

# Exemples de leçons de Chimie pour l'agrégation externe spéciale de Physique

Constant Auclair  
Centre de préparation à l'agrégation de Montrouge

27 mai 2025

## Les 10 commandements de la leçon de Chimie

1. Définir des **objectifs pédagogiques** et y répondre pendant le leçon.
2. Faire une **problématique** et y répondre pendant la leçon.
3. Pour les leçons de niveau lycée, traiter **tout le BO, rien que le BO**.
4. Faire un plan en **deux grandes parties** avec des sous-parties.
5. Écrire les choses importantes au tableau, avec **structure et couleur**.
6. Utiliser des **exemples** et pas des notations générales.
7. Faire au moins une **expérience quantitative** avec incertitudes.
8. Consacrer 5 à 10 minutes de la première partie à l'**élément imposé**.
9. Chercher, lire et projeter les **fiches de sécurité**.
10. Donner une **réponse nuancée** à la question VDLR.

## Quelques ressources utiles

- [Leçons de Martin Caelen](#)
- [Leçons de Simon Jeanne](#)
- [Leçons de Benjamin Marchetti](#)
- [Leçons de Erwan Allys et Olivier Fauvarque](#)
- [Leçons de Pierre-Henry Suet](#)
- [Leçons de Sylvio Rossetti](#)

## Table des matières

1 <sup>ère</sup> Générale - Solubilité et miscibilité des espèces chimiques	7
1 <sup>ère</sup> Générale - De la structure à la polarité d'une entité	9
1 <sup>ère</sup> Générale - Détermination de la composition d'un système à l'état initial à l'aide de grandeurs physiques	10
1 <sup>ère</sup> Générale - Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique	11
1 <sup>ère</sup> ST2S - L'eau, propriétés physiques et interaction avec les molécules d'intérêt biologique	12
1 <sup>ère</sup> ST2S - Manipulation des produits ménagers acides et basiques en sécurité	13
1 <sup>ère</sup> ST2S - Les produits désinfectants et antiseptiques	14
1 <sup>ère</sup> ST2S - Biomolécules et énergie	15
1 <sup>ère</sup> ST2S - Satisfaction des besoins énergétique de l'être humain	16
1 <sup>ère</sup> ST2S - Molécules d'intérêt biologique	17
1 <sup>ère</sup> STL-SPCL - Synthèse, purification et contrôle de pureté d'une espèce chimique organique liquide	18
1 <sup>ère</sup> STL-SPCL - Synthèses chimiques	19
1 <sup>ère</sup> STL-PCM - Réactions acide-base en solution aqueuse	20
1 <sup>ère</sup> STL-PCM - Solvants et solutés	21
T <sup>ale</sup> Générale - Prévoir le sens d'évolution spontanée d'un système chimique	22
T <sup>ale</sup> Générale - Analyser un système chimique par des méthodes physiques	23

T <sup>ale</sup> Générale - Évolution spontanée d'un système chimique et application	24
T <sup>ale</sup> Générale - Comparer la force des acides et des bases	25
T <sup>ale</sup> Générale - Stratégie de synthèse multi-étapes	26
T <sup>ale</sup> Générale - Structure et propriétés des composés organiques	27
T <sup>ale</sup> Générale - Cinétique et catalyse	28
T <sup>ale</sup> Générale - Optimisation d'une étape de synthèse	29
T <sup>ale</sup> ST2S - Stéréochimie des molécules d'intérêt biologique	30
T <sup>ale</sup> ST2S - Qualité de l'eau	31
T <sup>ale</sup> ST2S - Sécurité routière	32
T <sup>ale</sup> ST2S - Vitamines et additifs alimentaires	33
T <sup>ale</sup> ST2S - Lipides	34
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Conductivité	38
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Réactivité des dérivés d'acide	39
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Solubilité	40
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Distillation et diagrammes binaires	41
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Mécanismes réactionnels	42
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Évaporation et cristallisation	43
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Techniques spectroscopiques	46
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Électrolyse, électrosynthèse	47
T <sup>ale</sup> STL-SPCL - Oxydoréduction	48
T <sup>ale</sup> STL-PCM - Énergie chimique	49
MPSI - Dissolution et précipitation	50

MPSI - Cinétique en réacteur fermé de composition uniforme	51
MPSI - Description et transformation chimique d'un système	52
MPSI - Acide et base	53
MPSI - Construction des diagrammes E-pH	54
MPSI - Dissolution et précipitation	55
MPSI - Le modèle du cristal parfait et ses limites	56
MPSI - Liaisons chimiques	57
MP - Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	62
PSI - Utilisation du premier principe de la thermodynamique pour la détermination de grandeurs physico-chimiques	63
PSI - Cinétique électrochimique	67
PSI - Corrosion humide	68
PSI - Conversion d'énergie électrique en énergie chimique	69
PSI - Étude thermique d'un réacteur ouvert	70
TSI - Diagrammes E-pH	71
TSI - Optimisation d'un procédé chimique	72
TSI - Thermodynamique d'un système siège d'une réaction chimique	73

# 1<sup>ère</sup> Générale - Solubilité et miscibilité des espèces chimiques

Niveau : 1<sup>ère</sup> Générale

Pré-requis : Solubilité, interactions entre molécules

## Introduction

Contexte péda, difficultés et remédiations

Problématique : d'où proviennent les propriétés détergentes des savons ?

## I - Dissolution d'un solide moléculaire

### 1) Influence du solvant sur la dissolution

Polarité : les solides ioniques sont très solubles dans les solvants polaires.

### 2) Application à l'extraction liquide-liquide

Miscibilité.

**Expérience : Expériences sur la solubilité de quelques composés (PDB, p266)**

Trop bien !

**Expérience : Extraction liquide-liquide du diiode**

On ajoute du cyclohexane dans une solution aqueuse de diiode, le tout dans une ampoule à décanter. La phase organique prend une couleur violet/rose tandis que la phase aqueuse perd un peu sa couleur jaune.

## II - Propriétés des savons

### 1) Caractère amphiphile

Hydrophile + hydrophobe

## 2) Propriétés tensioactives

### Expérience : Savon et poivre

Quand on enduit une spatule de savon, elle repousse les grains de poivre à la surface de l'eau.

## 3) Dureté d'une eau

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## 1<sup>ère</sup> Générale - De la structure à la polarité d'une entité

Niveau : 1<sup>ère</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Miscibilité eau/éthanol/cyclohexane

Trop bien !

Expérience : Solubilité  $\text{I}_3^-$  dans l'eau et le cyclohexane

Trop bien !

Introduction

I -

II -

III -

Conclusion

Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> Générale - Détermination de la composition d'un système à l'état initial à l'aide de grandeurs physiques

Niveau : 1<sup>ère</sup> Générale

Pré-requis :

**Expérience : Quantité de cuivre dans une pièce de monnaie par spectrophotométrie (PDB, p220)**

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> Générale - Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique

Niveau : 1<sup>ère</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Titrage de la vitamine C d'un comprimé (PDB, p226)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> ST2S - L'eau, propriétés physiques et interaction avec les molécules d'intérêt biologique

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Dépollution d'une eau (1<sup>ère</sup> ST2S Nathan, p198)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> ST2S - Manipulation des produits ménagers acides et basiques en sécurité

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

**Expérience : Titrage successifs de deux acidités et comparaison des pouvoirs tampons (PDB, p119)**

Trop bien !

**Introduction**

**I -**

**II -**

**III -**

**Conclusion**

**Questions et réponses**

**Question : 1+1 ?**

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> ST2S - Les produits désinfectants et antiseptiques

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

**Expérience : Dilution de l'eau de Javel**

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> ST2S - Biomolécules et énergie

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Hydrolyse du saccharose (1<sup>ère</sup> ST2S Nathan, p257)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> ST2S - Satisfaction des besoins énergétique de l'être humain

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Composition du lait (1<sup>ère</sup> ST2S Nathan, p229)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## 1<sup>ère</sup> ST2S - Molécules d'intérêt biologique

Niveau : 1<sup>ère</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Identification chimique (PDB, p409)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow$  2

## 1<sup>ère</sup> STL-SPCL - Synthèse, purification et contrôle de pureté d'une espèce chimique organique liquide

Niveau : 1<sup>ère</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : CCM (PDB, p405)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow$  2

## 1<sup>ère</sup> STL-SPCL - Synthèses chimiques

Niveau : 1<sup>ère</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Hydrolyse d'un ester (PDB, p286)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> STL-PCM - Réactions acide-base en solution aqueuse

Niveau : 1<sup>ère</sup> STL-PCM

Pré-requis :

Expérience : Solution tampon (PDB, p352)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## 1<sup>ère</sup> STL-PCM - Solvants et solutés

Niveau : 1<sup>ère</sup> STL-PCM

Pré-requis :

Expérience : Expériences sur la solubilité de quelques composés (PDB, p266)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Prévoir le sens d'évolution spontanée d'un système chimique

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Expériences sur la notion de potentiel (PDB, p165)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Analyser un système chimique par des méthodes physiques

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Dosage par étalonnage d'un sérum physiologique (PDB, p217)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Évolution spontanée d'un système chimique et application

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Titrage successifs de deux acidités et comparaison des pouvoirs tampons (PDB, p119)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## T<sup>ale</sup> Générale - Comparer la force des acides et des bases

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Mise en évidence de la notion d'acide fort et faible (PDB, p115)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Stratégie de synthèse multi-étapes

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Synthèse du paracétamol (Mesplède, p125)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

# T<sup>ale</sup> Générale - Structure et propriétés des composés organiques

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience :

Trop bien !

Introduction

I -

II -

III -

Conclusion

Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Cinétique et catalyse

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Influence de la catalyse sur la vitesse d'oxydation des ions iodures (PDB, p30)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> Générale - Optimisation d'une étape de synthèse

Niveau : T<sup>ale</sup> Générale

Pré-requis :

Expérience : Détermination d'une énergie d'activation par suivi pH-métrique (PDB, p40)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> ST2S - Stéréochimie des molécules d'intérêt biologique

Niveau : T<sup>ale</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Pouvoir rotatoire de l'acide tartrique (Bernard)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> ST2S - Qualité de l'eau

Niveau : T<sup>ale</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Dosage des ions ammonium par conductimétrie  
(Le Maréchal, p164)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> ST2S - Sécurité routière

Niveau : T<sup>ale</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Mesure du volume molaire de H<sub>2</sub> (Le Maréchal, p67)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## T<sup>ale</sup> ST2S - Vitamines et additifs alimentaires

Niveau : T<sup>ale</sup> ST2S

Pré-requis :

Expérience : Titrage de la vitamine C d'un comprimé (PDB, p226)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> ST2S - Lipides

**Élément imposé :** Réaliser la saponification d'un corps gras

**Niveau :** T<sup>ale</sup> ST2S

**Pré-requis :** montage à reflux, acides gras, fonctions chimiques, espèce amphiphile

### Introduction

Contenu de la leçon, contexte pédagogique, TP et activité documentaire, objectifs, difficultés, remédiations.

Problématique : A partir de quels types de molécules les savons sont synthétisés ? Quelle est l'influence de ce type de molécule sur la santé ?

## I - Lien entre acides gras et les triglycérides

### 1) Définitions

Acide gras saturé : ils possèdent la fonction acide carboxylique mais aussi une longue chaîne carbonée avec uniquement des liaisons simples.

Exemple : acide oléique.

Acide gras insaturé : pareil mais avec au moins une liaison double.

Triglycéride : constitué de trois fonctions esthers. Exemple : oléine.

### 2) Du glycérol au triglycéride

Un triglycéride est formé à partir du glycérol et de trois acides gras selon une réaction d'esterification.

Par exemple, la réaction du glycérol avec l'acide oléique produit de l'oléine.

Une esterification est une réaction qui transforme une fonction acide carboxylique et une fonction alcool pour former un ester et une molécule d'eau.

### 3) Du triglycéride au glycérol

C'est la réaction inverse de l'esterification : c'est une hydrolyse.

## II - Du triglycéride au savon : la réaction de saponification

### 1) La saponification de l'oléine

Réaction de saponification de l'oléine.

### 2) Expérience

#### Expérience : Obtention rapide d'un savon (PDB, p290)

On réalise un montage à reflux. Attention, on divise toutes les quantités par deux ! On veut environ 1g de produit. On introduit une masse  $m_0$  d'huile d'olive, environ 30 mL de soude à 10 mol/L et environ 20 mL d'éthanol pur à 95%. On met bien des gants. La seule quantité qui doit être précise est  $m_0$ . On oublie pas d'allumer le réfrigérant et c'est parti pour le chauffage. On ajoutera dans le liquide obtenu du  $NaCl$  saturé pour faire précipiter le savon. On peut calculer le rendement sachant que le réactif limitant est le triglycéride. On trouve un rendement qui peut être supérieur à 1 si le produit n'a pas été séché.

## III - Les lipides et la santé

### 1) Acides gras

Les acides gras se dégradent à haute température et produisent des produits potentiellement toxiques ou cancérigènes. Pour l'huile d'olive, la température de fumée est 160°C.

Les acides gras poly-insaturés sont bons pour la santé. Les acides gras saturés et mono-insaturés sont pas terribles.

### 2) Le cholestérol

Le cholestérol appartient aux stérols, qui ne sont pas solubles dans l'eau.

Le problème du cholestérol est qu'il bouche les artères et entraîne des risques cardio-vasculaires.

## Conclusion

Les triglycérides permettent de produire du savon. Ils ont aussi un intérêt biologique. Les acides gras saturés sont pas terribles pour la santé mais les poly-insaturés c'est bien.

## Questions et réponses

**Question :** Quel est le nom officiel (dans la nomenclature) du premier acide présenté ?

⇒ On révise bien la nomenclature !

**Question :** Quelle est la différence entre une fonction chimique et un groupement caractéristique ?

⇒ Bonne question.

**Question :** Quelle grandeur permet de caractériser un équilibre chimique ? ODG pour l'estérification ?

⇒ C'est la constante d'équilibre.

**Question :** Comment s'affranchir de l'équilibre ?

⇒ On peut éliminer l'eau produite avec un Dean-Stark.

**Question :** Comment on fait un montage Dean-Stark en pratique ?

⇒ On remplit du Dean-Stark de solvant organique pour que l'eau qui retombe dedans fasse couler du solvant dans le ballon.

**Question :** Quelle est la température des vapeurs dans le Dean-Stark ?

⇒ On peut regarder le diagramme binaire et lire la température de l'hétéroazéotrope.

**Question :** Mécanisme de l'estérification ?

⇒ Trop facile !

**Question :** C'est quoi l'APTS ?

⇒ Acide paratoluènesulfonique.

**Question :** Pourquoi on utilise l'APTS ?

⇒ Solide donc pas besoin de rajouter d'eau, soluble en phase organique et soluble en phase aqueuse sous sa forme basique.

**Question :** C'est quoi l'étape de prototropie dans la mécanisme ?

⇒ C'est une réaction acide-base intra moléculaire qui est en réalité peu probable avec un seul proton, c'est plus probable que ce soit avec deux protons différents.

**Question :** Et les risques de cette expérience ?

⇒ La soude est très concentrée, l'éthanol est inflammable.

**Question :** Comment être sûr que le réactif limitant est bien la triglycéride ?

⇒ On peut faire le tableau d'avancement.

**Question :** Pourquoi faut-il ajouter une solution saturée en NaCl pour qu'il y ait précipitation ?

$\Rightarrow$  En ajoutant du  $\text{Na}^+$ , on déplace l'équilibre de précipitation.

**Question :** Pourquoi les acides gras saturés sont mauvais pour la santé ?

$\Rightarrow$  Ils favorisent le dépôt de cholestérol.

### Commentaires

Très bonne leçon, pas besoin de parler du cholestérol à la fin. Bien montrer les pictogrammes des substances dangereuses. C'est bien d'être honnête sur les valeurs aberrantes. Bien aplatis le solide quand on le met à l'étuve.

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Conductivité

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Dosage des ions ammonium par conductimétrie  
(Le Maréchal, p164)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Réactivité des dérivés d'acide

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Synthèse de l'acétate de benzyle avec Dean Stark (Martinand-Lurin, p403)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Solubilité

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Utilisation d'une solution tampon pour la redissolution sélective des inos Fe(III) et Zn(II) (PDB, p137)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Distillation et diagrammes binaires

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Distillation fractionnée d'un mélange eau/acétone (Bernard)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Mécanismes réactionnels

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Pouvoirs rotatoires de dérivés du glucose (Bernard)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Évaporation et cristallisation

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis : Solubilité, titrage acido-basique, synthèse organique

### Introduction

Intro péda : contexte péda, BO, devoirs, difficultés et remédiations

Problématique : comment récupérer les cristaux de sel dans l'eau de mer ?

### I - Cristallisation

#### 1) Solubilité

Définition : la solubilité est la quantité maximale de solide qu'on peut dissoudre en solution. Elle s'exprime en g/L.

En général,  $s$  est une fonction croissante de  $T$ . On réalise un diagramme de  $s$  en fonction de  $T$ . En dessous de la courbe, la solution est sous-saturée. Si on est sur la courbe, on observe un précipité.

Exemple du carbonate de sodium. On trace la courbe pour cette espèce.

Définition : titre massique

On a  $\omega = \frac{S}{S+100}$  avec  $S$  la masse qu'on peut dissoudre pour 100 g d'eau.

Définition : une cristallisation est une méthode pour récupérer un solide initialement présent en solution.

#### 2) Cristallisation par refroidissement

En refroidissant une solution, on arrive sur la courbe de solubilité et on forme des cristaux.

#### Expérience : Cristallisation du carbonate de sodium

On remplit un cristallisateur avec de la glace. Dedans, on pose un erlenmeyer avec une solution sous-saturée en carbonate de sodium. Quand on arrive sous 10°C, on ajoute quelques cristaux de carbonate de sodium pour lancer la cristallisation. Le milieu devient trouble ! Les cristaux se sont formés. On procède ensuite à une filtration sous vide sur Buchner pour récupérer les cristaux.

## II - Bilan de matière

### 1) Bilan détaillé

La solution initiale cristallise lors du processus de refroidissement. Cela donne un cristal et un filtrat.

### 2) Caractérisation du filtrat et du substrat

On calcule les titres massiques.

#### Expérience : Titrage d'une solution de carbonate de sodium

On réalise le titrage du filtrat par l'acide chlorhydrique pour déterminer la concentration d'espèce dissoute. On utilise le rouge de crésol comme indicateur coloré.

On applique l'égalité des quantités de matière à l'équivalence et on trouve la quantité de matière de carbonate de sodium.

### 3) Rendement

On calcule le rendement.

## Conclusion

Retour sur ce qu'on a fait. Commentaire sur la valeur du rendement.  
Ouverture sur la cristallisation par évaporation.

## Questions et réponses

**Question :** Qu'est-ce que la recristallisation ?

⇒ Méthode utilisée en synthèse pour purifier un solide.

**Question :** Plus d'infos sur les marais salants ?

⇒ Dans les marais salants, ils utilisent plutôt la cristallisation par évaporation.

**Question :** Structure cristallographique du chlorure de sodium ?

⇒ Deux mailles CFC décalée.

**Question :** Contre exemple de la solubilité qui augmente avec la température ?

⇒ Calcaire.

**Question :** Comment on détermine expérimentalement une solubilité ?

⇒ Par titrage d'une solution saturée.

**Question :** Et pour accéder à une autre température ?

⇒ On utilise un bécher thermostaté.

**Question :** Le carbonate de sodium c'est des cristaux de soude ?

⇒ Abus de langage, souvenir du CAPES !

**Question :** Différence entre titrage et dosage ?

⇒ Un titrage est une type de dosage.

**Question :** Incertitudes dominantes ? Autre méthode de propagation ?

⇒ J'ai négligé les incertitudes les plus petites, Monte-Carlo.

**Question :** Dans quels montages on utilise la distillation ?

⇒ Distillation simple et distillation fractionnée.

**Question :** Dans quel ordre on arrête la filtration ?

⇒ On casse le vide et ensuite on éteint la pompe.

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Techniques spectroscopiques

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Quantité de cuivre dans une pièce de monnaie  
(PDB, p219)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Électrolyse, électrosynthèse

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Étude quantitative d'une électrolyse à anode soluble (PDB, p192)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## T<sup>ale</sup> STL-SPCL - Oxydoréduction

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-SPCL

Pré-requis :

Expérience : Titrage de la vitamine C d'un comprimé (PDB, p224)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## T<sup>ale</sup> STL-PCM - Énergie chimique

Niveau : T<sup>ale</sup> STL-PCM

Pré-requis :

Expérience : Chaleur de combustion (Le Maréchal, p254)

Trop bien !

Introduction

I -

II -

III -

Conclusion

Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

# MPSI - Dissolution et précipitation

Niveau : MPSI

**Pré-requis :** Constante d'équilibre et quotient de réaction, réactions acide-base

## Introduction

Intro pédagogique : objectifs de la séance, contexte pédagogique, difficultés  
Problématique : comment expliquer l'apparition ou la disparition de grains solides en solution ?

## I - Produit de solubilité

- 1) Définitions
- 2) Conditions d'existence
- 3) Solubilité

**Expérience : Solubilité du sulfate de calcium (Le Maréchal, p160) (ou de l'acide benzoïque)**

Trop bien !

## II - Influence de l'environnement

- 1) Titrages par précipitation

**Expérience : Titrage du nitrate d'argent**

Trop bien !

## Conclusion

### Questions et réponses

**Question :** 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## MPSI - Cinétique en réacteur fermé de composition uniforme

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Détermination d'une énergie d'activation par suivi pH-métrique (PDB, p41)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## MPSI - Description et transformation chimique d'un système

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Détermination d'un pKa par spectrophotométrie (PDB, p133)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## MPSI - Acide et base

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Titrage successifs de deux acidités et comparaison des pouvoirs tampons (PDB, p124)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## MPSI - Construction des diagrammes E-pH

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Influence du pH et de la complexation sur le potentiel du couple Fe(III) / Fe(II) (PDB, p182)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## MPSI - Dissolution et précipitation

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Utilisation d'une solution tampon pour la redissolution sélective des ions Fe(III) et Zn(II) (PDB, p139)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

# MPSI - Le modèle du cristal parfait et ses limites

Niveau : MPSI

Pré-requis :

Expérience : Mesure de masse volumique

Trop bien !

## Introduction

I -

II -

III -

Conclusion

Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## MPSI - Liaisons chimiques

Niveau : MPSI

Élément imposé : utiliser un logiciel de modélisation

Pré-requis : états de la matière, classification périodique

**Expérience : Miscibilité eau/éthanol/cyclohexane**

Trop bien !

**Expérience : Solubilité  $I_3^-$  dans l'eau et le cyclohexane**

Trop bien !

### Introduction

BO, contexte pédagogique, difficultés, remédiation

Problématique : Comment expliquer les différences de température d'ébullition ?

**Expérience : Mesure de la température d'ébullition de l'eau, l'acétone et l'éthanol**

On mesure les trois températures d'ébullition en mettant un thermomètre dans un ballon chauffé au moment où le liquide bout.

### I - Modèle de la liaison covalente

#### 1) Liaison covalente localisée

ODG : noyau  $10^{-15}$  m, nuage électronique  $10^{-10}$  m. C'est petit ! En vrai il faut utiliser la mécanique quantique mais on peut quand même faire des approximations.

Définition : une liaison covalente est la mise en commun d'électrons entre deux entités chimiques.

Réaction de formation de la liaison : deux hydrogènes mettent en commun leur électron pour former du  $H_2$ .

Définition : l'énergie de liaison est l'énergie à fournir pour casser la liaison existante entre deux atomes. ODG :  $E_l \sim 100$  kJ/mol,  $d \sim 100$  pm.

## 2) Classification périodique

On note  $Z$  le numéro atomique, c'est le nombre de protons dans le noyau.

Il y a plusieurs blocs dans le tableau, et le tableau est organisé tel que  $Z$  augmente quand on parcourt une ligne vers la droite et quand on descend à la ligne suivante.

Définition : les électrons de valence sont des électrons faiblement liés au noyau. A l'inverse, les électrons de coeur sont solidement liés au noyau.

Nombre d'électrons de valence : Pour le bloc  $s$ , c'est le numéro de colonne du bloc. Pour le bloc  $p$ , c'est le numéro de la colonne au sein du bloc  $+2$ . Quelques exemples.

Deux atomes dans la même colonne ont des propriétés similaires.

## 3) Schéma de Lewis

Constat expérimental :  $Na^+$ ,  $Li^+$ ,  $Ca^{2+}$  sont plutôt stables.

Règle de l'octet : chaque atome d'entoure de 8 électrons en partageant des électrons de valence avec d'autres entités chimiques.

On peut ainsi déterminer le nombre de liaison que chaque atome va faire !

Pour la première période, on a la règle du duet, pour la deuxième c'est la règle de l'octet et après ils font ce qu'ils veulent (hypervalents ou électrodéficients).

Exemples des schémas de Lewis de l'eau et du méthanal.

## II - Géométrie et polarité

### 1) Géométrie

Objectif : minimiser l'énergie. On peut observer ça sur un logiciel de modélisation de molécule (Avogadro) : eau, éthanol, acétone.

### 2) Polarité

On note  $\chi$  l'électronégativité d'un élément, elle caractérise sa capacité à attirer des électrons de la liaison covalente.

Exemple : dans la molécule d'eau, l'atome d'oxygène attire les électrons et il est donc chargé plutôt négativement et les atomes d'hydrogènes plutôt

positivement.

En électrostatique, quand on a deux charges de signe opposé à une distance donnée, il se crée un moment dipolaire égal à la charge multipliée par la distance.

Ces moments dipolaires vont entraîner des interactions entre les molécules.

La polarité désigne le fait que le barycentre des charges positives et négatives ne sont pas confondus, La molécule présente donc un moment dipolaire global.

### 3) Interactions entre les entités

Interactions de Van der Waals : Keesom, Debye, London. Elles ont une énergie d'interaction de l'ordre de 5 kJ/mol.

Il y a aussi les liaisons hydrogène ! Elles sont de l'ordre de 10 – 40 kJ/mol.

### Conclusion

Ces liaisons et leur énergie d'interaction expliquent les différences de température d'ébullition qu'on a observé au début.

### Questions et réponses

**Question :** Pourquoi avoir fait deux morceaux du BO dans la même leçon ?

⇒ Les deux sont très liées et successives mais j'aurais pu entrer plus en profondeur si j'en avais fait qu'un.

**Question :** Ces notions ont-elles été vues au lycée ?

⇒ Oui, j'aurais pu aller plus vite sur certains éléments de la leçon en mettant plus de choses en pré-requis.

**Question :** Quel type d'éthanol avez-vous pris ?

⇒ Il n'est pas pur, c'est de l'éthanol à 95%

**Question :** Pourquoi il y a 5% d'eau ?

⇒ Il est obtenu par distillation et les températures d'ébullition sont assez proches donc c'est pas évident d'avoir quelque chose de très pur.

**Question :** Diagramme binaire du mélange eau-éthanol ?

⇒ On part d'un mélange eau-éthanol qu'on veut purifier par distillation, et on finit sur la composition de l'azéotrope qui est de l'ordre de 95% en éthanol. On utilise une colonne de Vigreux.

**Question :** Comment on fait pour obtenir de l'éthanol pur ?

⇒ Distillation azéotropique ou déshydratation à l'aide de glycérol.

**Question :** C'est quoi le z-score ?

⇒ C'est une mesure de la compatibilité de la distribution de valeurs mesurées avec la valeur tabulée.

**Question :** Formes mésomères de l'ozone ?

⇒ Un petit schéma : il est apolaire par mésomérie.

**Question :** Pertinence du modèle des liaisons covalentes par rapport à la chimie quantique ?

⇒ C'est une grosse approximation mais ça marche bien.

**Question :** Dans quel cadre on peut considérer les noyaux fixes ?

⇒ Approximation de Born-Oppenheimer.

**Question :** Dans le tableau périodique, comment on justifie la position du bloc  $f$  ?

⇒ On remplit les couches dans l'ordre et on va tomber sur les  $4f$  et  $5f$  à un moment, mais on les sort du tableau par souci de lisibilité.

**Question :** Comment on détermine le nombre d'électron de valence d'un élément du bloc  $d$  ?

⇒ Exemple du Chrome de numéro atomique 24, on écrit sa configuration électronique.

**Question :** Comment on sait quels électrons sont ceux de valence ?

⇒ C'est ceux à partir du nombre quantique principal maximal.

**Question :** Le chrome est une exception, quelle règle ne respecte-t-il pas ?

⇒ Il ne respecte pas la règle de Klechkowski.

**Question :** Comment prévoir la géométrie d'une molécule ?

⇒ On peut utiliser la méthode VSEPR.

## Commentaires

Faire une seule sous-section du BO maximum.

Passer plus de temps sur l'élément imposé (au moins 5 minutes).

La minimisation de l'énergie n'était pas bien expliquée.

On peut utiliser PhET pour modéliser plutôt que Avogadro.

## MP - Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques

Niveau : MP

Pré-requis :

Expérience : Mesure de chaleur latente de changement d'état  
(Le Maréchal, p262)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

# PSI - Utilisation du premier principe de la thermodynamique pour la détermination de grandeurs physico-chimiques

Niveau : PSI

Pré-requis : bases de thermodynamique

## Introduction

**Contexte pédagogique :** Séance précédente : étude des systèmes thermodynamique. Séance suivante : second principe.

**Difficultés :** Décomposition en cycles et utilisation de la loi de Hess, grandeurs standards.

**Problématique :** Comment faire une chaufferette en mélangeant un acide fort et une base forte et pourquoi cela peut-il être dangereux ?

## I - Rappels thermodynamiques

### 1) Premier principe

Pour un système qui échange de l'énergie avec l'extérieur,  
 $dU = \delta W + \delta Q + \delta W'$  avec  $\delta W$  le travail des forces mécaniques et  $\delta W'$  le travail des autres forces.

Ce principe s'écrit sous forme intégrale  $\Delta U = W + Q + W'$ .

### 2) Enthalpie $H$

Définition :  $H = U + PV$ .

Pour un système fermé qui transfère un volume  $\delta V$  et une chaleur  $\delta Q$ , on a  
 $dU = -p_{\text{ext}}dV + \delta Q$ .

Ainsi,  $dH = \delta Q$  et sous forme intégrale  $\Delta H = Q_p$ .

## II - Enthalpie de réaction

### 1) Grandeurs de réaction

Définition : Pour une grandeur extensive  $Y$ , la grandeur de réaction est une grandeur intensive qui s'écrit  $\Delta_r Y = \left(\frac{\partial Y}{\partial \xi}\right)_{T,P}$ .

Pour une transformation caractérisée par un avancement final  $\xi_f$ , on a

$$\Delta Y(\xi_f) = Y(\xi_f) - Y(\xi_0) = \int_{\xi_0}^{\xi_f} \left( \frac{\partial Y}{\partial \xi} \right)_{T,P} d\xi.$$

## 2) État standard

Définition : L'état standard est choisi conventionnellement à  $P = P^\circ = 1 \text{ bar}$  et à  $T$  fixée.

## 3) Grandeurs standards de réaction

Si tous les réactifs et produits étaient dans leur état standard à la température  $T$  :  $\Delta_r Y^\circ = \left( \frac{\partial Y^\circ}{\partial \xi} \right)_{T,P}$ .

## 3) Application à l'enthalpie et lien avec les transferts thermiques

On a  $\Delta H = Q_p = \int_{\xi_0}^{\xi_f} \Delta_r H d\xi$ . Si on fait l'approximation d'Ellingham qui consiste en  $\Delta_r H \simeq \Delta_r H^\circ$ , on a simplement  $\Delta H = Q_p = \Delta_r H^\circ \xi_f$ .

Si  $\Delta_r H^\circ > 0$ , le système reçoit de la chaleur  $\rightarrow$  endothermique

Si  $\Delta_r H^\circ < 0$ , le système produit de la chaleur  $\rightarrow$  exothermique

Si  $\Delta_r H^\circ = 0$ , le système ne produit pas ni ne reçoit de chaleur  $\rightarrow$  athermique

**Exemple :** déterminer la température de flamme d'une combustion

On considère la réaction  $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} = H_2O_{(l)}$ .

On décompose la réaction en une étape de réaction et une étape de chauffage : c'est un cycle de Hess. Pendant la réaction, on a

$\Delta H_1 = \Delta_r H^\circ \xi_f$  et pendant le chauffage  $\Delta H_2 = n C_m^{H_2O}(T_f - T_i)$ . On doit avoir  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$  donc on peut déterminer  $T_f = 7490 \text{ K}$ .

### Expérience : Mesure de l'enthalpie standard d'une réaction acido-basique (Le Maréchal, p257)

On met de la soude dans de l'acide chlorhydrique et on observe l'élévation de température dans un calorimètre. La réaction est  $H_3O_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^- = 2H_2O_{(l)}$ . On répète pour différentes quantités de soude



ajoutées et on trace la température finale en fonction du volume de soude. Connaissant la capacité thermique du calorimètre, on remonte à l'enthalpie standard de réaction de la réaction. On compare à la valeur tabulée et on calcule le z-score.

## Conclusion

Pendant cette leçon, on a défini les grandeurs de réaction et on a compris comment on pouvait créer de la chaleur à l'aide d'une réaction acido-basique. Lors de la prochaine leçon, on s'intéressera au second principe de la thermodynamique et aux entropies de réaction.

## Questions et réponses

**Question :** Pouvez-vous détailler les pré-requis ?

⇒ Les élèves doivent connaître les notions d'énergie interne, d'enthalpie, le premier principe et la description des systèmes thermodynamiques.

**Question :** C'est quoi une variable d'état ?

⇒ C'est une fonction de l'état du système, donc principalement de ses variables  $T$  et  $P$ .

**Question :** Quel genre de TP vous feriez ?

⇒ Cette manipulation peut être faite en TP avec les élèves.

**Question :** Comment fonctionne une vraie chaufferette ?

⇒ Souvent ça repose sur une surfusion.

**Question :** Qu'est-ce qui rentre dans le  $\delta W'$  ?

⇒ Le travail des autres forces.

**Question :** Est-ce que les élèves vont bien comprendre la notion d'état standard ?

⇒ Il faudra veiller à bien donner des exemples.

**Question :** Dans quel cas peut-on dire que  $\Delta_r H \simeq \Delta_r H^\circ$  ?

⇒ C'est l'approximation d'Ellingham, on peut la faire quand la température ne change pas trop.

**Question :** Dans quel cas on ne peut pas faire cette approximation ?

⇒ Quand les températures sont très élevées, en métallurgie par exemple.

**Question :** Exemples de réaction athermique ?

⇒ L'esterification.

**Question :** Exemples de réaction endothermique ?

⇒ Les dissolutions (sauf le calcaire).

**Question :** C'est quoi la température de flamme ?

⇒ C'est la température à laquelle se déroule la réaction de combustion.

**Question :** Comment on détermine la capacité du calorimètre ?

⇒ On met de l'eau chaude dedans et on mesure la température à l'équilibre.

**Question :** Est-ce qu'il faut attendre avant de mesurer la température ?

⇒ Un peu pour que ça se thermalise mais pas trop sinon il y aura trop de pertes thermiques.

**Question :** C'est quoi le z-score ?

⇒ C'est un indicateur statistique qui mesure la compatibilité d'une distribution de valeurs expérimentales avec une valeur de référence.

**Question :** Vous avez dit que la prochaine leçon pourra porter sur la loi de Hess, qu'est-ce que vous en direz ?

⇒ Je l'énoncerai en définissant les enthalpies standards de formation et je donnerai des exemples.

## Commentaires

On pouvait aller plus vite sur les rappels de thermodynamique, ce qui aurait permis de parler d'enthalpie standard de formation et de la loi de Hess.

Cela aurait été bien de présenter les notions à travers des exemples. Pour la manip, ça peut être bien de projeter le protocole.

## PSI - Cinétique électrochimique

Niveau : PSI

Pré-requis :

Expérience : Étude quantitative des réactions aux électrodes  
(Le Maréchal, p178)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## PSI - Corrosion humide

Niveau : PSI

Pré-requis :

Expérience : Passivation (Le Maréchal, p220)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## PSI - Conversion d'énergie électrique en énergie chimique

Niveau : PSI

Pré-requis :

Expérience : Étude quantitative d'une électrolyse à anode soluble (PDB, p192)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## PSI - Étude thermique d'un réacteur ouvert

Niveau : PSI

Pré-requis :

Expérience : Photo ou vidéo d'un réacteur

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## TSI - Diagrammes E-pH

Niveau : TSI

Pré-requis :

Expérience : Passivation (Le Maréchal, p220)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$

## TSI - Optimisation d'un procédé chimique

Niveau : TSI

Pré-requis :

Expérience : Influence de la température sur un équilibre d'échange de ligands entre deux complexes (PDB, p71)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$



## TSI - Thermodynamique d'un système siège d'une réaction chimique

Niveau : TSI

Pré-requis :

Expérience : Influence de la température sur un équilibre d'échange de ligands entre deux complexes (PDB, p71)

Trop bien !

### Introduction

I -

II -

III -

### Conclusion

### Questions et réponses

Question : 1+1 ?

$\Rightarrow 2$