

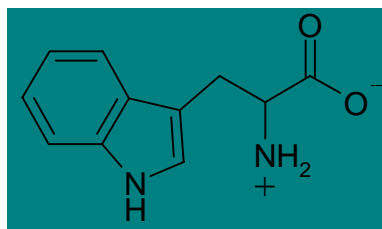
RECUEIL D'EXERCICES DE BIOCHIMIE

4. Les acides aminés, peptides et polypeptides

4.1. Structure et classification

4.2. Propriétés physicochimiques

4.3. Liaisons peptidiques, peptides et polypeptides

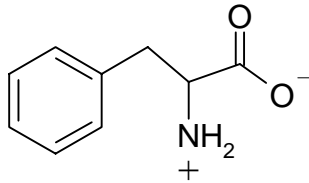


Université du Québec à
Montréal

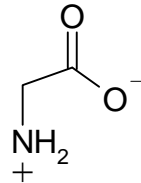
4.1. Structure et classification

4-1 : Identifiez la structure des 20 acides aminés « naturels » suivants.

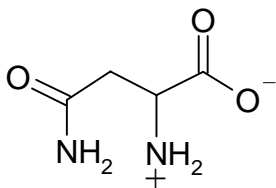
A)



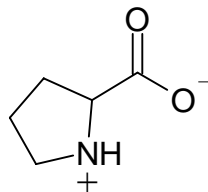
B)



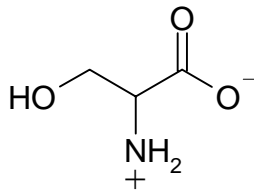
C)



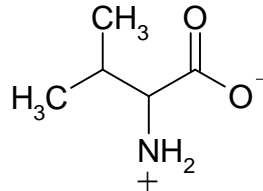
D)



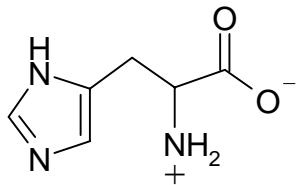
E)



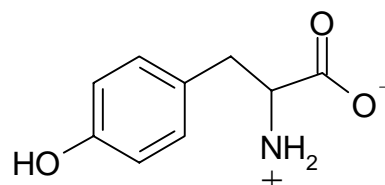
F)



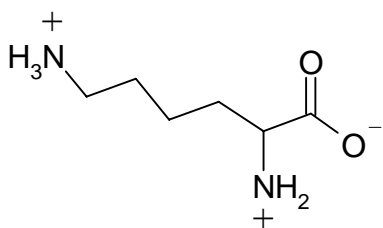
G)



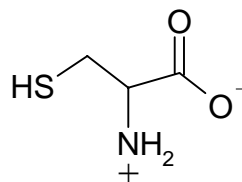
H)



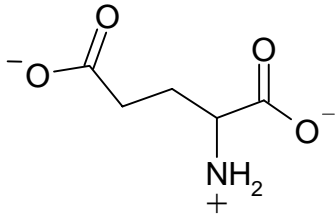
I)



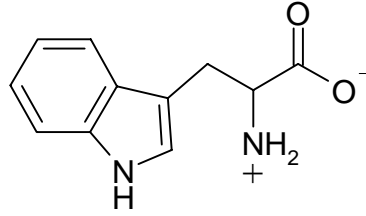
J)



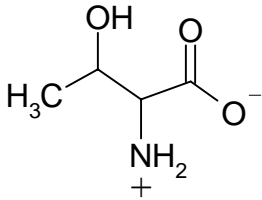
K)



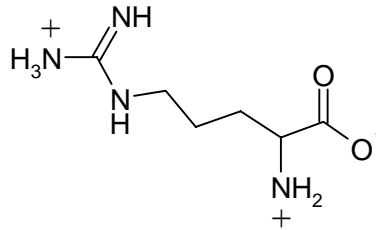
L)



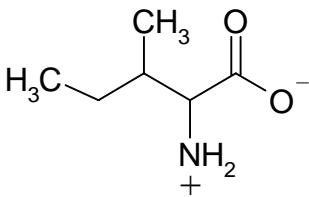
M)



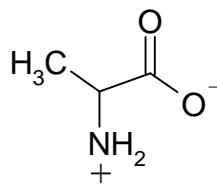
N)



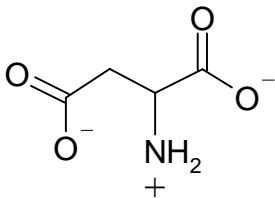
O)



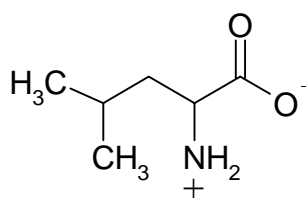
P)



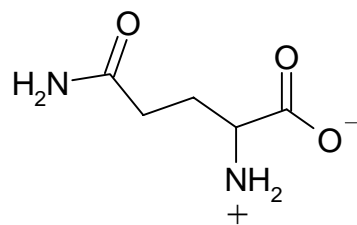
Q)



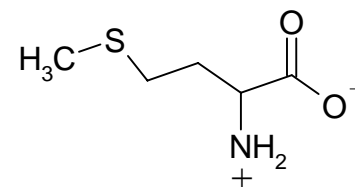
R)



S)



T)



Choix :

- | | | | |
|--------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 1) tyrosine | 6) leucine | 11) glutamine | 16) phénylalanine |
| 2) thréonine | 7) arginine | 12) lysine | 17) isoleucine |
| 3) histidine | 8) méthionine | 13) glutamate | 18) alanine |
| 4) valine | 9) glycine | 14) asparagine | 19) aspartate |
| 5) sérine | 10) proline | 15) tryptophane | 20) cystéine |

Réponse

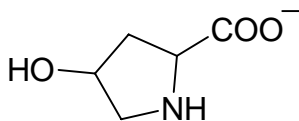
4-2 : Classez chacun des 20 acides aminés « naturels » dans l'une des quatre catégories suivantes.

- A) acides aminés à chaîne latérale non polaire
- B) acides aminés à chaîne latérale polaire, non chargée
- C) acides aminés à chaîne latérale chargée positivement (basique)
- D) acides aminés à chaîne latérale chargée négativement (acide)

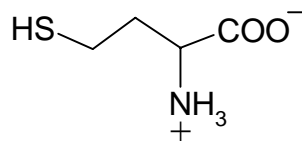
Réponse

4-3 : Identifiez la structure des dérivés d'acides aminés naturels (ou des acides aminés « non constitutifs » : qui n'entrent pas dans la composition des protéines) suivants.

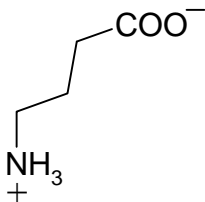
A)



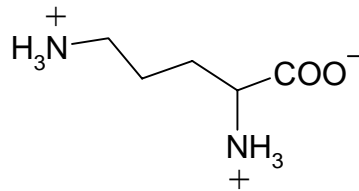
B)



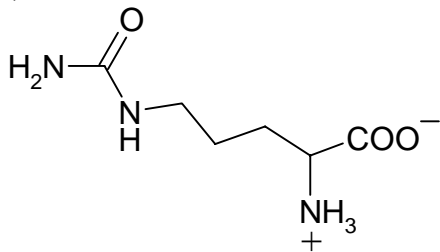
C)



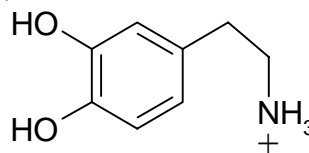
D)



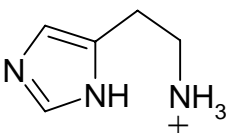
E)



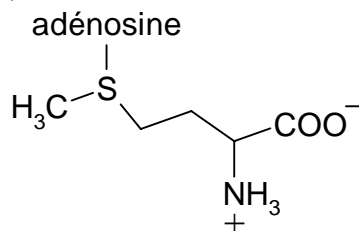
F)



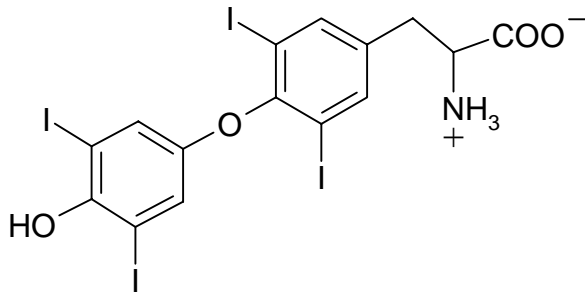
G)



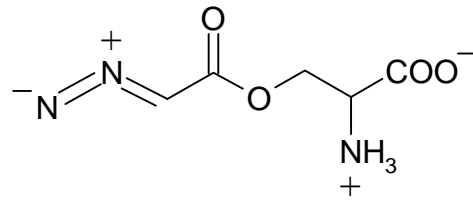
H)



I)



J)



Choix :

- | | |
|---------------------|---|
| 1) azasérine | 6) homocystéine |
| 2) 4-hydroxyproline | 7) thyroxine |
| 3) histamine | 8) S-adenosyl-méthionine (SAM) |
| 4) ornithine | 9) dopamine |
| 5) citrulline | 10) acide γ -aminobutyrique (GABA) |

[Réponse](#)

4-4 : Associez aux dérivés des acides aminés précédents les fonctions suivantes.

- A) rôle important dans l'uréogénèse
- B) action hypotensive
- C) transporteur de groupements méthyle
- D) précurseur de la méthionine
- E) médiateur du système nerveux central
- F) hormone thyroïdienne
- G) action antibiotique
- H) précurseur de l'adrénaline
- I) retrouvé dans le collagène

Choix :

- | | |
|---------------------|---|
| 1) azasérine | 6) homocystéine |
| 2) 4-hydroxyproline | 7) thyroxine |
| 3) histamine | 8) S-adenosyl-méthionine (SAM) |
| 4) ornithine | 9) dopamine |
| 5) citrulline | 10) acide γ -aminobutyrique (GABA) |

[Réponse](#)

4.2. Propriétés physicochimiques

4-5 : Relation entre la courbe de titration et les propriétés acido-basiques de la glycine.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 132 #3.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. pp. 30-31 #4-5. (COOP)

[Réponse](#)

4-6 : Quelle est la quantité d'alanine présente sous forme complètement non chargée?

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 132 #4.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 31 #4-6. (COOP)

[Réponse](#)

4-7 : États d'ionisation des acides aminés.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 132 #5.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. pp. 31-32 #4-7. (COOP)

[Réponse](#)

4-8 : Préparation d'un tampon glycine.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. pp. 132-133 #6.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 32 #4-8. (COOP)

[Réponse](#)

4-9 : Séparation d'acides aminés par chromatographie.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 133 #7.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 32 #4-9. (COOP)

[Réponse](#)

4.3. Liaisons peptidiques, peptides et polypeptides

4-10 : Étude de la structure primaire des protéines.

Énoncé :

La composition totale en acides aminés d'un peptide peut être déterminé par hydrolyse acide (HCl) suivi d'une chromatographie. Un polypeptide ayant la composition suivante a été caractérisé (3 Ala, Arg, Glu, His, Leu, Lys, Phe, Pro, Ser, 2 Trp et 1 Val). Un traitement avec la carboxypeptidase A a identifié uniquement la Ser. Suite à l'hydrolyse acide partielle, les peptides ayant la composition suivante ont été obtenus : (Leu, Lys), (Pro, Trp), (2 Ala, Glu), (2 Ala, Val), (Arg, His), (Leu, Pro), (Ala, Lys), (His, Val), (Phe, Ser, Trp), (Trp, Ser), (Glu, Phe), (Trp, Arg), (Ala, Leu, Lys).

Question :

Quelle est la séquence en acides aminés du polypeptide?

Réponse

4-11 : Traitement d'un polypeptide avec le β -mercaptoéthanol.

Énoncé :

Le traitement d'un polypeptide avec le β -mercaptoéthanol libère deux polypeptides ayant la séquence suivante :

- (1) Gln-Pro-Val-Glu-Ser-Cys-Ala-Cys-Leu-Gly-Cys-Met-Leu
- (2) Asn-Glu-His-Ala-Cys-Pro-Ser-His-Leu-Ile

Une hydrolyse à l'élastase de la protéine intacte libère les fragments ayant la composition en acides aminés suivante :

- (3) (Gln, Pro, Val)
- (4) (Glu, Ser)
- (5) (Ala, 2 Cys, Leu, Met)
- (6) (2 Cys, Gly, Leu, Pro, Ser)
- (7) (Ala, Asn, Glu, His)
- (8) (His, Ile, Leu)

Question :

Quelle est la position des ponts disulfures dans la protéine originale?

Réponse

4-12 : Fragmentation d'une chaîne polypeptidique par des enzymes protéolytiques.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 158 #10.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 34 #4-13. (COOP)

[Réponse](#)

4-13 : Détermination de la séquence d'un peptide cérébral, la leucine encéphaline.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 158 #11.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 35 #4-14. (COOP)

[Réponse](#)

4-14 : Structure d'un antibiotique peptidique obtenu à partir de Bacillus brevis.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 158 #12.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 36 #4-15. (COOP)

[Réponse](#)

4-15 : Solubilité des polypeptides.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 158 #8.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 37 #4-16. (COOP)

[Réponse](#)

4-16 : Bactériorhodopsine dans les protéines de la membrane pourpre.

Énoncé : Voir

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. and Cox, M. M. *Principes de biochimie*. Deuxième Édition. Traduction française de : Biochemistry. Second Edition. Worth Publishers. New York. 1993. p. 196 #8.

ou

Charles Bilodeau. *Recueil d'exercices de biochimie*. Département des Sciences biologiques. UQAM. 1999. p. 37 #4-17. (COOP)

[Réponse](#)

4-1 :

A(16), B(9), C(14), D(10), E(5), F(4), G(3), H(1), I(12), J(20), K(13), L(15), M(2), N(7), O(17), P(18), Q(19), R(6), S(11), T(8).

4-2 :

A) glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine, proline, phénylalanine, méthionine, tryptophane et cystéine

B) asparagine, glutamine, sérine, thréonine et tyrosine

C) lysine, arginine et histidine

D) acide aspartique et acide glutamique

4-3 :

A(2), B(6), C(10), D(4), E(5), F(9), G(3), H(8), I(7), J(1).

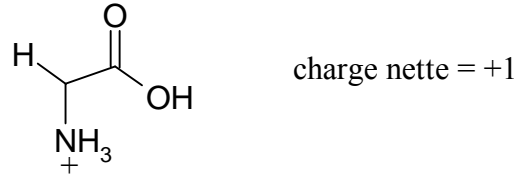
4-4 :

A(4 et 5), B(3), C(8), D(6), E(10), F(7), G(1), H(9), I(2).

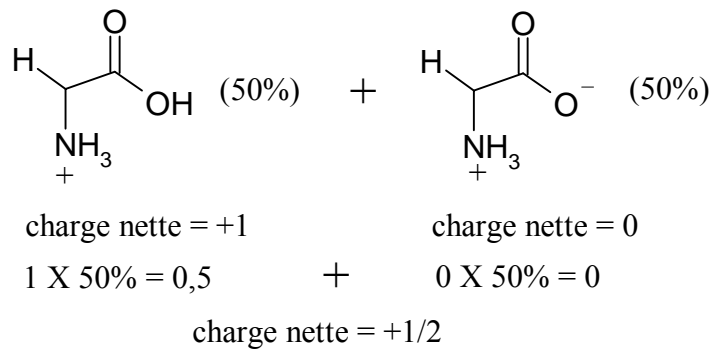
4-5 :

A(I), B(II), C(IV), D(II), E(IV), F(II et IV), G(III), H(III), I(II), J(V), K(III), L(IV), M(V), N(II), O(III), P(IV), Q(V), R(I, III et V), S(V)

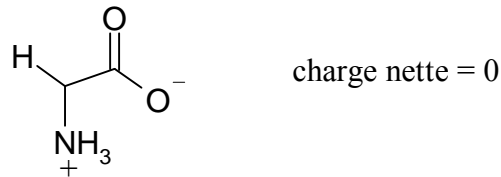
Au point I :



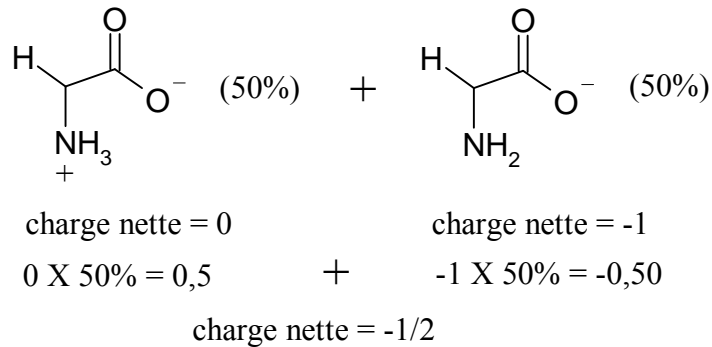
Au point II :



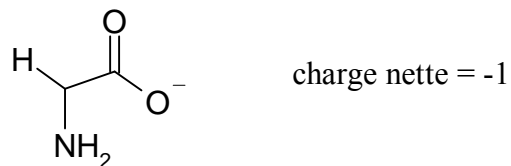
Au point III :



Au point IV :



Au point V :



4-6 :

A) Chaque groupement obéit à son pK.

Au point isoélectrique :

- le pH est au dessus de pK du groupe COOH
donc $\text{COOH} \rightleftharpoons \text{COO}^-$ (COO^- est la forme qui prédomine)
- le pH est plus bas que le pK du groupe NH_3^+
 $\text{NH}_3^+ \rightleftharpoons \text{NH}_2$ (NH_3^+ est la forme qui prédomine)

B) Il faut calculer la proportion de chaque groupe sous sa forme non chargée :

- pour $\text{COOH} \rightleftharpoons \text{COO}^- + \text{H}^+$ $\text{pK}_a = 2,314$

$$\text{pI} = \frac{\text{pK}_1 + \text{pK}_2}{2} = \frac{2,34 + 9,69}{2} = 6,015 \text{ (à pH = pI)}$$

on a :

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]}$$

$$6,015 = 2,34 + \log \frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]}$$

$$3,675 = \log \frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]}$$

$$\frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]} = 4731,5 \text{ ou } [\text{COO}^-] = 4,731,5 [\text{COOH}]$$

$$[\text{COO}^-] + [\text{COOH}] = 1$$

$$4731,5 [\text{COOH}] + [\text{COOH}] = 1$$

$$[\text{COOH}] = 1/4732,5$$

- pour $\text{NH}_3^+ \rightleftharpoons \text{NH}_2 + \text{H}^+$ $\text{pK}_a = 9,69$

on a :

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]}$$

$$6,015 = 9,69 + \log \frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]}$$

$$-3,675 = \log \frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]} \text{ ou } 3,675 = \log \frac{[\text{NH}_3^+]}{[\text{NH}_2]}$$

$$\frac{[\text{NH}_3^+]}{[\text{NH}_2]} = 4731,5 \text{ ou } [\text{NH}_3^+] = 4,731,5 [\text{NH}_2]$$

$$[\text{NH}_2] + [\text{NH}_3^+] = 1$$

$$4731,5 [\text{NH}_2] + [\text{NH}_2] = 1$$

$$[\text{NH}_2] = 1/4732,5$$

- pour ceux qui ont pris le chemin habituel :

$$-3,675 = \log \frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]}$$

$$\frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]} = 2,1135 \times 10^{-4} \text{ ou } [\text{NH}_2] = 2,1135 \times 10^{-4} [\text{NH}_3^+]$$

$$[\text{NH}_2] + [\text{NH}_3^+] = 1$$

$$2,1135 \times 10^{-4} [\text{NH}_3^+] + [\text{NH}_3^+] = 1$$

$$[\text{NH}_3^+] = 0,999788695$$

Donc

$$[\text{NH}_2] + [\text{NH}_3^+] = 1$$

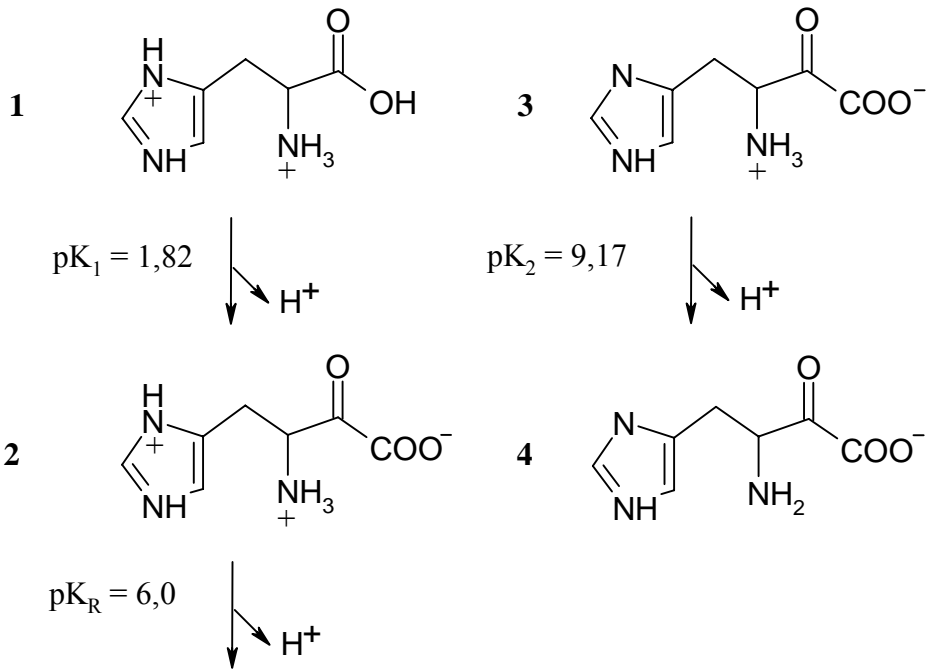
$$[\text{NH}_2] = 1 - 0,999788695 = 2,113 \times 10^{-4} \text{ ou } 1/4732,5 \text{ (même réponse)}$$

La question demandait, quelle proportion de molécules contient à la fois, les deux groupements sous la forme non chargée. La réponse est le produit de la proportion de chaque groupe sous cette forme non chargée.

Alors, les formes COOH et NH_2 se retrouveront dans la proportion :

$$1/4732,5 \times 1/4732,5 = 1/2.2 \times 10^7$$

4-7 :



pH	structure	charge nette	migre vers
1	1	+2	cathode (-)
4	2	+1	cathode (-)
8	3	0	ne migre pas
12	4	-1	anode (+)

4-8 :

On demande la proportion de [A] et [HA⁻] pour un pH de 3,2

La glycine : pK_a = 2,34 (COOH)

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{AH}^-]}{[\text{A}]}$$

$$3,2 = 2,34 + \log \frac{[\text{AH}^-]}{[\text{A}]}$$

$$0,86 = \log \frac{[\text{AH}^-]}{[\text{A}]} \text{ ou } 7,24 = \frac{[\text{AH}^-]}{[\text{A}]} \text{ ou } [\text{AH}^-] = 7,24 [\text{A}]$$

$$[\text{A}] + [\text{HA}^-] = 1000 \text{ mL}$$

$$[\text{A}] + 7,24 [\text{A}] = 1000 \text{ mL}$$

$$[\text{A}] = 121,36 \text{ mL}$$

$$[\text{HA}^-] = 1000 \text{ mL} - 121,36 \text{ mL} = 878,64 \text{ mL}$$

Il faut donc 878,6 mL de glycine (base) et 121,4 mL d'hydrochlorure de glycine (acide).

4-9 :

- A) Asp à pH 7,0 : charge = -1, polaire, non retenu
Lys à pH 7,0 : charge = +1, polaire, retenu par SO_3^-

C'est donc, Asp qui quittera en premier

- B) Arg à pH 7,0 : charge = +1, polaire, retenu
Met à pH 7,0 : charge = 0, non polaire, faiblement retenu

C'est donc, Met qui quittera en premier

- C) Glu à pH 7,0 : charge = -1, polaire, non retenu
Val à pH 7,0 : charge = 0, non polaire, retenu

C'est donc, Glu qui quittera en premier

- D) Gly à pH 7,0 : charge = 0, faiblement non polaire, faiblement retenu
Leu à pH 7,0 : charge = 0, fortement non polaire, retenu

C'est donc, Gly qui quittera en premier

- E) Ser à pH 7,0 : charge = 0, polaire, non retenu
Ala à pH 7,0 : charge = 0, faiblement non polaire, faiblement retenu

C'est donc, Ser qui quittera en premier

4-10 :

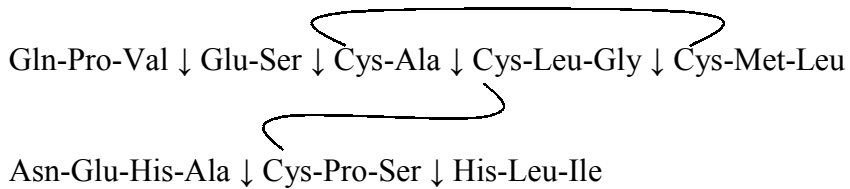
La Ser est le dernier acide aminé (en C-terminal).

Leu, Lys (11-12)
Pro, Trp (9-10)
2 Ala, Glu (3-4-5)
2 Ala, Val (4-5-6)
Arg, His (7-8)
Leu, Pro (10-11)
Ala, Lys (12-13)
His, Val (6-7)
Phe, Ser, Trp(1-2)
Trp, Ser (1)
Glu, Phe (2-3)
Trp, Arg (8-9)
Ala, Leu, Lys (11-12-13)

Ala-Lys-Leu-Pro-Trp-Arg-His-Val-Ala-Ala-Glu-Phe-Trp-Ser-COOH
(13) (12) (11) (10) (9) (8) (7) (6) (5) (4) (3) (2) (1)

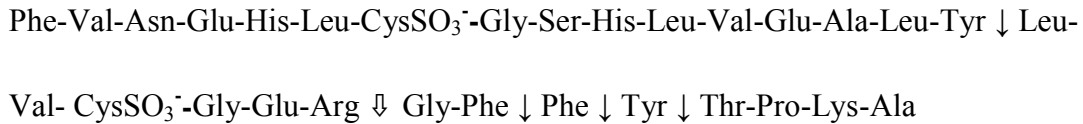
4-11 :

L'élastase coupe après Ala, Gly, Ser et Val (sauf si Pro suit).



4-12 :

- A) la trypsine coupe après Arg et Lys (↓)
- B) la chymotripsine coupe après Trp, Phe et Tyr (↓)



La trypsine ne coupe pas après Lys à la fin de la chaîne de même que la chymotripsine ne coupe pas après Phe au début de la chaîne.

4-13 :

De a : 2 Gly, 1 Tyr, 1 Leu et 1 Phe

De b : NH₂-Tyr

De c : la pepsine coupe avant Phe, Trp et Tyr

De b + c : Tyr-Gly-Gly (tripeptide contenant Tyr et 2 Gly)

De a + c : il reste 1 Leu et 1 Phe et la pepsine doit couper avant Phe, donc -Phe-Leu

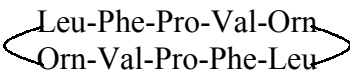
Alors la séquence de l'encéphaline est : Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu

4-14 :

De a : Leu, Orn, Phe, Pro, Val

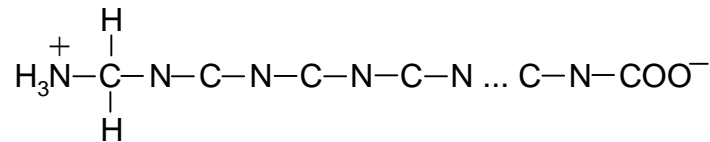
De b : Le PM est d'environ 1 200 daltons et le P.M. moyen des acides aminés est d'environ 110-120 daltons. Donc étant équimolaire, il y a 2 acides aminés de chacun pour une séquence totale de 10 acides aminés.

De c et d : Il n'y a pas de séquence N-terminale, donc nous avons un peptide circulaire.

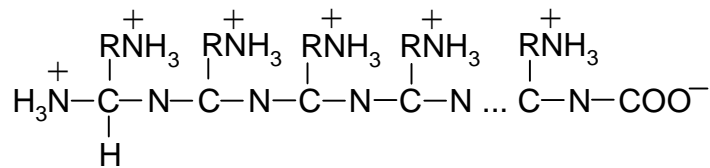
De e : 

4-15 :

A) (Gly)₂₀ :



Ou (Glu)₂₀ :



Donc : (Glu)₂₀ est plus soluble

B) (Lys-Ala)₃ : Lys (R polaire : NH₃⁺) et Ala (R non polaire)

ou (Phe-Met)₃ : Phe et Met (R non polaires)

Donc, (Lys-Ala)₃ est plus soluble

C) (Ala-Ser-Gly)₅ : Ala (R non polaire), Ser (R pK élevé), Gly (non polaire)

ou (Asn-Ser-His)₅ : Asn (R pK élevé), Ser (R pK élevé), His (au pK = 6,0, 50% ionisé)

Donc, (Asn-Ser-His)₅ est légèrement plus soluble

D) (Ala-Asp-Gly)₅ : Ala (R non polaire), Asp (non chargé à pH 3,0), Gly (R non polaire)

ou (Asn-Ser-His)₅ : Asn (R pK élevé), Ser (R pK élevé), His (+ à pH 3,0 ; pK = 6,0)

Donc, (Asn-Ser-His)₅ est plus soluble à pH 3,0

4-16 :

A)

Une hélice α a 0,54 nm pour chaque tour et 3,6 acides aminés par tour.

Pour 4,5 nm il faut X tours

$$4,5 \div 0,54 = 8,33 \text{ tours}$$

$$8,33 \text{ tours} \times 3,6 \text{ acides aminés} = 30 \text{ acides aminés}$$

Donc chaque segment d'hélice α doit avoir 30 acides aminés

B)

Il y a sept segments traversant la membrane,

$$7 \times 30 = 210 \text{ acides aminés en hélice } \alpha \text{ au minimum}$$

La protéine contient $26\ 000 \div 110 = 236$ acides aminés

La proportion d'hélice α dans la protéine est donc de :

$$210 \div 236 = 89 \% \text{ de la protéine au moins}$$