

S14 – Acido-basicité : couples acide-base, pKa et diagramme de prédominance

Couples acide-base – Brønsted – pKa – Diagramme de prédominance – Espèces amphotères

En BTS MECP, on attend des réponses **rédigées, justifiées** et utilisant un **vocabulaire scientifique précis**.

Comprendre l'acido-basicité permet d'expliquer pourquoi un actif cosmétique est efficace à un certain pH et pas à un autre.

Objectifs de la séance


À l'issue de cette séance, vous serez capables de :

- **identifier** un couple acide/base et écrire la demi-équation associée
- **interpréter** la valeur du pKa d'un couple acide-base
- **lire** un diagramme de prédominance pour déterminer la forme majoritaire à un pH donné
- **reconnaître** une espèce amphotère
- **argumenter** sur le choix d'un pH de formulation en cosmétique

Pourquoi c'est important pour votre métier ?

En institut ou en laboratoire cosmétique, vous serez amené(e) à :

- **Comprendre l'efficacité des peelings** : l'acide glycolique n'est actif que sous sa forme acide, donc à pH bas
- **Justifier un pH de formulation** : pourquoi un soin anti-acné est formulé à pH 3,5 et pas à pH 6 ?
- **Choisir un conservateur adapté** : certains conservateurs ne fonctionnent qu'à certains pH
- **Lire une fiche technique** : interpréter les mentions « actif à pH < 4 » ou « pKa = 3,8 »

 *L'acide glycolique (AHA) est un excellent exfoliant... mais seulement s'il est sous sa forme ACIDE. À pH 6, il est transformé en glycolate (forme basique) et perd son pouvoir exfoliant. Le pKa est l'outil qui permet de comprendre cette bascule.*

 **Cette séance vous donnera l'outil pour prédire l'efficacité d'un actif à n'importe quel pH.**

Situation professionnelle

Vous travaillez au **service formulation** d'un laboratoire cosmétique.

Le chef de projet vous demande de valider le pH d'un nouveau **peeling à l'acide glycolique** :

- Trois pH sont envisagés : **pH 3,0 / pH 3,8 / pH 5,5**
- Le peeling doit être **efficace** (exfoliant) mais aussi **toléré** par la peau

« À quel pH l'acide glycolique est-il le plus actif ? Lequel choisir en tenant compte de l'efficacité ET de la tolérance cutanée ? »

Pour répondre, vous devez comprendre les **couples acide-base**, le **pKa** et le **diagramme de prédominance**.

Documents fournis

Document 1 – Acides et bases selon Brønsted

Définitions

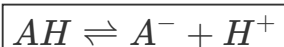
Un **acide** selon Brønsted est une espèce chimique capable de **céder** (donner) un proton H^+ .


Une **base** selon Brønsted est une espèce chimique capable de **capter** (recevoir) un proton H^+ .

Le couple acide/base

Un acide AH et sa base conjuguée A^- forment un **couple acide/base** noté **AH/A^-** .

La demi-équation d'un couple s'écrit :



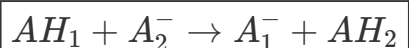
 *Un acide et sa base conjuguée sont comme les deux faces d'une même pièce : l'acide est la forme « avec H^+ », la base est la forme « sans H^+ ».*

Exemples de couples acide/base en cosmétique

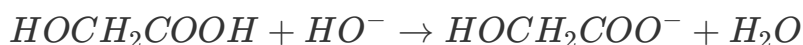
Couple AH / A ⁻	Acide (AH)	Base conjuguée (A ⁻)	Usage cosmétique
Acide glycolique / Glycolate	HOCH ₂ COOH	HOCH ₂ COO ⁻	Peeling AHA
Acide lactique / Lactate	CH ₃ CHOHCOOH	CH ₃ CHOHCOO ⁻	Peeling doux, hydratant
Acide salicylique / Salicylate	C ₇ H ₆ O ₃	C ₇ H ₅ O ₃ ⁻	Anti-acné (BHA)
Acide sorbique / Sorbate	C ₆ H ₈ O ₂	C ₆ H ₇ O ₂ ⁻	Conservateur
Acide benzoïque / Benzoate	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ COO ⁻	Conservateur

Document 2 – Réaction acide-base

Une **réaction acide-base** est un transfert de proton H⁺ entre un acide d'un couple et la base d'un autre couple :



Exemple : neutralisation de l'acide glycolique par la soude (NaOH)



- L'acide glycolique (AH₁) **cède** son H⁺
- L'ion hydroxyde HO⁻ (A₂⁻) **capte** le H⁺
- On obtient le glycolate (A₁⁻) et de l'eau (AH₂)

💡 C'est exactement ce qui se passe quand on ajuste le pH d'une formulation avec de la soude ou de la triéthanolamine : on transforme la forme acide en forme basique.

Document 3 – Le pKa : carte d'identité d'un couple

Chaque couple acide/base possède une constante caractéristique appelée **Ka** (constante d'acidité). En pratique, on utilise le **pKa** :

$$pK_a = -\log(K_a)$$

Ce que le pKa nous dit

pKa	Force de l'acide	Signification
Petit (< 3)	Acide fort	Cède très facilement son H ⁺
Moyen (3–5)	Acide modéré	Cède partiellement son H ⁺
Grand (> 9)	Acide très faible	Cède difficilement son H ⁺

pKa d'acides cosmétiques courants

Couple	pKa	Usage
Acide glycolique / Glycolate	3,8	Peeling AHA
Acide lactique / Lactate	3,9	Peeling doux
Acide salicylique / Salicylate	3,0	Anti-acné (BHA)
Acide citrique / Citrate	3,1	Ajusteur de pH
Acide sorbique / Sorbate	4,8	Conservateur
Acide benzoïque / Benzoate	4,2	Conservateur

💡 Le pKa est une propriété **FIXE** du couple (comme la masse molaire). Il ne change pas quand on dilue ou qu'on chauffe (à T constante). Le pH, lui, dépend de la solution.

Document 4 – Le diagramme de prédominance

Le **diagramme de prédominance** permet de savoir, à un pH donné, quelle forme (acide ou basique) est **majoritaire** en solution.

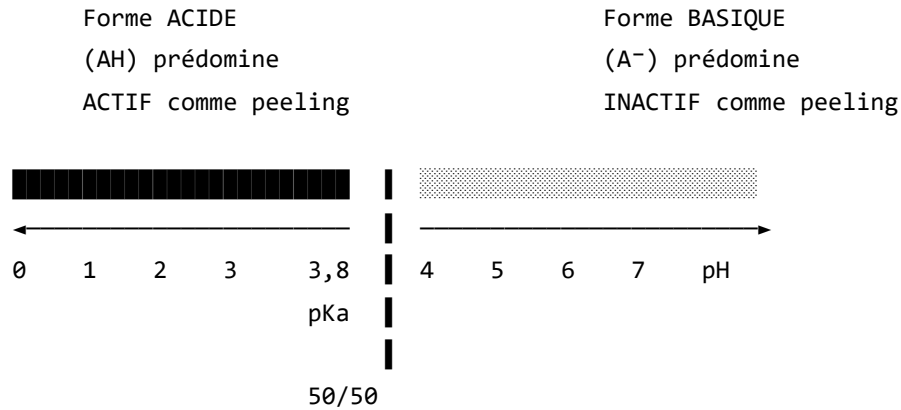
Règle fondamentale

$$pH < pK_a \Rightarrow \text{forme ACIDE (AH) prédomine}$$

$$pH > pK_a \Rightarrow \text{forme BASIQUE (A}^-\text{) prédomine}$$

$$pH = pK_a \Rightarrow 50\% \text{ AH et } 50\% \text{ A}^-$$

Exemple : acide glycolique (pKa = 3,8)



Lecture pratique

Pour déterminer la forme prédominante d'un actif :

1. Repérer le **pKa** du couple sur l'axe
2. Situer le **pH** de la formulation
3. Comparer : **pH < pKa** → **AH** ; **pH > pKa** → **A⁻**

Document 5 – Trois formulations de peeling AHA

Un laboratoire teste trois formulations de peeling à l'**acide glycolique** (pKa = 3,8) :

Formulation	pH	Concentration en acide glycolique	Public cible
A	3,0	10%	Peeling professionnel (institut)
B	3,8	10%	Peeling intermédiaire
C	5,5	10%	Soin quotidien (grand public)

Données complémentaires :

- Le pouvoir exfoliant de l'acide glycolique est lié à sa **forme acide (AH)** : c'est elle qui déstabilise les liaisons entre les cornéocytes
- Le pH cutané est d'environ **4,5 à 5,5**
- Un pH < 3 peut provoquer des **irritations** voire des **brûlures chimiques**
- La réglementation limite la concentration en AHA libre à **10%** pour les produits à application professionnelle

Document 6 – Espèces amphotères


Une espèce **amphotère** (ou **ampholyte**) est une espèce qui peut se comporter comme un **acide** OU comme une **base** selon la réaction.

L'eau : l'amphotère le plus courant

Rôle	Couple	Réaction
Acide	$\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}^- + \text{H}^+$
Base	$\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+$

Autres exemples

Espèce amphotère	Peut être acide de...	Peut être base de...	Intérêt cosmétique
Ion hydrogénocarbonate HCO_3^-	$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$	$\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$	Tampon physiologique
Acides aminés	$-\text{NH}_3^+ \rightarrow -\text{NH}_2 + \text{H}^+$	$-\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow -\text{COOH}$	Constituants de la kératine

 Les acides aminés de la kératine sont amphotères : leur charge dépend du pH. C'est important pour comprendre l'effet d'un shampoing acide vs basique sur les cheveux.



Travail 1 – Identifier des couples acide-base



Compétence E2 : Mobiliser – Reconnaître un couple acide/base.

1.1 – Compléter le tableau

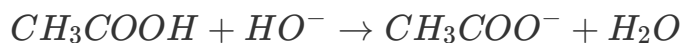
Pour chaque couple, identifiez l'acide, la base et écrivez la demi-équation :

Couple	Acide (AH)	Base (A ⁻)	Demi-équation
Acide lactique / Lactate	_____	$\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$	_____ \rightleftharpoons _____ + H^+
Acide sorbique / Sorbate	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$	_____	_____ \rightleftharpoons _____ + H^+

Couple	Acide (AH)	Base (A ⁻)	Demi-équation
_____ / Benzoate	_____	C ₆ H ₅ COO ⁻	_____ ⇌ _____ + H ⁺

1.2 – Identifier les rôles dans une réaction

Dans la réaction suivante :



1. Quelle espèce joue le rôle d'**acide** ? _____
2. Quelle espèce joue le rôle de **base** ? _____
3. Quels sont les deux couples acide/base mis en jeu ?

- Couple 1 : _____ / _____
- Couple 2 : _____ / _____

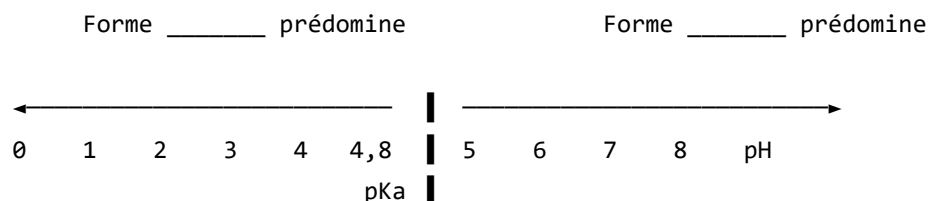
Travail 2 – Exploiter le pKa et le diagramme de prédominance

 **Compétence E2 : Analyser, Interpréter** – Lire un diagramme de prédominance.

2.1 – Construire un diagramme de prédominance

Pour l'**acide sorbique** (conservateur cosmétique), pKa = 4,8.

Complétez le diagramme en indiquant les zones de prédominance :



2.2 – Exploiter un diagramme

L'acide sorbique est utilisé comme **conservateur** dans une crème hydratante formulée à **pH 5,5**.

1. À pH 5,5, quelle forme prédomine (acide ou basique) ? _____

2. Justifiez en comparant pH et pKa :

3. Sachant que c'est la **forme acide** de l'acide sorbique qui possède l'activité antimicrobienne, ce conservateur sera-t-il efficace à pH 5,5 ?

4. À quel pH faudrait-il formuler pour que le conservateur soit majoritairement sous sa forme active ?

2.3 – Comparer plusieurs couples

Voici les pKa de trois conservateurs cosmétiques :

Conservateur	pKa
Acide sorbique	4,8
Acide benzoïque	4,2
Acide salicylique	3,0

Pour une formulation à **pH 4,0**, complétez le tableau :

Conservateur	pH vs pKa	Forme prédominante	Actif à pH 4,0 ?
Acide sorbique	4,0 _____ 4,8	_____	_____
Acide benzoïque	4,0 _____ 4,2	_____	_____
Acide salicylique	4,0 _____ 3,0	_____	_____



Travail 3 – Espèces amphotères



Compétence E2 : Mobiliser – Reconnaître le caractère amphotère.

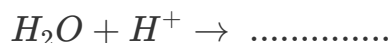
3.1 – L'eau comme amphotère

Complétez les deux réactions montrant le double rôle de l'eau :

Rôle d'acide (l'eau cède H^+) :



Rôle de base (l'eau capte H^+) :



3.2 – Identifier le caractère

Pour chaque espèce, indiquez si elle est uniquement acide, uniquement base, ou amphotère :

Espèce	Acide / Base / Amphotère	Justification
HCl	_____	Ne peut que céder H^+
NaOH ($\rightarrow Na^+ + HO^-$)	_____	HO^- ne peut que _____ H^+
H_2O	_____	Peut céder OU capter H^+
Acide aminé (glycine)	_____	Possède $-NH_3^+$ (acide) et $-COO^-$ (base)

Travail 4 – Application cosmétique : le peeling AHA (niveau E2)

 **Compétences E2 : Analyser, Interpréter, Argumenter, Communiquer**

À l'aide du **Document 5**, répondez aux questions suivantes.

4.1 – Analyse du diagramme (Analyser)

Pour chaque formulation, déterminez la forme prédominante de l'acide glycolique ($pK_a = 3,8$) :

Formulation	pH	Comparaison pH / pK_a	Forme prédominante	Actif comme exfoliant ?
A	3,0	3,0 _____ 3,8	_____	_____
B	3,8	3,8 _____ 3,8	_____	_____

Formulation	pH	Comparaison pH / pKa	Forme prédominante	Actif comme exfoliant ?
C	5,5	5,5 _____ 3,8	_____	_____

4.2 – Interprétation (Interpréter)

1. Quelle formulation offre le pouvoir exfoliant le plus élevé ? Justifiez.
2. Quelle formulation est la mieux tolérée par la peau ? Justifiez en vous référant au pH cutané.
3. Quel est le compromis que doit faire le formulateur ?

4.3 – Recommandation professionnelle (Argumenter – 6 à 8 lignes)

Rédigez une recommandation argumentée au chef de projet en répondant à la question :

« Quelle formulation recommandez-vous pour un peeling professionnel en institut ? Justifiez votre choix en vous appuyant sur le diagramme de prédominance, l'efficacité exfoliante et la tolérance cutanée. »

Votre argumentation doit contenir **au moins 3 arguments scientifiques**.



Entraînement filé – Question type E2



Compétence E2 : Argumenter – Répondre en 3 lignes.

Question : L'acide salicylique ($pK_a = 3,0$) est utilisé dans un soin anti-acné formulé à pH 4,5. Sous quelle forme se trouve-t-il majoritairement ? Ce choix de pH favorise-t-il l'efficacité du traitement ? Justifiez.



Synthèse personnelle (entraînement E2 – 5 à 7 lignes)



Compétence E2 : Communiquer

Rédigez un **court paragraphe** expliquant comment le pK_a et le diagramme de prédominance permettent de choisir le pH optimal d'une formulation cosmétique.

Votre synthèse doit contenir :

- La définition du couple acide/base
- Le rôle du pK_a comme « point de bascule »
- La règle $pH < pK_a$ / $pH > pK_a$
- Un exemple d'application cosmétique

Mots obligatoires à placer :


couple acide-base – pK_a – diagramme de prédominance – forme acide – forme basique – pH – efficacité

Mes réussites aujourd'hui

Avant de passer à l'auto-évaluation, prenez un moment pour reconnaître vos progrès !

Cochez ce que vous avez réussi à faire :

Réussite	✓
Je sais identifier un couple acide/base	<input type="checkbox"/>
Je sais écrire la demi-équation d'un couple	<input type="checkbox"/>
Je comprends ce que signifie le pKa	<input type="checkbox"/>
Je sais lire un diagramme de prédominance	<input type="checkbox"/>
Je sais identifier une espèce amphotère	<input type="checkbox"/>
Je sais relier pH et pKa à l'efficacité d'un actif	<input type="checkbox"/>

 **Chaque case cochée est une victoire !** Vous savez maintenant prédire si un actif cosmétique est efficace à un pH donné.

Auto-évaluation

Avant de rendre votre travail, vérifiez :

Critère	✓
Je sais identifier l'acide et la base dans un couple	<input type="checkbox"/>
Je peux interpréter un pKa (petit = acide fort, grand = acide faible)	<input type="checkbox"/>
Je sais utiliser la règle $\text{pH} < \text{pKa} \rightarrow$ forme acide prédomine	<input type="checkbox"/>
Je sais appliquer le diagramme de prédominance à un cas cosmétique	<input type="checkbox"/>
J'ai rédigé ma recommandation avec au moins 3 arguments	<input type="checkbox"/>
J'ai rédigé ma synthèse avec les mots obligatoires	<input type="checkbox"/>

Pour la suite de la progression

Dans la **séance suivante (S15 – TP2)** :

- **1re heure** : principe du titrage acido-basique + solutions tampons
- **2e et 3e heures** : manipulation – titrage pH-métrique d'un acide cosmétique

Outils méthodologiques associés

 **Fiche méthode 01 – Justifier une réponse scientifique (O.A.C.J.)**


Pour réviser en vidéo

 **Acides et bases selon Brønsted** – 6 min

Comprendre la définition de Brønsted et les couples acide-base.

 **Le pKa et le diagramme de prédominance** – 8 min

Savoir lire un diagramme de prédominance.

 **Conseil** : Ces notions sont fondamentales pour comprendre la formulation cosmétique. Le diagramme de prédominance revient régulièrement à l'épreuve E2 !