DEVOIR N°2 : CHIMIE ET NEWTON

EXERCICE 1: LA SPIRULINE

La spiruline est un produit à base de cyanobactéries généralement séchées et broyées. Ce produit est vendu en tant que complément alimentaire supposé améliorer le tonus et la vitalité. La spiruline est très riche en phycocyanine, un pigment bleu, également utilisé comme colorant alimentaire naturel.

Une entreprise commercialisant de la spiruline déshydratée utilise la teneur en phycocyanine comme critère qualité pour sa production. Pour une qualité optimale du produit fabriqué, la teneur en



phycocyanine doit être comprise entre 10 et 15 grammes pour 100 grammes de spiruline déshydratée.

Dans la partie A, on s'intéresse à la validité d'une méthode de dosage par spectrophotométrie ; dans la partie B, on utilise cette méthode pour déterminer la qualité de la spiruline.

Partie A – Méthode de dosage

On met en œuvre une méthode de dosage de la phycocyanine par spectrométrie suivant le protocole ci-après :

- On dispose d'une solution mère de phycocyanine, notée S_0 , de concentration en masse $C_0 = 25.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Préparer une gamme de cinq solutions notées S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, par dilution à partir de la solution mère.
- Mesurer l'absorbance A de chacune des cinq solutions à une longueur d'onde fixée.
- Tracer le graphique présentant l'absorbance en fonction de la concentration.
- Mesurer l'absorbance de la solution aqueuse étudiée et en déduire sa concentration par lecture graphique.

Données:

On considère que, dans les solutions étudiées, seule la phycocyanine absorbe la lumière dans la gamme de longueurs d'onde considérée. Le spectre d'absorption d'une solution aqueuse de phycocyanine est donné ci-contre (Figure 1).

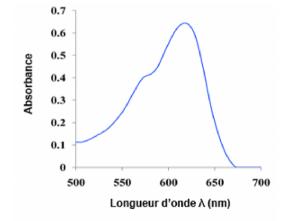


Figure 1 : spectre d'absorption de la phycocyanine

- 1. Décrire un protocole de dilution permettant d'obtenir 100 mL de la solution S_2 de concentration $C_2 = 5,00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir de la solution S_0 .
- 2. Indiquer une valeur de la longueur d'onde adaptée pour mesurer l'absorbance de la solution à l'aide du spectrophotomètre.

Pour valider la méthode de dosage mise en œuvre, on dispose d'une solution aqueuse étalon de phycocyanine, notée S_E , de concentration en masse connue $C_E = 15,0$ mg·L⁻¹. On cherche donc à

savoir dans un premier temps si cette méthode permet de retrouver cette valeur. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus :

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	SE
Concentration en phycocyanine en $\operatorname{mg} \cdot L^{-1}$	2,00	5,00	8,00	10,0	20,0	
Absorbance A	0,050	0,20	0,30	0,37	0,72	0,54

Le nuage de points de l'absorbance pour différentes concentrations en masse de phycocyanine de solutions est donné ci-dessous (figure 2).

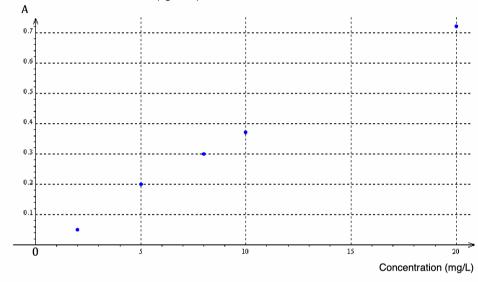


Figure 2 : absorbance en fonction de la concentration en phycocyanine

- 3. Discuter l'accord des mesures obtenues avec la loi de Beer-Lambert.
- 4. En précisant la méthode utilisée, déterminer la concentration en masse C_E de la solution S_E.

Partie B - Contrôle de la qualité de la spiruline

On utilise cette méthode de dosage pour vérifier la teneur en phycocyanine de la spiruline déshydratée fabriquée par l'entreprise. La solution de spiruline à doser, notée S, est réalisée en dissolvant 5,0 mg de spiruline déshydratée dans 50,0 mL d'eau déminéralisée. L'absorbance de cette solution, mesurée dans les mêmes conditions expérimentales que précédemment, est A_S = 0,44.

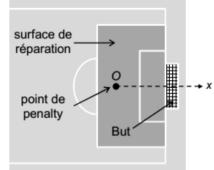
- 5. Déterminer la concentration en masse en phycocyanine de la solution de spiruline S.
- **6.** Calculer la teneur en phycocyanine, exprimée en g pour 100 g, de spiruline déshydratée. Conclure sur la qualité de la spiruline déshydratée.

EXERCICE 2: LES TIRS AU BUT

Antonin PANENKA, footballeur international tchécoslovaque est connu pour avoir laissé son nom à une technique particulière pour tirer les penaltys ou « tirs au but ». Au lieu de frapper en force, il frappe doucement le ballon qui prend alors une trajectoire en « cloche ». Son geste est devenu célèbre au soir de la finale de la Coupe d'Europe des Nations de 1976, où la Tchécoslovaquie battait la République Fédérale d'Allemagne tenante du titre. Antonin PANENKA marquant le dernier pénalty par cette technique de balle « en cloche » venait d'inventer la « Panenka ».

Lors d'un match de football, un joueur doit tirer un pénalty et décide de tenter une « *Panenka* ». Le joueur dépose le ballon au point de pénalty O, pris comme origine du repère.

Le joueur tape le ballon en direction du centre du but et lui communique une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ de valeur 11,5 m.s⁻¹ et dont la direction fait un angle $\alpha = 55^{\circ}$ avec l'horizontale.



DONNEES:

- intensité de la pesanteur : $g = 9.81 \text{ N.kg}^{-1}$;
- masse du ballon : m = 620 g;
- termes utilisés dans la pratique du football :

Les buts:

Les buts sont constitués de deux montants verticaux (poteaux) reliés en leur sommet par une barre transversale. Le bord inférieur de la barre transversale se situe à une hauteur de 2,44 m par rapport au sol.

Le pénalty:

Le pénalty est une action consistant à frapper directement au but depuis un point nommé « point de pénalty » ou « point de réparation ». Un pénalty est réussi si le ballon franchit la ligne de buts en passant entre les montants et sous la barre transversale.

La surface de réparation :

À l'intérieur de chaque surface de réparation, le point de pénalty est marqué à 11,0 m du milieu de la ligne de but et à égale distance des montants verticaux du but.

1) Schématisation du problème :

1.1. Tracer un repère orthonormé (*Ox*, *Oy*) et représenter, dans ce repère, la situation du pénalty, sans souci d'échelle.

Les grandeurs suivantes devront apparaître : le vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$, l'angle α ; la hauteur h des buts et la distance d du point de pénalty à la ligne de but.

1.2. On note A le point où se situe le ballon lorsqu'il franchit la ligne de but. Quelles conditions doivent vérifier les coordonnées $(x_A; y_A)$ de ce point pour que le pénalty soit réussi?

2) Étude dynamique du mouvement du ballon :

Dans cette partie, on étudie le mouvement du centre d'inertie G du ballon en négligeant les forces de frottement de l'air sur le ballon.

- **2.1.** Établir l'expression du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie du ballon.
- **2.2.** Établir les équations horaires du mouvement du centre d'inertie G puis montrer que l'équation de la trajectoire du ballon, dans le plan (xOy), peut s'écrire :

$$y(x) = -\frac{g \times x^2}{2 \times V_0^2 \times (\cos \alpha)^2} + \tan \alpha \times x$$

- **2.3.** En exploitant les données et les documents, déterminer si le pénalty décrit en début d'exercice est réussi. Expliquer votre raisonnement.
- **2.4.** Calculez le temps mis par le ballon pour atteindre la ligne de but.
- 2.5. Quelle est sa vitesse à cet instant?
- **2.6.** À quelle distance de la ligne de but le ballon touche-t-il le sol?