

Le bleu des bonbons Schtroumpfs[®]

- **Niveau : première S / terminale S**
- **Durée indicative : 2 h**
- **Extrait du programme de première S : OBSERVER / Matières colorées**

Notions et contenus	Compétences exigibles
Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert.	<i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.</i>

- **Extrait du programme de terminale S :**

OBSERVER / Ondes et matière / Analyse spectrale

Notions et contenus	Compétences exigibles
Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.	<i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i> Exploiter des spectres UV-visible.

AGIR / Contrôle de la qualité par dosage

Contrôle de la qualité par dosage Dosages par étalonnage : <ul style="list-style-type: none"> - spectrophotométrie ; loi de Beer-Lambert ; - conductimétrie ; explication qualitative de la loi de Kohlrausch, par analogie avec la loi de Beer-Lambert. 	<i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de courbes d'étalonnage en utilisant la spectrophotométrie et la conductimétrie, dans le domaine de la santé, de l'environnement ou du contrôle de la qualité.</i>
--	---

- **Matériel**

- 1 paire de ciseau
- 1 spatule
- 1 pipette plastique
- 1 fiole jaugée de 50 mL + bouchon
- 1 éprouvette graduée de 50 mL
- 1 bécher en pyrex de 100 mL
- 2 burettes graduées de 25 mL sur support
- 5 tubes à essais sur support
- 1 agitateur magnétique chauffant + turbulent
- 1 spectrophotomètre + 6 cuves transparentes
- 1 pissette d'eau distillée
- 1 paquet de bonbons Schtroumpfs[®] (paillasse professeur)
- Solution mère de bleu patenté V à $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ (paillasse professeur ; 30 mL / binôme)

▪ Déroulement de la séance

Cette séance de réinvestissement intervient après l'étude expérimentale de la loi de Beer-Lambert. Les élèves ont donc déjà réalisé une échelle de teintes, se sont servis d'un spectrophotomètre et d'un tableur afin de tracer la droite d'étalonnage $A = f(c)$.

Le matériel nécessaire est préalablement mis en place sur chacune des paillasses des élèves.

Le document est distribué aux élèves en début de séance en même temps qu'un bonbon Schtroumpf[®]¹. Ceux-ci réfléchissent, par groupe de 2 à 4, à la problématique et à la mise en œuvre de la démarche (**environ 10 minutes**). Des phases d'échanges avec le professeur permettent aux différents binômes de valider au fur et à mesure la mise en œuvre et la réalisation du protocole expérimental (voir « **Remarques et conseils** »). Si nécessaire, des « **JOKERS** » (**ANNEXE 1**) sont distribués aux binômes au fur et à mesure du déroulement de la séance.

Documents distribués aux élèves en début de séance : voir **ANNEXE 2**.

▪ Remarques et conseils

Les points suivants donnent chronologiquement une idée du déroulement de la démarche expérimentale que les élèves doivent mettre en œuvre afin de répondre à la problématique.

● Partie utile du bonbon



Seule la partie bleue du bonbon est à prélever afin de répondre à la problématique. Il faut donc ôter le chapeau du bonbon en le découpant à l'aide de ciseaux.

Remarque : les bonbons Schtroumpfs de la marque HARIBO par exemple sont utilisés dans cette activité (environ 1,50 € le paquet).

● Préparation d'une solution aqueuse par dissolution de la partie bleue du bonbon

Les élèves doivent réaliser une solution aqueuse de volume donné de la partie bleue du bonbon Schtroumpf afin de déterminer la concentration molaire du colorant puis en déduire sa masse. Compte tenu de la verrerie à leur disposition (bécher de 100 mL en pyrex, éprouvette graduée de 50 mL, fiole jaugée de 50 mL), on s'attend à ce que les élèves fabriquent 50 mL de solution aqueuse de bonbon en utilisant la fiole jaugée. *Le choix d'un volume précis est l'une des principales difficultés que rencontrent les élèves.*

A ce stade, si nécessaire, on peut guider les binômes en leur distribuant le JOKER 1.



¹ Il est également envisageable de proposer préalablement la problématique aux élèves en classe entière ou bien qu'ils y réfléchissent chez eux avant la séance.

La dissolution de la partie bleue du bonbon est réalisée préalablement dans un bécher en pyrex en ajoutant un volume d'eau distillée inférieur à 50 mL (typiquement 40 mL). La partie bleue du bonbon se dissout très mal à température ambiante dans l'eau distillée. Il convient donc de chauffer la solution à l'aide d'un agitateur magnétique muni d'une plaque chauffante (la durée indicative de chauffage est de 5 min environ).

● **Obtention du spectre d'absorbance de la solution aqueuse bleue de bonbon Schtroumpf**

A l'aide d'un spectrophotomètre disposant d'un balayage automatique des longueurs d'onde du visible, les élèves tracent la représentation graphique $A = f(\lambda)$. Par comparaison avec les spectres d'absorbance donnés dans l'**ANNEXE 2**, ils identifient que **le colorant alimentaire présent dans le bonbon Schtroumpf est le bleu patenté V (E131)**. Le pic d'absorbance se situe à la longueur d'onde $\lambda_{\max} = 640 \text{ nm}$.

A ce stade, si nécessaire, on peut guider les binômes en leur distribuant le JOKER 2.

● **Réalisation de l'échelle de teintes en bleu patenté V**

A partir d'une solution mère de bleu patenté V (E131) à $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ mise à leur disposition, les élèves doivent réaliser une échelle de teintes.

A ce stade, si nécessaire, on peut guider les binômes en leur distribuant le JOKER 3.

Les solutions filles sont préparées dans des tubes à essais à l'aide de deux burettes graduées, l'une contenant de l'eau distillée, l'autre la solution mère de bleu patenté V à $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$.

A ce stade, si nécessaire, on peut guider les binômes en leur distribuant le JOKER 4.

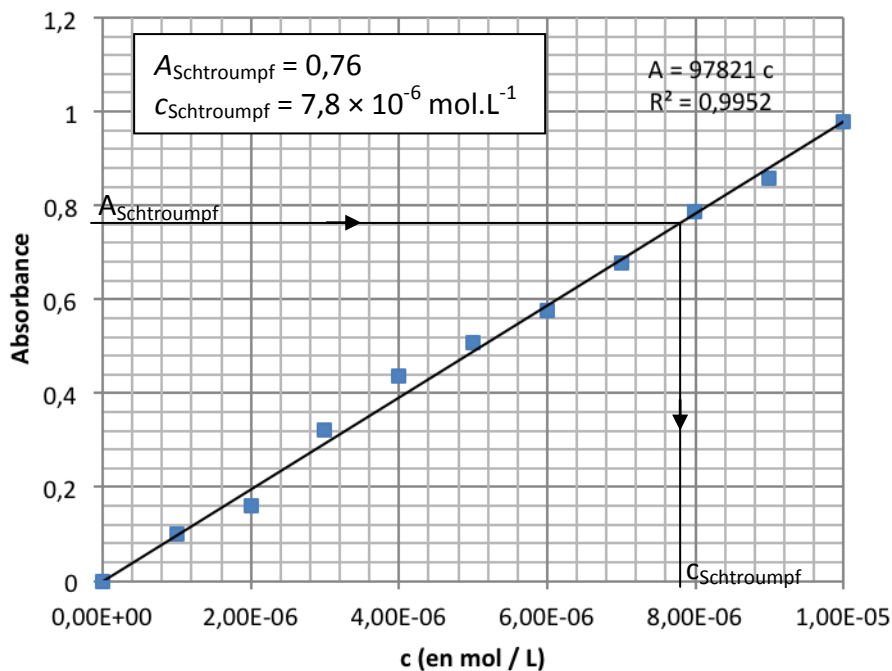
Pour chacune des solutions, les élèves mesurent l'absorbance A à $\lambda_{\max} = 640 \text{ nm}$.

● **Tracé au tableur de droite d'étalonnage $A = f(c)$**

Les élèves tracent avec un tableur-grapheur la droite d'étalonnage $A = f(c)$ en insérant une courbe de tendance. En mesurant pour $\lambda_{\max} = 640 \text{ nm}$ l'absorbance d'un échantillon de la solution bleue de bonbon Schtroumpf, ils déterminent par construction graphique sa concentration molaire volumique.

A ce stade, si nécessaire, on peut guider les binômes en leur distribuant le JOKER 5.

Solutions de bleu patenté V (E131)
Droite d'étalonnage $A = f(c)$ pour $\lambda_{\max} = 640 \text{ nm}$



• **Exploitation**

La masse de bleu patenté V contenu dans un bonbon est $m = c V M$

A.N. : $m = 7,8 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^{-3} \times 560 = 2,2 \times 10^{-4} \text{ g} = \mathbf{0,22 \text{ mg}}$.

La D.J.A. en bleu patenté V (E131) que Gargamel (65 kg) peut ingérer est :

D.J.A. = $65 \times 2,5 = 1,6 \times 10^2 \text{ mg} = \mathbf{1,6 \times 10^{-1} \text{ g}}$.

Le nombre N de bonbons que Gargamel peut manger chaque jour sans dépasser la DJA du bleu patenté V est tel que : $N \leq (1,6 \times 10^{-1}) / (2,2 \times 10^{-4}) = \mathbf{3 \times 10^2 \text{ bonbons !}}$

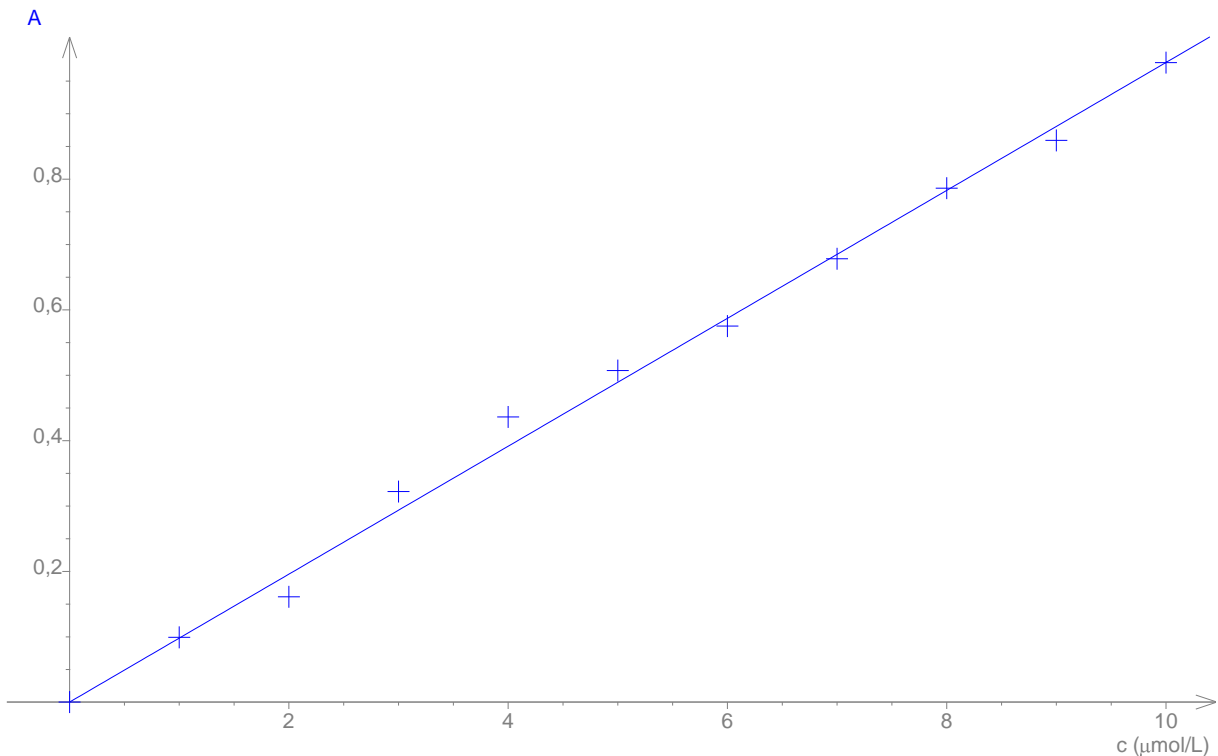
Même si Gargamel est très gourmand, il semble peu probable qu'il puisse manger autant de bonbons. En revanche, l'apport en sucre de ce type de bonbon est probablement plus problématique !

▪ **A propos des incertitudes**

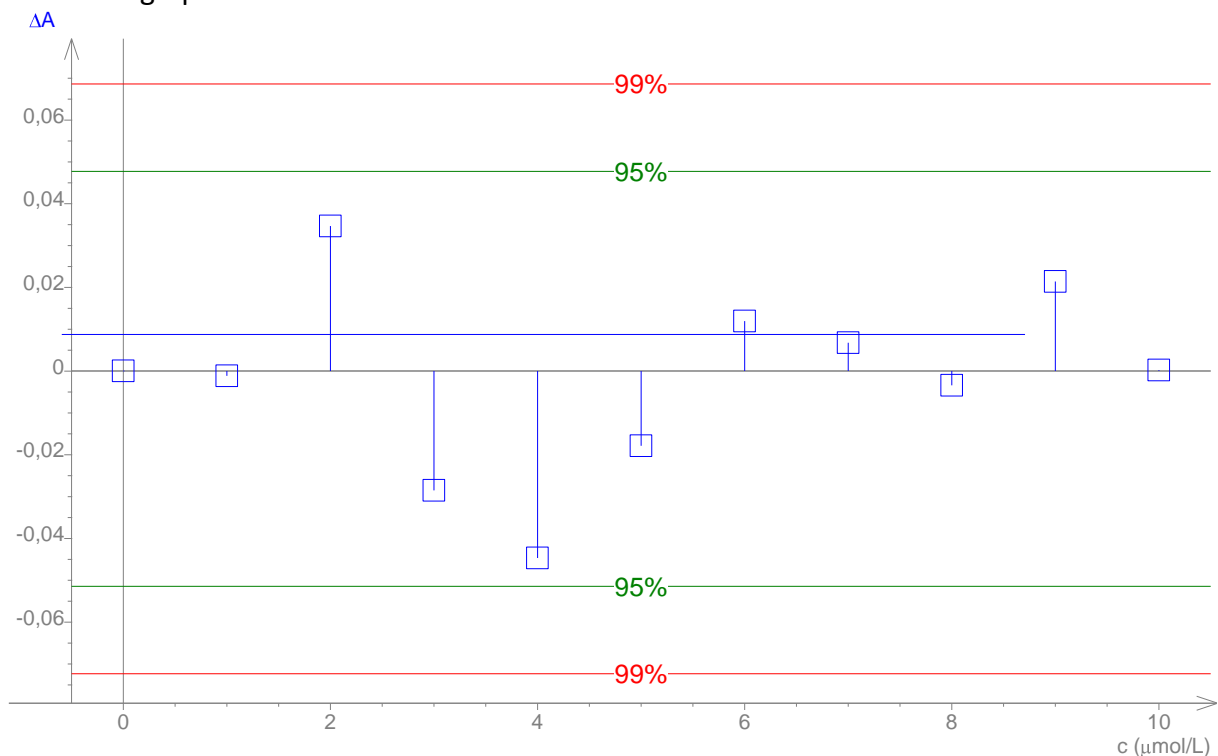
A l'aide du logiciel Regressi© par exemple, on peut effectuer une modélisation linéaire sous la forme $A = k \cdot c$. Cela revient à tracer une droite moyenne. Avant d'extraire les informations sur le coefficient directeur il faut déjà vérifier la cohérence théorie-expérience. Avec les élèves, on peut discuter dans un premier temps du coefficient de corrélation. Ils doivent savoir que plus il est proche de 1 (pour r^2 ou proche de 1 en valeur absolue pour r) plus les écarts entre la modélisation et les points expérimentaux sont faibles et donc plus la modélisation peut être considérée comme correcte.

Dans le cadre de l'activité, on obtient : $A = 97,8 \times 10^3 \times c$

avec un coefficient de corrélation $r = 0,99766$



Il est également formateur d'alerter les élèves sur le fait que ce coefficient de corrélation n'est pas toujours un bon indicateur de la validité d'une loi (dans certains cas deux modélisations différentes peuvent donner un bon coefficient de corrélation alors qu'une seule d'entre elles est correcte). Il faut donc un autre indicateur pour valider la modélisation : la méthode des résidus. On trace le graphe : résidus (différences pour chaque donnée expérimentale entre la valeur de l'ordonnée expérimentale et la valeur de l'ordonnée obtenue par la modélisation) en fonction de l'abscisse du graphe.



Si les résidus s'organisent aléatoirement autour de la valeur nulle (ce qui est le cas ici), alors cela signifie que l'écart entre la modélisation et l'expérience est dû aux erreurs aléatoires de mesure. En revanche si les résidus semblent suivre une loi et ne s'organisent pas de manière aléatoire, cela

signifie que la modélisation n'est pas correcte car l'écart expérience-modèle ne s'explique pas par les erreurs aléatoires de mesure.

Cette méthode peut permettre aussi de vérifier que les mesures se situent bien dans un intervalle de confiance de 95 % par rapport à la valeur modèle. On peut d'ailleurs par ce biais repérer les mesures aberrantes et les éliminer en se fixant un critère de choix, par exemple on peut éliminer les valeurs dépassant l'intervalle de confiance de 95 % ou 99 %.

Une fois la loi de Beer-Lambert validée, on identifie la loi théorique à l'équation de la modélisation $A = k \cdot c$.

La valeur de k obtenue permettra ensuite de déterminer la concentration dans la solution de bonbon.

▪ **Grille d'autoévaluation par compétences distribuée en fin de séance**

Niveau A : j'y suis parvenu(e) seul(e), sans aucune aide

Niveau B : j'y suis parvenu(e) après avoir obtenu une aide (de mon binôme, d'un autre groupe, de mon professeur)

Niveau C : j'y suis parvenu(e) après plusieurs « coups de pouce »

Niveau D : je n'y suis pas parvenu(e) malgré les différents « coups de pouce »

Compétences	Critères de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
ANALYSER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je réinvestis mes connaissances ■ Je propose un protocole pour répondre à la problématique <ul style="list-style-type: none"> • Dissolution précise du bonbon avec choix du volume, échelle de teinte, • Réinvestissement de la loi de Beer-Lambert 				
REALISER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je réalise un protocole en respectant les règles de sécurité. ■ J'effectue des mesures avec précision J'utilise le matériel de laboratoire de manière adaptée <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation du spectrophotomètre • Réglage du zéro (blanc) • Solution homogène • Obtention du spectre $A = f(\lambda)$ • Réalisation de l'échelle de teinte (choix de la verrerie et utilisation correcte) • Choix de λ_{\max} ■ J'exploite un graphique et j'effectue des calculs <ul style="list-style-type: none"> • Calcul des concentrations des solutions filles, • Tracé du graphe $A = f(c)$ et exploitation, • Calcul de la concentration molaire volumique de la solution de Schtroumpf®, • Calcul de la masse maximale de bleu patenté ingérée par Gargamel, Calcul du maximum de nombre de bonbons que Gargamel peut manger chaque jour 				
VALIDER	<ul style="list-style-type: none"> ■ J'exploite des observations, des mesures : <ul style="list-style-type: none"> • Identification du colorant à l'aide de la table de spectres et du spectre obtenu en classe. ■ J'analyse les résultats de façon critique : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre maximum de bonbons • Conclusion sur la problématique 				
COMMUNIQUER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je partage mes idées à l'écrit comme à l'oral ■ Je travaille en équipe 				

▪ Grille d'évaluation par compétences du compte-rendu

Compétences	Critères de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
ANALYSER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je propose un protocole pour répondre à la problématique • Dissolution précise du bonbon avec choix du volume • Echelle de teinte • Réinvestissement de la loi de Beer-Lambert 				
REALISER	<ul style="list-style-type: none"> ■ J'exploite un graphique et j'effectue des calculs en utilisant l'outil mathématique de manière adaptée • Calcul des concentrations des solutions filles • Tracé du graphe $A = f(c)$ et exploitation, • Calcul de la concentration molaire volumique de la solution de Schtroumpf © • Masse maximale de bleu patenté ingérée par Gargamel • Nombre maximal de bonbons que Gargamel peut manger chaque jour 				
VALIDER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je sais exploiter des observations, des mesures : • Identification du colorant à l'aide de la table de spectres et du spectre obtenu en classe. ■ Je sais analyser les résultats de façon critique : • Nombre maximum de bonbons. 				
COMMUNIQUER	<ul style="list-style-type: none"> ■ Je sais utiliser les notions et le vocabulaire scientifique adapté : unités, chiffres significatifs. ■ Je sais présenter une synthèse de manière cohérente, complète et compréhensible : compte rendu complet et soigné. 				