

# TRAITEMENT DE L'EAU D'UN BASSIN D'ORNEMENT



## ENONCE : exercice 3 Spécialité du BAC S de physique-chimie 2017, Métropole



Comme tout être vivant, les poissons ne sont pas à l'abri des maladies. Celle des « points blancs » se rencontre assez fréquemment dans les aquariums et bassins d'eau douce.

Cette maladie, due à un parasite, se soigne avec du vert de malachite à condition de respecter rigoureusement les doses et les durées d'exposition préconisées.

Dans un parc zoologique, se trouve un bassin d'ornement dans lequel de nombreux poissons ont les symptômes de cette maladie : présence de petits points blancs, état amorphe et irritation. Un technicien introduit dans l'eau du bassin une solution de vert de malachite. À la fin du traitement des poissons, il souhaite éliminer le vert de malachite restant par ajout de charbon actif dans l'eau. Pour cela, le technicien réalise une analyse de l'eau du bassin pour déterminer la concentration en vert de malachite.



L'objectif de ce problème est de trouver la quantité de charbon actif nécessaire à l'élimination du vert de malachite restant dans le bassin.

### Données :

- le vert de malachite est noté  $(VM)^+$  ;
- masse molaire du vert de malachite :  $M((VM)^+) = 329 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- on considère que seul le vert de malachite  $(VM)^+$  absorbe dans le domaine du visible ;
- dimensions moyennes du bassin d'ornement contenant les poissons à traiter :
  - profondeur :  $h = 0,50 \text{ m}$  ;
  - largeur :  $\ell = 3,0 \text{ m}$  ;
  - longueur :  $L = 8,0 \text{ m}$ .

**Protocole expérimental mis en œuvre par le technicien :**

- à partir d'une solution aqueuse  $S_0$  de vert de malachite de concentration molaire égale à  $2,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ , préparer des solutions diluées 5 fois, 2,5 fois et 2 fois notées respectivement  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$  ;
- mesurer l'absorbance  $A$  des solutions aqueuses étalons de vert de malachite à la longueur d'onde du maximum d'absorption dans l'eau de cette espèce chimique : 617 nm ;
- mesurer l'absorbance de l'eau du bassin à la longueur d'onde 617 nm.

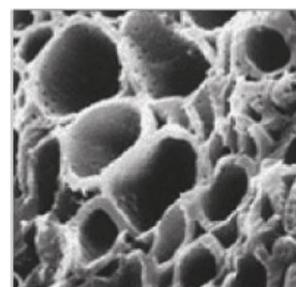
**Résultats des mesures d'absorbance effectuées par le technicien :**

Solution	$S_1$	$S_2$	$S_3$
Dilution de la solution $S_0$	$S_0$ diluée 5 fois	$S_0$ diluée 2,5 fois	$S_0$ diluée 2 fois
$A$	0,35	0,72	0,90

L'absorbance de l'eau du bassin mesurée par le technicien est  $A_{\text{eau}} = 0,67$ .

**Le charbon actif en aquariophilie**

Le charbon actif est un composé carboné qui est généralement fabriqué à partir de matières végétales (bois, houille). La structure microporeuse unique de ce charbon le rend idéal pour la filtration et le traitement de l'eau.



Structure microporeuse du charbon actif.

Chaque grain de charbon actif développe une surface de contact avec l'eau comprise entre 500 et 1500  $\text{m}^2$  par gramme, ce qui est énorme au regard de son faible volume ! Il acquiert alors une forte capacité de fixation, notamment vis-à-vis des molécules organiques (pesticides, colorants, médicaments...).

Pour le traitement de l'eau, le charbon actif se présente en granulés ou en poudre.

On admet que 1 g de charbon actif peut ainsi retenir au minimum 10 mg de vert de malachite.

**Questions préliminaires**

1. Déterminer la valeur de la concentration massique en vert de malachite  $(VM)^+_{(aq)}$  de la solution aqueuse  $S_0$ .
2. Montrer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée avec la gamme étalon réalisée par le technicien.

**Problème**

3. Déterminer le nombre de sacs de charbon actif de 500 g que doit utiliser le technicien pour éliminer le vert de malachite restant dans l'eau du bassin d'ornement du parc.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.*

*La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

Nous résoudrons cet exercice à l'aide de la calculatrice CASIO Graph 90+E.

1. Déterminons la valeur de la concentration massique en vert de malachite (VM)<sup>+</sup> de la solution aqueuse S<sub>0</sub> :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} \text{ et } C_m = \frac{m}{V}$$

Avec C : concentration molaire (en mol.L<sup>-1</sup>)

n : nombre de mole (en mol)

V : volume de la solution (en L)

M : masse molaire (en g.mol<sup>-1</sup>)

m : masse (en g)

C<sub>m</sub> : concentration massique (en g.L<sup>-1</sup>)

D'où : C<sub>m</sub> = CM = 2,2. 10<sup>-5</sup> × 329

A l'aide du menu "Exe-Mat" de la calculatrice, réalisons ce calcul.

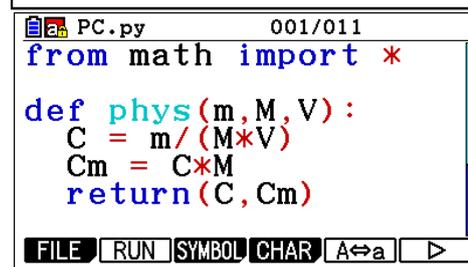
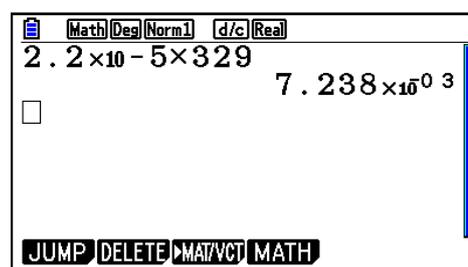
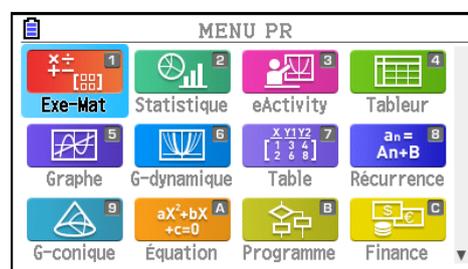
Ainsi C<sub>m</sub> = 2,2. 10<sup>-5</sup> × 329 = 7,2. 10<sup>-3</sup> g.L<sup>-1</sup>

La concentration massique en vert de malachite (VM)<sup>+</sup> de la solution aqueuse S<sub>0</sub> est 7,2x10<sup>-3</sup> g.L<sup>-1</sup> (arrondie à 10<sup>-1</sup>).

Remarque : il est possible de réaliser un programme en langage Python permettant de calculer les concentrations molaires ou massiques.

Pour l'utilisation du menu Python, consulter les différents documents dans les ressources pédagogiques sur le site :

<https://www.casio-education.fr/ressources>



Montrons que la loi de Beer-Lambert est vérifiée avec la gamme étalon réalisée par le technicien :

La loi de Beer-Lambert énonce que l'absorbance de la solution est proportionnelle à sa concentration :

$$A = \epsilon l C$$

Avec A : absorbance

$\epsilon$  : coefficient d'absorption molaire (en  $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ )

l : largeur de la cuve (en cm)

C : concentration de la solution ( $mol \cdot L^{-1}$ )

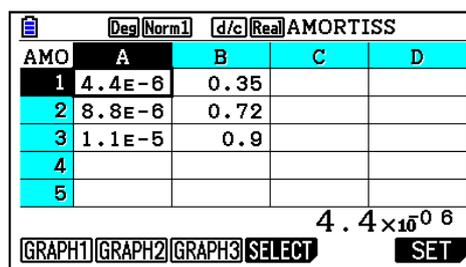
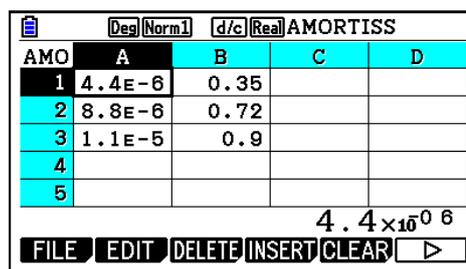
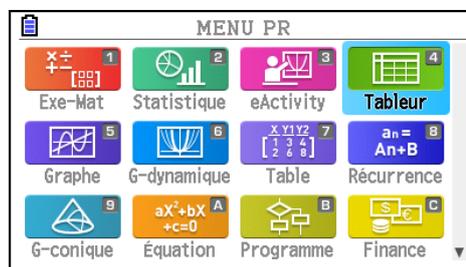
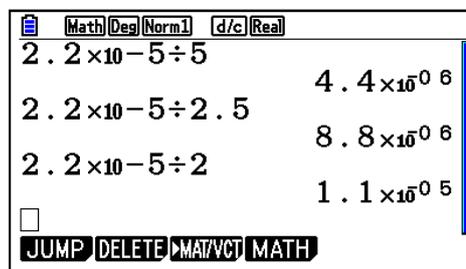
Tout d'abord, déterminons les concentrations molaires des différentes solutions :

Solution	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Dilution de la solution S <sub>0</sub>	5 fois	2,5 fois	2 fois
C ( $mol \cdot L^{-1}$ )	$C_1 = \frac{C_0}{5}$ $= 4,4 \cdot 10^{-6}$	$C_2 = \frac{C_0}{2,5}$ $= 8,8 \cdot 10^{-6}$	$C_3 = \frac{C_0}{2}$ $= 1,1 \cdot 10^{-5}$
A	0,35	0,72	0,90

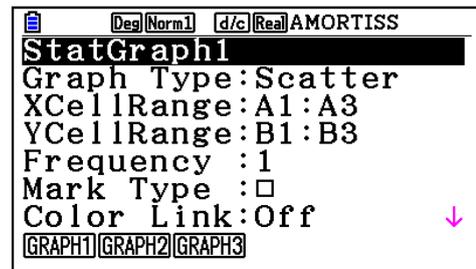
A l'aide du menu "Tableur" de la calculatrice, traçons la courbe représentative de l'absorbance en fonction de la concentration molaire.

Entrer, dans la colonne A, les concentrations molaires des différentes solutions, dans la colonne B, les absorbances.

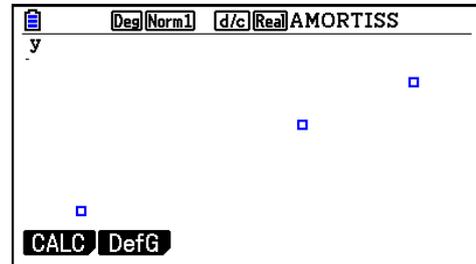
Appuyer ensuite sur les touches **F6** { } et **F1** { **GRAPH** } afin d'accéder à l'onglet "Graphique".



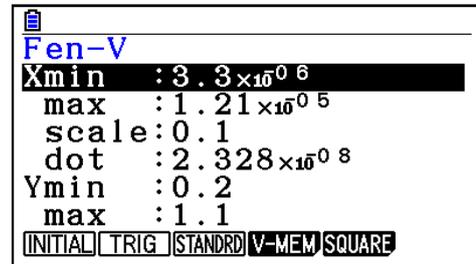
En pressant la touche **[F6]**, il est possible d'accéder aux paramètres du graphique.  
 Différents types de graphiques sont disponibles. Nous choisirons un nuage de points ("Scatter").  
 Presser **[EXE]** pour valider les saisies.



La touche **[F1]** {GRAPH1} permettra le tracé de la courbe.  
 Les points sont alignés suivant une droite qui passe par l'origine. L'absorbance est bien proportionnelle à la concentration.  
 La loi de Beer-Lambert est bien vérifiée avec la gamme étalon réalisée par le technicien.



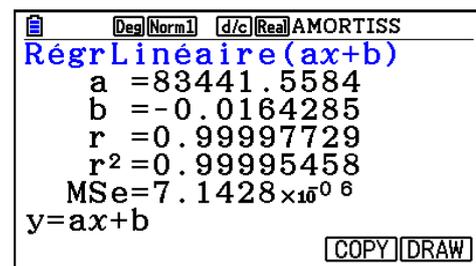
**Remarque:** la séquence de touches **[SHIFT]** et **[F3]** permet d'accéder au V-Window afin de modifier ou non les échelles.



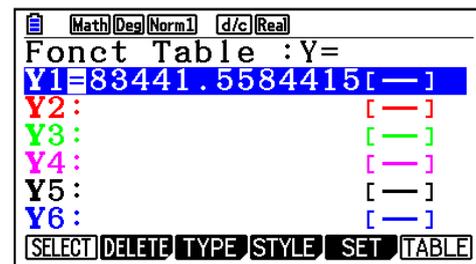
3. Déterminons le nombre de sacs de charbon actif de 500 g que doit utiliser le technicien pour éliminer le vert de malachite restant dans l'eau du bassin d'ornement du parc :

Commençons, tout d'abord, par calculer la concentration molaire de l'eau du bassin.  
 Reprenons la courbe tracée dans la question 2.

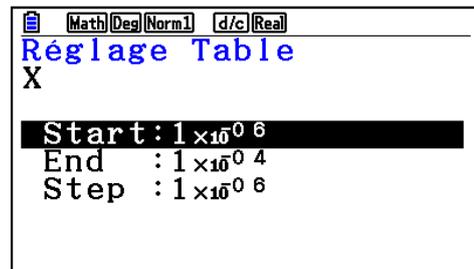
Appuyer successivement sur les touches **[F1]** {CALC}, **[F2]** {X} et **[F1]** {ax+b} afin d'obtenir l'équation de la droite.  
 Ainsi  $A = 83441.56 \times C$



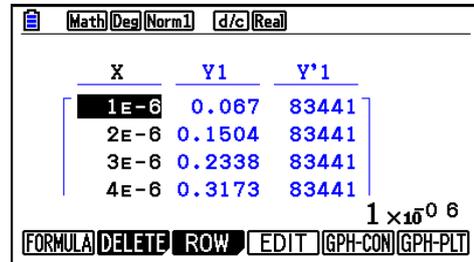
En pressant la touche **[F5]** {COPY}, la formule sera directement copier dans le menu "Table".  
 Se déplacer ensuite dans le menu "Table".  
 Bien vérifier que le signe = est en surbrillance. Si ce n'est pas le cas, saisir la touche **[F1]** {SELECT}.



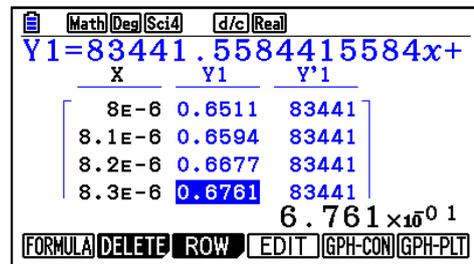
L'onglet {SET} en **[F5]** donne accès aux paramètres du tableau.



Presser ensuite la touche **[F6]** {TABLE} afin d'afficher le tableau de valeurs.



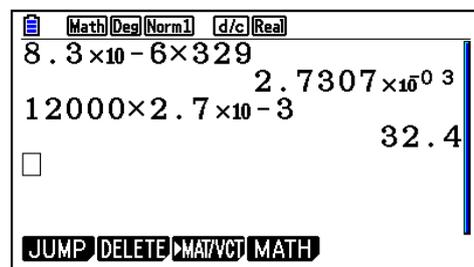
Pour obtenir une valeur de C la plus précise, il faut donc affiner au fur et à mesure les paramètres du tableau.



Ainsi, pour  $A_{eau} = 0,67$ , la concentration massique de l'eau du bassin est égale à  $8,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- La concentration massique de l'eau du bassin est égale à :

$$C_{m\ eau} = C_{eau} M_{VM^+} = 8,3 \cdot 10^{-6} \times 329 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$



La masse de vert de malachite restant dans l'eau est ainsi égale à :

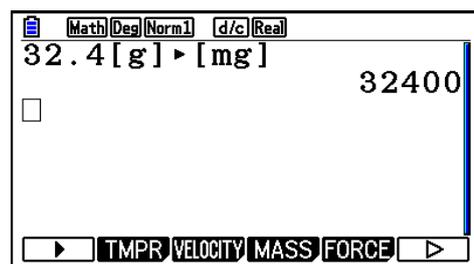
$$m_{VM^+} = V_{bassin} C_{m\ eau} = 12000 \times 2,7 \cdot 10^{-3} = 32,4 \text{ g}$$

**Remarque :** penser à mettre le volume du bassin en L.

**Astuce :** avec la calculatrice, il est possible de convertir directement la masse en mg.

Dans le menu "Exe-Mat", saisir la valeur de la masse (ici en g).

Appuyer sur les touches **[OPTN]**, **[F6]** ("**▶**") et **[F1]** ("CONVERT"). Presser une fois la touche **[F6]** ("**▶**") puis **[F4]** ("MASS"). Choisir "3 : g".



Appuyer sur **[F1]** ("**▶**") et sur **[F4]** ("MASS"). Choisir "2 : mg".

Ainsi,  $m_{VM^+} = 32,4 \text{ g} = 3,24 \cdot 10^4 \text{ mg}$

- 1 g de charbon actif peut retenir au minimum 10 mg de vert malachite.

La masse de charbon actif nécessaire pour retenir  $3,2 \cdot 10^4$  mg de vert de malachite est ainsi égale à 3200 g ou  $3,2 \cdot 10^3$  g.

- Chaque sac contient 500 g de charbon. Six sacs et demi sont donc nécessaires pour traiter l'eau du bassin :

$$\frac{3200}{500} = 6.4$$

