

SYSTEMES TAMPONS

Dr OUSSEYNOU DIOP

Maitre de Conférences Titulaire

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE-NUCLEAIRE

FMPOS –UCAD

ousseynou.diop@ucad.edu.sn

Objectifs

A la fin du cours, l'étudiant(e) doit être capable de :

- 1-Déterminer la constitution d'un système tampon
- 2-Enoncer les mécanismes d'action d'un système tampon lors de l'ajout d'un acide fort ou d'une base faible
- 3-Ecrire l'équation d'Henderson-Hasselbach
- 4-Calculer le pouvoir tampon d'une solution
- 5-Determiner la variation du pouvoir tampon lors de l'ajout d'une base forte ou d'un acide fort

Plan

- Introduction
- Différents systèmes tampons
- Mécanisme des systèmes tampons
- Pouvoir tampon
- Conclusion

Introduction

- ❑ Les systèmes tampons sont des solutions contenant des substances qui ont la capacité de stabiliser les changements de pH en absorbant soit les acides forts, soit les bases fortes.
- ❑ Systèmes qui permettent de compenser un défaut ou de neutraliser un excès en ions H⁺.
- ❑ Systèmes constitués de :
 - Un **acide faible** + un de ses **sels de base forte**
(ex : CH₃COOH/CH₃COONa)
 - Une **base faible** + un de ses **sels d'acide fort**
(ex : NH₃/NH₄Cl)

EQUATION D'HENDERSON HASSELBACH

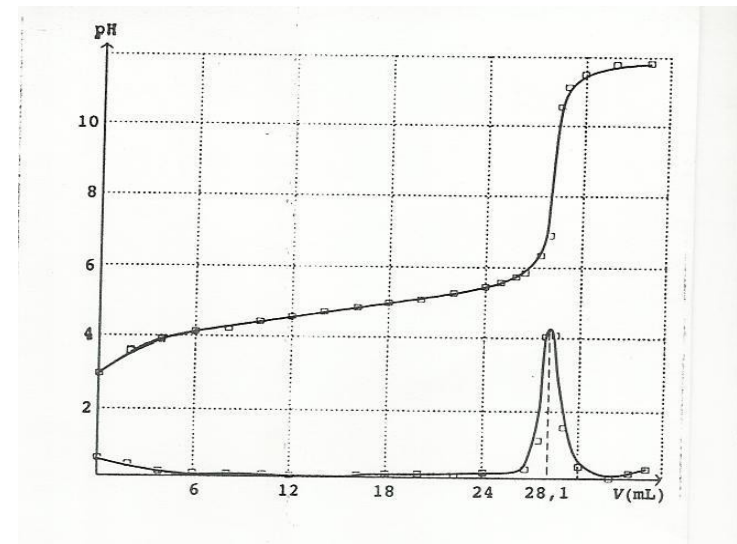
- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
- $\text{CH}_3\text{COONa} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$
- $K_A = \frac{(\text{CH}_3\text{COO}^-)(\text{H}^+)}{(\text{CH}_3\text{COOH})}$
- $(\text{H}^+) = K_A \frac{(\text{CH}_3\text{COOH})}{(\text{CH}_3\text{COO}^-)}$

Equation d'Henderson Hasselbach

- $\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{(\text{CH}_3\text{COOH})}$

Avec approximation :

- $\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{(\text{Sel})}{(\text{Acide})}$



Différents systèmes tampons

□ Les systèmes tampons peuvent être activés en quelques secondes en cas de perturbation dans l'équilibre du pH sanguin.

Ils représentent la première ligne de défense de l'organisme et régulent les grandes variations.

Les systèmes tampons sont des systèmes chimiques aptes à recevoir ou céder des protons en fonction d'une constante d'équilibre, et en fonction des changements de concentration des autres espèces de la réaction : (HCO_3^- , H_2CO_3 et CO_2).

□ On distingue :

- selon la localisation, les tampons intra cellulaires et extra cellulaires.
- Les tampons fermés et les tampons ouverts

Différents systèmes tampons

Systèmes tampons extracellulaires :

- Représentés principalement par les ions bicarbonates (HCO_3^-), qui se combinent avec les ions H^+ en excès pour former l'acide carbonique (H_2CO_3).
- Le système tampon $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$ est considéré comme très efficace en raison de la grande quantité de bicarbonate présente dans le corps et de la capacité à excréter le CO_2 formé par le système respiratoire (ventilation).
- Ce système tampon extracellulaire est responsable de 80 % du pouvoir tampon extracellulaire

■ Carbonique : $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{(\text{CO}_3\text{H}^-)}{(\text{CO}_2)}$$

Différents systèmes tampons

Systèmes tampons intracellulaires :

➤ Représentés par les protéines, les phosphates organiques et inorganiques et l'hémoglobine.

■ Hémoglobinique : HbOH/HbO^- ; HbH/Hb^- $\text{pH} = 6,68 + \log \frac{(\text{HbO}_2^-)}{(\text{HbO}_2\text{H})}$

■ Protéique : $\text{Prot H}/\text{Prot}^-$

■ Phosphorique : $\text{PO}_4\text{H}_2^-/\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ $\text{pH} = 6,82 + \log \frac{(\text{PO}_4\text{H}^{2-})}{(\text{PO}_4\text{H}_2^-)}$

Différents systèmes tampons

- ▣ **Groupe des tampons ouverts :**
 - ▣ peuvent s'échapper de l'organisme
 - ▣ Représentés par le seul tampon bicarbonate $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$
 - ▣ L'acide CO_2 est volatil (élimination pulmonaire)
 - ▣ La base HCO_3^- (élimination rénale)
- ▣ **Groupe des tampons fermés (A-/AH)**
 - ▣ Ne peuvent s'échapper de la solution qui les contient
 - ▣ Représentés par :
 - ▣ les phosphates et protéines (Hb^{++}) dans les cellules
 - ▣ Les protéines dans le plasma

Différents systèmes tampons

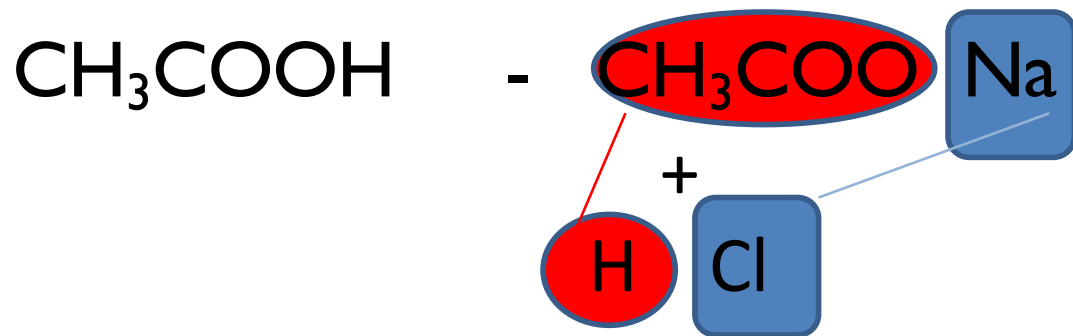
En résumé :

Localisation	Système tampon	Pouvoir tampon	
Milieu extracellulaire	HCO ₃ ⁻ /H ₂ CO ₃	55 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	Système bicarbonate pour les acides métaboliques. Les systèmes phosphates et protéines ne sont pas importants car en trop faible concentration.
	Phosphates inorganiques	0.5 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	
	Protéines/Protéinates	7 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	
Milieu intracellulaire	HCO ₃ ⁻ /H ₂ CO ₃	18 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	Bicarbonates pour les acides métaboliques, hémoglobine pour le dioxyde de carbone, protéines et phosphates tampons importants.
	Protéines et phosphates inorganiques et organiques	60 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	
	Hémoglobine	30 mmol H ⁺ .L ⁻¹ par unité	
Urine	Phosphate, Ammoniac		Phosphates responsables de la plupart des acidités titrées. Ammoniac rôle important dans la formation des NH ₄ ⁺ Dans les acidoses métaboliques prolongées.
Os	Ca Carbonate		

MECANISMES DU SYSTÈME TAMPON

ACIDE FAIBLE – SEL DE BASE FORTE

Addition d'un acide fort



- 1- Régression de la dissociation de CH₃COOH
- 2- Transformation acidité réelle en acidité potentielle
- 3- Augmentation de la concentration en CH₃COOH
- 4- Diminution de la concentration en CH₃COONa

■ $\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{(\text{Sel})}{(\text{Acide})}$ le pH diminue faiblement

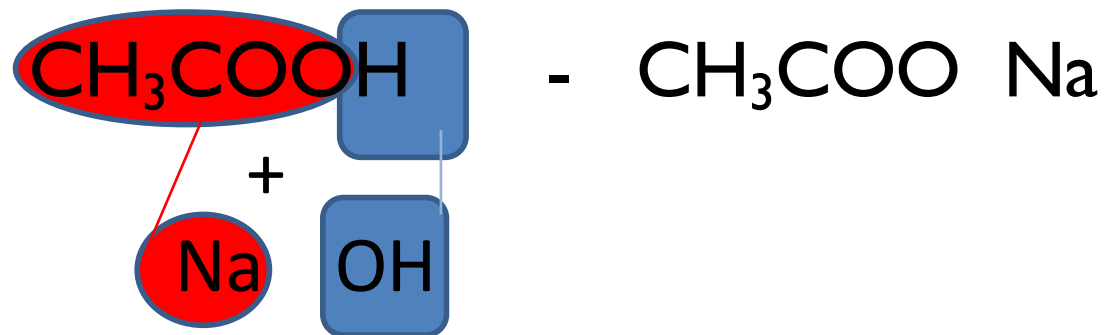
MECANISME : remplacement d'une acidité réelle par une acidité potentielle



l'acide faible étant beaucoup moins dissocié, la quantité d'H⁺ libres dans le milieu sera minorée

MECANISMES DU SYSTÈME TAMPON

ACIDE FAIBLE – SEL DE BASE FORTE

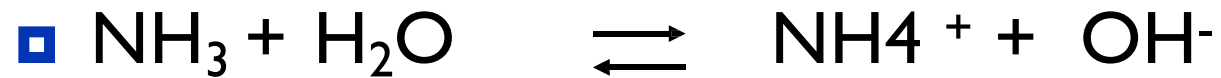
Addition d'une base forte



- 1 Régression de la dissociation de CH_3COONa
 - 2 Transformation de CH_3COOH en CH_3COONa
 - 3 Diminution de la concentration en CH_3COOH
 - 4 Augmentation de la concentration en CH_3COONa
- $\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{(\text{Sel})}{(\text{Acide})}$  le pH augmente faiblement 

MECANISMES DU SYSTEME TAMPON

BASE FAIBLE – SEL D'ACIDE FORT



▣
$$K_B = \frac{(\text{NH}_4^+) (\text{OH}^-)}{(\text{NH}_3)}$$

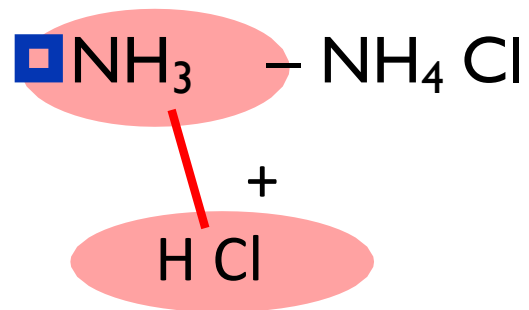
$$(\text{OH}^-) = K_B \frac{(\text{NH}_3)}{(\text{NH}_4^+)}$$

$$\text{pOH} = \text{p} K_B + \log \frac{(\text{NH}_4^+)}{(\text{NH}_3)} \quad \text{pH} = 14 - [\text{p} K_B + \log \frac{(\text{NH}_4^+)}{(\text{NH}_3)}]$$

MECANISMES DU SYSTEME TAMPON

BASE FAIBLE – SEL D'ACIDE FORT

Addition d'un acide fort



Régression de la dissociation de NH_4Cl

Augmentation de la concentration en NH_4Cl

Diminution de la concentration en NH_3

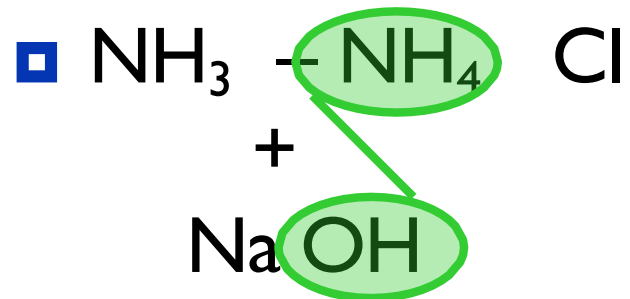
■ $\text{pH} = 14 - \left[\text{pK}_B + \log \frac{(\text{Sel})}{(\text{Base})} \right]$

Le pOH augmente faiblement, donc le pH diminue faiblement

MECANISMES DU SYSTEME TAMPON

BASE FAIBLE – SEL D'ACIDE FORT

Addition d'une base forte



Augmentation de la dissociation de NH_4 Cl

Diminution de la concentration en NH_4 Cl

Augmentation de la concentration en NH_3

■ $\text{pH} = 14 - [\text{pK}_B + \log \frac{(\text{Sel})}{(\text{Base})}]$

Le pOH diminue faiblement, donc le pH augmente faiblement

MECANISME D'ACTION

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{(C - x)}{(C + x)}$$

- C : concentration en sel = concentration en acide
- x : nb de moles d'acide fort ou de base forte ajoutée
 - x > 0 pour un acide ajouté
 - x < 0 pour une base ajoutée

POUVOIR TAMPON

- Le pouvoir tampon d'un système donné est d'autant plus fort que la variation de pH sera faible pour une agression acide ou basique donnée.
- Pouvoir tampon maximum lorsque le système offre une résistance max aux variations de pH
- $\beta = \frac{dx_{\text{mmole}}}{dpH} / \text{l. unité pH}$

POUVOIR TAMPON

- Pouvoir tampon est mesuré par la quantité de base forte (ou d'acide fort) nécessaire pour faire varier d'une unité le pH d'un litre de solution
- Le pouvoir tampon s'annule lorsque l'acide a transformé la totalité du sel en acide faible et lorsque la base forte a transformé la totalité de l'acide faible en sel

