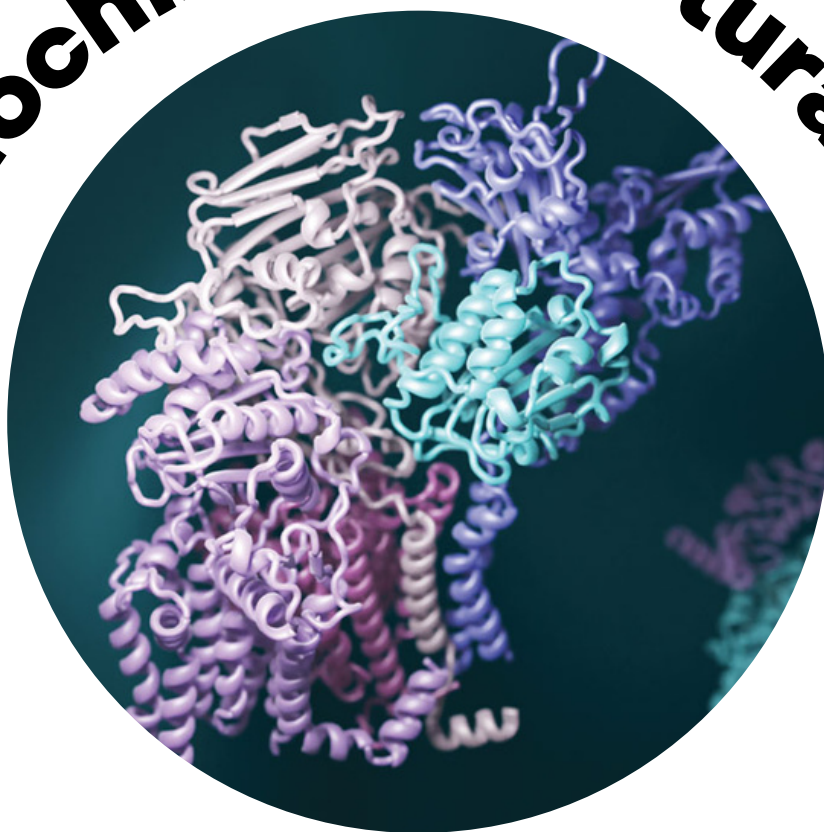


# Biochimie Structurale



SCIENCES DE LA  
VIE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# Propriétés ioniques des acides aminés

I- Déterminer la valeur du point isoionique de l'alanine connaissant les valeurs des  $pK$  de ses groupements ionisables :  $pK_1 = 2.34$ ,  $pK_2 = 9.69$ .

Déterminer de même les valeurs des points isoioniques de l'acide aspartique et de la tyrosine :

- Asp :  $pK_1 = 1.99$   $pK_2 = 3.90$   $pK_3 = 9.90$

- Tyr :  $pK_1 = 2.20$   $pK_2 = 9.11$   $pK_3 = 10.13$

II- On soumet un mélange d'Histidine, de valine et d'acide aspartique à une électrophorèse sur papier dans un tampon acétate de pyridine (pH 5.2), sous une tension élevée ; donner la position relative de ces trois acides aminés sur la bande de papier après électrophorèse.

On donne les points isoélectriques de ces trois acides aminés :

- His : 7.65 Val : 6.0 Asp : 2.95

III- On veut séparer l'acide glutamique, la leucine et la lysine par chromatographie sur une résine polystyrénique substituée par des radicaux sulfonates ( $SO_3^-$ ).

Les points isoélectriques de l'acide glutamique, de la leucine et de la lysine sont respectivement 3.22, 5.98 et 9.74 à 25°C.

On dépose ces trois acides aminés sur la colonne à pH = 2 puis on amène progressivement le pH à 7.

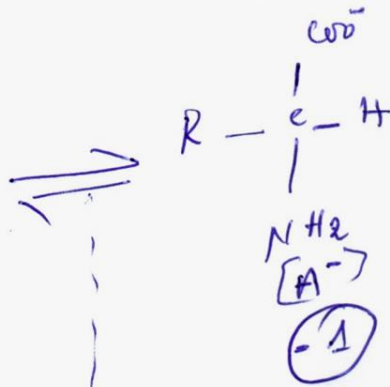
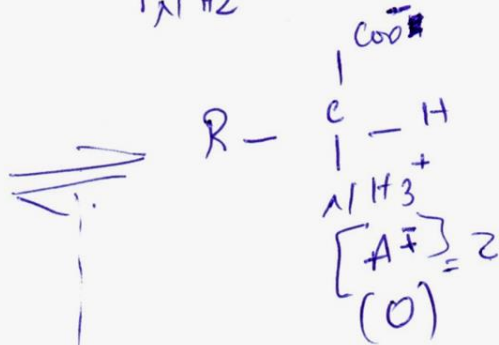
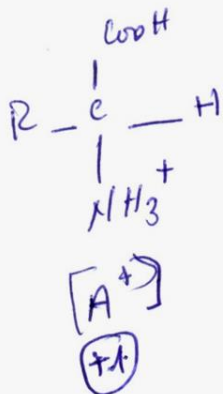
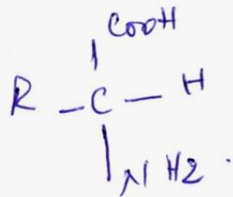
Quels acides aminés sont élués et dans quel ordre ? (On considère que les interactions acide aminé-résine sont uniquement électrostatiques et que la force ionique des éluants est négligeable).

TD N=2

Alanine :  $pK_1 = 2,34 = pK_a(\alpha\text{-COOH})$   
 $pK_2 = 9,69 = pK_b(\alpha\text{-NH}_2)$

pH acide.  
pH basique.

Alanine =



pH acide.

$pK_a(\alpha\text{-COOH})$

$pK_b(\alpha\text{-NH}_2)$

pH basique

forme zwitterion  
pH i

$$\begin{aligned} \text{pH}_i(\text{Alanine}) &= \frac{pK_b + pK_a}{2} \\ &= \frac{9,69 + 2,34}{2} \end{aligned}$$

$$\boxed{\text{pH}_i(\text{Alanine}) = 6,015}$$

$-6,015 \Rightarrow$  la charge est (+)

- Acide Aspartique : (ASP)

=> un acide Amine Acide. (Diacide)

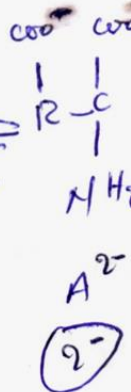
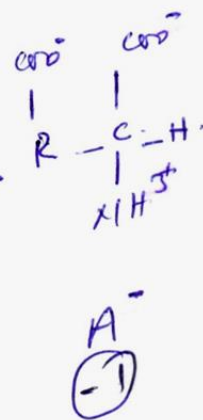
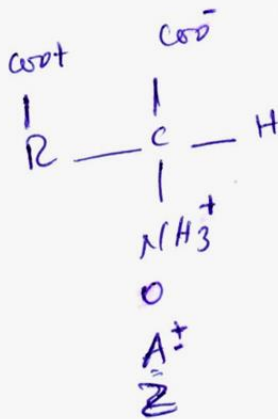
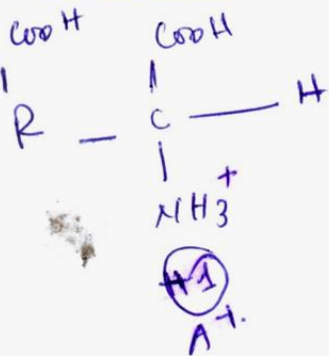
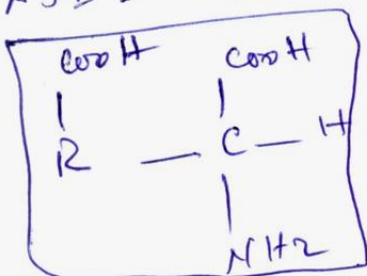
$$\text{ASP} \begin{cases} pK_1 = pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 1,99 \\ pK_2 = pK_b(\alpha\text{-NH}_2) = 9,9 \\ pK_3 = pK_c(R) = 3,9 \end{cases} \Rightarrow \text{positif}$$

pH Acide

- ① -  $\alpha\text{-COOH}$
- ② -  $R\text{-COOH}$
- ③ -  $\alpha\text{-NH}_2$

pH basique  
=> le passage de groupes  
I on suite les deux  
passage de pH acide  
pH basique

ASP = forme non ionisée



pH acide

$pK_a(\alpha\text{-COOH})$

pH<sub>1</sub>

$pK_c(\text{COOH})$

pH basique

$pK_b(\alpha\text{-NH}_2)$

$$\text{pH}_1(\text{ASP}) = \frac{pK_c(\text{COOH}) + pK_a(\alpha\text{-COOH})}{2}$$

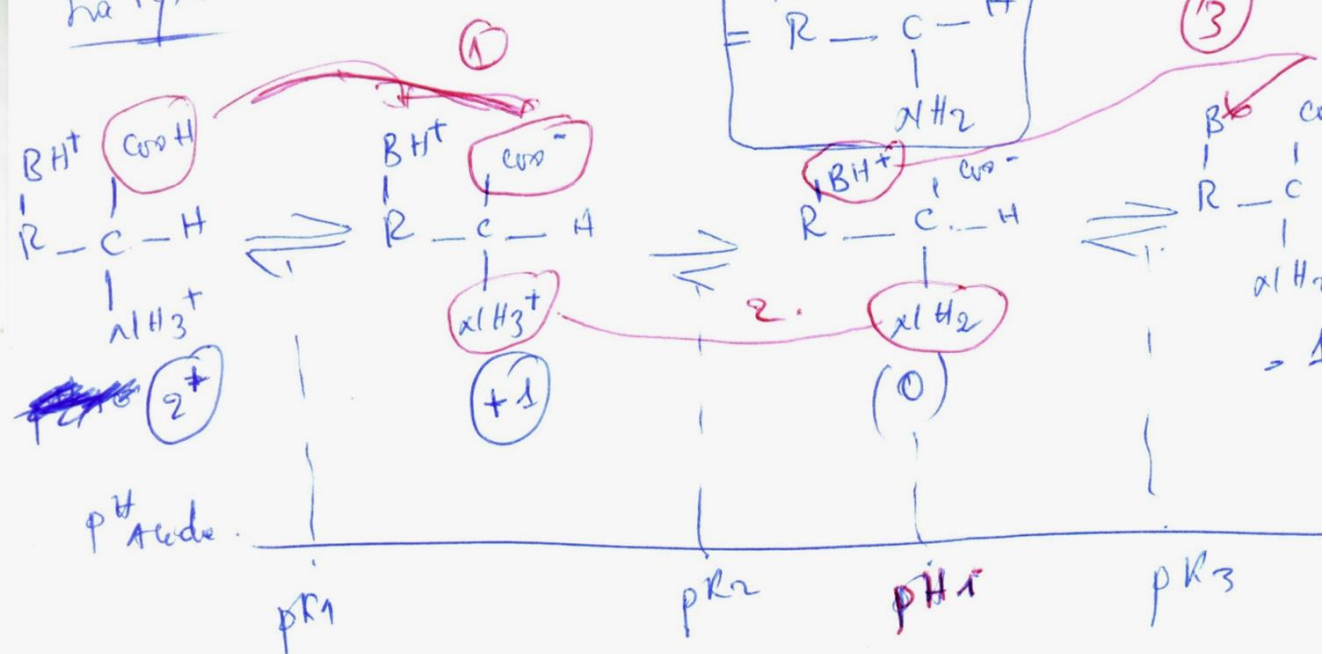
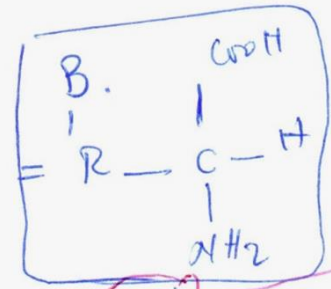
$$= \frac{3,9 + 1,99}{2} \Rightarrow \text{pH}_1(\text{AS}) = 2,945$$

# Tyrosine

$pK_1 = 2,20 = pK_a(\alpha\text{-COOH}) \rightarrow 1$   
 $pK_2 = 9,11 = pK_b(\alpha\text{-NH}_2) \rightarrow 2$   
 $pK_3 = 10,13 = pK_c(R\text{-B}) \rightarrow 3$

p. H acide  
 pH basique

la Tyrosine  $\Rightarrow$  Forme Ionisée



$$pH_i = \frac{pK_2 + pK_3}{2} = \frac{9,11 + 10,13}{2} = 9,62$$

$pH_i(Al) = 6,015 \Rightarrow pH < pH_i \Rightarrow$  la charge est  $\oplus$   
 $pH_i(Asp) = 2,945 \Rightarrow$   
 $pH_i(Tyr) = 9,62 \Rightarrow$

$pH < pH_i \Rightarrow AA \rightarrow \text{charge } \oplus$   
 $pH > pH_i \Rightarrow AA \rightarrow \text{charge } \ominus$

# Les Charges des es acides aminés à différentes valeurs de pH

$\text{pH} < \text{pH}_i$  : AA chargé +

$\text{pH} > \text{pH}_i$  : AA chargé -

		pH= 2,945		pH= 6,015		pH=9,62	
Alanine	+	+	+	0=Z	-	-	-
ASP	+	0=Z	-	-	-	-	-
Tyr	+	+	+	+	+	0=Z	-

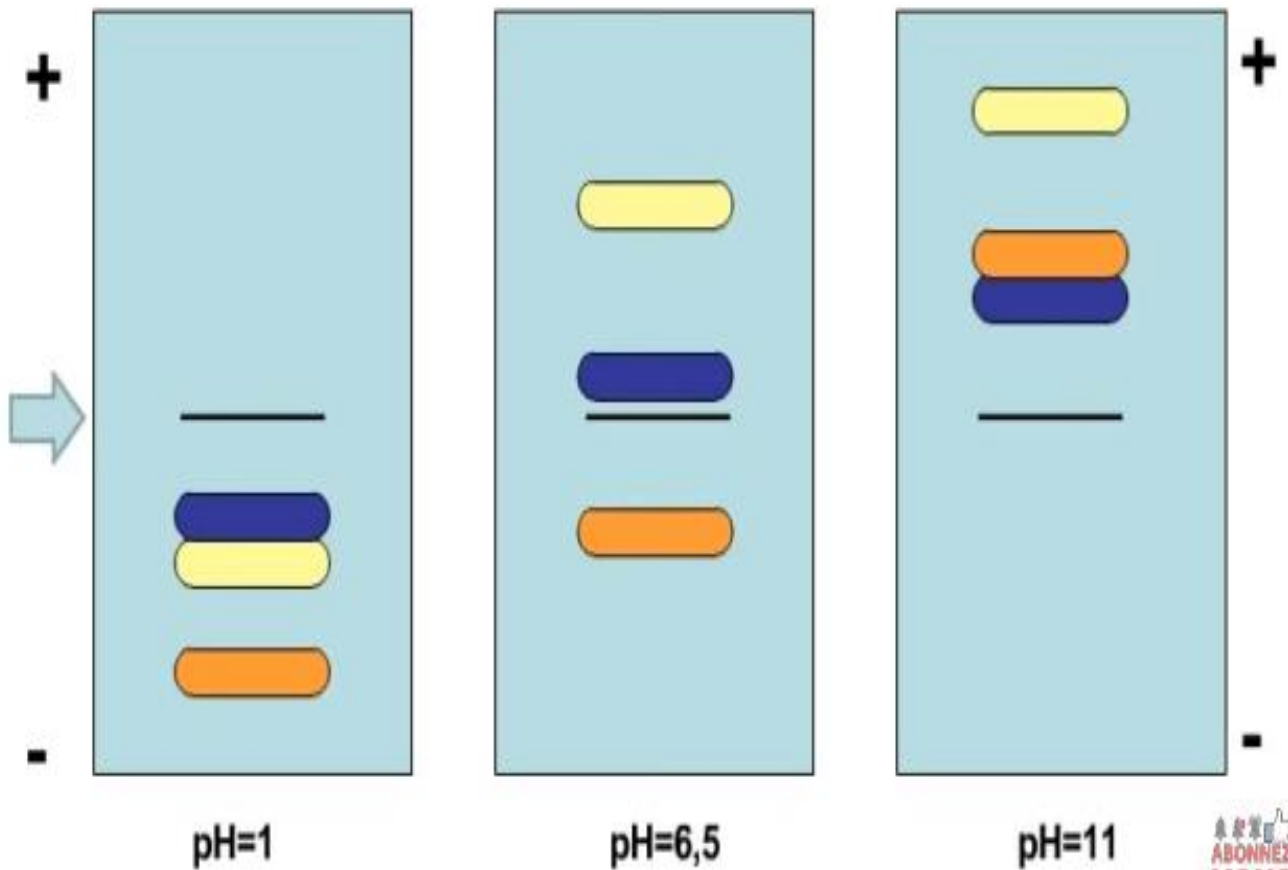
## Exercice II

Acide Aminé	pHi
ASP	2,95
Val	6
Hist	7,65

		pH= 2,945		pH= 6		pH=7,65	
ASP	+	0=Z	-	-	-	-	-
Val	+	+	+	0=Z	-	-	-
Hist	+	+	+	+	+	0=Z	-

## Exemple de comportement en électrophorèse des acides aminés

● Alanine  $pH_i=6,0$     ● Lysine  $pH_i=9,59$     ● Acide Aspartique  $pH_i=2,77$



ABONNEZ  
VOUS

		pH= 2,945		pH= 6		pH=7,65	
ASP	+	0=Z	-	-	-	-	-
Val	+	+	+	0=Z	-	-	-
Hist	+	+	+	+	+	0=Z	-

## Les Charges des ces acides aminés à pH=5,2

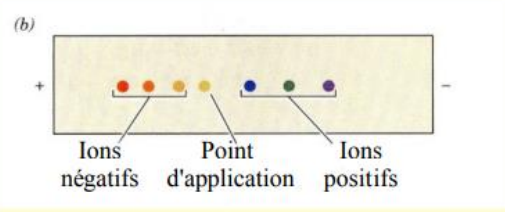
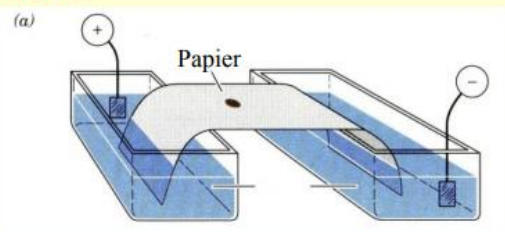
Acide Aminé	pH= 5,2
ASP	-
Val	+
Hist	+

pH < pHi : AA chargé +  
-----> pôle - ( cathode )

pH > pHi : AA chargé -  
-----> pôle + ( anode )

**Dans l'eau, quel que soit le pH, les acides aminés sont des espèce chargées.**  
**On peut régler le pH pour atteindre le point isoélectrique mais en aucun cas, les espèces ne sont exemptes de charges.**




Acide Aminé	pHi
ASP	2,95
Val	6
Hist	7,65

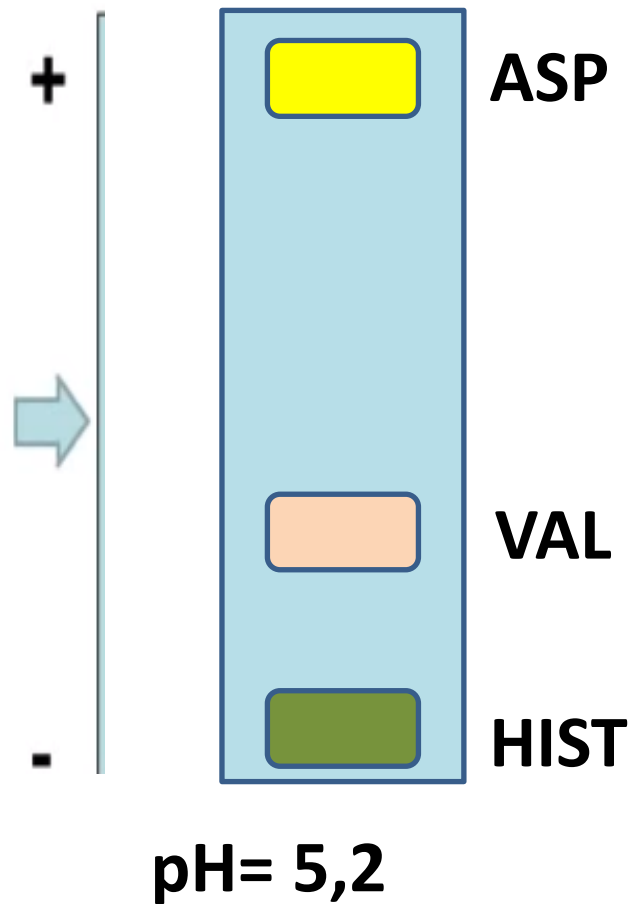
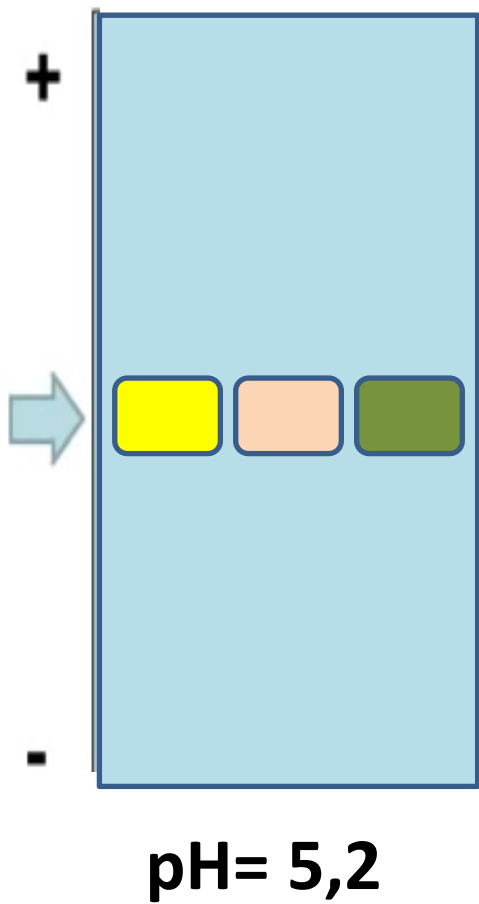


pH 9-10 et > ←  
 pH = point isoélectrique  
 pH 2-3 et < →



Acide Aminé	pH= 5,2
ASP	-
Val	+
Hist	+

Acide Aminé	pHi	
ASP	2,95	
Val	6	
Hist	7,65	



# Exercice III

III- On veut séparer l'acide glutamique, la leucine et la lysine par chromatographie sur une résine polystyrénique substituée par des radicaux sulfonates (SO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Les points isoélectriques de l'acide glutamique, de la leucine et de la lysine sont respectivement 3.22, 5.98 et 9.74 à 25°C.

On dépose ces trois acides aminés sur la colonne à pH = 2 puis on amène progressivement le pH à 7.

Quels acides aminés sont élués et dans quel ordre ? (On considère que les interactions acide aminé-résine sont uniquement électrostatiques et que la force ionique des éluants est négligeable).

Acide Aminé	pHi
AG	3,22
LEU	5,98
Lys	9,74

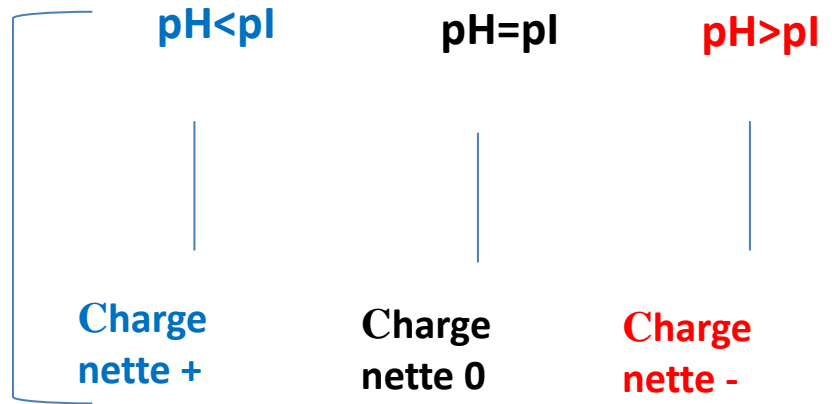
	pH = 2		pH = 3,22		pH = 5,98		pH = 7		pH = 9,74	
AG	+	+	0=Z	-	-	-	-	-	-	-
LEU	+	+	+	+	0=Z	-	-	-	-	-
LYS	+	+	+	+	+	+	+	0=Z	-	-

**1**

**2**

**3**

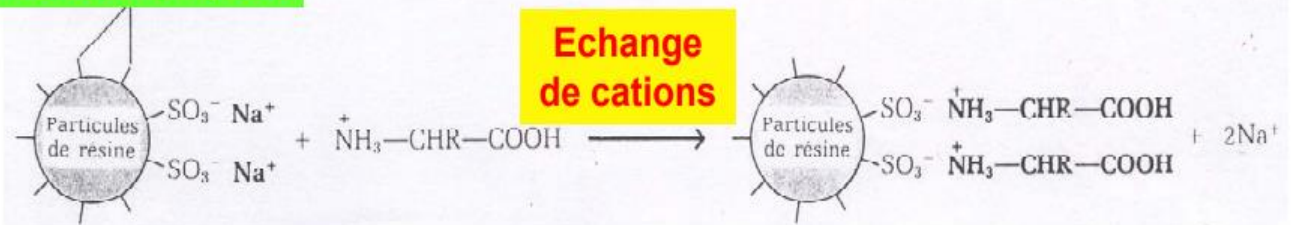
## Comportement d'un acide aminé vis à vis du pH du milieu



## Chromatographie d'échange d'ions

### Principe :

#### Sites anioniques



	pH = 2	pH = 3,22	pH = 5,98	pH = 7	pH = 9,74
AG	+	0=Z	-	-	-
LEU	+	+	0=Z	-	-
LYS	+	+	+	+	0=Z

l- Déterminer les valeurs des points isoioniques (pHi) de ces acides aminés, connaissant les valeurs de pK de ses groupements ionisables (Justifiez vôtres réponses) :

Arginine :  $pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 1,82$   $pK_b(\alpha\text{-NH}_3) = 8,99$   $pK_c = 12,48$

Valine :  $pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 2,39$   $pK_b(\alpha\text{-NH}_3) = 9,74$

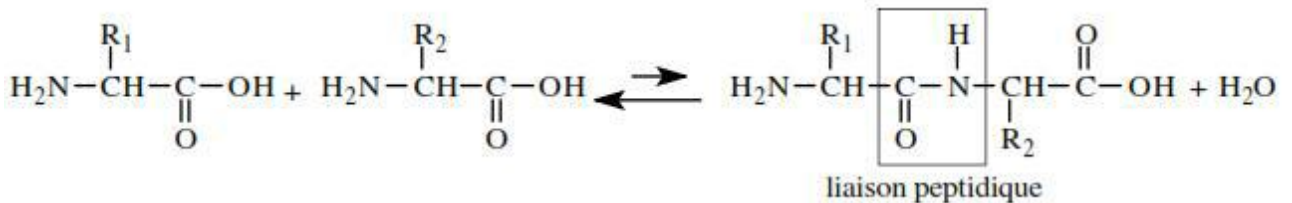
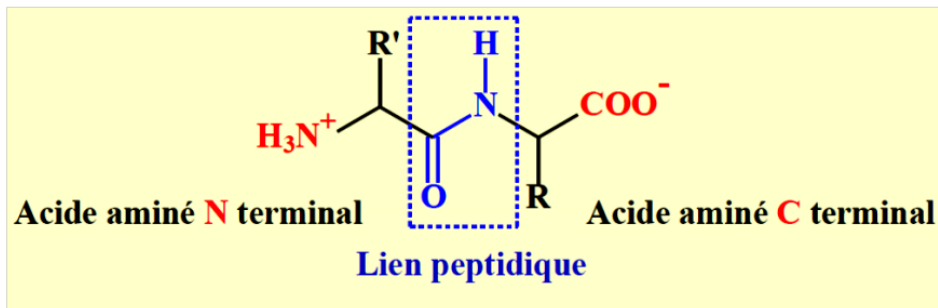
Acide Glutamique:  $pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 2,10$   $pK_b(\alpha\text{-NH}_3) = 9,47$   $pK_c = 4,07$

Déterminer la valeur du point isoionique (pHi) du peptide:

Arginyl - valinyl - glutamyl - Histine, sachant que les valeurs des pk de

l'Histidine sont :  $pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 1,8$   $pK_b(\alpha\text{-NH}_3) = 9,33$   $pK_c = 6,9$

Justifiez votre réponse.



① Arginine =  $\left\{ \begin{array}{l} pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 1,82 \\ pK_b(\alpha\text{-NH}_2) = 8,99 \\ pK_c(R\text{-NH}_2) = 12,48 \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{①} \\ \text{②} \\ \text{③} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \text{pH Acide} \\ \\ \text{pH basique} \end{array}$

$\Rightarrow$  Arginine est un AA basique.

$\Rightarrow pHi = \frac{pK_c + pK_b}{2} = \frac{12,48 + 8,99}{2}$

$\Rightarrow pHi(\text{Arginine}) = 10,735$

② Valine =  $\left\{ \begin{array}{l} pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 2,39 \\ pK_b(\alpha\text{-NH}_2) = 9,74 \end{array} \right. \Rightarrow pHi = \frac{pK_a + pK_b}{2}$

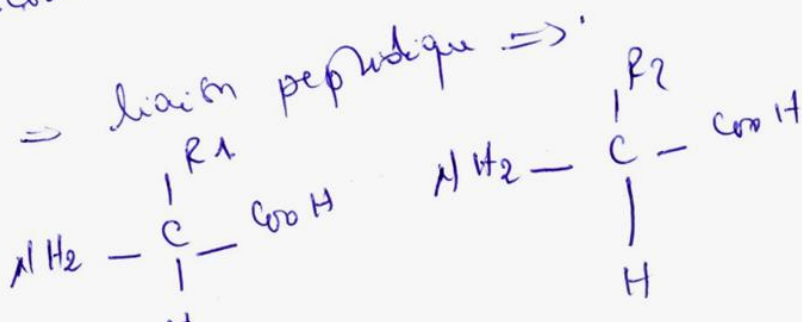
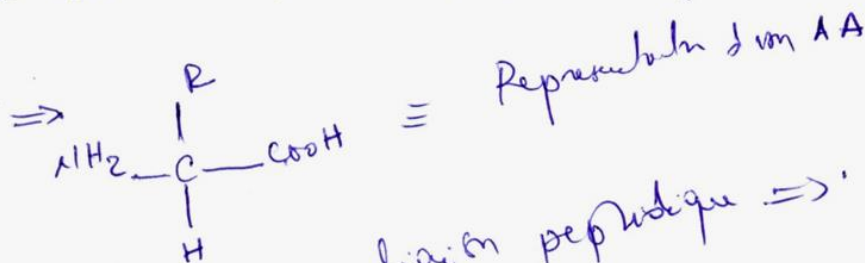
Valine est un AA neutre.

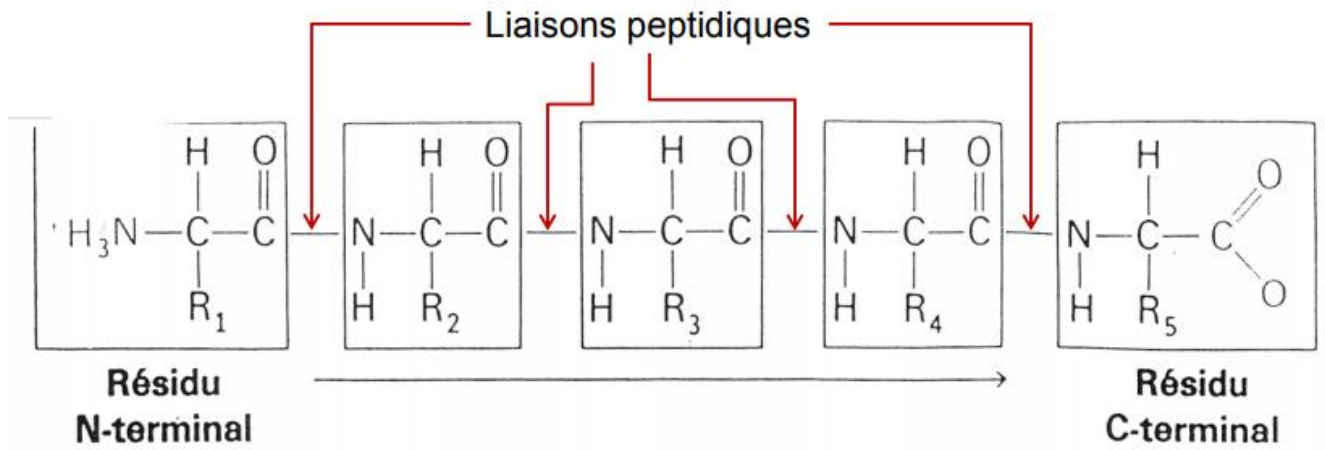
$pHi = 6,065$

③ Acide glutamique =  $\left\{ \begin{array}{l} pK_a(\alpha\text{-COOH}) = 2,10 \\ pK_b(\alpha\text{-NH}_2) = 9,47 \\ pK_c(R\text{-COOH}) = 4,07 \end{array} \right. \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{①} - \alpha\text{-COOH} \\ \text{②} - R\text{-COOH} \\ \text{③} - \alpha\text{-NH}_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{pH Acide} \\ \\ \text{pH basique} \end{array}$

$\Rightarrow$  Degré fait =  $pHi(AB) = 3,15$

$\rightarrow$  valeur du pHi du peptide Arginine - Valeryl - glutamyl - Histidine





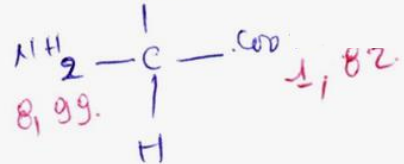
**Extrémité N-terminale**  
**Ou Nt de la protéine**

**Extrémité C-terminale**  
**Ou Ct de la protéine**

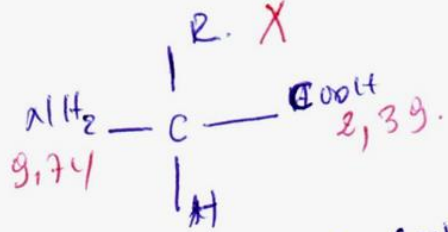
**Les groupement ionisables des AA**

Les 4 AA

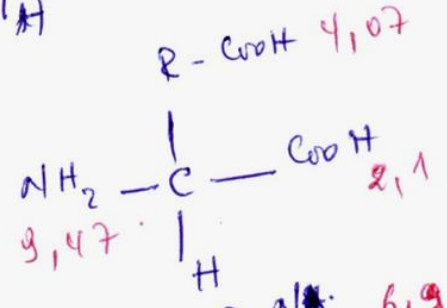
Arginine =



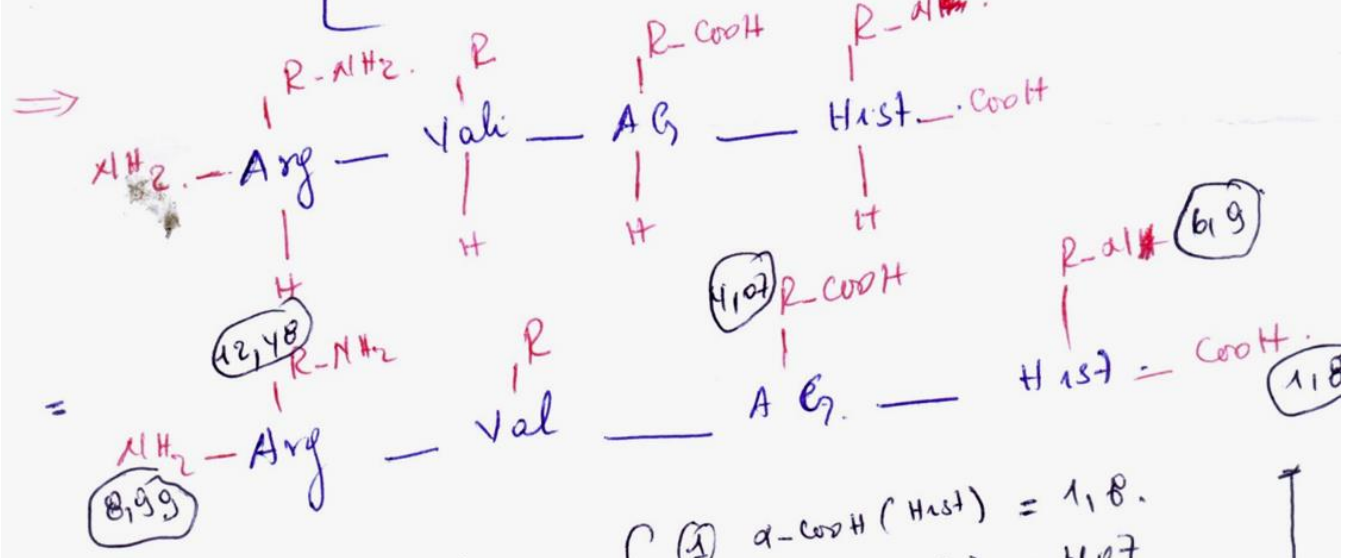
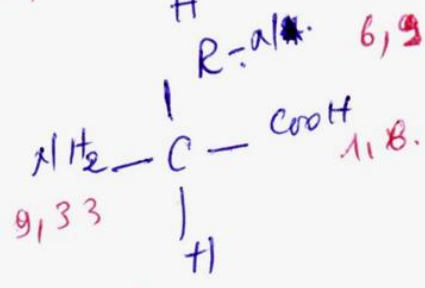
Valine =



Acide glutamique =

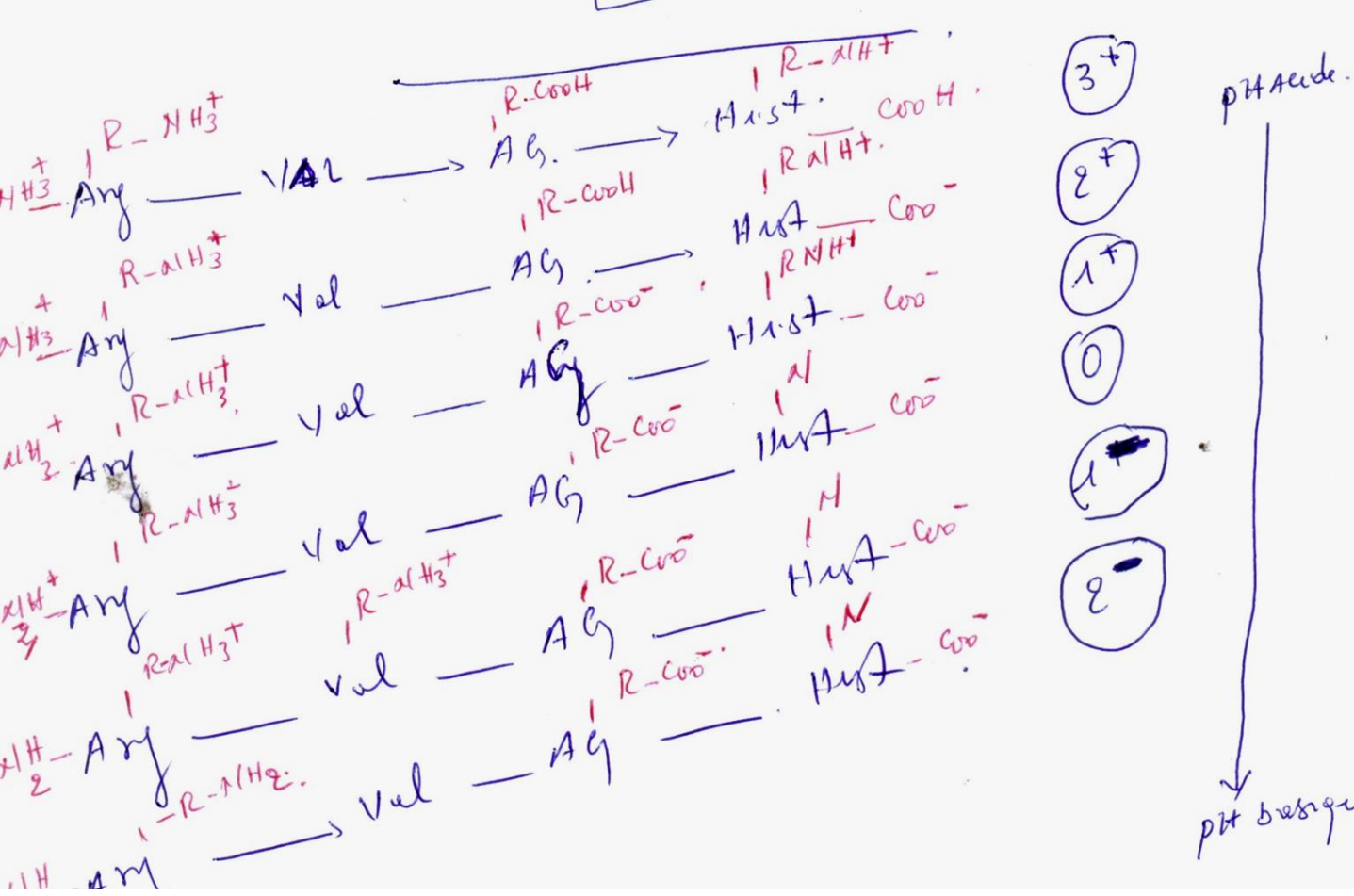


Histidine =

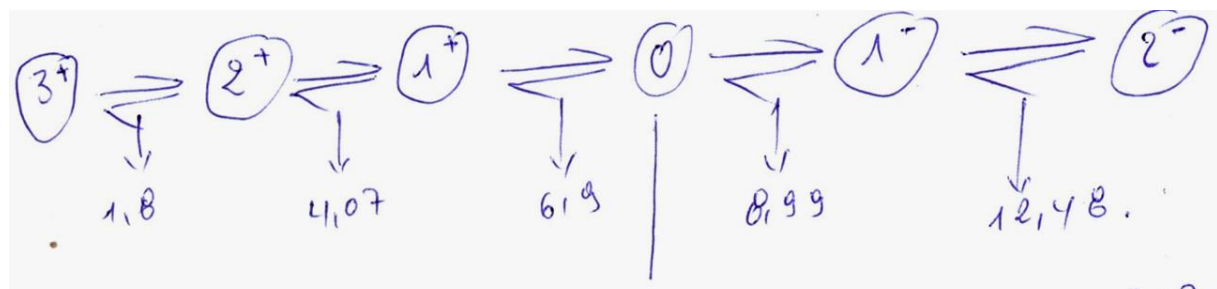


pH Acide  
↓  
pH basique

- ① α-COOH (Hist) = 1,8
- ② R-COOH (AG) = 4,07
- ③ R-(NH) (Hist) = 6,9
- ④ α-NH<sub>2</sub> (Arg) = 8,99
- ⑤ R-NH<sub>2</sub> (Arg) = 12,48



- (3<sup>+</sup>)
- (2<sup>+</sup>)
- (1<sup>+</sup>)
- (0)
- (1<sup>-</sup>)
- (2<sup>-</sup>)

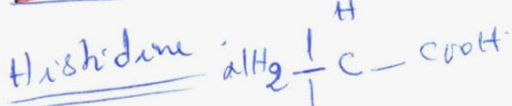


$$Z = \text{pH}_i = \frac{8.99 + 6.9}{2} = 7.947$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{pH}_i(\text{pI}) = 7.947}$$

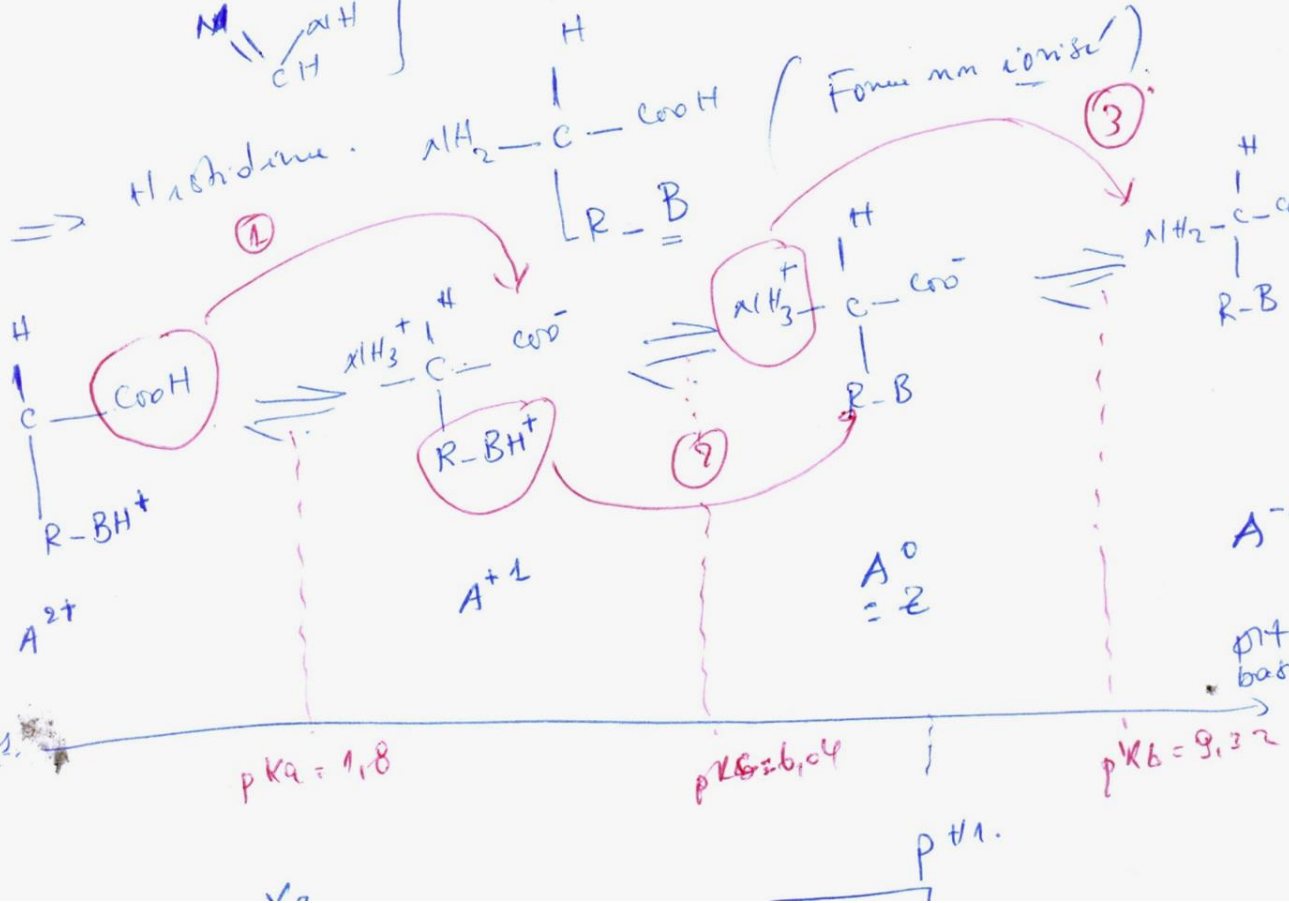


Acides Aminés basiques :



$\Rightarrow$   $pK_a(\text{d-COOH}) = 1,8 \rightarrow \textcircled{1}$   
 $pK_b(\text{d-NH}_2) = 9,32 \rightarrow \textcircled{3}$   
 $pK_c(\text{Rc}) = 6,04 \rightarrow \textcircled{2}$

Radical imazole.  
 a caractère faiblement basique.



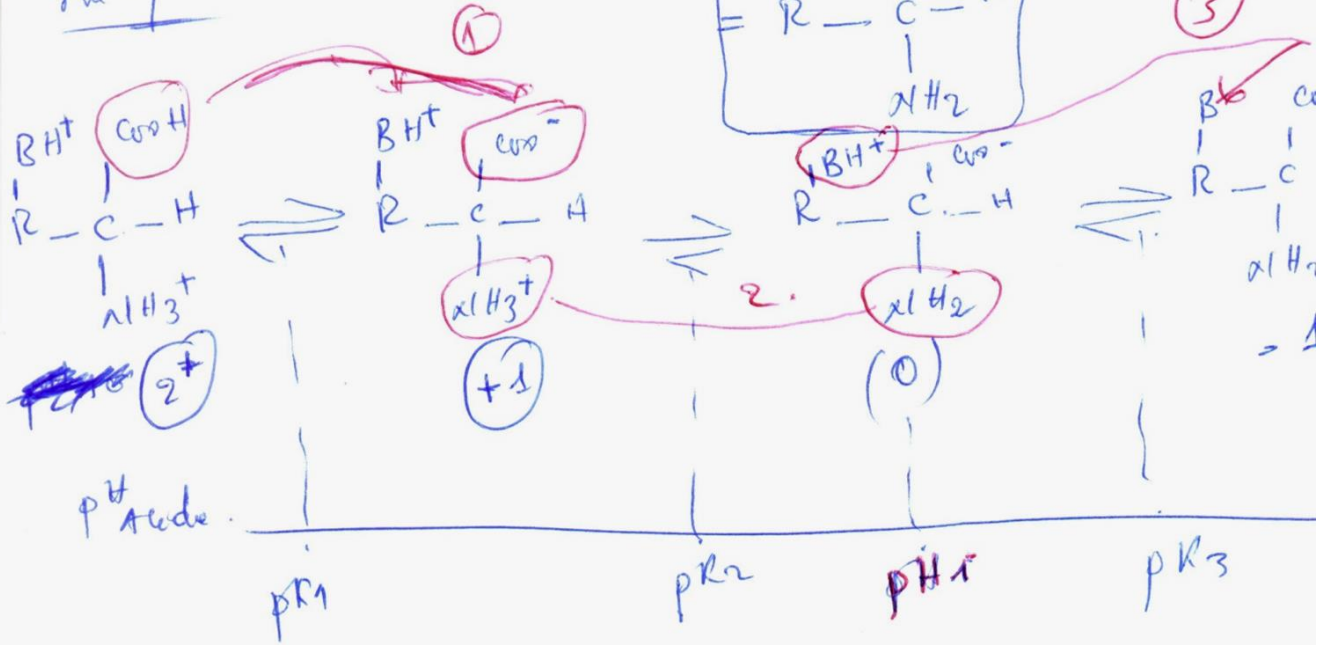
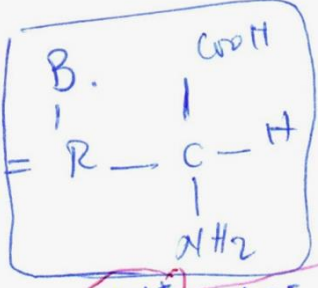
$pH_i(\text{Hist}) = (pK_b + pK_c) / 2 = (9,32 + 6,04) / 2 = 7,6$

# Tyrosine

$pK_1 = 2,20 = pK_a(\alpha-COOH) \rightarrow 1$   
 $pK_2 = 9,11 = pK_b(\alpha-NH_2) \rightarrow 2$   
 $pK_3 = 10,13 = pK_c(R-B) \rightarrow 3$

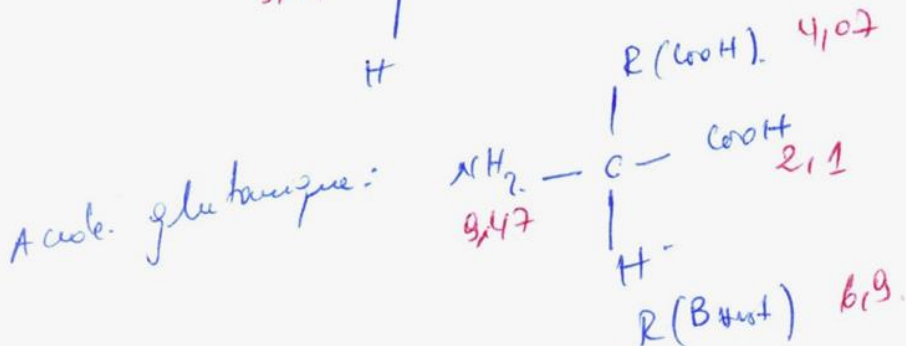
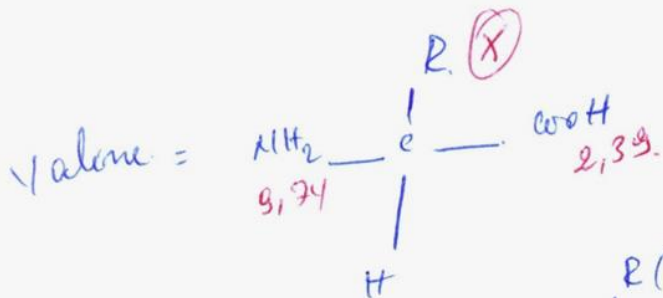
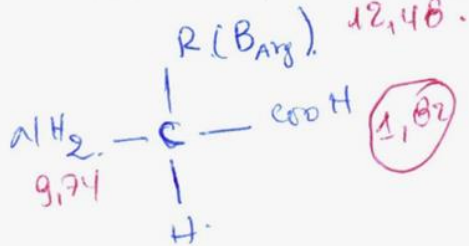
pH acide  
 pH basique

la Tyrosine  $\Rightarrow$  Forme ionis e

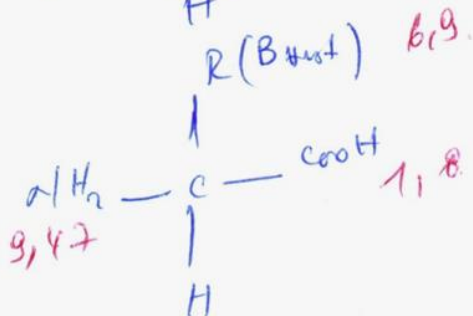


$$pH_{I} = \frac{pK_2 + pK_3}{2} = \frac{9,11 + 10,13}{2} = \underline{\underline{9,62}}$$

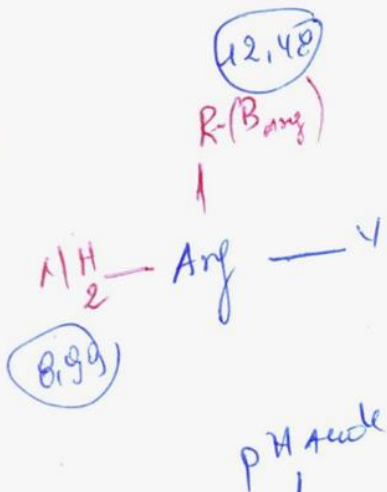
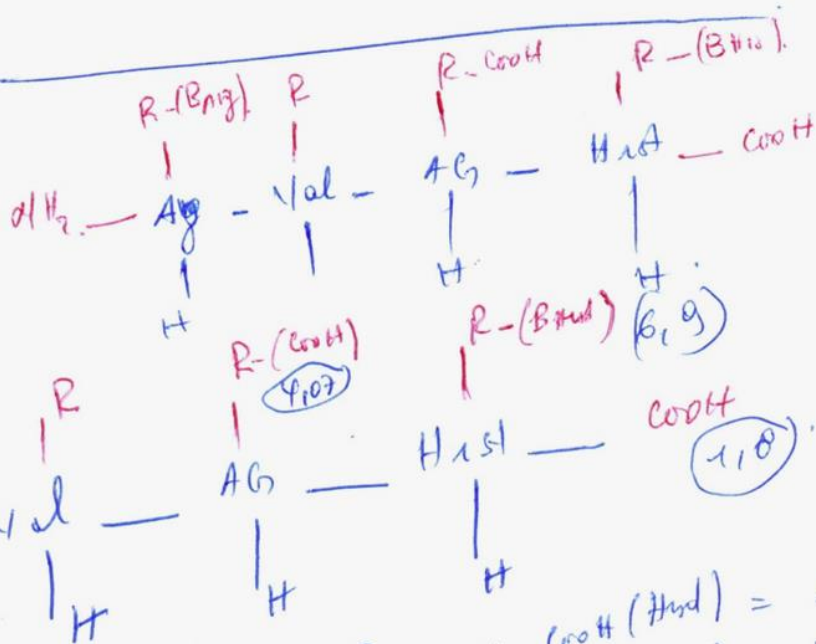
Arginine:



Histidine:



he polypeptide:



- ① -  $\alpha$ -COOH (Hsd) = 1,8
- ② - R-COOH (Arg) = 12,48
- ③ - R-COOH (Hsd) = 6,9

## TD : Acides aminés et peptides

### Exercice 1:

Soient les acides aminés suivants :

	<b>pKa</b>	<b>pKb</b>	<b>pkr</b>
<b>Alanine</b>	2,35	9,69	
<b>Acide aspartique</b>	2,09	9,82	3,86
<b>Lysine</b>	2,18	8,95	10,53

1. Ecrire les équilibres d'ionisation des acides aminés et en déduire le pHi.
2. L'électrophorèse des acides aminés est effectuée avec un tampon de pH= 8,0.  
Donner la position relative de ces acides aminés sur la bande de papier (support de migration).

### Exercice 2:

1. Quelle est la charge électrique (+, 0, -) des acides aminés suivants : Glycine, sérine, acide aspartique et arginine à : (a) pH 2,00 ; (b) pH 3,96, (c) pH 5,68 ; (d) pH 10,76.

	Glycine pHi=5,97	Sérine pHi=5,68	acide aspartique pHi=2,97	Arginine pHi=10,76
<b>pH 2,00</b>				
<b>pH 3,96</b>				
<b>pH 5,68</b>				
<b>pH 10,76</b>				

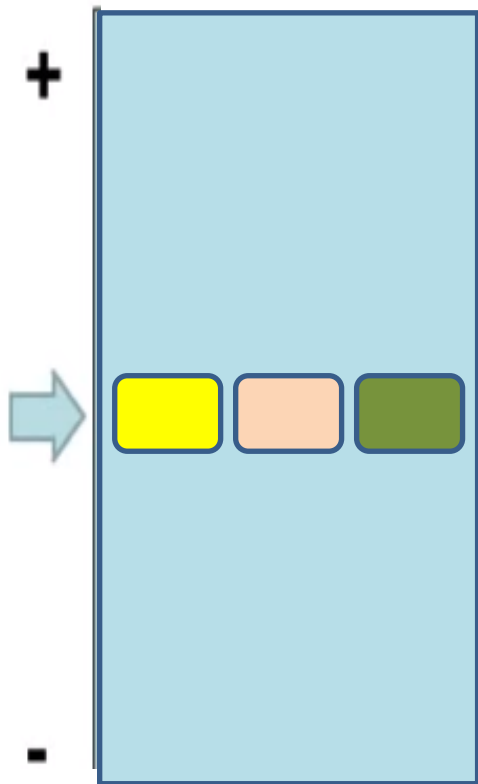
2. On sépare un mélange de ces acides aminés par chromatographie échangeuse d'anions. Quel sera l'ordre d'élution des acides aminés si on utilise un tampon allant progressivement de pH 12 à pH 4 ?

Acide Aminé	pHi
AL	6
ASP	2,77
Lys	9,59

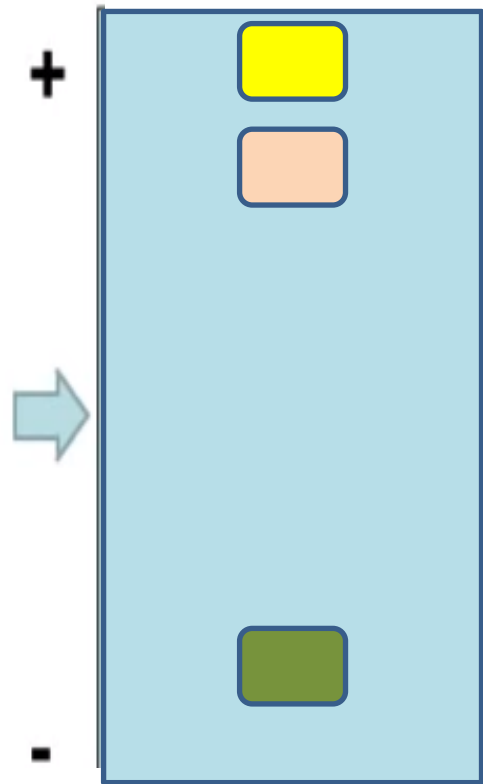


Acide Aminé	pH= 8
AL	-
ASP	-
Lys	+

	pH= 2	pH= 2,77	pH= 2,77	pH= 6	Ph=8	pH=9,59	pH=9,59	pH=9,59
AL	+	+	+	+	0=Z	-	-	-
ASP	+	+	0=Z	-	-	-	-	-
Lys	+	+	+	+	+	+	0=Z	-



pH= 8



pH= 8

### Exercice 2:

1. Quelle est la charge électrique (+, 0, -) des acides aminés suivants : Glycine, sérine, acide aspartique et arginine à : (a) pH 2,00 ; (b) pH 3,96, (c) pH 5,68 ; (d) pH 10,76.

	Glycine pHi=5,97	Sérine pHi=5,68	acide aspartique pHi=2,97	Arginine pHi=10,76
pH 2,00				
pH 3,96				
pH 5,68				
pH 10,76				

2. On sépare un mélange de ces acides aminés par chromatographie échangeuse d'anions. Quel sera l'ordre d'élution des acides aminés si on utilise un tampon allant progressivement de pH 12 à pH 4 ?

	Glycine pHi=5,97	Sérine pHi=5,58	ASP pHi=2,97	Arg pHi=10,76
pH=2,00	+	+	+	+
pH=3,96	+	+	-	+
pH=5,68	0 / +	- / 0	-	+
pH=10,76	-	-	-	0

ASP pHi=2,97	Sérine pHi=5,58	Glycine pHi=5,97	Arg pHi=10,76
-----------------	-----------------	---------------------	------------------

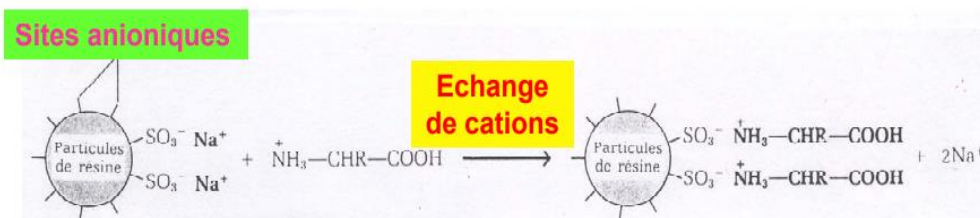
3

2

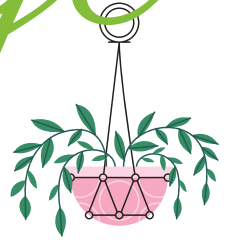
1

## Chromatographie d'échange d'ions

### Principe :



# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

