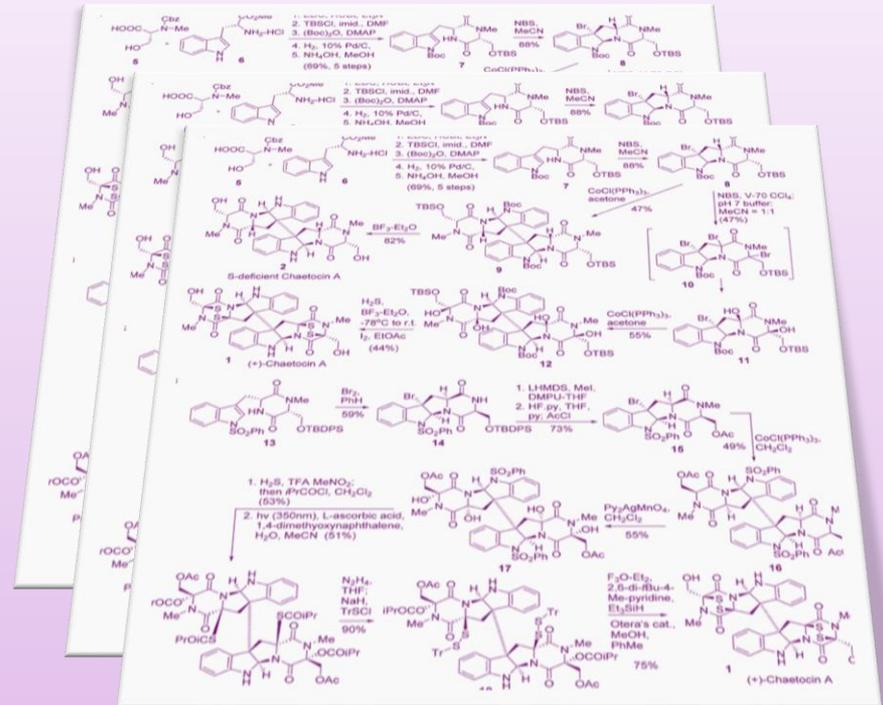


Enseigner la synthèse organique autrement :

La synthèse multiétapes en classe inversée

Marielle Lemaire, professeure à l'UFR de chimie, ICCF, Université Clermont Auvergne

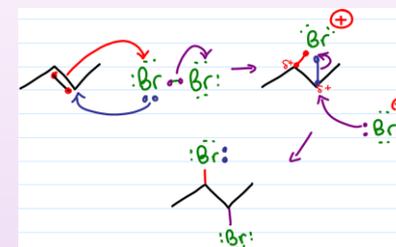


Le constat : la chimie organique pose un problème d'enseignement-apprentissage¹

Extrait du résumé de la thèse de David Lafarge¹ : « *La chimie organique est souvent reconnue comme une discipline difficile à enseigner et à apprendre... Nous avons centré nos travaux sur les effets de la structuration actuelle de cet enseignement (afin d'envisager sa modification tout en conservant le même contenu disciplinaire), sur les enseignements de la synthèse organique, des modèles et des mécanismes réactionnels ainsi que sur l'activité des enseignants de chimie organique...* »

La chimie organique est une discipline de la chimie qui est mal perçue **par les étudiants** : beaucoup d'apprentissage par cœur, longues listes de réactions, le concept du mécanisme avec les flèches etc... L'implicite est toujours très présent.

Pour les enseignants : un ressenti de ces difficultés d'apprentissage mais sans réellement trouver des solutions.



Et ce constat est toujours vrai :

Vidéos

 <p>7:13</p> <p>How to Memorize Organic Chemistry Mechanisms Through ...</p> <p>Leah4sci YouTube - 24 nov. 2018</p>	 <p>15:51</p> <p>Do not be afraid of organic chemistry. Jakob Magolan ...</p> <p>TEDx Talks YouTube - 19 sept. 2017</p>
---	---



UFR CHIMIE

Université Clermont Auvergne

Approche pédagogique choisie : la classe inversée

Publics diversifiés et hétérogènes : L3 CH/CB, L3 PC, M1 MEEF PC, 3^{ème} année Ingénieur Génie Biologique

Lors de cet exposé, choix du contenu issu de la L3 S5 Chimie et Chimie interface Biologie (15h, 10x1,5 h)

Cinq séances de cours en classe inversée :

- 1- Introduction à la **synthèse multiétapes**, calcul du rendement global, grands types de réaction, oxydo-réduction, outil ΔpK_a
- 2- Notion de chimio et régiosélectivité (stéréosélectivité fait l'objet d'une autre UE au S6)
- 3- Interconversion des groupes fonctionnels (IGF)
- 4- Exemples de formation de liaisons C-C (principales méthodes, UE Liaisons C-C au S5 en parallèle)
- 5- Protection des fonctions (alcool, amine, cétone/aldéhyde, acide)



Approche pédagogique : la classe inversée

Les documents et outils mis à la disposition des étudiants :

- Un document de cours sur support papier (5 à 11 pages selon le thème), à lire avant de venir en cours.
- Un document annexe nommé « les indispensables » (contient les groupes fonctionnels, un tableau de pKa, la notion de vocabulaire, les groupes protecteurs, une planche d'interconversions de groupes fonctionnels...).
- Un espace de cours Moodle avec des vidéos à visionner, des liens vers des sites à visiter, un test en autoévaluation, des annales.

Le jour de la séance x :

- Je réponds aux questions des étudiants.
- Je questionne (un peu) via Wooclap (techniques de rétroaction, pour vérifier ce que les étudiants ont appris). Je recadre éventuellement.
- Puis je les lance sur des activités illustrant le thème du jour. Ces activités sont sur support papier. **Les étudiants sont donc majoritairement actifs.**

Espace de cours spécifiques (ENT Moodle) :

Documents pdf, vidéos, tutoriels, test Moodle (autoévaluation)...



UFR CHIMIE

Université Clermont Auvergne

Informations générales

Synthèse organique multiétapes

Initiation à la rétrosynthèse

Annales et examens

Soutien pédagogique

----- Pourquoi la classe inversée -----

C'est quoi et pourquoi la classe inversée ?

Il s'agit d'une pratique pédagogique qui met l'étudiant au centre de l'enseignement et des apprentissages. L'étudiant est mieux préparé avant le cours pour être ensuite mis plus en activité en classe. **L'étudiant réalise un travail autonome à l'aide de ressources en amont pour acquérir des connaissances de base qui seront mobilisées dans une séance de travail en présence de l'enseignant.** Les ressources sont par exemple un minicours, des vidéos à visionner. Le démarrage du cours sert alors généralement à clarifier les points des ressources qui seraient restés obscurs.

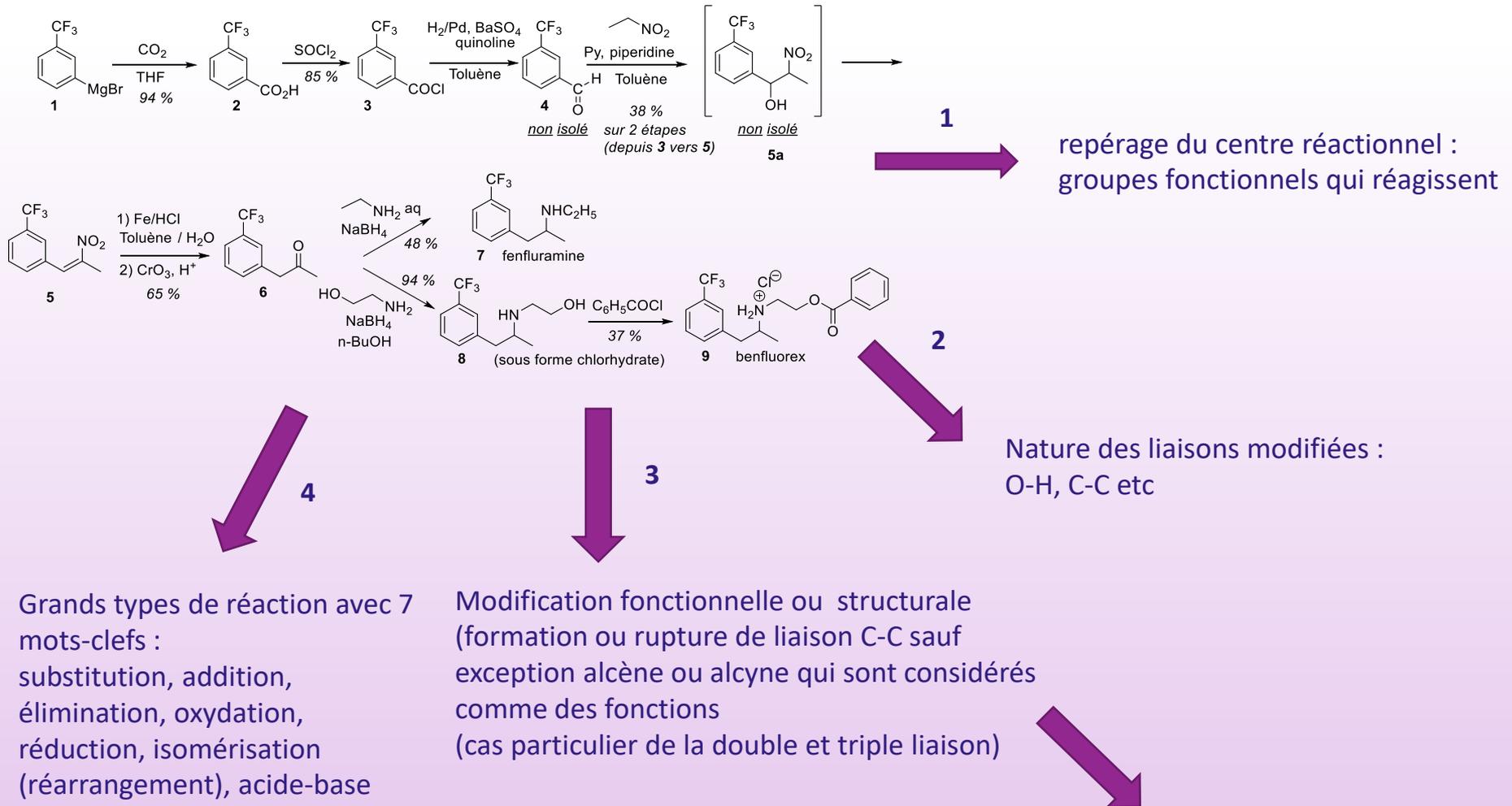
Par exemple pour cette UE, le cours 1 devra être lu et travaillé en amont, avant la première séance de cours. Et ainsi de suite pour les autres cours. 5 thèmes seront travaillés pour la synthèse multiétapes.

Ce type de pratique démontre un apprentissage dans de meilleures conditions et plus profitable pour les étudiants.

 [la classe inversée en 1 minute](#)

Vidéo à visionner, simplement cliquer dans le lien pour la charger à l'écran

Objectif principal : analyser / « décortiquer » progressivement un schéma de synthèse multiétapes



Développement de l'outil tableau pour la présentation de l'analyse et faciliter l'interprétation

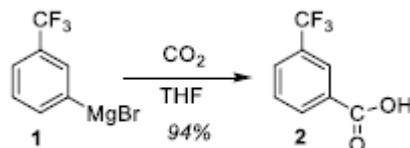


UFR CHIMIE

Université Clermont Auvergne

L'un des outils développés pour cet enseignement : le tableau pour faciliter l'interprétation du schéma de synthèse et le rendu¹

Sert en séance de cours, en TD et en évaluation



Document 2

Tableau à remplir

Colonne pour l'activité 2

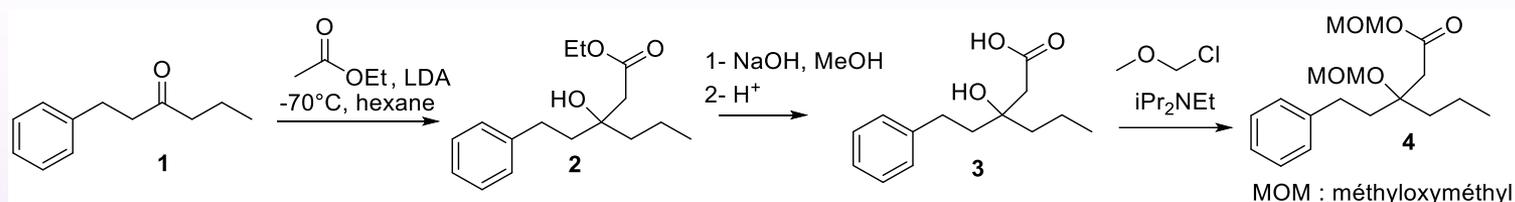
Etape de la synthèse	Disparition d'une liaison C-C ¹	Apparition d'une liaison C-C ¹ (simple ou double)	Modification ²	Modifications de fonction au niveau du centre réactionnel ³		Grand type de réaction (Echelle du BILAN)	
				Produit départ Réactif principal	Produit final Produit principal		
1	2	non	oui	S	organomagnésien	Acide carboxylique	substitution
2	3						
3	4						
4	5						

12	14						
----	----	--	--	--	--	--	--

Note 1 : oui / non ou rien ; **note 2** : modification structurale ou fonctionnelle (S ou F) ; **note 3** : ester, alcool, cétone, etc... voir les 2 fiches groupes fonctionnels dans « les indispensables ». **note 4** : à choisir **UNIQUEMENT** parmi substitution, addition, élimination, acide-base, oxydation ou réduction, transposition (ou réarrangement ou encore isomérisation).

L'un des outils développés pour cet enseignement : le tableau pour faciliter l'interprétation du schéma de synthèse et le rendu¹

Exemple d'adaptation du modèle pour l'examen terminal



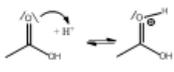
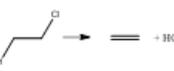
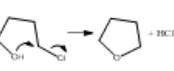
Étape de la synthèse	Aménagement	Fonction(s) modifiée(s) (repérage du centre réactionnel) ²		Nouvelle(s) fonction(s) formée(s) sur le produit final (principal) ²	Grand type de réaction (macroscopique) et mécanisme (microscopique) ³	Rôle de l'étape dans la synthèse : IGF ou protection/déprotection
		Réactif principal	Second réactif (si présent)			
1 → 2					Bilan : Méca :	
3 → 4 (attention : 2 réactions à décrire)					Bilan : Méca :	
					Bilan : Méca :	

Les difficultés rencontrées

Par les étudiants :

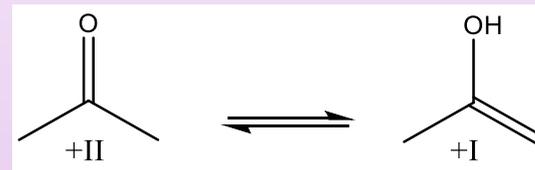
Confusion entre les mots-clefs utilisés par les enseignants (ce cours arrive en L3), un bilan c'est l'échelle macroscopique, et un mécanisme c'est l'échelle submicroscopique.



Au-niveau-du-bilan ¶ Grands-types-de-réaction¶	Au-niveau-du-mécanisme¶ Noms-des-mécanismes¶	Exemples-de-nom-de-réaction-¶ (il-y-en-a-des-milliers...)¶	Exemples-¶
Acide-Base-¶ (selon-Brønsted)¶	Echange-de-protons¶	Déprotonation-¶ ¶ Protonation-¶ ¶ Prototropie¶	¶  ¶  ¶
Elimination-¶	E1, E2, E1bc-etc...-¶ ¶ SN2-ou-SN1-(pour-former-un-cycle)¶	Déshydratation, déshydrohalogénéation-¶ ¶ déshydrohalogénéation¶	¶  ¶  ¶

Notion d'oxydo-réduction, identification des étapes où il y a effectivement une oxydation ou une réduction, définition de l'oxydo-réduction

Exemple de l'équilibre cétoéolique



Isomérisation mais pas oxydo-réduction

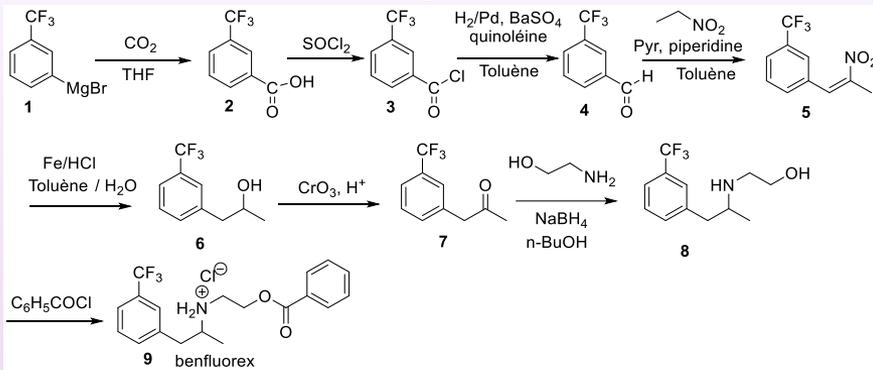
Méconnaissance des réactifs, de leurs rôles (base pour déprotomer ou agent oxydant etc), des solvants. (pourtant bac+3)

Les difficultés rencontrées

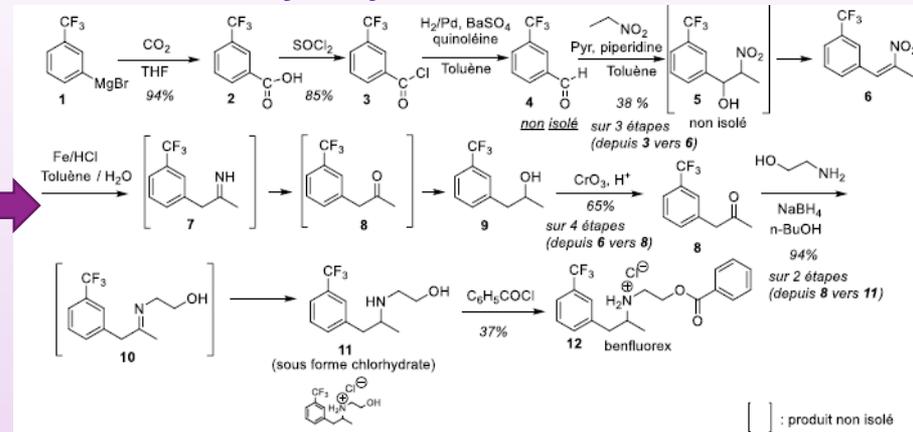
Par l'enseignant :

- Obligation de reconstruire tous les schémas des publications, fournir toutes les abréviations, les structures des réactifs, des solvants etc.
- Faire la chasse à l'implicite.
- Recadrer les notions avec lesquelles les étudiants sont en difficulté (reconnaissance des groupes fonctionnels, calculs oxydo-réduction...).
- Des doutes subsistent sur le rôle de certaines étapes, le grand type de réactions etc

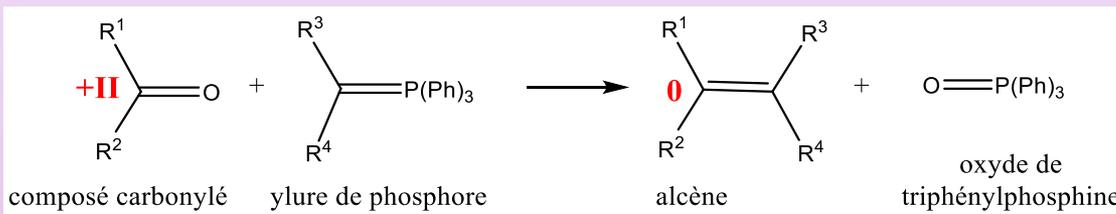
Original



Modifié, ajout de 4 intermédiaires



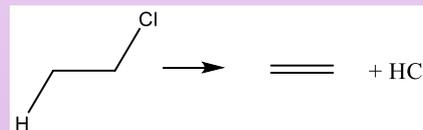
Exemple de la réaction de Wittig :



Aménagement structural

Bilan : Substitution, réduction (+II à 0 si cétone)

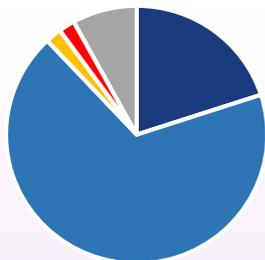
Mécanisme : addition nucléophile puis élimination



Aménagement fonctionnel

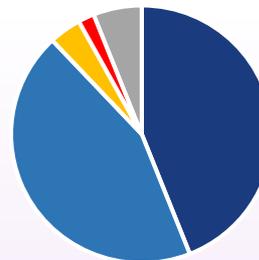
Évaluation par les étudiants (dec 2021)

L'enseignement est adapté à vos connaissances préalables



■ oui ■ Plutôt oui ■ Plutôt non ■ non ■ Sans avis

La classe inversée est adaptée à la matière enseignée



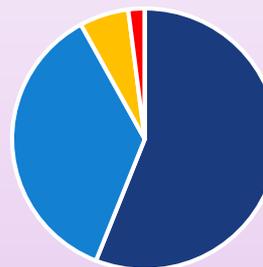
■ oui ■ Plutôt oui ■ Plutôt non ■ non ■ Sans avis

Vous avez lu les polycopiés de cours en amont des séances



■ oui ■ Plutôt oui ■ Plutôt non ■ non ■ Sans avis

C'est intéressant de faire rapidement des exercices d'application du cours



■ oui ■ Plutôt oui ■ Plutôt non ■ non ■ Sans avis

Evaluation globalement très positive, tutoriels, test Moodle et annales jugés utiles > 80%

Un grand merci à mes collègues pour
leurs fructueuses discussions :

Dr David Lafarge, IPR, Lyon

Prof. Thierry Gefflaut, ICCF, UCA



UFR CHIMIE

Université Clermont Auvergne

Et à vous pour votre attention



UFR CHIMIE

Université Clermont Auvergne