

S21 – Interpréter une mesure de conductivité (CQ)

1 Qu'est-ce que la conductivité ?

Définition

La **conductivité** (notée σ , lettre grecque « sigma ») mesure la **capacité d'une solution à conduire le courant électrique**.

Principe : Le courant circule grâce aux **ions** (porteurs de charge) qui se déplacent sous l'effet d'une tension électrique.

Unité SI : siemens par mètre (S/m)

Unité usuelle en cosmétique : microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Conversion : $1 \text{ S/m} = 10\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$

Pièges d'unités et de mesure :

- $1 \text{ mS}/\text{cm} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- **σ dépend de la température** : comparer uniquement des mesures réalisées à **température identique**.

Conductance, conductivité et constante de cellule :

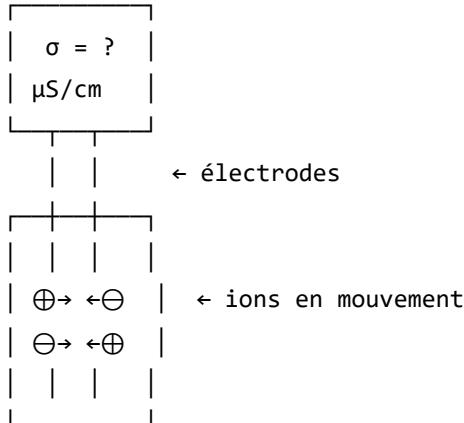
- La **conductance** (notée **G**, en **S**) dépend de la cellule de mesure : $\mathbf{G = 1/R}$.
- La **conductivité** (σ) est une propriété de la solution : $\mathbf{\sigma = K \times G}$.
- **K** est la **constante de cellule** (géométrie des électrodes) : $\mathbf{K = \ell/A}$ (en m^{-1} ou cm^{-1}).
- La **résistivité** (ρ) est l'inverse de la conductivité : $\mathbf{\rho = 1/\sigma}$ (en $\Omega \cdot \text{m}$).
- Selon les documents, la conductivité peut aussi être notée **K**.

Principe de mesure

On plonge deux **électrodes** dans la solution et on applique une **tension électrique** :

- Les **cations** (+) migrent vers l'électrode négative
- Les **anions** (–) migrent vers l'électrode positive
- Ce déplacement d'ions crée un **courant électrique**
- Plus le courant circule facilement, plus σ est élevée

Conductimètre



Solution

Solutions conductrices et non conductrices

Type de solution	Exemples	σ	Explication
Eau pure	Eau ultrapure	$\approx 0,05$ μS/cm	Pas d'ions
Solutions ioniques	NaCl, HCl, NaOH dans l'eau	Élevée	Ions dissous : Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , HO^- ...
Solutions moléculaires	Glycérol, éthanol dans l'eau	Très faible	Molécules non chargées
Huiles	Jojoba, silicones	≈ 0	Pas d'ions, solvant apolaire

★ À RETENIR – CONDUCTIVITÉ :

- σ mesure la capacité à conduire le courant
- Seules les solutions contenant des IONS conduisent
- L'eau pure et les huiles sont ISOLANTES
- Unité : S/m (ou $\mu\text{S}/\text{cm}$ en cosmétique)

Rappel S11 : $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (dissociation ionique)

2 Facteurs influençant la conductivité

Quatre facteurs principaux modifient la valeur de σ :

Facteur	Effet	Explication	Exemple cosmétique
Concentration en ions	$\sigma \uparrow$ quand C \uparrow	Plus d'ions = plus de porteurs de charge	Sérum physiologique (9 g/L NaCl) $\rightarrow \sigma$ très élevée
Nature des ions	Petits ions mobiles $\rightarrow \sigma \uparrow$	H_3O^+ et HO^- sont les ions les plus conducteurs	Lotion acide (riche en H_3O^+) $\rightarrow \sigma$ élevée
Température	$\sigma \uparrow$ quand T \uparrow	Ions plus agités \rightarrow migrent plus vite	Toujours noter T lors d'une mesure CQ
Solvant	Solvant polaire $\rightarrow \sigma \uparrow$	Seul un solvant polaire dissocie les ions	Phase aqueuse : σ élevée ; phase huileuse : $\sigma \approx 0$

★ À RETENIR – RÈGLE D'OR DU CQ :

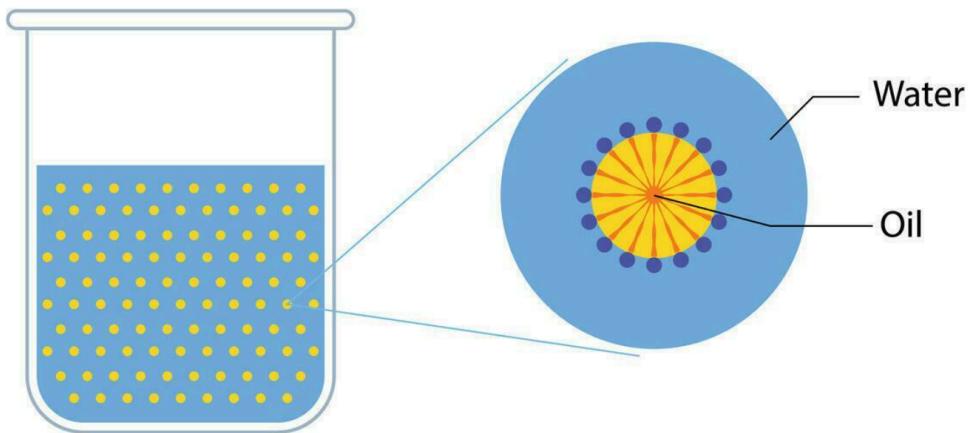
Toute mesure de conductivité doit être réalisée
à TEMPÉRATURE CONTRÔLÉE (généralement 25°C)
pour être comparable au cahier des charges.

3 Application n°1 : type d'émulsion (H/E vs E/H)

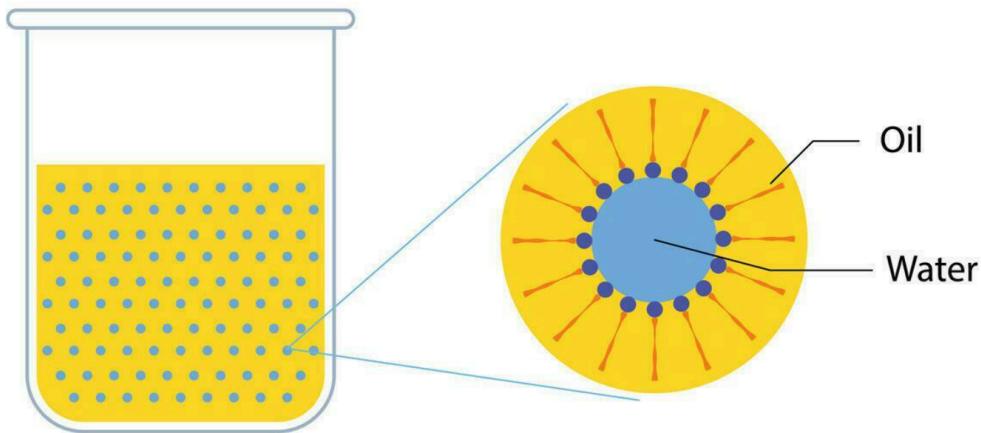
Principe

Type d'émulsion	Phase continue	Phase dispersée	σ
H/E (huile dans eau)	Eau (contient des ions)	Gouttelettes d'huile	Élevée ($> 50 \mu\text{S}/\text{cm}$)
E/H (eau dans huile)	Huile (pas d'ions)	Gouttelettes d'eau	Faible ($< 10 \mu\text{S}/\text{cm}$)

Oil in Water Emulsion



Water in Oil Emulsion



Emulsion H/E et Emulsion E/H

Phase continue = EAU Vs Phase continue = HUILE

Pourquoi ça fonctionne ?

Le courant circule dans la **phase continue** (celle qui relie les deux électrodes) :

- Phase continue = **eau** → ions migrent → σ **élevée**
- Phase continue = **huile** → pas d'ions → σ **très faible**

Exemples cosmétiques

Produit	Type	σ typique	Justification
Crème de jour légère	H/E	800–1 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Phase aqueuse continue, toucher frais
Lait démaquillant	H/E	900–1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Facile à rincer, texture fluide
Baume à lèvres	E/H	2–8 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Film occlusif, protection barrière
Cold cream	E/H	1–5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Texture riche, effet protecteur

❖ À RETENIR – TYPE D'ÉMULSION :

- $\sigma > 50 \mu\text{S}/\text{cm} \rightarrow$ émulsion H/E
- $\sigma < 10 \mu\text{S}/\text{cm} \rightarrow$ émulsion E/H
- Entre 10 et 50 $\mu\text{S}/\text{cm} \rightarrow$ zone ambiguë
(test complémentaire nécessaire)
- Test RAPIDE et NON DESTRUCTIF

4 Application n°2 : suivi de stabilité

Principe

En mesurant σ **au cours du temps**, on suit la **stabilité** d'une émulsion :

Observation	Interprétation
σ constante dans le temps	Émulsion stable
σ diminue lentement	Légère modification (sédimentation, crémage)
σ chute brutalement	Inversion de phase probable (H/E \rightarrow E/H)
σ augmente brutalement	Inversion inverse (E/H \rightarrow H/E) ou dissolution d'ions

Inversion de phase

L'**inversion de phase** est un phénomène de déstabilisation où l'émulsion change de type :

- Une émulsion **H/E** (σ élevée) devient **E/H** (σ faible)
- Causes possibles : température extrême, mauvais tensioactif, cisaillement mécanique

★ À RETENIR – STABILITÉ :

Un CHANGEMENT BRUTAL de σ au cours du temps
signale une DÉSTABILISATION de l'émulsion.
→ Signal d'alerte CQ : quarantainer le lot !

5 Application n°3 : CMC d'un tensioactif

Qu'est-ce que la CMC ?

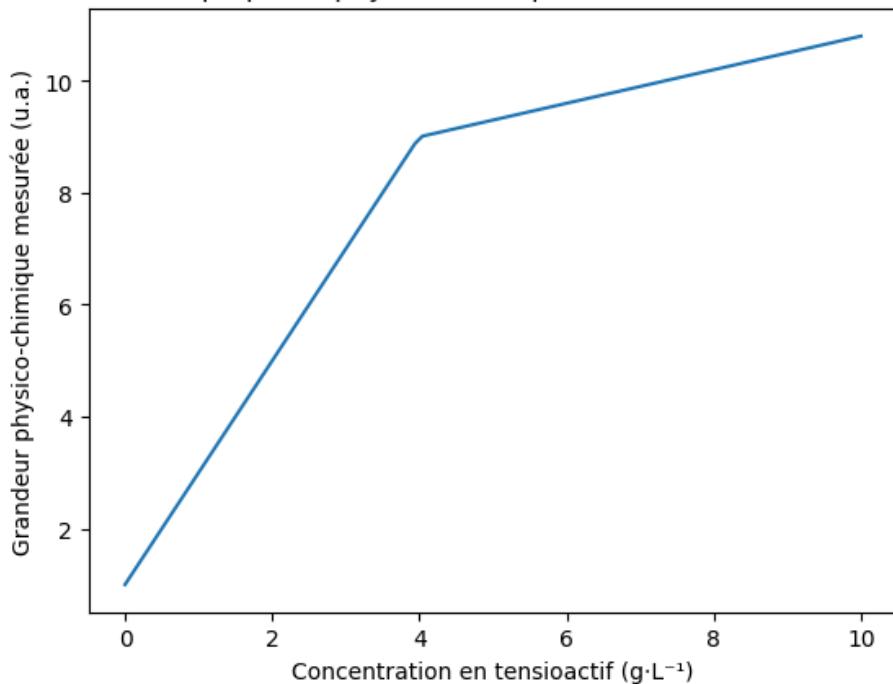
La **Concentration Micellaire Critique (CMC)** est la concentration en tensioactif à partir de laquelle les molécules s'organisent en **micelles**.

Avant la CMC	Après la CMC
Tensioactifs libres (monomères)	Tensioactifs organisés en micelles
Pas de solubilisation des corps gras	Solubilisation des corps gras dans le cœur des micelles
σ augmente proportionnellement à C	σ augmente plus lentement

Détermination par conductimétrie

Pour un tensioactif **ionique** :

Évolution d'une propriété physico-chimique en fonction de la concentration



Courbe de conductivité en fonction de la concentration

Méthode :

1. Tracer $\sigma = f(C)$
2. Identifier la **rupture de pente**
3. Tracer les **deux droites moyennes**
4. L'intersection donne la **CMC**

Explication de la rupture de pente

Phase	Ce qui se passe	Effet sur σ
Avant CMC	Chaque tensioactif ionique ajouté libère des ions	$\sigma \uparrow$ fortement ($\propto C$)
À la CMC	Les monomères s'agrègent en micelles	Rupture de pente
Après CMC	Le tensioactif ajouté forme des micelles (pas de nouveaux ions)	$\sigma \uparrow$ faiblement

★ À RETENIR – CMC :

- CMC = rupture de pente sur $\sigma = f(C)$
- Avant CMC : monomères libres (pas de micelles)
- Après CMC : micelles formées (solubilisation possible)
- En cosmétique : OPTIMISER la concentration
(pas trop = irritation, pas trop peu = inefficace)

6 Conductivité et contrôle qualité : synthèse

Application CQ	Ce qu'on mesure	Ce qu'on en déduit	Exemple de décision
Type d'émulsion	σ d'un produit	H/E ($\sigma > 50$) ou E/H ($\sigma < 10$)	Vérifier le type attendu
Stabilité	σ au cours du temps	Stable ($\sigma \approx \text{cste}$) ou instable	Quarantainer si σ chute
CMC	$\sigma = f(C)$	Rupture de pente → CMC	Optimiser la formulation
Conformité	σ vs cahier des charges	Conforme ou non conforme	Libérer ou rejeter le lot

7 Tableau récapitulatif complet

Notion	Définition / Formule	Unité	Application cosmétique
Conductivité σ	Capacité à conduire le courant	S/m ou $\mu\text{S}/\text{cm}$	CQ, type d'émulsion
Porteur de charge	Ion en solution (cation / anion)	—	$\sigma \uparrow$ quand plus d'ions

Notion	Définition / Formule	Unité	Application cosmétique
Émulsion H/E	Phase continue = eau	σ élevée (ordre de grandeur $> 50 \mu\text{S}/\text{cm}$)	Crèmes légères, laits
Émulsion E/H	Phase continue = huile	σ faible (ordre de grandeur $< 10 \mu\text{S}/\text{cm}$)	Baumes, cold cream
Inversion de phase	Changement H/E \leftrightarrow E/H	Chute ou hausse brutale de σ	Instabilité, déstabilisation
CMC	Concentration micellaire critique	mmol/L	Rupture de pente sur $\sigma = f(C)$
Micelle	Agrégat de tensioactifs	—	Solubilisation des corps gras

📌 À retenir pour l'E2

Définitions essentielles

Terme	Définition
Conductivité (σ)	Capacité d'une solution à conduire le courant électrique grâce aux ions
Porteur de charge	Espèce chargée mobile (ions en solution)
Phase continue	Phase qui entoure les gouttelettes dans une émulsion
CMC	Concentration à partir de laquelle un tensioactif forme des micelles
Rupture de pente	Changement brusque de pente sur $\sigma = f(C)$, signalant la CMC
Conformité	Respect des spécifications du cahier des charges (valeur \pm tolérance)

Règles pratiques

Règle	Application
Plus d'ions $\rightarrow \sigma$ plus élevée	Interpréter une mesure de σ

Règle	Application
σ élevée (ordre de grandeur $> 50 \mu\text{S}/\text{cm}$) → émulsion H/E	Identifier le type d'émulsion (à T constante, selon formulation)
σ faible (ordre de grandeur $< 10 \mu\text{S}/\text{cm}$) → émulsion E/H	Identifier le type d'émulsion (à T constante, selon formulation)
Toujours relier σ à la phase continue	σ élevée \leftrightarrow phase aqueuse continue ; σ faible \leftrightarrow phase huileuse continue
Chute brutale de σ → inversion de phase	Suivre la stabilité
Rupture de pente → CMC	Déterminer la CMC par conductimétrie
Toujours noter la température	Comparer des mesures CQ

Vocabulaire à maîtriser

- **Conductivité, conductimètre, porteur de charge, ion**
- **Émulsion H/E, émulsion E/H, phase continue, phase dispersée**
- **Inversion de phase, stabilité, vieillissement accéléré**
- **CMC, micelle, tensioactif ionique, rupture de pente**
- **Cahier des charges, conformité, tolérance, écart relatif**

🔗 Lien avec la suite de la progression

Séance	Réinvestissement
S01	Mélanges, phases, émulsions → type d'émulsion H/E vs E/H
S11	Ions, dissociation ionique → porteurs de charge = conductivité
S13	Polarité, solvant polaire → dissociation des ions dans l'eau
S14	Acide-base, $\text{H}_3\text{O}^+/\text{HO}^-$ → ions les plus conducteurs
S16	Température → facteur influençant σ
TP4	CMC par conductimétrie → exploité en S22
S22	Évaluation E2 → exploitation des données σ et CMC
S25	Électricité → lien tension, intensité, conductimètre



Fiche méthode associée

- ➡ **Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)**
- ➡ **Fiche méthode 05 – Lire une représentation microscopique (E2)**