

Quels choix pour la synthèse chimique dans les programmes de Bac – 3 à Bac + 2 ?

Cécile BRUYERE et Marie-Blanche MAUHOURAT,

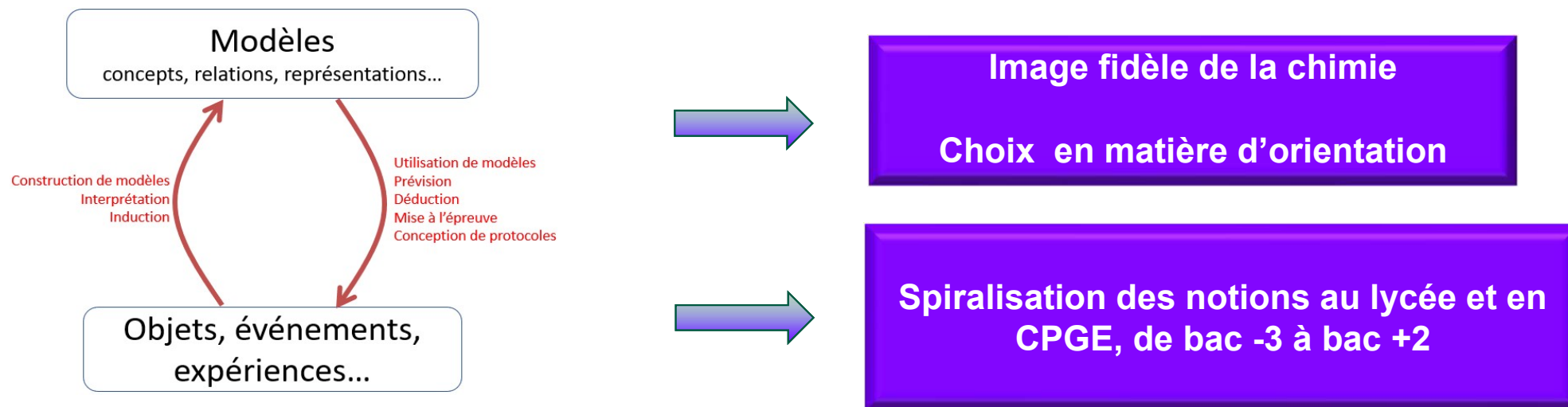
Inspectrices générales de l'éducation, du sport et de la recherche

Mercredi 26 janvier 2022

JIREC 2022

Lignes directrices des programmes de physique-chimie de lycée et de CPGE

- **Pratique expérimentale**
- **Modélisation de la constitution et des transformations chimiques de la matière**
- **Concepts** choisis pour leurs vertus formatrices qui structurent le programme tout en recommandant une approche concrète et **contextualisée**



Spiralisation en synthèse de la seconde à la terminale série générale spécialité Physique-Chimie

Mise en œuvre et optimisation des synthèses au laboratoire

Monde des
faits, des
expériences

Synthèse d'une espèce
chimique présente dans la
nature : reflux, CCM

Seconde

Une espèce chimique synthétisée au
laboratoire peut être identique à une
espèce chimique de la nature

Monde des
modèles

Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche

Isoler, purifier et analyser un
produit formé
Réaliser une extraction par
solvant

Première

- Etapes d'un protocole de synthèse: transformation, séparation, purification, analyse
- Relation structure des entités -propriétés physico-chimiques des espèces chimiques : miscibilité, solubilité, états physiques
- Quantité de matière/réactif limitant/avancement/rendement

Mettre en œuvre un
protocole de synthèse pour
étudier l'influence de la
modification des conditions
expérimentales sur le
rendement ou la vitesse.

Terminale

- Suivi temporel et modélisation macroscopique : facteurs cinétiques
- Prévision de l'évolution d'un système et de son état final (thermodynamique)

Spiralisation en synthèse de la seconde à la terminale série générale spécialité Physique-Chimie

Espèces chimiques organiques (réactifs et produits) et nature des réactions modélisant les transformations

Monde des
faits, des
expériences

- Analyser un produit
synthétisé par CCM

Seconde

- Modélisation, à partir de
données expérimentales, une
transformation par une réaction,
établissement de l'équation de
réaction ajustée associée

Monde des
modèles

- Mettre en œuvre des transformations
modélisées par des réactions d'oxydo-
réduction
- Analyser un produit formé par
spectroscopie Infrarouge

Première

- Formules brutes/développées
- Squelettes carbonés saturés
- Groupes caractéristiques/ familles fonctionnelles :
alcool/aldéhyde /cétone/ acide carboxylique
- Relation nom et formule semi-développée pour
molécules simples
- Réactions d'oxydation : oxydation des alcools/
combustion des hydrocarbures et des alcools

- Mettre en œuvre un protocole
de synthèse conduisant à la
modification d'un groupe
caractéristique ou d'une chaîne
carbonée.

Terminale

- Formules topologiques
- Squelettes carbonés insaturés/cycliques
- Familles fonctionnelles : esters/ amines/
amides/ halogénoalcanes
- Polymères
- Isomères de constitution
- Réactions acide-base/oxydo-réduction/
addition/élimination/substitution
- Stratégies de synthèse: synthèse multi-
étapes/ protection-déprotection/, synthèse
écoresponsables (réactiothèque)

Questions relatives aux choix effectués dans les programmes de lycée sur la synthèse chimique

Synthèse chimique en BAC + 2 OU ? COMMENT?

La synthèse

- la construction du programme privilégie une approche liée à stratégie de synthèse pour amener les étudiants à pouvoir conduire une véritable réflexion sur la stratégie de synthèse;
- Les chimistes peuvent être amenés à transposer à l'échelle industrielle un protocole élaboré au laboratoire.

Le module synthèse

- compétences en lien étroit avec les expérimentations;
- compréhension de notions plus théoriques et plus abstraites, tout en formant le futur technicien à des pratiques de laboratoire;
- développer l'autonomie, l'adaptabilité et la capacité de travailler en équipe;
- changement d'échelle permet également de comprendre les étapes d'optimisation d'un procédé industriel.

PCSI et
PC
Chimie

TPC1 et
TPC2
Chimie

BCPST1 et
BCPST2
Chimie Physique

TB1 et TB2
Chimie
Physique

*BTS Métiers de
la chimie*

CPGE

BTS

BACCALAURÉAT Série générale SPÉ PC et Série technologique STL SPCL et biotechnologie

Spiralisation en synthèse chimique en PCSI et PC

Compétences et capacités expérimentales

Monde des faits, des expériences

TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

- Transformations à chaud, à froid, à température ambiante,
- Contrôle et régulation de la température
- Suivi de l'évolution d'une transformation

SEPARATION – PURIFICATION

- Séparation de 2 liquides non miscibles, de 2 espèces dissoutes dans un solvant; d'un soluté et d'un solvant, d'un liquide et d'un solide,
- Lavage, recristallisation et séchage d'un solide,
- Séchage d'un liquide

ANALYSES QUALITATIVES (pureté)

- Température changement d'état, indice réfraction, pouvoir rotatoire, absorbance, rapport frontal, spectroscopie IR,

ANALYSES QUANTITATIVES (rendement)

- Titration suivi par pH-métrie, conductimétrie, potentiométrie à intensité nulle, spectrophotométrie UV-visible, polarimétrie, réfractométrie,
- Mesure de masses et volumes

PCSI

Exemple : Décrire et mettre en œuvre un protocole de préparation d'un organomagnésien mixte et de son utilisation pour créer une liaison carbone-carbone. Justifier les étapes et conditions expérimentales, y compris l'hydrolyse terminale.

- Séparation de 2 liquides miscibles : distillation simple et fractionnée, hydrodistillation

PC

Exemple : Proposer ou adapter un protocole expérimental permettant de réaliser une synthèse organique à partir de données fournies.

Monde des modèles

Monde des faits,

Monde des modèles

INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION, DE LA RECHERCHE ET DE LA RECHERCHE

Spiralisation en synthèse chimique en PCSI et PC

Structure des entités organiques, propriétés physiques des espèces et réactivité

	Structure	Réactivité	Modification groupes caractéristiques	Construction du squelette carboné
S1	<p>-Modèle de Lewis : modèle liaison covalente localisée et délocalisée</p> <p>-VSEPR ; géométrie</p> <p>-Stéréoisoméries de configuration et conformation</p>	<p>Polarisation/ Polarisabilité</p> <p>Nucléophile/ Electrophile</p> <p>Acide/base</p>	<p>- Ex halogénoalcanes :</p> <p>Substitution nucléophile et élimination, modèles limites SN1, SN2 et E2</p> <p>- Synthèse organomagnésienne (Umpolung)</p>	<p>- Ex organomagnésiens ;</p> <p>Additions nucléophiles sur cétone, aldéhyde et dioxyde de carbone</p>
S2	<p>Identification entités/chaines/groupes caractéristiques : UV-visible/IR/RMN</p>		<p>-Oxydo-réduction ; passage groupe hydroxyalkyle en carbonyle et inversement : oxydation des alcools et réduction des aldéhydes et cétones</p>	
S3 et S4	<p>-Modèle quantique atome et molécule : orbitales atomiques (OA) et moléculaires (OM)</p> <p>-Familles fonctionnelles : alcène, alcyne, halogénoalcane, alcool, ester sulfonique, 1,2- diol, éther-oxyde, époxyde, hémiacétal, acétal, amine, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amide, chlorure d'acyle, anhydride d'acide</p>	<p>Approximation des orbitales frontalières (HO et BV) et réactivité nucléophile ou électrophile</p>	<p>-Additions électrophiles sur les doubles liaisons carbone-carbone: formation alcools par hydratation en milieu acide ou hydroboration</p> <p>-Addition nucléophile suivie du départ d'un nucléofuge : formation d'esters et d'amides à partir d'acides carboxyliques, de chlorures d'acyle ou d'anhydrides d'acide</p> <p>- Oxydo-réduction : hydrogénation des C=C en cat homo et hétérogène, époxydation des C=C et hydrolyse des époxydes, réduction des esters en aldéhydes et alcools</p>	<p>-Réaction de Diels Alder</p> <p>-Nucleophilie des énolates : C-alkylation en position α d'un groupe carbonyle de cétone, aldolisations non dirigée et croisée, crotonisation (modèle E1cb)</p> <p>-Réaction de Michael sur une α-énone</p> <p>- Addition nucléophile des organomagnésiens sur esters et époxydes</p>

PCSI

PC

Inspection générale



Monde
des faits,

IGÉSR

INSPECTION GÉNÉRALE
DE L'ÉDUCATION, DU SPORT
ET DE LA RECHERCHE

Spiralisation en synthèse chimique en PCSI et PC

Stratégies de synthèse au laboratoire et dans l'industrie

Monde des
modèles

PCSI

PC

Inspection générale

	Activation de groupes caractéristiques	Protection déprotection de groupes caractéristiques	Stratégies de synthèse
S1			-Prévoir les réactifs utilisés lors de la synthèse magnésienne d'un alcool ou d'un acide carboxylique.
S2	<p>-Activation électrophile des alcools et synthèse des ethoxydes de Williamson</p> <p>-Activation nucléophile des alcools :</p> <ul style="list-style-type: none"> -par protonation , déshydratation alcool tertiaire (modèle E₁), compétition S_N et E pour alcool secondaire, conversion alcools en halogénoalcanes, -par formation esters sulfoniques, S_N <p>- Activation nucléophile des carbonyles et acétalisation</p>	<p>-Protection-déprotection du groupe carbonyle par un diol ; conditions expérimentales, mécanisme de l'hydrolyse acide.</p> <p>-Protection-déprotection du groupe hydroxyle : utilisation d'une banque de réactions fournie.</p>	-Approche élémentaire de l'analyse rétrosynthétique : Schéma rétrosynthétique.
S3 et S4	-Activation du groupe carboxyle de l'acide carboxylique par formation de chlorure d'acyle, d'anhydride d'acide ou par protonation	- Protection des groupes carboxyl, amino ou hydroxyle par synthèses d'amides ou d'esters et déprotection par hydrolyse	<p>- Proposer une stratégie de synthèse à l'aide d'une banque de réactions ou des réactions au programme.</p> <p>-Reconnaître ou justifier la nécessité de protéger un groupe carboxyle, amino ou hydroxyle dans le cadre d'une stratégie de synthèse.</p> <p>-Proposer une stratégie de synthèse pour préparer un aldol (un céto) issu d'une aldolisation croisée.</p> <p>-</p>

Questions relatives aux choix effectués en PCSI-PC sur la synthèse chimique

Biblio

Programmes

Secondaire:

Physique-Chimie 2nde générale et Technologie

Physique-Chimie 1^{ère} générale

Physique-Chimie Tle générale

BTS:

BTS Métiers de la chimie

CPGE: 1^{ère} année PCSI, TPC1, BCPST1, TB1

2nde année PC, BCPST2, TPC2, TB2

Ressources

- **Réactionthèque: Utiliser une banque de réactions en chimie organique.**
- **Sujet zéro Bac STL SPCL (exercice sur le biodiesel)**
- **Ressources du BTS MdC: Exemple d'un sujet de synthèse-analyse;**
Exemple d'un sujet pour l'épreuve collaborative
expérimentale;

Merci pour votre écoute et vos questions