



Wettbewerb
Umweltfreundlicher
Chemieunterricht
1994

Concours : Pour un enseignement écologique de la chimie 1994

par Alfred MATHIS
Lycée Jean Rostand - 67000 Strasbourg

L'article ci-dessous contient deux derniers exemples des travaux primés au concours «Pour un enseignement écologique de la chimie 1992». On se reportera au B.U.P. n° 761 (février 1994) pour d'autres exemples : chimie du cuivre et analyse quantitative des ions ammonium.

1. CHIMIE DU PLOMB

1.1. Généralités

Un ensemble de réactions permettant d'illustrer des concepts fondamentaux de chimie, tels que :

- phénomène de dissolution,
- substitution radicalaire,
- sécurité lors de la manipulation de produits inflammables,
- application de la loi d'action de masse,
- réactions redox,

sont présentés sous forme cyclique permettant de réduire considérablement les déchets.

1.2. Vue d'ensemble

La **figure 1** donne une vue d'ensemble des réactions pouvant être réalisées.

1.3. Description des expériences

1.3.1. Précipitation et hydratation

A environ 6 mL d'hexane* on ajoute une pointe de spatule d'iodure de potassium et de nitrate de plomb II. Aucune observation même après

* NDLR : La toxicité de l'hexane justifie son remplacement par le cyclohexane ou l'heptane chaque fois que cela est possible.

agitation. En ajoutant environ 5 mL d'eau, on observe la formation d'iode de plomb PbI_2 formant un précipité jaune.

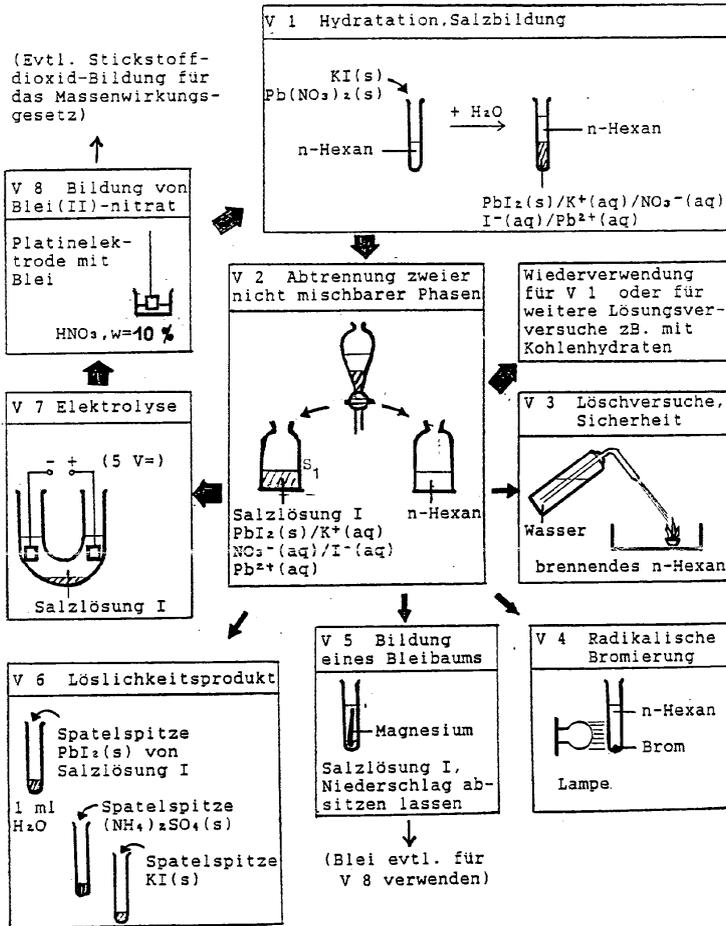


Figure 1

1.3.2. Décantation et séparation des phases

Par décantation dans une petite ampoule à décanter on sépare les deux liquides non miscibles. Chaque phase est récupérée et réutilisée par la suite. La phase aqueuse sera noté S1 par la suite.

1.3.3. Sécurité : inflammabilité et extinction d'un feu

(A exécuter sous la hotte)

On place sur un verre de montre un peu d'hexane. L'ensemble peut être placé dans un cristalliseur rempli d'eau. On enflamme l'hexane. Avec le jet d'eau d'une pissette on essaye d'éteindre le feu. Sans aucun résultat. Bien au contraire on disperse l'hexane ce qui crée des foyers secondaires. On peut éteindre ce feu en recouvrant le cristalliseur par exemple avec une tôle.

1.3.4. Bromation radicalaire

Dans un tube à essai on place un peu d'hexane venant de l'expérience 1.3.2. On ajoute deux gouttes de dibrome. Puis on fixe le tube sur un support. Il est alors éclairé avec, par exemple, un projecteur de diapos. L'hexane subit ainsi une substitution radicalaire par le brome : (décoloration, dégagement HBr visualisé avec un papier pH).

1.3.5. Oxydo-réduction : arbre de plomb

On utilise la solution aqueuse S1 de l'expérience V2.

Après décantation de S1 on place dans la solution qui contient encore des ions Pb^{2+} un ruban de magnésium. On observe la formation d'un «arbre de plomb» mais seulement s'il y a suffisamment d'ions plomb en solution. Le plomb qui se forme sera utilisé pour l'expérience 1.3.8.

1.3.6. Produit de solubilité

On met en suspension dans de l'eau un peu d'iodure de plomb provenant de l'expérience 1.3.2. La suspension doit encore être presque transparente. On ajoute en toutes petites quantités du sulfate d'ammonium jusqu'à apparition d'un précipité. Il faut éviter un excès de sulfate d'ammonium.

La concentration en ions Pb^{2+} de la solution saturée d'iodure de plomb est de :

$$6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad (\text{à } 25^\circ\text{C avec } K_S(\text{PbI}_2) = 1,0 \cdot 10^{-9})$$

Le sulfate de plomb précipite lorsque la concentration en ions sulfate est :

$$[\text{SO}_4^{2-}] > 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad (\text{avec } K_S(\text{PbSO}_4) = 2 \cdot 10^{-8})$$

Maintenant on ajoute à nouveau par toutes petites fractions de l'iodure de potassium jusqu'à apparition d'un précipité jaune. L'addition de KI permet de faire précipiter de l'iodure de plomb dès que le produit de solubilité est atteint. Lorsque PbI_2 précipite, le sulfate de plomb se dissout à nouveau.

1.3.7. Électrolyse

La solution S1 est placée dans un petit tube en U. On réalise l'électrolyse avec des électrodes en platine pendant cinq minutes avec une tension continue de 5 volts environ.

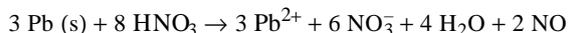
Dans le compartiment anodique on a $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$.

L'iode formé peut être mis en évidence à l'aide d'une solution d'empois d'amidon.

A la cathode on a $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$. Le plomb se dépose sur l'électrode. Ce plomb servira dans l'expérience suivante.

1.3.8. Formation de nitrate de plomb

Dans un creuset en porcelaine on place 1 à 2 mL d'acide nitrique à 10 % (en masse) et on y plonge l'électrode recouverte de plomb de l'expérience 1.3.7. On laisse séjourner cette électrode jusqu'à ce qu'elle soit débarassée du plomb. On a :



On laisse évaporer l'eau de cette solution pour récupérer le nitrate de plomb permettant de refaire le cycle d'expériences.

2. POLYMÉRISATION ET DÉPOLYMÉRISATION

Les réactions de polymérisation et de dépolymérisation ainsi que le recyclage du solvant peuvent être très facilement illustrés à partir du plexiglas ou polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

2.1. Préparations préliminaires

Séchage du chlorobenzène (solvant) pendant un jour sur oxyde de phosphore. Lavage de 20 mL de méthacrylate de méthyle (MMA) deux fois avec une solution d'hydroxyde de sodium diluée. La phase

organique est ensuite séchée sur du sulfate de sodium pendant environ une heure. Ce lavage n'est plus à réaliser si on utilise du MMA obtenu par craquage du PMMA.

2.2. Polymérisation

Dans un ballon bicol, de 250 mL, introduire 60 mL de chlorobenzène sec et le MMA. Ajouter 100 mg de catalyseur de polymérisation : Azo-bis-iso-butyronitrile. Adapter un réfrigérant à reflux et prévoir une agitation.

Chauffer au bain-marie pour atteindre après 30 minutes une température de 80 à 90°C. Maintenir cette température et agiter pendant deux heures.

Faire alors un essai en prélevant quelques millilitres avec une pipette et en introduisant cette solution dans du cyclohexane. Le polymère doit alors apparaître rapidement. Sinon continuer à chauffer et ajouter du catalyseur frais.

Le mélange réactionnel est versé lentement et en agitant dans un bécher contenant 200 mL de cyclohexane. On obtient un polymère visqueux qui se solidifie après agitation pendant un certain temps.

Par décantation on sépare le solvant du polymère. Tout en malaxant le PMMA formé on peut le laver avec du cyclohexane. Le séchage peut se faire à l'air.

2.3. Dépolymérisation

Le polymère sec est placé dans un ballon de 100 mL. On adapte une petite colonne vigreux par exemple, une tête de colonne et un réfrigérant de Liebig.

Chauffer doucement pour avoir une pyrolyse lente. Le monomère distille vers 100°C et sera récupéré pour une nouvelle polymérisation. On peut déterminer un rendement de dépolymérisation.

2.4. Recyclage des solvants

Le mélange chlorobenzène / cyclohexane de la réaction de polymérisation sera simplement rectifié à la pression ambiante.

Le cyclohexane qui passe en premier sera réutilisé pour la précipitation du PMMA.

La fraction intermédiaire sera récupérée. On pourra la rajouter à une distillation ultérieure.

Le chlorobenzène distille en dernier. Il servira également à nouveau comme solvant de polymérisation. On pourra faire un contrôle de pureté par mesure de l'indice de réfraction.

2.5. Intérêt de cette manipulation

L'industrie des matières plastiques recycle de plus en plus ses matériaux. C'est pourquoi il est indispensable de montrer de tels processus aux élèves. Ce cycle ne génère pas de déchets.

CONCLUSION

Du fait de la récupération on diminue fortement la consommation de produits chimiques achetés.

Il est par ailleurs très important de développer chez les élèves la compréhension de processus cycliques. Les exemples de tels processus foisonnent dans la nature : cycle de l'eau, métabolismes... La nature utilise avec beaucoup de succès des cycles depuis des milliards d'années. C'est de la nature que le chimiste de demain doit apprendre son métier.

Pour maîtriser le problème grandissant des déchets il faudra passer par ce type d'expérimentation, même si pour le moment nous n'en avons pas tellement l'habitude. Il est essentiel que nos élèves eux, prennent cette habitude.

RENSEIGNEMENTS

Alfred MATHIS

Lycée Jean Rostand - 18, bld de la Victoire - 67084 STRASBOURG
Cedex ou Tél. (privé) 88.78.49.16.

La date limite du départ des dossiers a été reculée au 31 mai 1994.