
BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

Chimie et couleurs

par J. CIPAN
Professeur agrégé
Lycée Marguerite de Valois - 16000 Angoulême
et Jérôme SOURISSEAU
Professeur stagiaire
IUFM - 86000 Poitiers

RÉSUMÉ

Les deux protocoles présentés ont pour but d'enrichir le thème chimie et couleurs présenté en option de première scientifique. Les protocoles sont relativement simples mais les exploitations sont un peu plus délicates. C'est au professeur de juger la méthode qu'il souhaitera adapter pour réaliser ces expériences.

La première expérience présente une suite de réactions chimiques à partir de l'ion argent en additionnant successivement et dans un ordre bien déterminé des anions ou des molécules qui vont réagir pour former des précipités ou des complexes.

La deuxième est une réaction oscillante extrêmement simple dont le résultat est très intéressant. Elle peut être aussi présentée en terminale scientifique pour aborder les systèmes oscillants.

«Chimie et couleurs » est le thème central de l'option de première scientifique. Cet enseignement doit être l'occasion de montrer aux élèves les multiples relations qu'il existe entre ces deux sujets.

Dans un premier temps, nous avons voulu montrer aux élèves une façon d'obtenir une succession de couleurs à partir des ions argent mis en présence de différents anions. Cette manipulation, mise au point à partir d'un article de George L. GILBERT dans le Journal Chemistry Education de novembre 1980, permet d'aboutir à une superbe démonstration appelée : le caméléon chimique.

Dans un deuxième temps, nous avons choisi de présenter une réaction oscillante peu connue des ouvrages du secondaire et pourtant très simple à réaliser. Nous avons

 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

pris le mode opératoire dans un article du livre Classic Chemistry Demonstration de «The Royal society of chemistry».

Vous trouverez les références complètes à la fin de cet article.

1. LE CAMÉLÉON CHIMIQUE

Pour réaliser cette démonstration, il faut se procurer différents réactifs dont voici la liste.

Liste des réactifs

Produits	Volume	Concentration
Eau distillée	200 mL	
Carbonate de sodium Na_2CO_3	1 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Nitrate d'argent $AgNO_3$	10 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Hydroxyde de sodium $NaOH$	10 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Chlorure de sodium $NaCl$	30 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Solution d'ammoniaque NH_3	35 mL	5.0 mol.L ⁻¹
Bromure de sodium $NaBr$	30 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$	50 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Iodure de potassium KI	10 mL	0.1 mol.L ⁻¹
Sulfure de sodium Na_2S	10 mL	0.1 mol.L ⁻¹

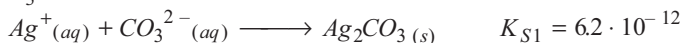
Dans la suite les constantes de précipitation sont données à 25°C.

Il faut placer un bêcher de 600 mL sur un agitateur magnétique et y verser les 200 mL d'eau distillée. Rajouter alors tous les réactifs indiqués dans le tableau dans le même ordre.

- Na_2CO_3 : La solution reste incolore.

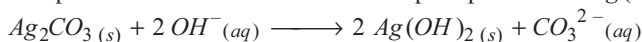
 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

- $AgNO_3$: La solution prend une couleur marron jaune due à la précipitation de Ag_2CO_3 :



La solution n'est pas blanche car il y a aussi précipitation d'oxyde d'argent, de couleur marron, due à la basicité du milieu.

- $NaOH$: La solution prend une couleur brune due à la précipitation de $Ag(OH)_2$:



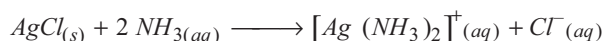
La constante de précipitation de l'hydroxyde d'argent est $K_{S2} = 6.8 \cdot 10^{-9}$ ce qui donne une constante de réaction $K_1 = K_{S1} / K_{S2} = 9.1 \cdot 10^{-4}$.

- $NaCl$: La solution prend une couleur blanche due à la précipitation de $AgCl$:



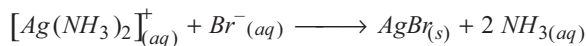
La constante de précipitation du chlorure d'argent est $K_{S3} = 1.6 \cdot 10^{-10}$ ce qui donne une constante de réaction de $K_2 = K_{S2} / K_{S3} = 425$.

- NH_3 : La solution devient alors incolore par formation du complexe diammine argent (I) :



La constante de formation du complexe est $K_{f1} = 2.5 \cdot 10^7$ ce qui donne une constante de réaction $K_3 = K_{f1} / K_{S3} = 1.6 \cdot 10^{17}$.

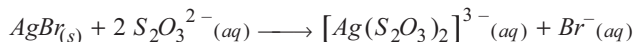
- $NaBr$: La solution devient blanche par formation du précipité de bromure d'argent $AgBr$:



La constante de précipitation du bromure est $K_{S4} = 7.7 \cdot 10^{-13}$ ce qui donne une constante de réaction de $K_4 = 1 / (K_{S4} \cdot K_{f1}) = 5.2 \cdot 10^4$.

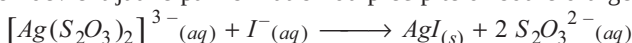
 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

- $Na_2S_2O_3$: La solution devient incolore par formation du complexe dithiosulfato argent (I) $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$:



La constante de formation de ce complexe est $K_{f2} = 4.3 \cdot 10^{12}$ ce qui donne une constante de réaction $K_5 = K_{S4} \cdot K_{f2} = 3.3$.

- KI : La solution devient jaune par formation du précipité d'iodure d'argent AgI :



La constante de précipitation est $K_{S5} = 1.5 \cdot 10^{-16}$ ce qui donne une constante de réaction $K_6 = 1 / (K_{f2}) = 6.4 \cdot 10^{-4}$.

- Na_2S : La solution devient noire par formation du précipité de sulfure d'argent Ag_2S :



La constante de précipitation est $K_{S6} = 3.3 \cdot 10^{-52}$ ce qui donne une constante de réaction de $K_7 = (K_{S5})^2 / K_{S6} = 6.8 \cdot 10^{19}$.

Les explications données aux élèves restent assez succinctes et se limitent essentiellement à essayer de faire retrouver les équations-bilans. Pour le professeur, il peut être intéressant de savoir que cette série de réactions peut s'expliquer par la théorie HSAB (Hard Soft Acid Base) (la théorie des acides et des bases durs et mous) : «un acide dur cherche à se lier à une base dure et un acide mou cherche à se lier à une base molle».

Ici, Ag^+ est un acide mou et les réactifs que l'on ajoutent progressivement au milieu réactionnel sont des bases de plus en plus molles. L'affinité des ions argent pour ces bases explique la succession de réactions observées.

2. RÉACTION OSCILLANTE

⊗ Cette réaction doit être effectuée avec des lunettes de protection et sous hotte.

 BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

Le mode opératoire de cette réaction oscillante est le suivant :

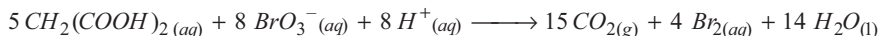
- placer 750 mL d'eau distillée dans un bêcher d'un litre ;
- placer ce bêcher sur un agitateur magnétique et le mettre en route de façon à obtenir un vortex ;
- puis additionner lentement 75 mL d'acide sulfurique concentré ;
- laisser refroidir la solution.

Pendant ce temps préparer 9 g d'acide malonique, 8 g de bromate de potassium et 1.8 g de sulfate de manganèse.

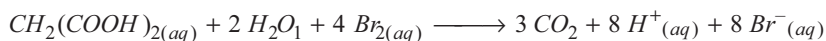
Quand la solution est à température ambiante (si elle est trop chaude, la réaction ne marchera pas), verser l'acide malonique et le bromate de potassium. Quand ils sont bien dissous, additionner le sulfate de manganèse.

Après un peu moins d'une minute, on doit observer des oscillations dont la demi-période est environ dix secondes. La solution passe donc périodiquement du rouge-brun à l'incolore.

La réaction qui conduit à l'apparition de la couleur rouge-brun est :



Puis la disparition de la couleur :



Le bilan est :



Cette réaction peut aussi être présentée en terminale dans le chapitre de présentation des systèmes oscillants.