélever une solution.* - Je prélève 36 mL de **Suspension de levures** à l'aide d'une **éprouvette graduée** et je la place dans un tube à essai de 40mL. J'appelle ainsi cette solution : **solution à tester** . Justifiez ici, si nécessaire, cette action.

● **Porter et maintenir une solution à température.**

Je place à °C

Pour cela, j'utilise . Je vérifie la stabilité de la température avec .

Commentaire :

Justifiez ici, si nécessaire, cette action.

■ Préparer les dispositifs expérimentaux de mesure.

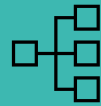
The screenshot shows a software interface for protocol entry. A red box highlights the second action: 'Porter et maintenir une solution à température.' Within this box, a red circle highlights the temperature input field, another red circle highlights the dropdown menu for the heating method (showing 'Bain marie', 'Bouilloire', and 'Thermomètre'), and a third red circle highlights the dropdown menu for the heating device (showing 'Bain marie', 'Bouilloire', and 'Thermomètre').

Contribution didactique

Modélisation praxéologique

? Identification des difficultés

Catégorisation des difficultés



Étayages fixes

Méthodologie de transposition

Pré structuration du protocole

Étayages adaptatifs

Expérimentations

Questions de recherche et méthodologie
Résultats



Questions de recherche et méthodologie

Questions de recherche

- Q1 : Est-ce que la pré structuration permet de mettre en évidence certaines difficultés identifiées *a priori* ?
- Q2 : Est-ce que la pré structuration des actions favorise la production par les élèves d'un protocole communicable et pertinent (Girault & d'Ham, 2014) ?

Situations

Actions « **libres** » : étapes imposées, actions libres

Actions « **pré structurés** » : étapes imposées, actions pré structurées

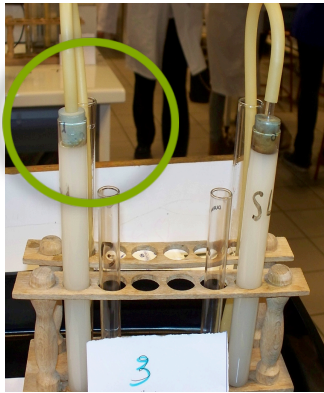
Données et critères d'analyse

56 pré test et post test : scores

59 protocoles : Communicabilité et pertinence (protocole de référence : « expert »)

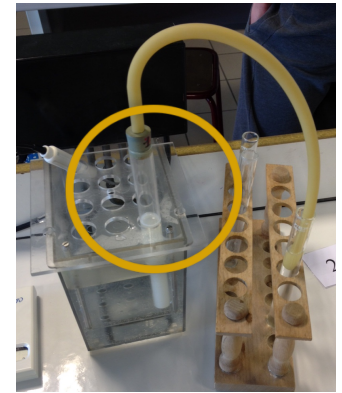
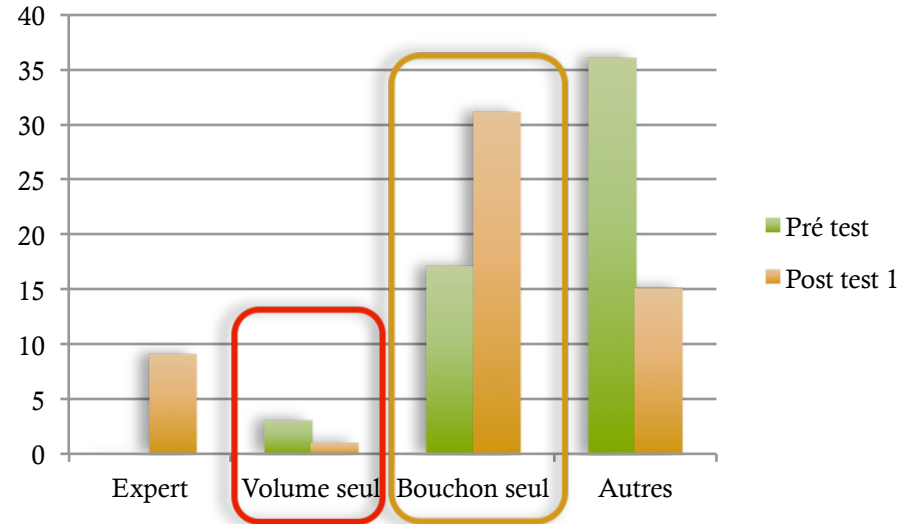
Q1 : Est-ce que la pré structuration permet de mettre en évidence certaines difficultés identifiées *a priori* ?

Données :
56 tests
59 protocoles



« Expert » :
volume + bouchon

Réponses des élèves à une question du test



- ✓ Pré structuration des actions n'entrave pas les apprentissages
- ✓ Validation de certaines erreurs identifiées *a priori* dans les choix de valeurs de paramètres
- ✓ Apparition d'erreurs tenaces : concept d'anaérobie

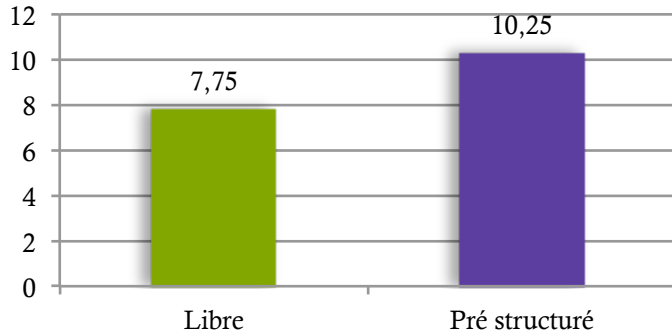
Analyse des protocoles : paramètre d'action « volume »

Libre	Pré structuré
22% paramètre absent Aucune réponse correcte	Aucune réponse correcte

Q2 : communicabilité et pertinence des protocoles

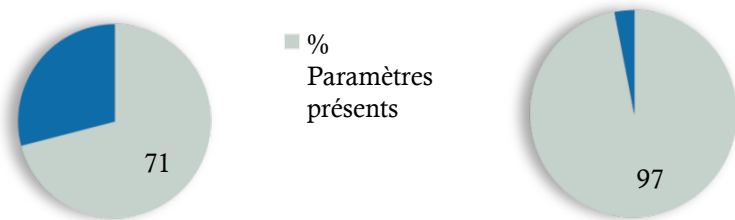
Communicabilité des protocoles : nombre moyen d'actions présentes

Données : protocoles
19 « Libre »
21 « Pré structuré »



Protocole « expert » : 14 actions attendues

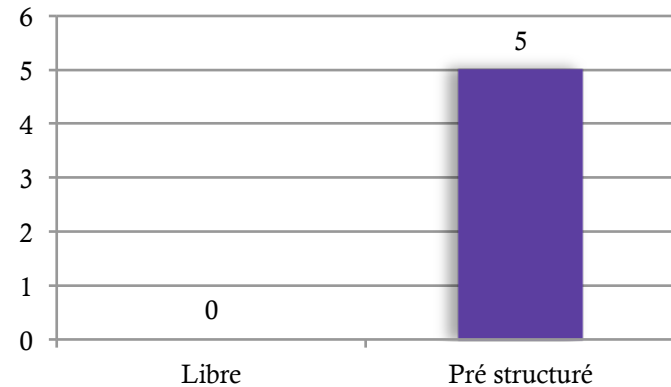
Communicabilité des protocoles : pourcentage de paramètres d'actions présents / attendus



Protocoles « libres »

Protocoles « pré structurés »

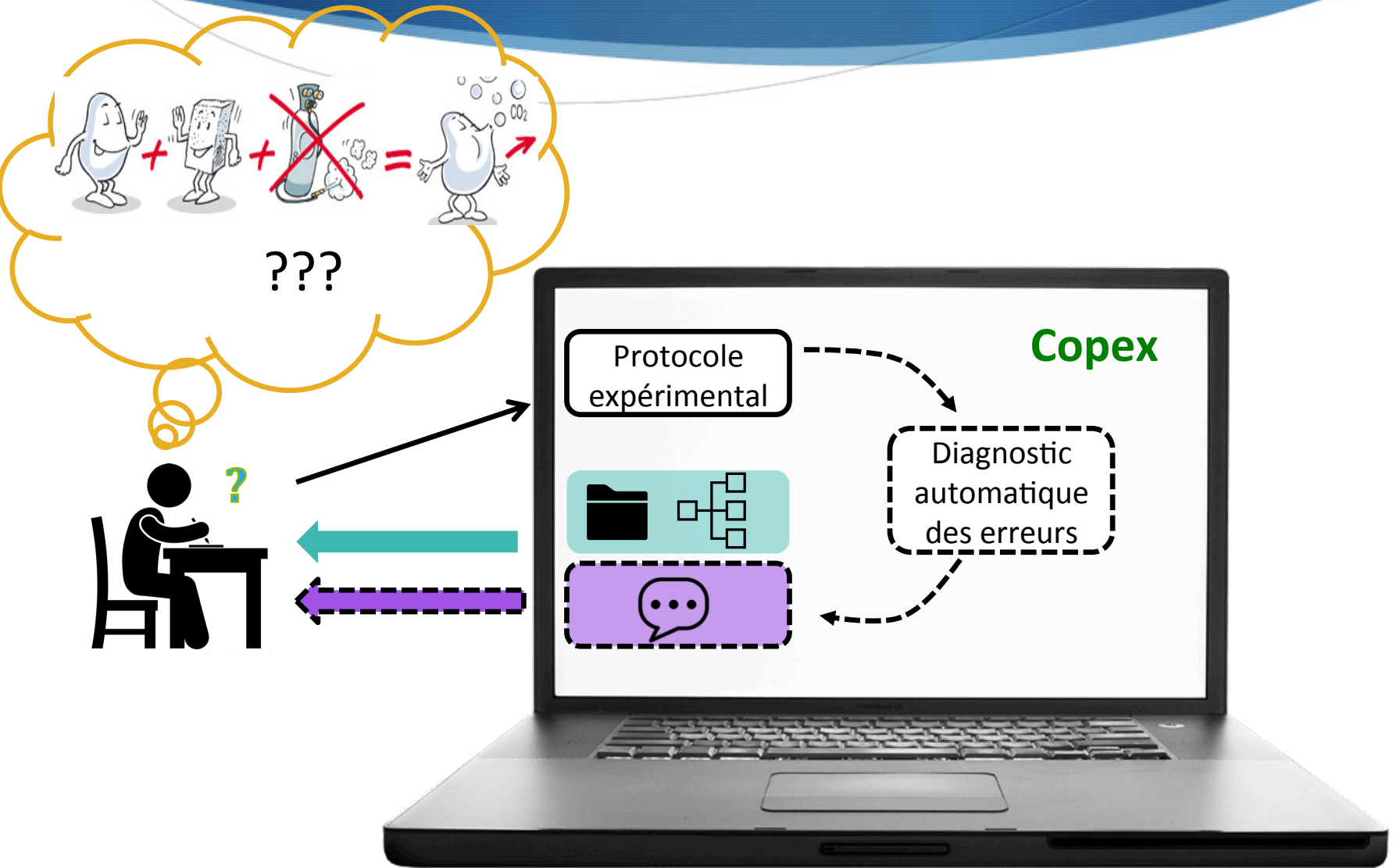
Pertinence des protocoles : étape 1



✓ Protocoles communicables (étapes, actions paramétrées) et pertinents (choix des actions et des paramètres d'actions)

Limites : analyse par étape, faible effectif

Conclusions de l'expérimentation



Proposition d'étayages adaptatifs

Modélisation de l'erreur
Modélisation de rétroactions



Questions de recherche



Modélisation praxéologique

Peut-on modéliser une situation de conception expérimentale dans le cadre de la TAD (modèle praxéologique) ?

? Identification des difficultés

Quelles sont les difficultés identifiées *a priori* de la situation ?



Étayages fixes

Comment modéliser la situation dans l'EIAH ?
Comment l'EIAH peut-il étayer les difficultés identifiées ?



Étayages adaptatifs

Comment automatiser un diagnostic des erreurs ?
Quelles rétroactions proposer ?

Modélisation de l'erreur de l'élève

Praxéologie personnelle *a priori* (concept d'anaérobie)

Croset & Chaachoua, 2016

Confusion respiration (Flores & al., 2003 ; Songer & Mintzes 1994)

Dissolution des gaz, matérialité (Astolfi & Peterfalvi, 1997 ; Stavy 1988)

Extrait de la praxéologie de référence

T : placer les microorganismes en anaérobie
t : prélever 36 mL de suspension de levures et les verser dans un tube à essai de 40 mL
t : fermer le tube à essai avec un bouchon hermétique

- La fermentation alcoolique se réalise en anaérobie
- Les gaz présents dans l'air se dissolvent dans le milieu

Modélisation d'une praxéologie personnelles

T : placer les microorganismes dans les conditions optimales du milieu
t : prélever un volume $V < 36$ mL de suspension de levures et les verser dans un tube à essai de 40 mL
t : ?

- La fermentation alcoolique se réalise en aérobie
- Les gaz présents dans l'air ne se dissolvent pas dans le milieu

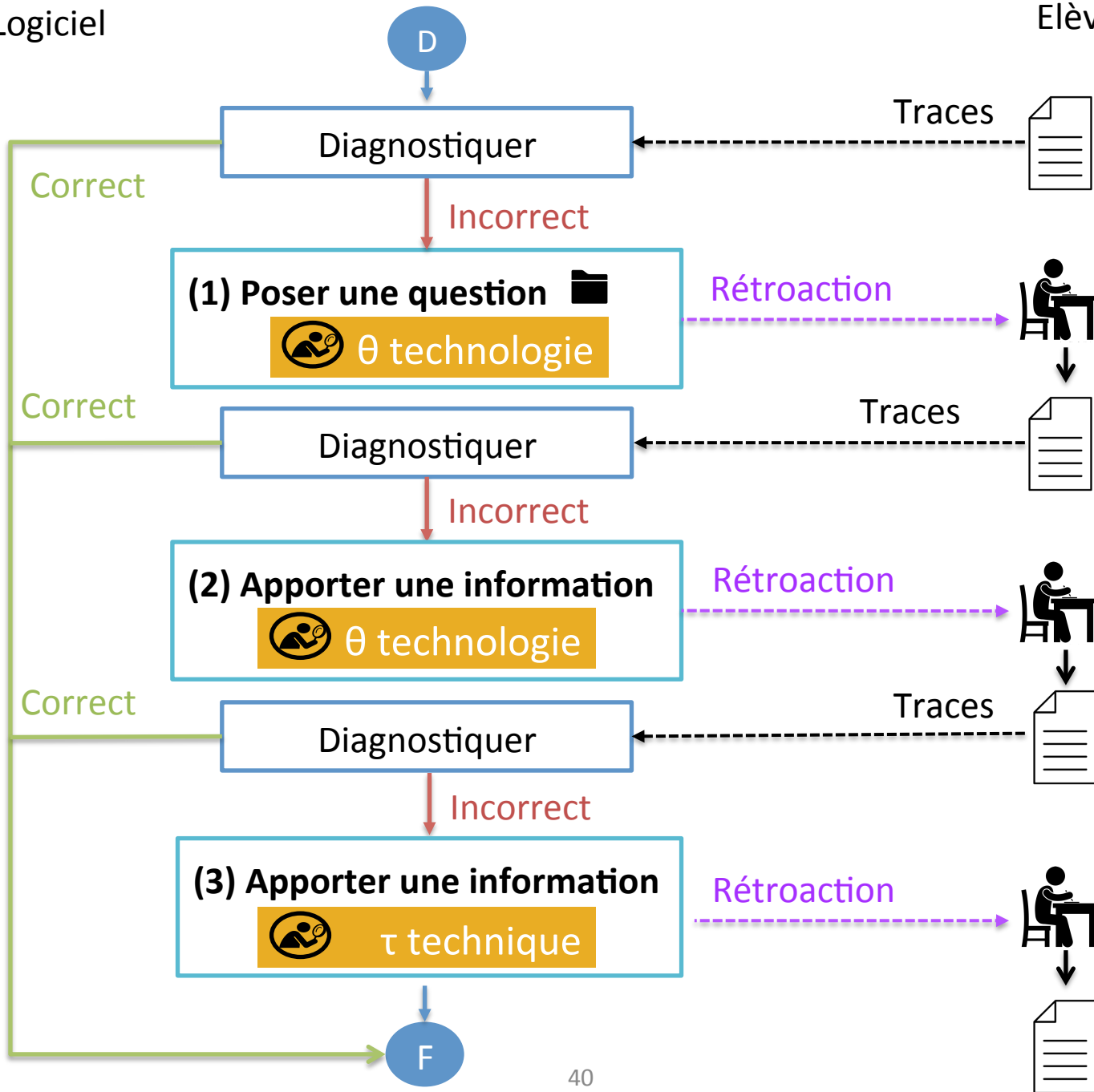
- ✓ Identification des erreurs par concept : technique / valeur de variable
- ✓ 12 praxéologies personnelles *a priori*

Limite : modélisation d'une seule étape



Logiciel

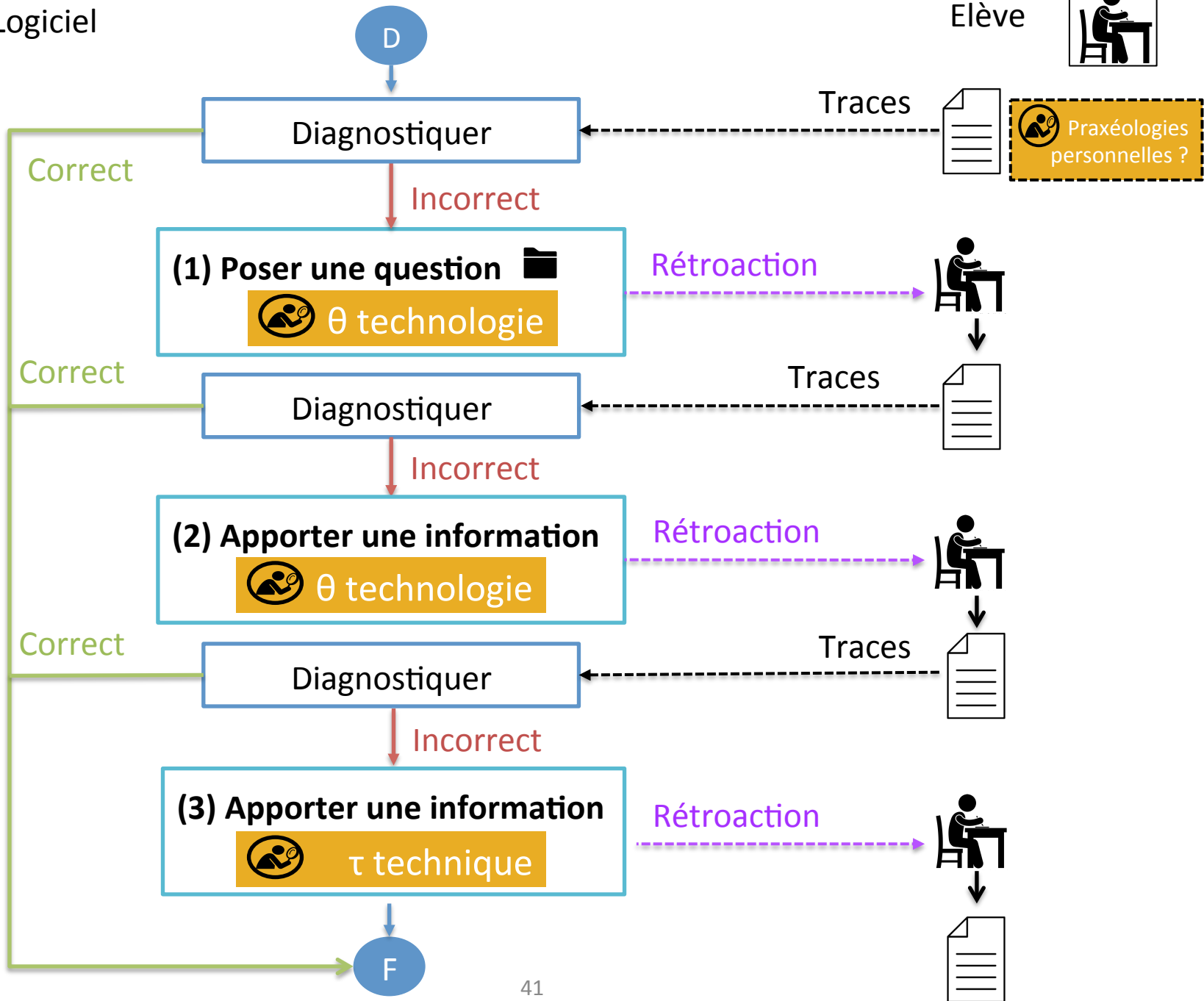
Elève





Logiciel

Elève



Conclusions et perspectives

Ingénierie didactique
EIAH



Conclusions



Modélisation des connaissances

Praxéologie de référence,
institutionnelle
Identification de variables



Identification des difficultés

Catégorisation des difficultés



Étayages fixes dans Copex

Méthodologie de transposition
Pré structuration du protocole

Étayage efficaces dans la formalisation
d'un protocole



Étayages adaptatifs dans Copex

Modélisation de l'erreur
Propositions de rétroactions

Perspectives



Mise à l'épreuve des étayages adaptatifs en classe



Implémentation des **rétroactions** à partir du modèle praxéologique et de l'extension T4TEL

Élaboration d'un **diagnostic automatique** des erreurs à partir de l'analyse des traces



Modéliser les **praxéologies personnelles** pour l'ensemble de la situation, identifier les combinaisons d'erreurs pertinentes en vue d'une rétroaction

Réponse correcte

Absence de rétroaction

Réponse incorrecte

*Non objectif d'apprentissage

Soulignage de l'erreur
Erreur ou misconception

Etayage fixe :
ressources

Poser une question sur le concept en jeu et renvoyer vers les ressources (1)

Donner la réponse correcte

Réponse incorrecte

*Objectif d'apprentissage

Soulignage de l'erreur
Erreur ou misconception

Poser une question sur le concept en jeu (et renvoyer vers les ressources) (1)

Apporter une information : (2)
- Au niveau des technologie(s) relative(s) et spécifique(s) du/des concept(s) en jeu
- Au niveau de la technologie globale de T

Apporter une information : (2)
- Au niveau de la technique de T (type de tâches)
- Au niveau de la technique du choix de la valeur d'une variable

Rétroaction par la manipulation

EIAH

Laboratoi

*Concept(s) en jeu

Type de rétroaction selon Shute, 2007.

Compléments de rétroactions selon les types de « guidages » de Zacharias, 2015 :

(1) « prompts »

(2) « direct presentation of informations »

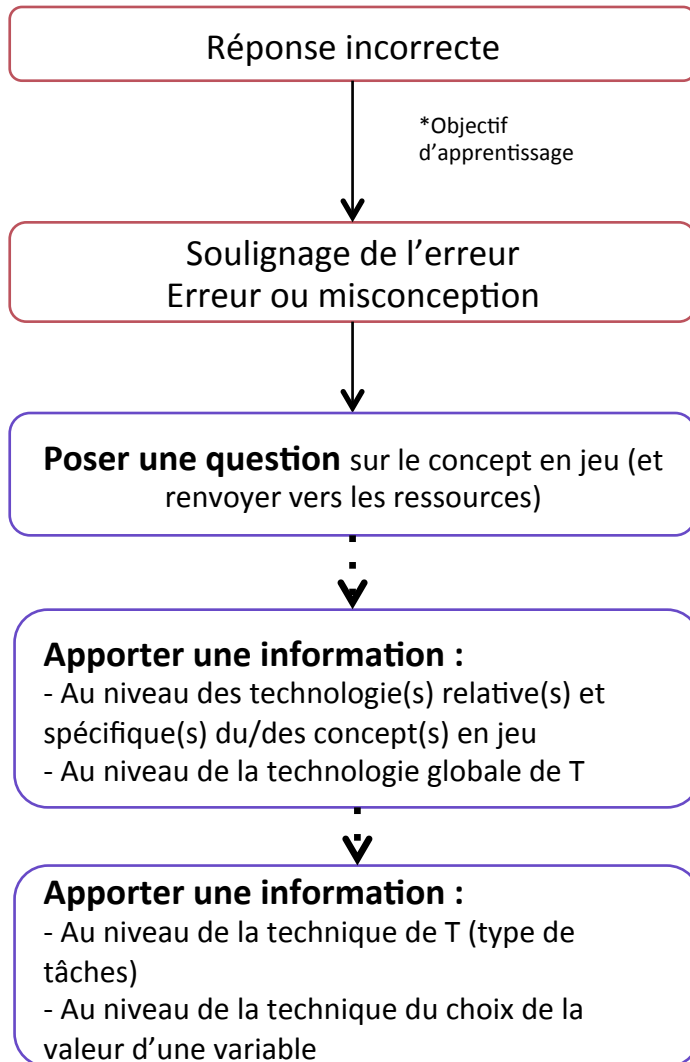
→ Niveaux de rétroactions obligatoires

... → Niveaux de rétroactions facultatifs

Modélisation de rétroactions

Modèle théorique

Type de rétroaction selon Shute, 2007.
Types de « guidages » de Zacharia, 2015



Propositions de rétroactions

1^{er} niveau :

Question : Quelle est la condition requise pour la réalisation de la fermentation alcoolique chez des levures ?
Document ressource : « Chez les levures, lorsqu'elles sont placées en condition anaérobie, le métabolisme fermentaire va prendre le pas sur la respiration ... »

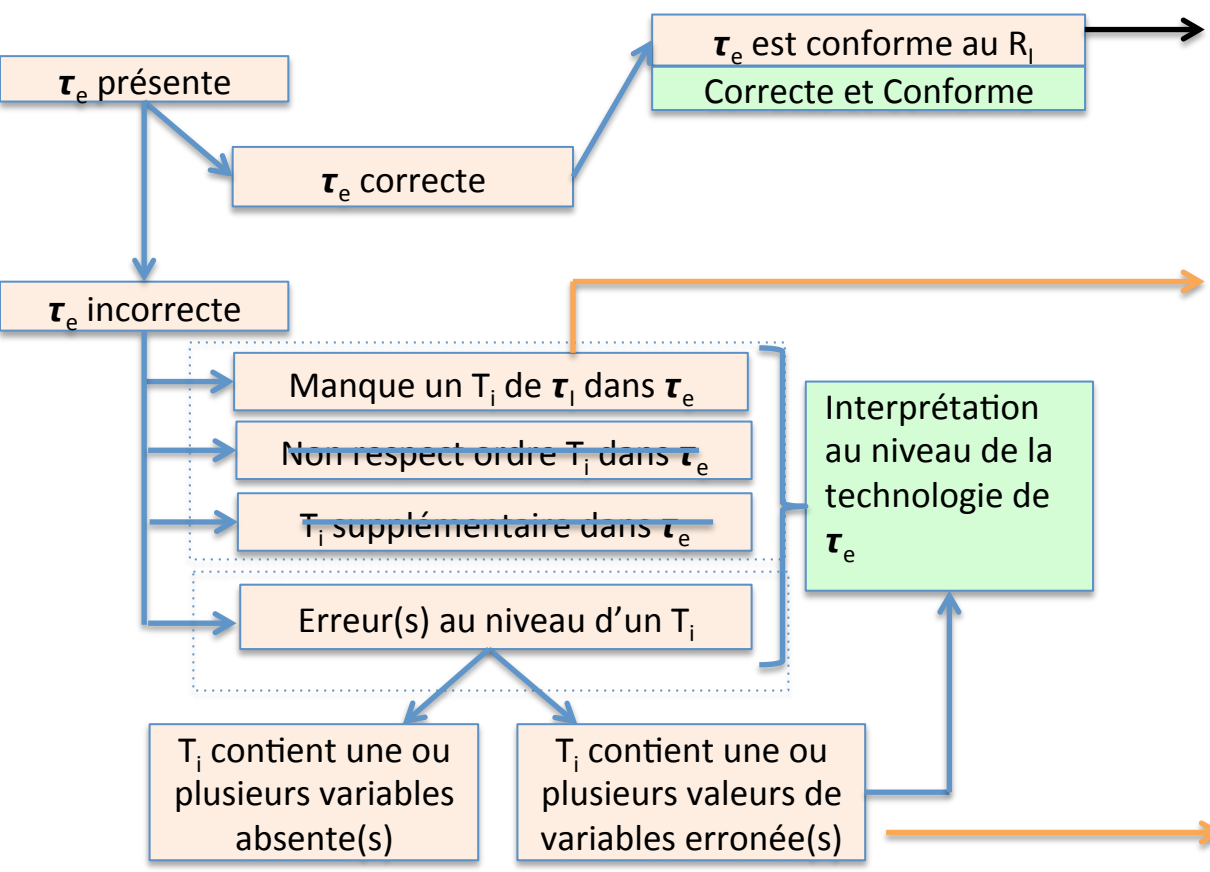
2^{ème} niveau :

Apporter une information : (la technologie relative à T correcte) : la fermentation alcoolique se réalise en anaérobie stricte.

3^{ème} niveau :

Apporter une information : technique de résolution de T « limiter la présence de dioxygène : fermer le contenant, et prélever un volume de suspension de levure maximal »

T : Placer les microorganismes dans les conditions du milieu



T0 : prélever un **volume** de suspension de **microorganismes** et les verser dans un tube à essai
 T1 : fermer la solution avec un **matériel adéquat**
 T2 : porter et maintenir la suspension de **microorganismes** à **température** à l'aide d'un **dispositif adéquat**

1) Erreurs portées sur la technique de l'élève → interprétation à partir d'éléments technologiques.
 S'il manque T0 → θ'1
 S'il manque T1 → θ'2
 S'il manque T2 → θ'3

2) Erreurs (Vx) au niveau d'un Ti → interprétation à partir d'éléments technologiques :

Ti contient une variable absente : V0
Valeurs de variable erronées :
Pour T0 :
 V1' : volume total de solution(s) prélevé > au volume du contenant → θ'4'
 V2' : volume total de solution(s) prélevé < au volume du contenant → θ'5' θ'2'
 V3' : bactérie, microorganisme → θ'6'
 V4' : solution dépourvues de levures → θ'1
Pour T1 :
 V5' : bouchon non hermétique → θ'2'
 V4' : solution dépourvue de levures → θ'1
Pour T2 :
 V6' utilisation d'un dispositif qui porte uniquement une solution à température → θ'7
 V7' : t° > 40°C → θ'8' θ'6'
 V8' : t° < 20°C → θ'9' θ'7

Éléments de technologies erronées a priori :
 θ1' : la fermentation alcoolique est un métabolisme qui se déroule indépendamment de la présence de microorganismes (levures)
 θ2' : le métabolisme de la fermentation alcoolique se déroule en aérobie
 θ3' : la réalisation optimale du métabolisme de la fermentation alcoolique chez les levures est indépendante de la température du milieu
 θ4' : le volume disponible d'un contenant est inférieur au volume versé.
 θ5' : les gaz présents dans l'air ne se dissolvent pas dans une solution / l'air est « vide »
 θ6' : la levure une bactérie. La levure n'est pas un microorganisme.

Profils <i>a priori</i>	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Profil 12
	Pas d'activité	Conditions du milieu	Bactéries	autres solutions	aérobie totale	Aérobie partielle	pas de T1	Pas de T2	T°C autres	Matos: bouillire	Matos pour fermer	pas de T0
T0 manquante(s)	X											X
T1 manquante(s)	X	X			X		X					
T2 manquante(s)	X	X						X				
Ordre des Ti incorrect	l'ordre n'a pas d'importance pour ce T											
Ti supplémentaire(s)												
Contient un Ti du type « appliquer une règle erronée * »			X T0	X T0 T1 T2	X T0	X T0			X T2	X T2	X T1	

Analyse												
R1												
R2					X	X						
R3			X	X								
R4												
R5											X	
R6				X								
R7										X		
R8										X		
R9									X			
R10									X			
R11				X								

Technologies erronées												
Ø1	X											X
Ø2	X	X			X		X				X	
Ø3	X	X										
Ø4												
Ø5					X	X						
Ø6			X	X								
Ø7										X		
Ø8										X		
Ø9									X			
Ø10									X			

Difficultés à définir le Concept de fermentation alcoolique (Songer et Mintzes, 1994 Flores & al., 2003)	X	X		X	X	X	X	X	X			X
Confusion respiration/fermentation (Songer et Mintzes, 1994 Flores & al., 2003)		X			X	X	X					
Difficulté à associer levure/vivant (Schneeberger & Rodriguez, 1999 ; Songer & Mintzes, 1994)				X				X	X	(X)		X
Difficulté à différencier les microorganismes. (Schneeberger & Rodriguez, 1999)			X									
Concept de chimie : dissolution des gaz						X						

Règles erronées = technologies ciblées ? Fines
Au niveau d'un paramètre ?

Technologies erronées = technologies de haut niveau ? Générales (au niveau de la technique ?)

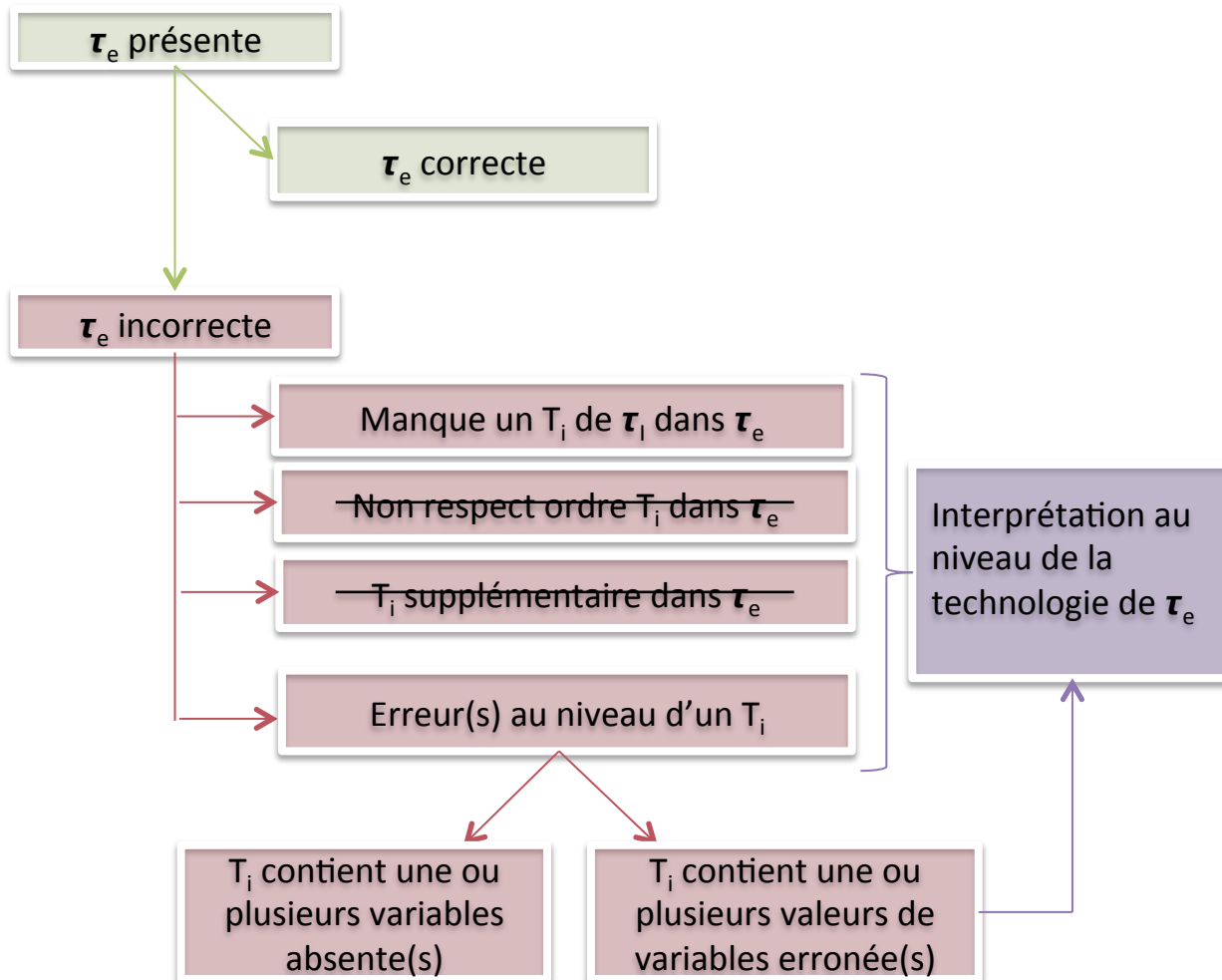
Lien avec l'analyse épistémologique : difficultés identifiées *a priori*

Profils élèves	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Profil 12
N1 (19)	1	0		0	3	2	1	0				3
N2 (21)	1	0		0	1	6	0	0				0
N3 (19)	4	0		0	2	2	0	0				1
N2a (26)	2	2		0	2	3	1	1				4
N2b (25)	2	1		2	1	0	1	1				1
TOTAL	10	3	0	2	9	13	3	2	0	0	0	9

Profils élèves	Profil 6+8	Profil 6+2	Profil 3+6	Profil 12+7	Profil 4+7	Profil 12+5	Profil 10+6	Profil 12+8	Profil 11+6	Profil 2+4+6	Profil 11+5+6	Profil 3+4+5	Profil 4+6+8	Profil 12+4+7
N1	0	2	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
N2	6	2	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
N3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4	1
N2a	3	4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
N2b	1	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	13	11	1	11	1	1	3	1	2	1	1	1	4	1

Modélisation de l'erreur : praxéologies personnelles *a priori*

Croset & Chaachoua (2016)



Méthodologie :

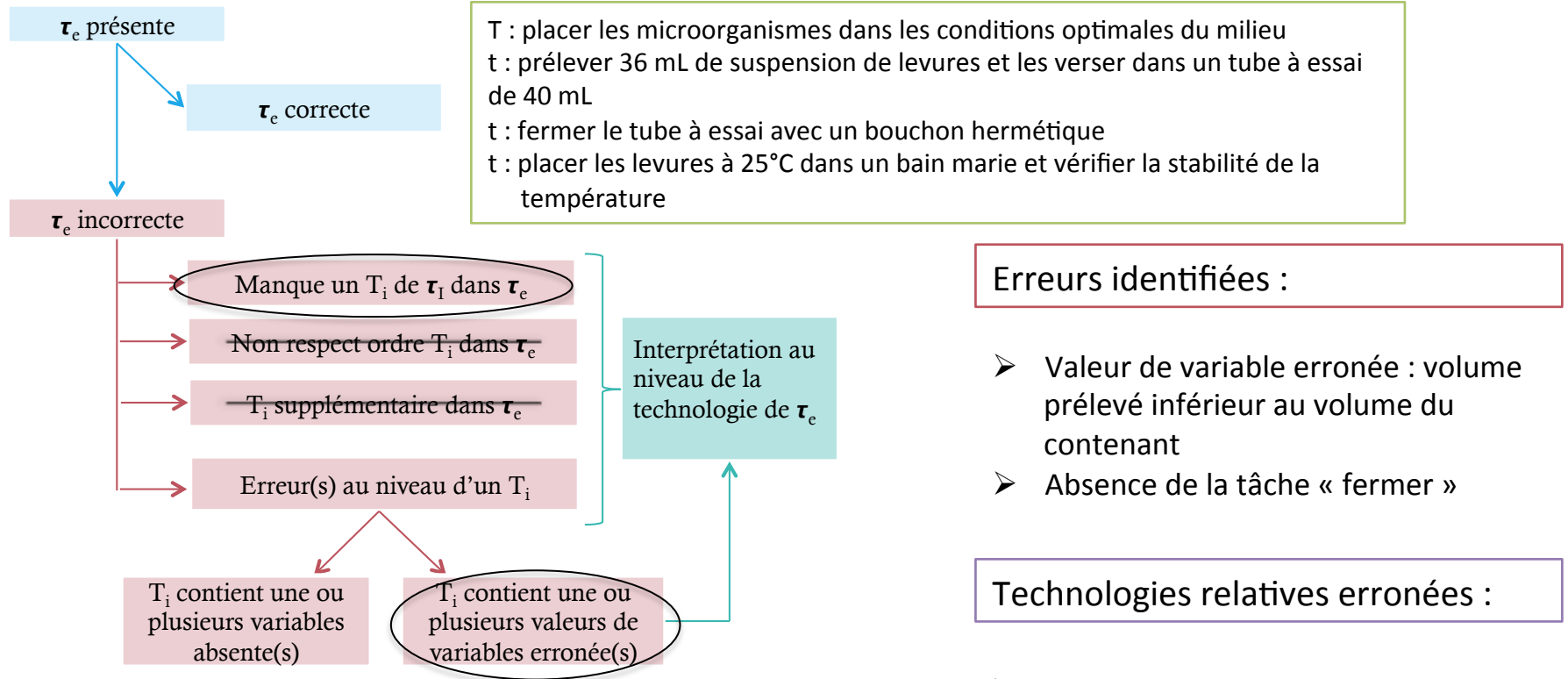
formalisation et
modélisation de
praxéologies personnelles
a priori

- Identification des types d'erreurs possibles par concept
- Proposition de technologies relatives erronées

Modélisation de l'erreur

Praxéologie personnelle *a priori* (concept d'anaérobie)

Croset & Chaachoua (2016)



T : placer les microorganismes dans les conditions optimales du milieu
 t : prélever 36 mL de suspension de levures et les verser dans un tube à essai de 40 mL
 t : fermer le tube à essai avec un bouchon hermétique
 t : placer les levures à 25°C dans un bain marie et vérifier la stabilité de la température

T : placer les microorganismes dans les conditions optimales du milieu
 t : prélever un **volume $V < 36$ mL** de suspension de levures et les verser dans un tube à essai de 40 mL
 t : ?
 t : placer les levures à 25°C dans un bain marie et vérifier la stabilité de la température

Exemple de modélisation de l'erreur (concept d'anaérobie)

Praxéologie personnelle *a priori* relative

Erreurs identifiées :

- $V2'$: Valeur de variable erronée : volume prélevé inférieur au volume du contenant
- *Absence de T1* : Absence de la tâche « fermer »



T : placer les microorganismes dans les conditions optimales du milieu

T0 : prélever un **volume V (<36 mL)** de suspension de levures et les verser dans un tube à essai

T_1 : ?

T_2 : placer les levures à 25°C dans un bain marie et vérifier la stabilité de la température

Technologies relatives erronées :

- $\theta2'$: La fermentation alcoolique se réalise en aérobie
- $\theta5'$: Les gaz présents dans l'air ne se dissolvent pas dans le milieu

Distinction de praxéologies personnelles *a priori* portée sur **une seule erreur** :
rétroactions différente ?

→ praxéologie personnelle *a priori* a) : $V2'$ $\theta5'$

→ praxéologie personnelle *a priori* b) : *absence de T1* $\theta2'$

Question de recherche ou objectif

Mettre en évidence le métabolisme de la fermentation alcoolique chez les levures

Hypothèses ou résultats attendus

si les levures sont capable de réaliser la fermentation alcoolique on attend une production de CO₂ et d'éthanol pour l'expérience, la présence d'éthanol suffit à valider la thèse de fermentation alcoolique

Liste du matériel

-
- Ballon (100mL)
- Bouchon
- Dioxyde de carbone
- Epruvette graduée (25mL)
- Glucotest
- Suspension de bactéries
- Alcootest
- Becher (100mL)
- Bouchon percé
- Dioxygène
- Epruvette graduée (50mL)
- Pipette (10mL)
- Suspension de levures
- Amidon
- Becher (10mL)
- Bouilloire
- Eau
- Ethanol
- Pipette (3mL)
- Thermomètre
- Bain marie
- Becher (50mL)
- Cristallisoir (200mL)
- Eau de chaux
- Glucose
- Saccharose
- Tube à essai (40mL)

Mode opératoire

Placer les microorganismes dans les conditions du milieu

Ajouter une solution. - Je prélève 15 mL de Suspension de levures à l'aide d'un(e) Epruvette graduée (25mL) et je les verse dans Tube à essai (40mL) .

ajouter 5 mL de Glucose dans le tube a essai contenant la suspension de levure avec une pipette (10 mL) milieu de culture des levures

Fermer un contenant. - Je ferme le contenant de la solution de Suspension de levures avec un Bouchon . pour que le dioxygène ne se remplace pas
Initier l'expérimentation

Indiquer la durée de l'expérience. - Je réalise l'expérience pendant 30 min . temps suffisant à la réalisation de la fermentation alcoolique

Porter et maintenir une solution à température. - Je place la solution de Suspension de levures à 25 °C. Pour cela, j'utilise un(e) Bain marie . Je vérifie la stabilité de la température avec un(e) Thermomètre . c'est à cette température que la fabrication de la bière est favorisée, donc la fermentation des levures

**A partir d'un diagnostic automatique de l'erreur (qu'on a modélisé *a priori*)
→ rétroactions personnalisées**