

C12n – SÉRUM PHYSIOLOGIQUE

Auteur : Frédéric Marquet

TI-Nspire™ CAS



Mots-clés : conductimétrie, courbe d'étalonnage, contrôle qualité.

Fichiers associés : SerumPhysiologique_CAS.tns, C12nElev_SerumPhysiologique.pdf, NoticeConductimetre_CAS.pdf, ModelisationCourbe_CAS.pdf.

1. Objectifs

- Réaliser des mesures de **conductimétrie**,
- Tracer une courbe d'**étalonnage** et la **modéliser**,
- Effectuer un **contrôle qualité** d'une solution de sérum physiologique.

2. Problème

► Le **sérum physiologique** est une solution aqueuse de **chlorure de sodium**.

Sur l'étiquette d'un flacon de sérum physiologique, on peut lire l'indication :



« Chlorure de sodium à 0,9 % »



Comment vérifier que la concentration massique en chlorure de sodium de cette solution est bien conforme aux indications du fabricant ?

Pour répondre à cette question, on se propose d'utiliser un moyen d'investigation très courant en chimie : la **conductimétrie**.

Pour aider les élèves, deux fiches sont à leur disposition :

- Pour l'utilisation de la **sonde de conductimétrie**, la fiche : *NoticeConductimetre_CAS.pdf*.
- Pour **modéliser** une **courbe expérimentale**, la fiche : *ModelisationCourbe_CAS.pdf*.

3. Réalisation d'une courbe d'étalonnage

1) Rappeler le principe de la **conductimétrie**.

2) Qu'est-ce qu'une « **courbe d'étalonnage** » ? Quelle est son utilité ?

3) On dispose d'une **solution mère** de **chlorure de sodium** de concentration **8,0 g.L⁻¹**. On souhaite disposer d'une série de **solutions filles** dont les concentrations sont comprises entre environ 0,1 et 0,8 g.L⁻¹. Indiquer le **protocole expérimental** à mettre en œuvre (faire un schéma et indiquer la verrerie utilisée) et préciser les concentrations des solutions filles obtenues.

4) Tracer la **courbe d'étalonnage** représentant l'évolution de la conductivité en fonction de la concentration en chlorure de sodium. Commenter l'allure de la courbe puis la **modéliser**.

Notes pour le professeur

1) On fait circuler un courant alternatif entre deux électrodes et on mesure le rapport entre l'intensité efficace produite par le générateur et la tension efficace entre les électrodes.

On obtient une grandeur appelée **conductance** (inverse d'une résistance) qui s'exprime en Siemens (S). Plus une solution est conductrice, plus la conductance de la solution entre les électrodes est élevée.

A partir de la conductance, on peut calculer la **conductivité** σ (en S.m⁻¹) de la solution :

$$\sigma = \left(\frac{L}{S} \right) \times G.$$

Les grandeurs L et S (distance entre les électrodes et surface des électrodes) sont des caractéristiques géométriques de la cellule de conductimétrie (données constructeur).

La conductivité σ ne dépend que de la nature de la solution : plus une solution est conductrice, plus sa conductivité est élevée.

2) Une **courbe d'étalonnage** est une courbe représentant les variations d'un paramètre physique en fonction d'un autre paramètre physique. Dans les cas les plus simples, cette courbe est une droite passant par l'origine, indiquant que les paramètres physiques sont proportionnels entre eux.

Par la suite, on va faire varier la concentration en chlorure de sodium d'une solution et mesurer sa variation de conductivité. Une modélisation permettra d'établir une relation mathématique entre la concentration en chlorure de sodium et la conductivité. Lorsqu'on mesurera la conductivité d'une solution inconnue (en l'occurrence le sérum physiologique) on pourra facilement déterminer sa concentration massique.

3) Supposons que l'on verse avec une burette graduée de capacité totale 25 mL un volume V (mL) de la solution mère de chlorure de sodium dans 200 mL d'eau distillée.

Si l'on note c la concentration massique (en g.L⁻¹) de la solution obtenue, la conservation de la quantité de matière conduit à :

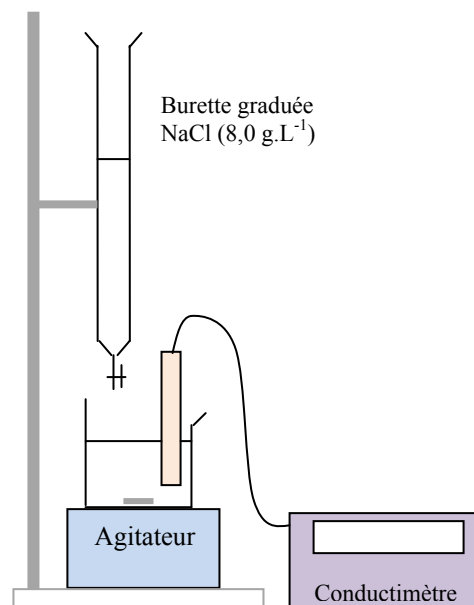
$$c = \frac{V}{200 + V} \times 8,0.$$

En ajoutant un volume $V = 25,0$ mL de la solution mère de chlorure de sodium, on obtiendra une concentration massique égale à :

$$c = \frac{25,0}{200 + 25,0} \times 8,0 \approx 0,89 \text{ g.L}^{-1}.$$

On va procéder de la façon suivante :

- On mesure 200 mL d'eau distillée avec une **éprouvette graduée**.
- On les verse dans un **bécher** de 250 mL et on ajoute un barreau magnétique. On place le bécher sur un agitateur magnétique afin de brasser lentement la solution.
- On met en place une potence maintenant une **burette graduée** de 25 mL contenant la solution mère de chlorure de sodium de concentration massique $8,0 \text{ g.L}^{-1}$.
- Il ne reste plus qu'à ajouter 2,0 mL par 2,0 mL la solution contenue dans la burette, en relevant à chaque fois la valeur de la conductivité.



Les concentrations massiques obtenues pour un volume de solution de chlorure de sodium compris entre 0 et 20 mL sont indiquées dans le tableau suivant :

| V (mL) | 0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 20,0 |
|------------------------|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| c (g.L ⁻¹) | 0 | 0,0792 | 0,157 | 0,233 | 0,308 | 0,381 | 0,453 | 0,523 | 0,593 | 0,661 | 0,727 |

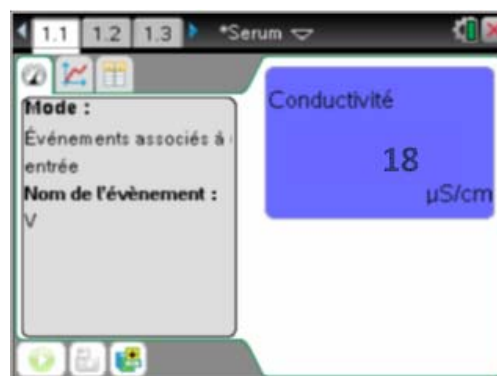
Grâce à ces solutions, on va pouvoir tracer la courbe d'étalonnage demandée.

4) La conductance théorique d'une solution de chlorure de sodium de concentration $1,0 \text{ g.L}^{-1}$ est égale à $2000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à 25°C . Cela permet de définir quel est le **calibre** à utiliser : il faut pouvoir mesurer des conductances jusqu'à $2000 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

Voici la procédure à suivre pour obtenir la **courbe d'étalonnage** :

- On règle la sonde sur le calibre $0\text{-}2000 \mu\text{S.cm}^{-1}$,
- On branche la sonde du conductimètre (préalablement trempée dans de l'eau distillée au moins 15 minutes) à la calculatrice **TI-Nspire** par l'intermédiaire de l'interface d'acquisition **Labcradle** ou directement sur le port mini-USB avec l'interface **EasyLink**,

L'appareil reconnaît automatiquement la sonde et la mesure de la conductivité de la solution s'affiche.



- On plonge la sonde dans une solution étalon, ici une solution de conductivité $1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$. On appuie sur **menu**, puis on sélectionne :

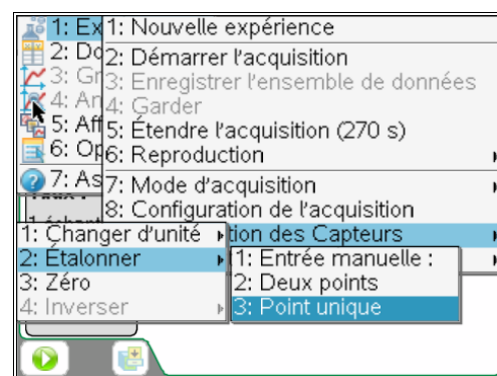
Expérience, Configuration des capteurs, Étalonner.

- On procède à l'étalonnage en cliquant sur :

Point unique,

puis en saisissant la valeur de la conductivité de la solution étalon : $1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

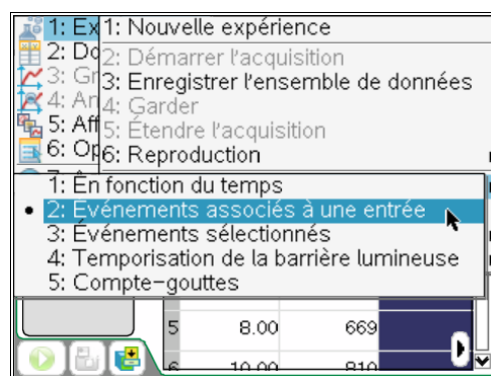
Le conductimètre est alors prêt à l'emploi.




- Avant de commencer à ajouter le chlorure de sodium, on configure le mode d'acquisition en tapant **menu**, puis :

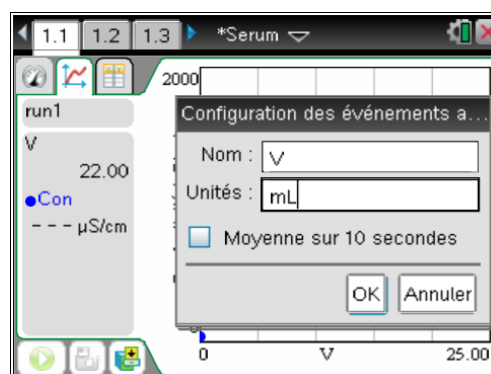
Expérience, Mode d'acquisition,


On sélectionne : **Événements associés à une entrée.**

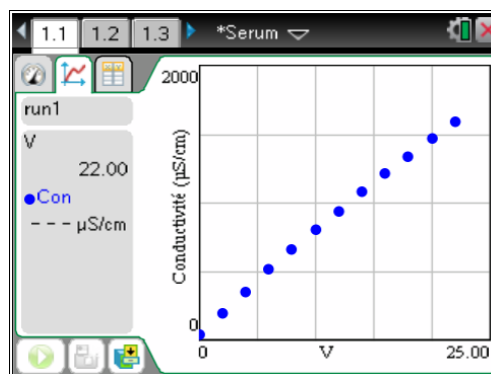



- On saisit la variable V : volume de solution de chlorure de sodium ajouté (en mL).

A chaque appui sur l'icône , la valeur est enregistrée et l'utilisateur peut saisir le volume de chlorure de sodium correspondant.



Les mesures apparaissent sous forme graphique dans l'onglet associé à l'icône .



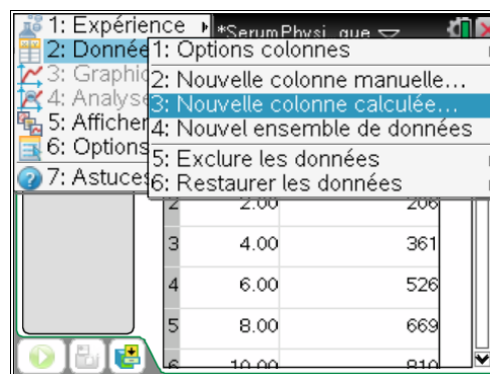
Elle apparaissent également sous forme de tableau dans l'onglet associé à l'icône .

run1

| | V (mL) | Cond |
|---|--------|------|
| 1 | 0 | 46 |
| 2 | 2.00 | 206 |
| 3 | 4.00 | 361 |
| 4 | 6.00 | 526 |
| 5 | 8.00 | 669 |
| 6 | 10.00 | 810 |

- On crée une nouvelle « colonne calculée » pour déterminer la concentration massique pour chaque ajout de chlorure de sodium :

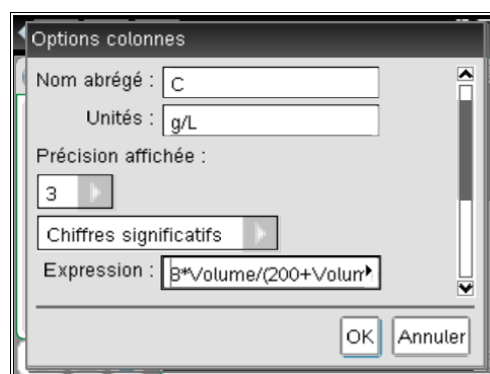
menu, **Données, Nouvelle colonne calculée.**



Il suffit de saisir l'expression de la concentration massique en chlorure de sodium :

Expression : **$8 \times \text{Volume} / (200 + \text{Volume})$** .

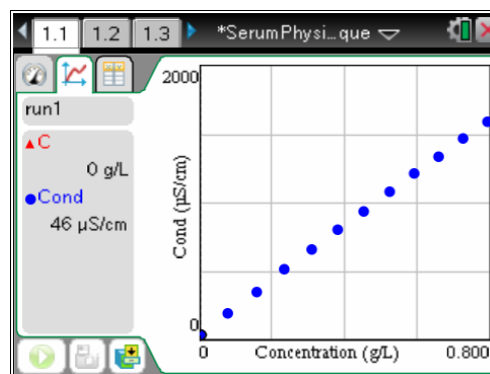
Une colonne contenant la concentration massique en chlorure de sodium est créée.



On affiche le graphique correspondant :

la **conductivité** semble **proportionnelle** à la **concentration massique** en chlorure de sodium.

La courbe ne passe pas exactement par l'origine, du fait que la conductivité initiale (eau distillée seule) est égale à $46 \mu\text{S}/\text{cm}$. Cette conductivité initiale est très faible et peut être due à l'étalonnage ou à l'eau distillée qui sert de solvant. Ce petit « offset » n'est en rien gênant car, d'une part, il est très faible ($46 \mu\text{S}/\text{cm}$ comparés à près de $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$) et, d'autre part, on utilisera la même sonde avec le même capteur pour la mesure de la conductivité de la solution de sérum physiologique, elle-même diluée avec la même eau distillée.

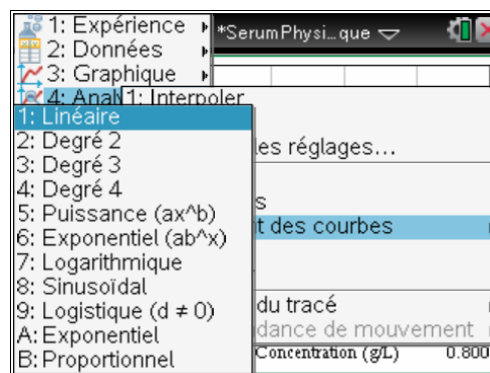


On peut modéliser la courbe en faisant :

menu, **Analyser, Ajustement des courbes, Linéaire.**

La modélisation est très satisfaisante :

$m \times x + b$
 $m : 1956.331$
 $b : 57.833$
 $r : 1.00$

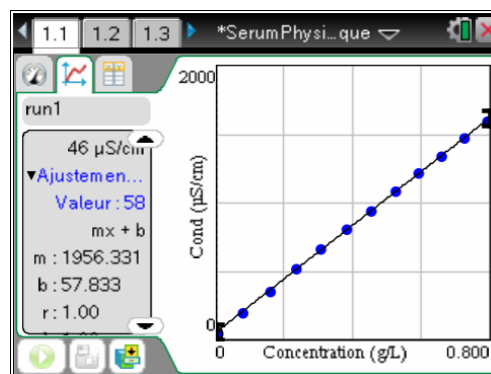


On pourra donc écrire :

$$\sigma (\mu\text{S/cm}) \approx 1956 \times \text{Concentration (g/L)} + 58$$

Soit encore :

$$c(\text{g/L}) \approx \frac{\sigma(\mu\text{S/cm}) - 58}{1956}.$$



4. Détermination de la concentration massique du sérum physiologique

- 1) A partir de la solution de sérum physiologique, réaliser une **solution diluée** d'un facteur 20 et mesurer sa **conductivité**. Expliquer l'intérêt de cette étape.
- 2) En déduire, en utilisant la courbe d'étalonnage, la **concentration massique** en chlorure de sodium du **sérum physiologique** pur. Comparer la valeur obtenue à celle donnée par le fabricant.

Notes pour le professeur

- 1) On dilue le sérum pur 20 fois car sinon sa concentration serait trop élevée pour permettre de mesurer directement la conductivité, et, de plus, la conductivité ne serait sans doute plus proportionnelle à la concentration en chlorure de sodium car la proportionnalité entre conductivité et concentrations en ions n'est valable que pour des solutions diluées. La mesure de la conductivité du sérum dilué 20 fois indique :

$$\sigma_{\text{sérum dilué } 20 \times} = 951 \mu\text{S.cm}^{-1}.$$

- 2) On peut, grâce à la modélisation établie précédemment, calculer la concentration en chlorure de sodium :

$$c_{\text{sérum dilué}} (\text{g/L}) = \frac{951 - 58}{1956} \approx 0,457 \text{ g/L}.$$

On en déduit la concentration du sérum pur :

$$c_{\text{sérum pur}} = 20 \times c_{\text{sérum dilué}} \approx 9,131 \text{ g/L soit environ } \mathbf{9,13 \text{ g.L}^{-1}}.$$

L'écart relatif entre la valeur expérimentale et l'indication du fabricant est :

$$\frac{|c_{\text{exp}} - c_{\text{fabricant}}|}{c_{\text{fabricant}}} \times 100 \approx 1,5 \ \%.$$

La concentration calculée est très proche de celle indiquée par le fabricant. Grâce à cette **méthode par étalonnage**, nous avons pu réaliser un **contrôle qualité** du sérum physiologique et vérifier l'exactitude de l'indication du fabricant : « Chlorure de sodium à 0,9 % ».