

TP 2 – pH-métrie : exploitation et interprétation de résultats fournis

TP de réinvestissement – Logique E2 : résultats → interprétation → décision

Objectifs du TP

Objectifs scientifiques

- Comprendre le **principe d'un titrage pH-métrique**
- Exploiter une **courbe $\text{pH} = f(V)$** issue d'un dosage
- Déterminer une **quantité de matière** et une **masse** à partir de résultats expérimentaux
- Mettre en relation des résultats physico-chimiques avec une **formulation cosmétique**

Objectifs méthodologiques (E2)

- **Lire** et exploiter des résultats expérimentaux fournis
- **Identifier** un point d'équivalence sur une courbe
- **Interpréter** des résultats dans un contexte cosmétique
- **Argumenter** une conclusion scientifique structurée

Compétences travaillées

- Analyser des résultats expérimentaux
- Mobiliser des connaissances scientifiques (acide/base, titrage)
- Exploiter graphiquement une courbe pH-métrique
- Relier résultats expérimentaux et **usage cosmétique**
- Communiquer une conclusion scientifique (posture E2)



Contexte professionnel

L'**allantoïne** et l'**urée** sont deux molécules utilisées en cosmétique :

- l'allantoïne possède des propriétés **apaisantes et adoucissantes**,
- l'urée présente des propriétés **hydratantes et kératolytiques**.

Ces molécules peuvent être intégrées dans des **crèmes de soin**, **gels douche** ou **produits dermatologiques**.

Un laboratoire souhaite vérifier la **composition d'un mélange allantoïne–urée** destiné à une future formulation cosmétique.



Documents scientifiques fournis

- Document 1 : Données sur l'allantoïne et l'urée
- Document 2 : Réaction support du titrage de l'allantoïne
- Document 3 : Composition de produits cosmétiques commerciaux
- Document 4 : Méthode de la double tangente
- Document 5 : Méthode de la dérivée
- Documents 6 à 8 : Principe du titrage pH-métrique

(Documents fournis dans le dossier à la fin)



Partie A – Mise en œuvre expérimentale

Dans environ **50 mL d'eau chaude**, dissoudre une masse comprise entre 5,5 g et 6,5 g du mélange « allantoïne- urée », dont on notera précisément la valeur ci-dessous.

$m_{\text{mélange}} = \dots\dots\dots \text{g}$

Préparer le dispositif expérimental permettant de mettre en œuvre le titrage pH-métrique de la solution préparée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration **$C(\text{NaOH}) = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$**

Attendre que la température de la solution préparée soit égale à **40 °C** environ, puis commencer le titrage.



Vidéo : Titrage pH-métrique

Tracer, à l'aide d'un tableur-grapheur, la courbe $\text{pH} = f(V_{\text{versé}})$.



Partie B – Exploitation graphique des résultats

(ANALYSER)

1 Lecture de la courbe $\text{pH} = f(V_{\text{versé}})$

1. Décrire l'allure générale de la courbe $\text{pH} = f(V_{\text{versé}})$.
2. Identifier la zone de variation rapide du pH.
3. Expliquer à quoi correspond cette zone du point de vue chimique.

2 Détermination du point d'équivalence

(INTERPRÉTER)

À l'aide :

- de la **méthode des tangentes** (Document 4)
- ou de la **méthode de la dérivée** (Document 5)

déterminer le volume à l'équivalence :

$V_E = \dots\dots\dots \text{mL}$

Justifier brièvement la méthode utilisée.



Partie C – Exploitation quantitative

(ANALYSER)

3 Quantité de matière d'allantoïne

À l'équivalence :

$$n(\text{acide}) = n(\text{base})$$

1. Écrire la relation reliant les quantités de matière.
2. Calculer la quantité de matière d'allantoïne présente dans la solution.

$$n(\text{allantoïne}) = \dots\dots\dots \text{ mol}$$

Masse d'allantoïne

Donnée :

$$M(\text{allantoïne}) = 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Calculer la masse d'allantoïne contenue dans le mélange :

$$m_{\text{allantoïne}} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

Masse d'urée

À partir de la masse totale du mélange :

$$m_{\text{urée}} = m_{\text{mélange}} - m_{\text{allantoïne}}$$

Calculer :

$$m_{\text{urée}} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

 **Compétences E2 mobilisées : argumenter – communiquer**

Partie D – Interprétation cosmétique

(ARGUMENTER)

Analyse de cohérence avec des produits commerciaux

À l'aide du **Document 3** :

1. Comparer les proportions obtenues avec celles :

- d'une crème de soin,
- d'un gel douche.

2. Identifier le type de produit cosmétique le plus cohérent avec le mélange étudié.

Conclusion professionnelle

(COMMUNIQUER – logique E2)

Rédiger une conclusion argumentée (5 à 7 lignes) répondant à la question suivante :

À quel type de produit cosmétique ce mélange allantoiné–urée est-il le plus adapté ?

La réponse devra :

- exploiter les **résultats expérimentaux fournis**,
- relier les **quantités obtenues** à un usage cosmétique,
- adopter une **posture scientifique et professionnelle**.

Posture E2 – À retenir

- La manipulation n'est **pas évaluée**.
- Ce sont la **lecture**, l'**interprétation** et l'**argumentation** qui sont attendues.
- Les résultats doivent toujours être **mis en contexte cosmétique**.

Documents

Document 1 – Données sur l'allantoïne et l'urée

Contexte

L'**allantoïne** et l'**urée** sont deux molécules d'origine naturelle, pouvant également être synthétisées en laboratoire.

- L'allantoïne est connue pour ses propriétés **adoucissantes, apaisantes et cicatrisantes**.
- L'urée est reconnue pour ses **forts pouvoirs hydratants et kératolytiques**.

👉 En cosmétologie, ces deux molécules présentent des **propriétés complémentaires** et peuvent être associées dans des **crèmes de soin**, des **gels douche** ou des **produits dermatologiques**.

Kératolytique : se dit d'une substance capable de dissoudre la kératine, principale protéine constituant la couche cornée de l'épiderme.

Données relatives à l'allantoïne

- L'allantoïne est un **acide**, noté **HA**.
- Masse molaire moléculaire : **$M(\text{allantoïne}) = 158 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$**

Solubilité de l'allantoïne dans l'eau

Conditions	Solubilité
Eau bouillante	$150 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
Eau à 70 °C	$40 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
Eau à froid	$5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

- Température de fusion : **230 °C**

Données relatives à l'urée

- L'urée est une **base très faible**.
- Masse molaire moléculaire : **$M(\text{urée}) = 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$**
- L'urée est **très soluble dans l'eau**, quelle que soit la température.
- Température de fusion : **132 °C à 135 °C**

Exploitation attendue (logique BTS / E2)

Les données fournies permettent de :

- identifier les **propriétés physico-chimiques** des espèces,
- comprendre le **choix du titrage de l'allantoïne**,
- relier les **résultats expérimentaux** à une **formulation cosmétique réelle**.



Document 2 – Réaction support du titrage de l'allantoïne

Principe du titrage

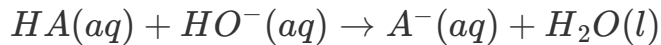
Le titrage de l'allantoïne est réalisé à l'aide d'une **solution aqueuse d'hydroxyde de sodium** :

- espèces présentes dans la solution titrante : **Na⁺(aq)** et **HO⁻(aq)**
- l'hydroxyde de sodium est une **base forte**

L'allantoïne, notée **HA**, se comporte comme un **acide** dans le milieu aqueux.

Réaction support du titrage

La réaction chimique support du titrage est une **réaction acido-basique** :



Signification de la réaction

- **HA** : forme acide de l'allantoïne
- **HO⁻** : ion hydroxyde apporté par la solution titrante
- **A⁻** : base conjuguée de l'allantoïne
- **H₂O** : eau formée lors de la neutralisation

👉 Cette réaction est :

- **rapide**
- **totale**
- **unique**
- **spécifique de l'allantoïne**

Elle peut donc servir de **réaction support de titrage**.

Lien avec l'équivalence

À l'**équivalence du titrage** :

$$n(acide) = n(base)$$

Ce principe sera exploité pour :

- déterminer la **quantité de matière d'allantoïne**,
- puis la **masse d'allantoïne** présente dans le mélange,
- et en déduire la **masse d'urée**.

Attendus BTS / E2

À l'épreuve **E2 – Expertise scientifique et technologique**, le candidat doit être capable de :

- identifier la **réaction support du titrage**,
- exploiter l'égalité des quantités de matière à l'équivalence,
- relier le résultat obtenu à un **contexte de formulation cosmétique**.

Document 3 – Composition de produits cosmétiques commerciaux

Objectif du document

Ce document présente des **ordres de grandeur de concentrations** d'actifs hydratants utilisés dans différents **produits cosmétiques commerciaux**.

👉 Ces données permettent de **mettre en relation des résultats expérimentaux** avec des **produits réels**, conformément aux attendus de l'épreuve **E2**.

Exemples de formulations cosmétiques

1 Crème de soin hydratante

Actif	Concentration usuelle
Allantoïne	0,1 à 0,5 % (m/m)
Urée	2 à 5 % (m/m)

Caractéristiques :

- produit non rincé,
- contact prolongé avec la peau,
- forte exigence de **tolérance cutanée**.

2 Gel douche hydratant

Actif	Concentration usuelle
Allantoïne	0,05 à 0,2 % (m/m)
Urée	5 à 10 % (m/m)

Caractéristiques :

- produit rincé,
- contact court avec la peau,

- concentration plus élevée possible en actifs.

Exploitation attendue (logique BTS / E2)

Les données permettent de :

- comparer les **proportions expérimentales obtenues** à des formulations réelles,
- identifier le **type de produit cosmétique le plus cohérent**,
- **argumenter un choix de formulation** à partir de données chiffrées.

👉 Il n'existe pas de réponse unique attendue : la **cohérence du raisonnement** prime sur la valeur exacte.

Document 4 – Méthode de la double tangente

Objectif de la méthode

La méthode de la **double tangente** permet de déterminer graphiquement le **volume à l'équivalence** lors d'un titrage pH-métrique.

Elle est utilisée lorsque le **point d'équivalence n'est pas directement lisible** sur la courbe $\text{pH} = f(V)$.

Principe général

Lors d'un titrage acido-basique :

- avant l'équivalence, le pH varie lentement,
- au voisinage de l'équivalence, le pH varie **rapidement**,
- après l'équivalence, la variation redevient progressive.

👉 La méthode consiste à exploiter cette **variation brutale du pH**.

Mise en œuvre graphique

1. Tracer la courbe **$\text{pH} = f(V)$** à partir des résultats expérimentaux fournis.
2. Tracer une **première tangente** dans la zone de variation rapide du pH.
3. Tracer deux autres tangentes :
 - l'une avant la zone de variation rapide,
 - l'autre après cette zone.
4. Déterminer les **points d'intersection** entre la tangente centrale et les deux tangentes latérales.
5. Le **volume à l'équivalence** correspond à l'abscisse du **milieu** des deux points d'intersection.

Résultat obtenu

Le volume ainsi déterminé est noté :

$$V_E$$

👉 Ce volume correspond au point où les **quantités de matière d'acide et de base sont égales**.

Avantages et limites de la méthode

Avantages

- méthode graphique simple,
- exploitable sans calcul complexe,
- adaptée aux résultats fournis à l'examen.

Limites

- dépend de la **précision du tracé**,
- nécessite une lecture soigneuse du graphique.

Attendus BTS / E2

À l'épreuve **E2 – Expertise scientifique et technologique**, le candidat doit être capable de :

- expliquer **la méthode utilisée**,
- justifier le choix de la méthode,
- exploiter le volume à l'équivalence obtenu sans réaliser la manipulation.



Document 5 – Méthode de la dérivée

Objectif de la méthode

La **méthode de la dérivée** permet de déterminer le **volume à l'équivalence** lors d'un titrage pH-métrique à partir de l'exploitation mathématique des résultats expérimentaux fournis.

👉 Cette méthode est utilisée lorsque l'on dispose :

- d'un **tableau de valeurs $\text{pH} = f(V)$** ,
- ou d'une courbe pH-métrique suffisamment précise.

Principe général

Lors d'un titrage acido-basique :

- la variation du pH est **faible** avant l'équivalence,
- elle devient **très importante** au voisinage de l'équivalence,
- puis redevient **faible** après l'équivalence.

👉 Le point d'équivalence correspond donc à la zone où la **variation du pH par unité de volume est maximale**.

Mathématiquement, cela correspond à un **maximum de la dérivée** :

$$\frac{dpH}{dV}$$

Mise en œuvre pratique à partir des résultats fournis

Étape 1 – Calcul de la variation du pH

À partir du tableau de résultats expérimentaux :

$$\Delta pH = pH_{i+1} - pH_i$$

$$\Delta V = V_{i+1} - V_i$$

Étape 2 – Calcul de la dérivée approchée

On calcule :

$$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$$

pour chaque intervalle de volume.

Étape 3 – Identification du maximum

- On repère la **valeur maximale** de $\frac{\Delta pH}{\Delta V}$,
- Le volume correspondant est le **volume à l'équivalence**.

Ce volume est noté :

$$V_E$$

Interprétation chimique

Au volume V_E :

- les **quantités de matière d'acide et de base sont égales**,
- la réaction de titrage est **stœchiométriquement achevée**.

👉 La méthode de la dérivée permet donc une **détermination objective** du point d'équivalence.

Avantages et limites de la méthode

✅ Avantages

- méthode **rigoureuse**,
- indépendante du tracé graphique,
- adaptée aux **résultats numériques fournis**.

⚠️ Limites

- nécessite un tableau de valeurs suffisamment précis,
- demande une **exploitation méthodique** des données.

Attendus BTS MECP / E2

À l'épreuve **E2 – Expertise scientifique et technologique**, le candidat doit être capable de :

- expliquer **le principe de la méthode**,
- justifier son utilisation,
- identifier le **volume à l'équivalence** à partir de données fournies,
- exploiter ce résultat pour **interpréter une formulation cosmétique**.

👉 Aucune manipulation n'est attendue.

👉 C'est la **lecture, l'analyse et l'argumentation** qui sont évaluées.

Document 6 – Principe du titrage pH-métrique

Objectif du titrage pH-métrique

Un **titrage pH-métrique** permet de déterminer la **quantité de matière d'une espèce chimique en solution** à partir d'une réaction chimique **totale et rapide**, appelée **réaction support**.

👉 En BTS MECP, le titrage est utilisé pour :

- vérifier une **composition de formulation**,
- exploiter des **résultats fournis** dans un dossier scientifique,
- relier un résultat quantitatif à un **usage cosmétique**.

Principe général

Lors d'un titrage pH-métrique :

- on ajoute progressivement une **solution titrante** de concentration connue,
- on mesure le **pH du milieu réactionnel** après chaque ajout,
- on obtient une **courbe pH = f(V)**.

La variation du pH permet d'identifier le **point d'équivalence**.

Rôle du point d'équivalence

Le point d'équivalence correspond au moment où :

- les **quantités de matière de réactifs sont stœchiométriquement égales**,
- la réaction chimique est **complète**.

👉 À l'équivalence :

$$n(acide) = n(base)$$

Attendus BTS MECP / E2

À l'épreuve E2 :

- le candidat **n'effectue pas le titrage**,
- la courbe et les données sont **fournies**,
- l'objectif est d'**exploiter scientifiquement** les résultats.

👉 Le titrage est un **outil d'analyse**, pas une fin en soi.

Document 7 – Courbe pH = f(V) : lecture et signification

Présentation de la courbe pH-métrique

Une courbe de titrage pH-métrique représente l'évolution du **pH** du milieu en fonction du **volume de solution titrante ajouté**.

Axe des abscisses :

- Volume de solution titrante ajouté (en mL)

Axe des ordonnées :

- pH du milieu réactionnel

Allure générale de la courbe

La courbe présente généralement trois zones :

1. Avant l'équivalence

- le pH évolue lentement,
- l'espèce titrée est encore majoritaire.

2. Au voisinage de l'équivalence

- variation rapide du pH,
- forte sensibilité à l'ajout de titrant.

3. Après l'équivalence

- le pH est gouverné par l'excès de titrant.

Signification chimique

La zone de variation rapide du pH correspond à la **consommation complète de l'espèce titrée**.

👉 C'est cette zone qui permet :

- d'identifier le **volume à l'équivalence**,
- de déterminer une **quantité de matière**.

Attendus BTS MECP / E2

L'étudiant doit être capable de :

- décrire l'allure de la courbe,
- repérer la zone de variation rapide,
- relier graphiquement le résultat à une **interprétation chimique**.

👉 La description doit être **scientifique et argumentée**.

Document 8 – Lien entre titrage pH-métrique et formulation cosmétique

Intérêt du titrage en cosmétologie

En formulation cosmétique, le titrage pH-métrique permet de :

- vérifier la **teneur en actif**,
- contrôler la **conformité d'un mélange**,
- comparer une formulation à des **produits commerciaux**.

Il s'agit d'un **outil de contrôle qualité**.

Lien entre résultat quantitatif et usage cosmétique

Les quantités de matière obtenues permettent de :

- déterminer la **masse d'un actif**,
- calculer une **proportion dans un mélange**,
- juger l'**adéquation du produit à un usage donné**.

👉 Une valeur chiffrée n'a de sens que si elle est :

- interprétée,
- comparée,
- replacée dans un **contexte cosmétique**.

Exemple de raisonnement attendu

- identification de la quantité d'actif,
- comparaison avec des formulations existantes,
- conclusion sur le **type de produit cosmétique** (soin, lavage, dermatologique).

Attendus BTS MECP / E2

À l'épreuve E2, le candidat doit :

1. Exploiter des **résultats fournis**,
2. Relier les données quantitatives à un **usage cosmétique**,
3. Argumenter une conclusion **scientifique et professionnelle**.

👉 Ce sont le **raisonnement** et la **cohérence** qui sont évalués, pas la manipulation expérimentale.