MORAJA3A

MATHS · PHYSIQUE-CHIMIE · SVT

COURS · 1ÈRE ANNÉE BAC SCIENCES MATHS · CHIMIE · SEMESTRE 1

Mesure de la conductance : la conductimétrie

قياس المواصلة

Conductance d'une portion de solution, cellule conductimétrique, facteurs d'influence, courbe d'étalonnage, conductivité, conductivité molaire ionique et relation entre conductivité et concentrations.

Comprends. Entraîne-toi. Réussis.

Rédigé et vérifié par **Mohammed TAOUFIK**, professeur et fondateur de MORAJA3A

NIVEAU
1ère Bac — Sciences Mathématiques (BIOF)

CONTENU
Cours · Exemples · Pièges · 8 exercices + corrigés

PLATEFORME
moraja3a.app

Sommaire

فهرس الدرس

01	Conductance d'une portion de solution	مواصلة جزء من محلول
02	Conductivité d'une solution	موصلية محلول
03	Conductivité molaire ionique	الموصلية المولية الأيونية
04	Exercices (8 exercices gradués)	تمارين تطبيقية
05	Corrigés détaillés	التصحيح المفصل
06	Fiche résumé et lexique français–arabe	ملخص ومعجم المصطلحات

POURQUOI CE CHAPITRE EST IMPORTANT

Une solution ionique conduit le courant grâce à ses **ions**. Plus elle contient d'ions, mieux elle conduit. En mesurant sa **conductance**, on peut donc déterminer une **concentration** rapidement et sans détruire l'échantillon : c'est la **conductimétrie**. On l'utilise pour contrôler la qualité de l'eau, doser le sel d'un sérum physiologique, et suivre l'évolution d'une réaction ou d'un dosage (dosage conductimétrique au semestre 2).

💡 **بالعربية**

المحلول الأيوني يوصل التيار بفضل **أيوناته**. كلما كثرت الأيونات كان التوصيل أفضل. بقياس **المواصلة** نحدد **التركيز** بسرعة ودون إتلاف العينة: هذا هو **قياس الموصلية**، المستعمل لمراقبة جودة الماء وفي المعايرات.

Comment utiliser ce cours

- **Définition** (encadré bleu) : ce qu'il faut savoir par cœur.
- **À retenir** (encadré vert) : la loi, la formule ou la méthode clé.
- **Exemple** (encadré doré) : une application corrigée pas à pas.
- **Piège** (encadré rouge) : l'erreur que font beaucoup d'élèves.
- **بالعربية** : une explication courte en arabe pour bien fixer l'idée.
- **Exercices** : énoncés classés APPLICATION APPROFONDISSEMENT TYPE EXAMEN ; tous les corrigés sont regroupés après les exercices.

1 Conductance d'une portion de solution

مواصلة جزء من محلول

CONDUCTION DANS UNE SOLUTION

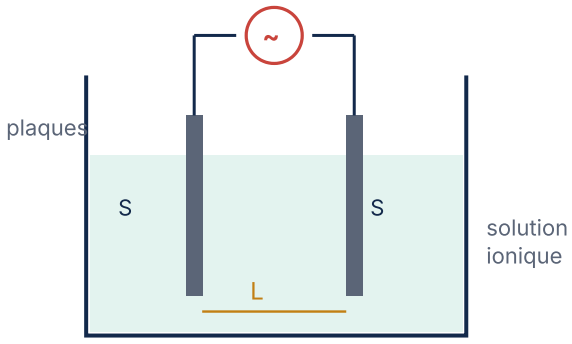
Dans un métal, le courant est dû au déplacement des **électrons**. Dans une solution ionique (électrolyte), il est dû au déplacement des **ions** : les cations vers l'électrode reliée au pôle −, les anions vers celle reliée au pôle +. L'eau pure conduit très peu ; une solution de sucre (molécules) ne conduit pas.

DÉFINITION — CONDUCTANCE

On applique une tension alternative U (pour éviter l'électrolyse) entre deux plaques plongées dans la solution (la **cellule conductimétrique**), et on mesure l'intensité I. La portion de solution comprise entre les plaques se comporte comme un conducteur ohmique de résistance R. Sa **conductance** est :

$$G = 1/R = I/U$$

G en **siemens** (S), I en A, U en V. On utilise souvent le mS.



EXEMPLE

Sous U = 1,00 V (tension efficace), on mesure I = 2,50 mA. $G = 2{,}50 \times 10^{-3}/1{,}00 = 2{,}50 \times 10^{-3}$ S = 2,50 mS, et R = 1/G = 400 Ω.

FACTEURS DONT DÉPEND G

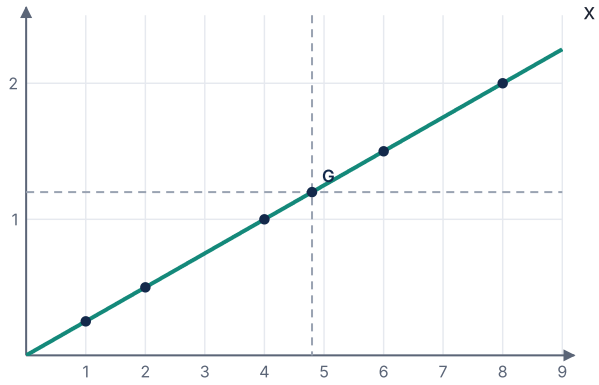
- la **géométrie** de la cellule : G est proportionnelle à la surface S des plaques et inversement proportionnelle à la distance L entre elles ;
- la **nature** des ions (certains ions sont plus mobiles, comme H_3O^+ et HO^-) ;
- la **concentration** de la solution ;
- la **température** (G augmente quand la température augmente).

COURBE D'ÉTALONNAGE

Pour un même soluté, une même cellule et une même température, la conductance d'une solution **diluée** ($C < 10^{-2}$ mol·L^{-1} environ) est **proportionnelle** à sa concentration :

$$G = a \times C$$

On mesure G pour des solutions étalons de concentrations connues, on trace la droite G = f(C), puis on lit la concentration inconnue C_x à partir de la conductance mesurée G_x.



PIÈGES

- On utilise une tension **alternative** (en continu, les électrodes se polarisent et il y a électrolyse).
- La courbe d'étalonnage n'est valable que pour le **même soluté**, la **même cellule** et la **même température**, et pour des solutions **diluées** : il faut souvent diluer l'échantillon avant la mesure.

💡 بالعربية

التيار في محلول أيوني ناتج عن انتقال **الأيونات**. **مواصلة** جزء من محلول G = I/U = 1/R ووحدتها **السيمنس** (S).
تتعلق G بهندسة الخلية وطبيعة الأيونات وتركيزها ودرجة الحرارة. **منحنى المعايرة** G = aC يمكن من تحديد تركيز مجهول.

2 Conductivité d'une solution

موصلية محلول

DÉFINITION — CONDUCTIVITÉ

Pour s'affranchir de la géométrie de la cellule, on définit la **conductivité** σ de la solution :

$$G = \sigma \times S/L = k \times \sigma$$

σ en $S \cdot m^{-1}$; S en m^2 ; L en m ; k = S/L (en m) est la **constante de la cellule**. La conductivité ne dépend que de la solution (nature et concentration des ions) et de la température.

EXEMPLE

Cellule de surface $S = 1{,}0\ cm^2$ et d'écartement $L = 1{,}0\ cm$: $k = 1{,}0 \times 10^{-4}/1{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}0 \times 10^{-2}$ m. Pour $G = 2{,}5\ mS$: $\sigma = G/k = 2{,}5 \times 10^{-3}/1{,}0 \times 10^{-2} = 0{,}25\ S \cdot m^{-1}$.

ÉTALONNAGE DU CONDUCTIMÈTRE

En pratique, on détermine k en mesurant G pour une solution étalon de conductivité connue (souvent du chlorure de potassium), puis le conductimètre affiche directement σ.

PIÈGE

Attention aux unités : S en **m^2** ($1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$) et L en **m**. On trouve aussi la conductivité en $mS \cdot cm^{-1}$: $1\ mS \cdot cm^{-1} = 0{,}1\ S \cdot m^{-1}$.

بالعربية 💡

الموصلية σ لا تتعلق بهندسة الخلية: $G = \sigma\ S/L = k\sigma$، حيث $k = S/L$ **ثابتة الخلية**. وحدة σ هي S/m.

3 Conductivité molaire ionique

الموصلية المولية الأيونية

DÉFINITION — CONDUCTIVITÉ MOLAIRE IONIQUE

Chaque ion X_i contribue à la conductivité proportionnellement à sa concentration. Le coefficient de proportionnalité λ_i est la **conductivité molaire ionique** de l'ion (en $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$). Pour une solution diluée :

$$\sigma = \Sigma \lambda_i [X_i]$$

Attention : dans cette formule, les concentrations sont en **$mol \cdot m^{-3}$** ($1\ mmol \cdot L^{-1} = 1\ mol \cdot m^{-3}$; $1\ mol \cdot L^{-1} = 10^3\ mol \cdot m^{-3}$).

QUELQUES VALEURS À 25 °C

Ion	λ ($mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$)	Ion	λ ($mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$)
H_3O^+	34,98	HO^-	19,86
Na^+	5,01	Cl^-	7,63
K^+	7,35	NO_3^-	7,14
Ag^+	6,19	CH_3COO^-	4,09
Ca^{2+}	11,90	SO_4^{2-}	16,00

Les ions H_3O^+ et HO^- ont des conductivités molaires très élevées : les acides et les bases forts conduisent beaucoup mieux que les sels à la même concentration.

EXEMPLE

Conductivité d'une solution de chlorure de sodium à $C = 2{,}0 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1}$.

$[Na^+] = [Cl^-] = 2{,}0 \times 10^{-3}\ mol \cdot L^{-1} = 2{,}0\ mol \cdot m^{-3}$.
$\sigma = (\lambda_{Na+} + \lambda_{Cl-}) \times 2{,}0 = (5{,}01 + 7{,}63) \times 10^{-3} \times 2{,}0 \approx 2{,}53 \times 10^{-2}\ S \cdot m^{-1}$.

AVEC UN ION DOUBLEMENT CHARGÉ

Pour $CaCl_2$ à C : $[Ca^{2+}] = C$ et $[Cl^-] = 2C$, donc $\sigma = \lambda_{Ca2+}\ C + \lambda_{Cl-} \times 2C$.

PIÈGES

- Oublier de convertir les concentrations en $mol \cdot m^{-3}$: erreur d'un facteur 1000.
- Oublier les coefficients de dissolution ($CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$).
- Les λ du tableau sont en **mS**$\cdot m^2 \cdot mol^{-1}$: multiplier par 10^{-3} pour avoir des S.

💡 بالعربية

لكل أيون **موصلية مولية أيونية** λ. موصلية محلول مخفف: $\sigma = \Sigma \lambda_i[X_i]$ مع التراكيز بـ **mol/m³**. أيونات H_3O^+ و HO^- لها موصلية مولية كبيرة جدا.

4 Exercices

تمارين — حاول أولاً قبل قراءة التصحيح!

8 exercices classés par difficulté. Utiliser les valeurs de λ données dans le cours. Les corrigés sont regroupés dans la partie suivante : cherche d'abord seul !

EXERCICE 1 — MESURE D'UNE CONDUCTANCE APPLICATION

Une cellule conductimétrique est alimentée sous une tension alternative de valeur efficace U = 1,20 V ; l'intensité efficace mesurée est I = 3,00 mA.

1. Calculer la conductance G et la résistance R de la portion de solution.
2. Pourquoi utilise-t-on une tension alternative ?
3. Comment évolue G si on rapproche les plaques ? si on chauffe la solution ?

EXERCICE 2 — CONSTANTE DE CELLULE APPLICATION

Les plaques d'une cellule ont une surface S = 2,0 cm^2 et sont distantes de L = 1,5 cm.

1. Calculer la constante de cellule k = S/L en mètres.
2. Pour une solution, on mesure G = 1,81 mS. Calculer sa conductivité.
3. Quelle conductance mesurerait-on avec une cellule de constante k' = 1,0 × 10^{-2} m ?

EXERCICE 3 — CALCULER UNE CONDUCTIVITÉ APPLICATION

Calculer la conductivité à 25 °C des solutions suivantes :

1. chlorure de sodium à 2,0 × 10^{-3} mol·L^{-1} ;
2. acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) à 2,0 × 10^{-3} mol·L^{-1} ;
3. chlorure de calcium $CaCl_2$ à 5,0 × 10^{-3} mol·L^{-1}.

Comparer les deux premières et expliquer.

EXERCICE 4 — RETROUVER UNE CONCENTRATION APPLICATION

Une solution de chlorure de potassium a une conductivité σ = 0,150 S·m^{-1} à 25 °C.

1. Exprimer σ en fonction de la concentration C.
2. Calculer C en mol·m^{-3} puis en mol·L^{-1}.
3. Quelle masse de KCl (M = 74,5 g·mol^{-1}) faut-il dissoudre pour préparer 250 mL de cette solution ?

EXERCICE 5 — COURBE D'ÉTALONNAGE APPROFONDISSEMENT

On mesure la conductance de solutions étalons de chlorure de sodium :

C (mmol·L^{-1})	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0
G (mS)	0,25	0,50	1,00	1,50	2,00

1. Tracer G = f(C). Quelle est la relation entre G et C ?
2. Un sérum physiologique est dilué 20 fois ; la solution diluée a une conductance G = 1,93 mS. Calculer la concentration de la solution diluée, puis celle du sérum.
3. En déduire la concentration massique en NaCl du sérum. Comparer à l'indication de l'étiquette « 0,9 % » (soit 9 g·L^{-1}).
4. Pourquoi a-t-on dilué le sérum avant la mesure ?

EXERCICE 6 — MÉLANGE DE SOLUTIONS APPROFONDISSEMENT

On mélange 50 mL de solution de chlorure de sodium à $2{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} et 50 mL de solution de nitrate de potassium ($K^+ + NO_3^-$) à $4{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} (pas de réaction).

1. Calculer les concentrations des quatre ions dans le mélange.
2. Calculer la conductivité du mélange.

EXERCICE 7 — SUIVI D'UNE PRÉCIPITATION APPROFONDISSEMENT

Dans 100 mL de solution de chlorure de sodium à $1{,}0 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}, on ajoute progressivement une solution concentrée de nitrate d'argent (volume ajouté négligeable). Il se forme AgCl (solide) : $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$.

1. Calculer la conductivité initiale.
2. Au cours de l'ajout, avant que tous les ions chlorure aient réagi, quels ions sont remplacés par quels autres ? La conductivité augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
3. Que se passe-t-il après que tous les ions Cl^- ont réagi ?

EXERCICE 8 — CONTRÔLE DE QUALITÉ — TYPE EXAMEN TYPE EXAMEN

On veut vérifier la concentration d'une solution de chlorure de calcium $CaCl_2$. On la dilue 100 fois. La cellule utilisée a une constante $k = 1{,}33 \times 10^{-2}$ m ; sous U = 2,00 V, on mesure I = 3,62 mA.

1. Calculer la conductance G puis la conductivité σ de la solution diluée.
2. Exprimer σ en fonction de la concentration C' de la solution diluée.
3. Calculer C', puis la concentration C de la solution initiale.
4. L'étiquette indique 55,5 g·L^{-1} de $CaCl_2$ (M = 111 g·mol^{-1}). Calculer l'écart relatif entre la valeur mesurée et la valeur indiquée.

5 Corrigés détaillés

التصحيح المفصل للتمارين

CORRIGÉ 1 — MESURE D'UNE CONDUCTANCE

1. $G = 3{,}00 \times 10^{-3}/1{,}20 = 2{,}50 \times 10^{-3}$ S = 2,50 mS ; R = 400 Ω.

2. Pour éviter l'électrolyse et la polarisation des électrodes.

3. G augmente dans les deux cas (L diminue ; la mobilité des ions augmente avec la température).

CORRIGÉ 2 — CONSTANTE DE CELLULE

1. $k = 2{,}0 \times 10^{-4}/1{,}5 \times 10^{-2} \approx 1{,}33 \times 10^{-2}$ m.

2. $\sigma = G/k = 1{,}81 \times 10^{-3}/1{,}33 \times 10^{-2} \approx 0{,}136$ S·m^{-1}.

3. $G' = k'\sigma \approx 1{,}36$ mS.

CORRIGÉ 3 — CALCULER UNE CONDUCTIVITÉ

1. $\sigma = (5{,}01 + 7{,}63) \times 10^{-3} \times 2{,}0 \approx 2{,}53 \times 10^{-2}$ S·m^{-1}.

2. $\sigma = (34{,}98 + 7{,}63) \times 10^{-3} \times 2{,}0 \approx 8{,}52 \times 10^{-2}$ S·m^{-1}.

3. $[Ca^{2+}] = 5{,}0$ mol·m^{-3}, $[Cl^-] = 10$ mol·m^{-3} : $\sigma = 11{,}90 \times 10^{-3} \times 5{,}0 + 7{,}63 \times 10^{-3} \times 10 \approx 0{,}136$ S·m^{-1}.

L'acide chlorhydrique conduit plus de 3 fois mieux que NaCl à la même concentration, à cause de la conductivité molaire très élevée de H_3O^+.

CORRIGÉ 4 — RETROUVER UNE CONCENTRATION

1. $\sigma = (\lambda_{K+} + \lambda_{Cl-})\,C$.

2. $C = 0{,}150/(14{,}98 \times 10^{-3}) \approx 10{,}0$ mol·m^{-3} = $1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

3. $m = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 0{,}250 \times 74{,}5 \approx 0{,}186$ g.

CORRIGÉ 5 — COURBE D'ÉTALONNAGE

1. Droite passant par l'origine : G = 0,25 × C (G en mS, C en mmol·L^{-1}).

2. C' = 1,93/0,25 = 7,72 mmol·L^{-1} ; C = 20 × 7,72 = 154 mmol·L^{-1} = 0,154 mol·L^{-1}.

3. t = 0,154 × 58,5 ≈ 9,0 g·L^{-1} : conforme à l'étiquette.

4. La proportionnalité n'est valable que pour des solutions diluées ; et la valeur doit être dans le domaine de l'étalonnage.

CORRIGÉ 6 — MÉLANGE DE SOLUTIONS

1. Volume total 100 mL : $[Na^+] = [Cl^-] = 1{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} = 1,0 mol·m^{-3} ; $[K^+] = [NO_3^-] = 2{,}0$ mol·m^{-3}.

2. $\sigma = (5{,}01 + 7{,}63) \times 10^{-3} \times 1{,}0 + (7{,}35 + 7{,}14) \times 10^{-3} \times 2{,}0 \approx 1{,}26 \times 10^{-2} + 2{,}90 \times 10^{-2} \approx 4{,}16 \times 10^{-2}$ S·m^{-1}.

CORRIGÉ 7 — SUIVI D'UNE PRÉCIPITATION

1. C = 10 mol·m^{-3} : $\sigma_0 = 12{,}64 \times 10^{-3} \times 10 \approx 0{,}126$ S·m^{-1}.

2. Chaque ion Cl^- précipité est remplacé par un ion NO_3^- apporté ; comme $\lambda(NO_3^-) = 7{,}14 < \lambda(Cl^-) = 7{,}63$, la conductivité **diminue légèrement**.

3. On ajoute alors des ions Ag^+ et NO_3^- sans en consommer : la conductivité **augmente**. Le changement de pente repère la fin de la réaction (principe du dosage conductimétrique).

CORRIGÉ 8 — CONTRÔLE DE QUALITÉ — TYPE EXAMEN

1. $G = 3{,}62 \times 10^{-3}/2{,}00 = 1{,}81 \times 10^{-3}$ S ; $\sigma = G/k \approx 0{,}136$ S·m^{-1}.

2. $\sigma = \lambda_{Ca2+}C' + 2\lambda_{Cl-}C' = (11{,}90 + 15{,}26) \times 10^{-3} \times C' = 27{,}16 \times 10^{-3} \times C'$.

3. $C' = 0{,}136/(27{,}16 \times 10^{-3}) \approx 5{,}0$ mol·m^{-3} = $5{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} ; C = 0,50 mol·L^{-1}.

4. Valeur indiquée : 55,5/111 = 0,500 mol·L^{-1}. Écart relatif ≈ 0 % : la solution est conforme.

6 Fiche résumé

ملخص الدرس — للمراجعة السريعة

Les relations à connaître

Grandeur	Relation	بالعربية
conductance	$G = I/U = 1/R$ (S)	المواصلة
conductivité	$G = \sigma S/L = k\sigma$ (σ en $S \cdot m^{-1}$)	الموصلية
solution diluée, un seul soluté	$G = a \times C$ (étalonnage)	منحنى المعايرة
conductivité et concentrations	$\sigma = \Sigma \lambda_i[X_i]$ ([X] en $mol \cdot m^{-3}$)	الموصلية المولية الأيونية

CONVERSIONS

$1\ mmol \cdot L^{-1} = 1\ mol \cdot m^{-3}$

$1\ mol \cdot L^{-1} = 10^{3}\ mol \cdot m^{-3}$

$1\ cm^2 = 10^{-4}\ m^2$; $1\ cm = 10^{-2}\ m$

$1\ mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1} = 10^{-3}\ S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

TOP 5 DES ERREURS

- Concentrations en $mol \cdot L^{-1}$ dans $\sigma = \Sigma\lambda[X]$.
- Oublier les coefficients ($CaCl_2 \rightarrow 2Cl^-$).
- Utiliser l'étalonnage hors de son domaine.
- Oublier de multiplier par le facteur de dilution.
- Mélanger cm et m dans k = S/L.

Lexique français — arabe معجم المصطلحات

Français	العربية	Français	العربية
Conductance	مواصلة	Tension alternative	توتر متناوب
Conductivité	موصلية	Courbe d'étalonnage	منحنى المعايرة
Siemens	سيمنس	Solution étalon	محلول عياري
Cellule conductimétrique	خلية قياس الموصلية	Dilution	تخفيف
Conductimètre	جهاز قياس الموصلية	Conductivité molaire ionique	الموصلية المولية الأيونية
Électrolyte	إلكتروليت	Constante de cellule	ثابتة الخلية
Cation	كاتيون	Concentration	تركيز
Anion	أنيون	Proportionnel	متناسب

Besoin d'aide sur ce chapitre ? Séance d'essai 100 % gratuite.

Cours en direct sur Google Meet · Petits groupes de 8 élèves max · Programme marocain · moraja3a.app · WhatsApp +212 617 638 536

احجز حصتك التجريبية المجانية على موقع moraja3a.app — افهم، تدرّب، انجح.