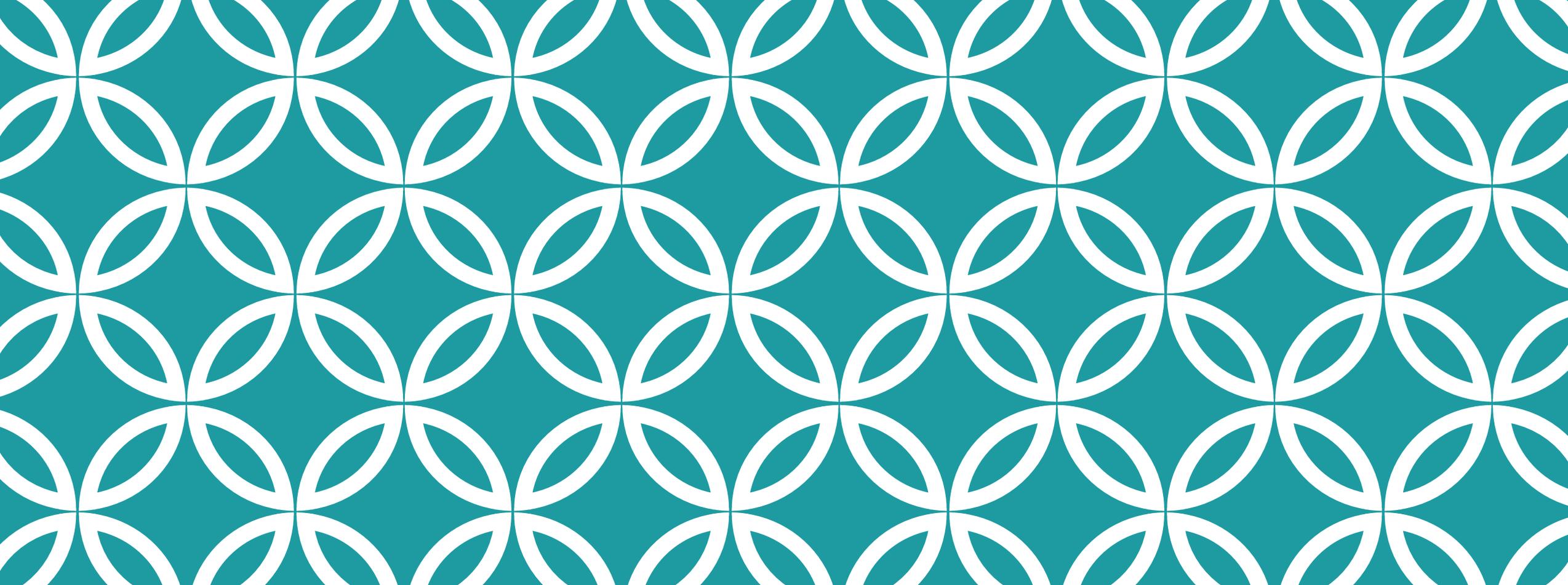




# ACIDE / BASE

2<sup>ème</sup> partie

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



# III – POUVOIR TAMPON

ACIDE / BASE

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

# A – DÉFINITIONS

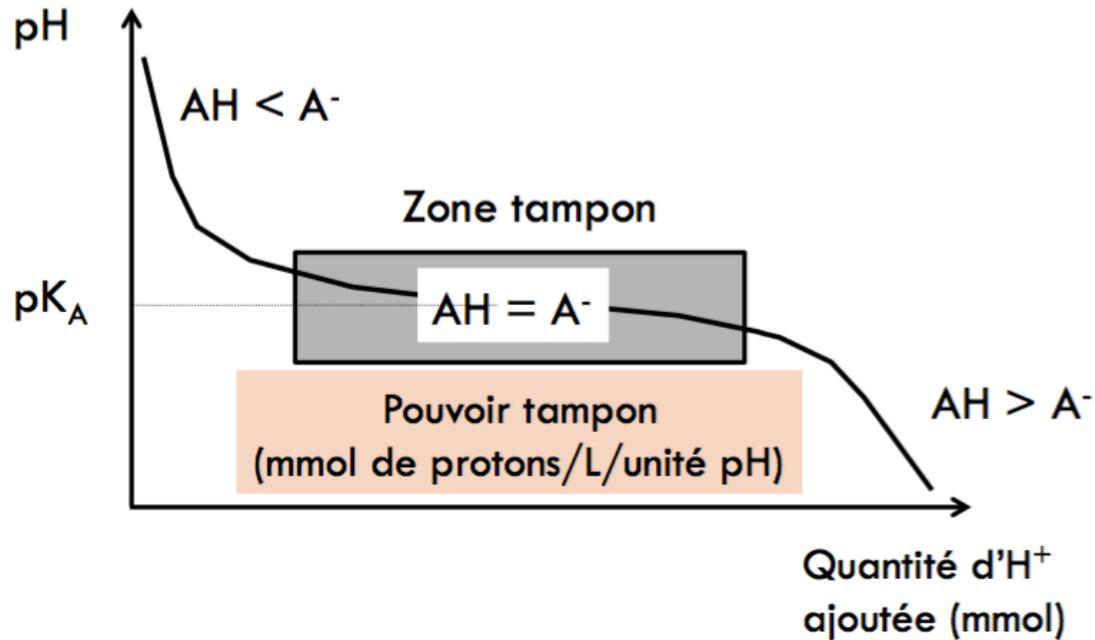
- Protection passive contre les variations de pH :

De manière **passive**, l'organisme **limite les variations de pH** des cellules et du milieu extracellulaire par des systèmes tampons.

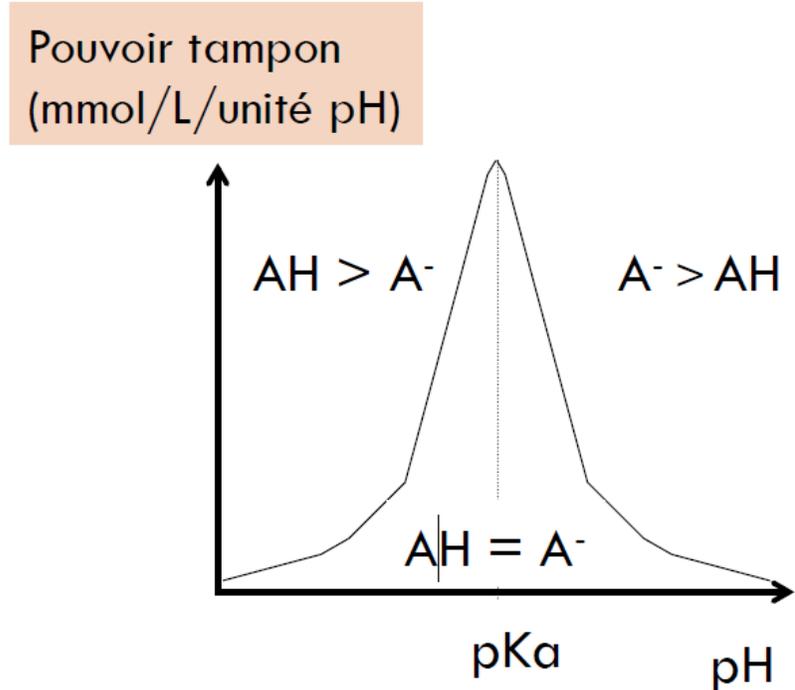
× **Tampon** : Couple acido-basique dont la **capacité de fixer des protons** limite les variations de pH des milieux extracellulaire et cellulaire.

× **Pouvoir tampon** : Quantité de protons fixés par un couple acido-basique par unité pH et par litre de solution.

- Zone tampon d'un couple a-b :



On remarque que cette relation présente une **zone horizontale** qui nécessite l'ajout de beaucoup de protons pour faire varier qu'un peu le pH : c'est ce qui définit la **zone tampon**.



Le **pouvoir tampon** d'un couple acide/base est maximum pour **pH = pKa**.

## • Tampons sanguins :

Les 3 tampons principaux du sang sont :

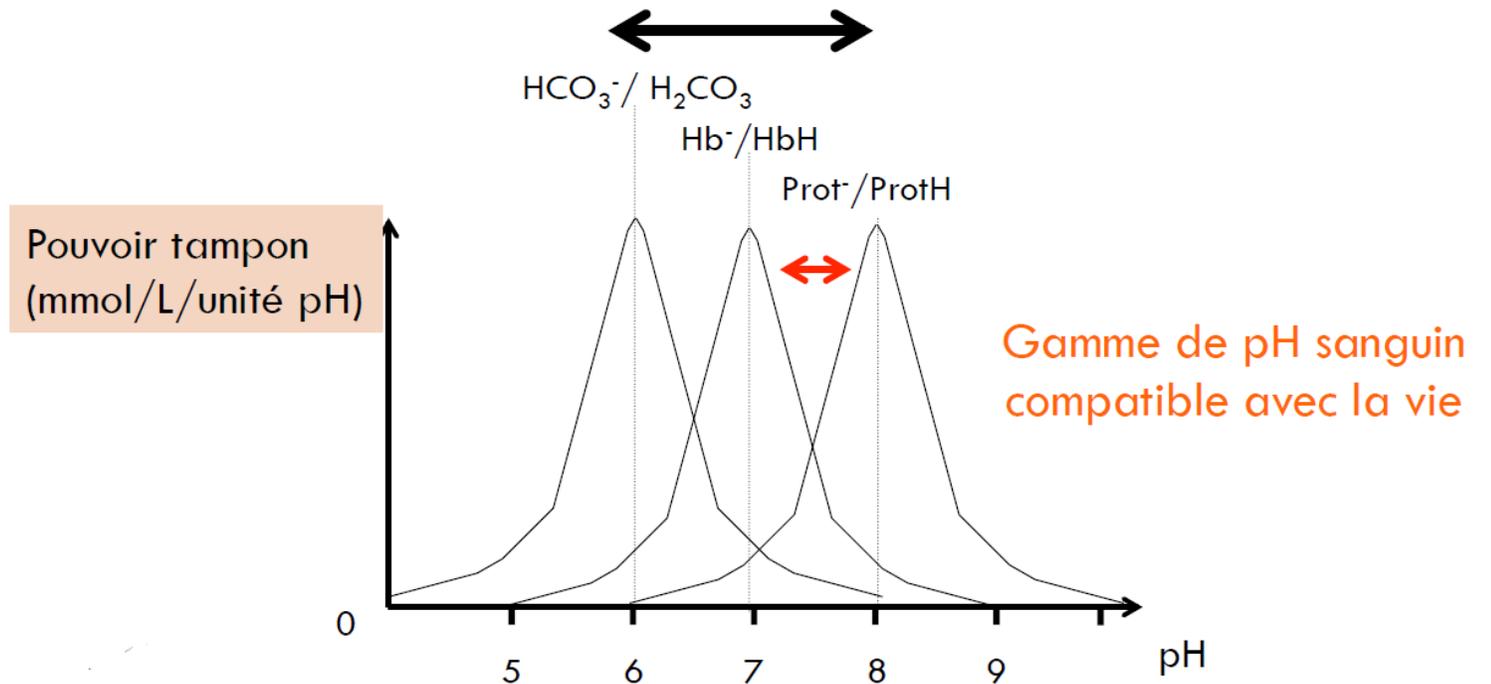
× **Bicarbonate/acide carbonique** ( $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ )

× **Hémoglobine** ( $\text{Hb}^-/\text{HbH}$ )

× **Protéines** ( $\text{Prot}^-/\text{ProtH}$ ) :  
Albumine ++

Rq : On constate que les tampons ont tendance à protéger d'avantage de l'acidose.

Gamme de pH sanguin  
où le pouvoir tampon est maximal



# B — NATURE DES TAMPONS

## TAMPON BICARBONATE = TAMPON VOLATIL

Le CO<sub>2</sub> issu de la réaction :  $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  s'échappe par les poumons, donc diminue la masse du couple acido-basique dans l'organisme.

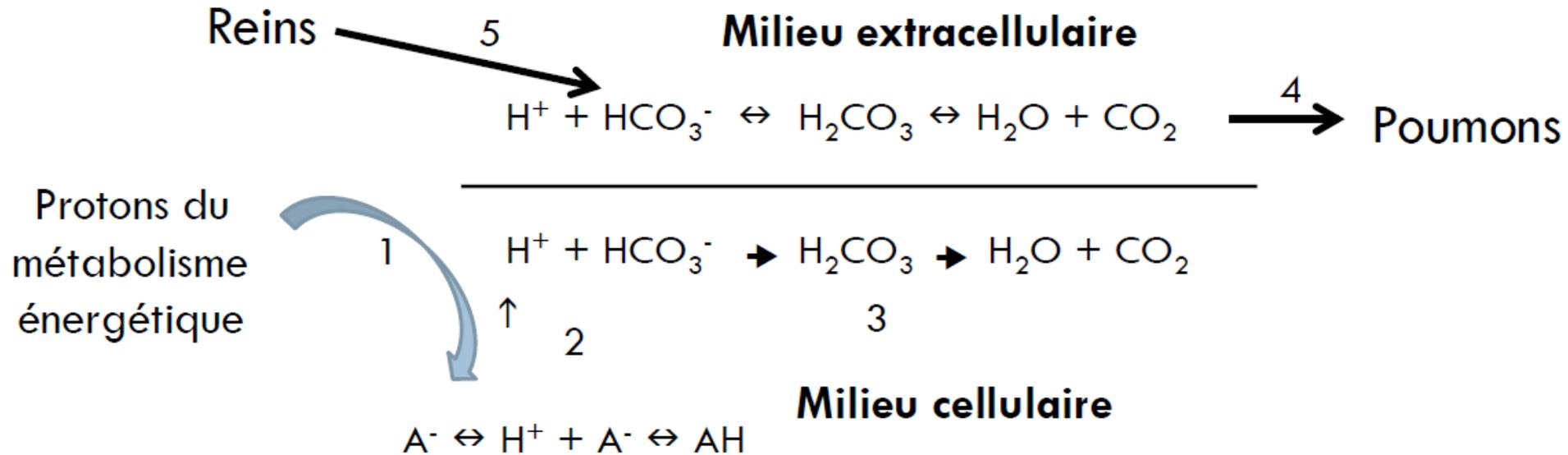
## AUTRES TAMPONS = TAMPONS FIXES

La plupart de ces tampons ont une **nature protéique** et restent **bloqués dans l'organisme** faisant que la masse acido-basique de ce tampon reste relativement constante.

- Pouvoir tampon global de l'organisme :

Tissu/ compartiment	Système tampon	Pouvoir tampon (mmoles H <sup>+</sup> /l/unité pH)
Milieu extracellulaire	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	55
	Acide phosphorique	0,5
	Protéines	7
Milieu cellulaire	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	18
	Protéines	60
Hématies	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Hémoglobine	30

- Communication entre les tampons, les cellules et le milieu EC :



1/ les nouveaux protons se fixent aux groupements histidines A-

2/ les groupements histidines A- sont « déprotonés »

3/ les bicarbonates du milieu cellulaire sont consommés

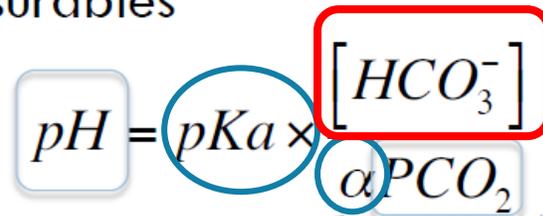
4/ le  $\text{CO}_2$  diffuse vers le milieu extracellulaire, il est éliminé par voie pulmonaire

5/ le  $\text{HCO}_3^-$  est restitué par les reins et gagne le milieu cellulaire

# C – RÔLE FONDAMENTAL DE L'ACIDE CARBONIQUE

L'acide carbonique assure l'essentiel du pouvoir tampon dans le milieu extracellulaire. C'est le seul secteur qui est accessible à des mesures.

Grandeurs mesurables



coefficient de solubilité  
du CO<sub>2</sub> dans l'eau

pression partielle  
du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

# D – APPLICATIONS EN MÉDECINE

- Appréciation de l'état acido-basique :

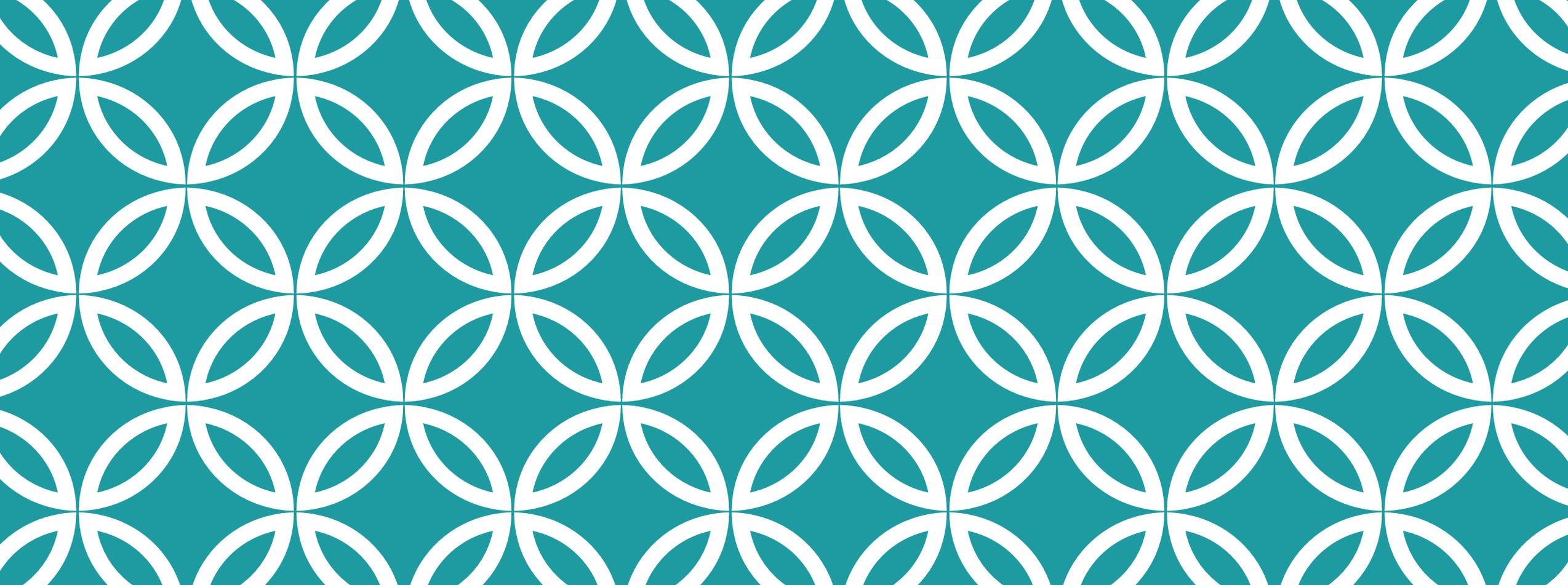
<input checked="" type="checkbox"/> Le <u>dosage</u> de la concentration d' $H^+$	<input checked="" type="checkbox"/> La <u>mesure</u> de la $PCO_2$	<input checked="" type="checkbox"/> Le <u>calcul</u> de la concentration d' $HCO_3^-$
Précision < 1% Valeur normale = 7,38-7,42	Précision $\approx$ 5 à 10 % Valeur normale = 36-44 mmHg	Précision $\approx$ 5 à 10 % Valeur normale = 22-26 mmol/L

La valeur du pH est déterminée à l'aide d'une électrode trempé dans le plasma.

- Gazométrie :



- > Seringue avec **anticoagulant** (héparinate de sodium);
- > Seringue dont il faut **chasser les bulles d'air** pour éviter la baisse de PCO<sub>2</sub> au contact de l'air;
- > Seringue à **conserver dans la glace** : les hématies « respirent », elles consomment de l'O<sub>2</sub> et produisent du CO<sub>2</sub> faisant diminuer le pH.



# IV — ANALYSE DU POUVOIR TAMPON

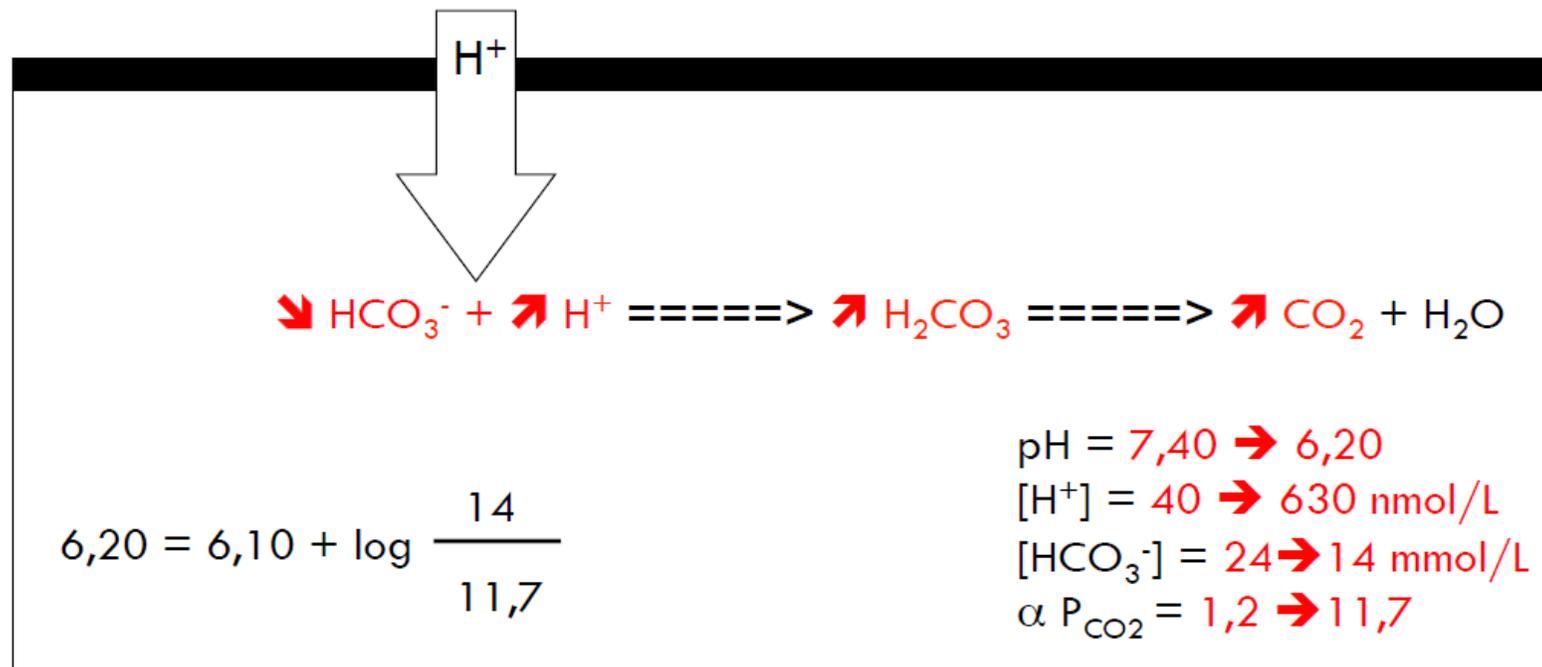
ACIDE / BASE

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

# A – SOLUTION CONTENANT DE L'ACIDE CARBONIQUE

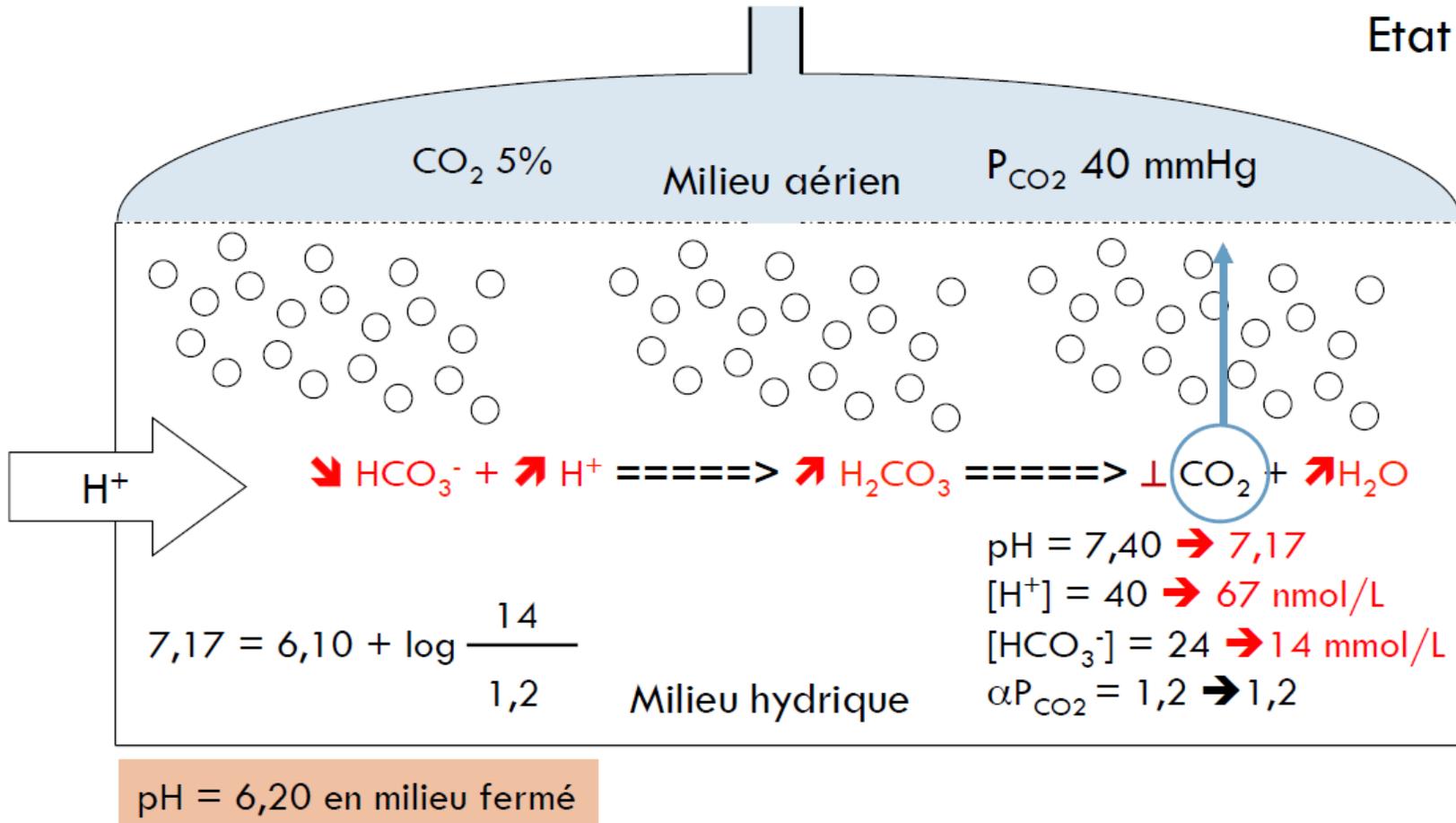
- Pouvoir tampon de l'acide carbonique en milieu fermé :

→ Apport d'H<sup>+</sup> sans variation de pCO<sub>2</sub> de l'air ambiant.



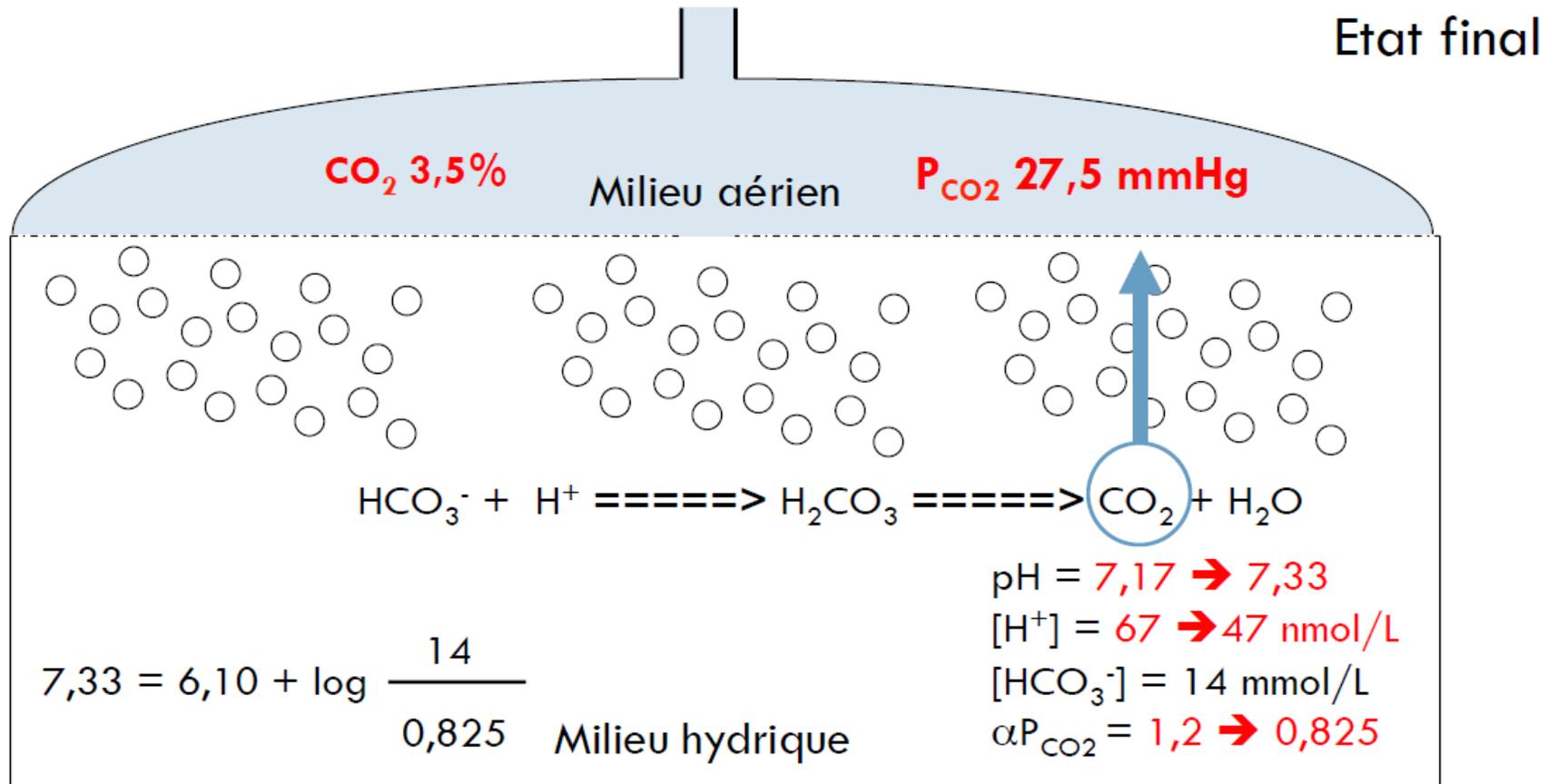
- Pouvoir tampon de l'acide carbonique en milieu ouvert :

→ Apport d'H<sup>+</sup> avec modification de la pCO<sub>2</sub> de l'air ambiant.



Simplement en faisant communiquer le liquide avec le milieu aérien on a **augmenté le pouvoir tampon de l'acide carbonique.**

- Diminution de la pression partielle du CO<sub>2</sub> :



pH = 7,17 en l'absence de variation de P<sub>CO<sub>2</sub></sub>

# BILAN

- ♥ Le sang est au contact de l'air alvéolaire : l'organisme utilise le tampon bicarbonate en milieu ouvert.
- ♥ La diffusion du CO<sub>2</sub> vers l'extérieur de l'organisme augmente avec la fréquence ventilatoire.

# RECAP

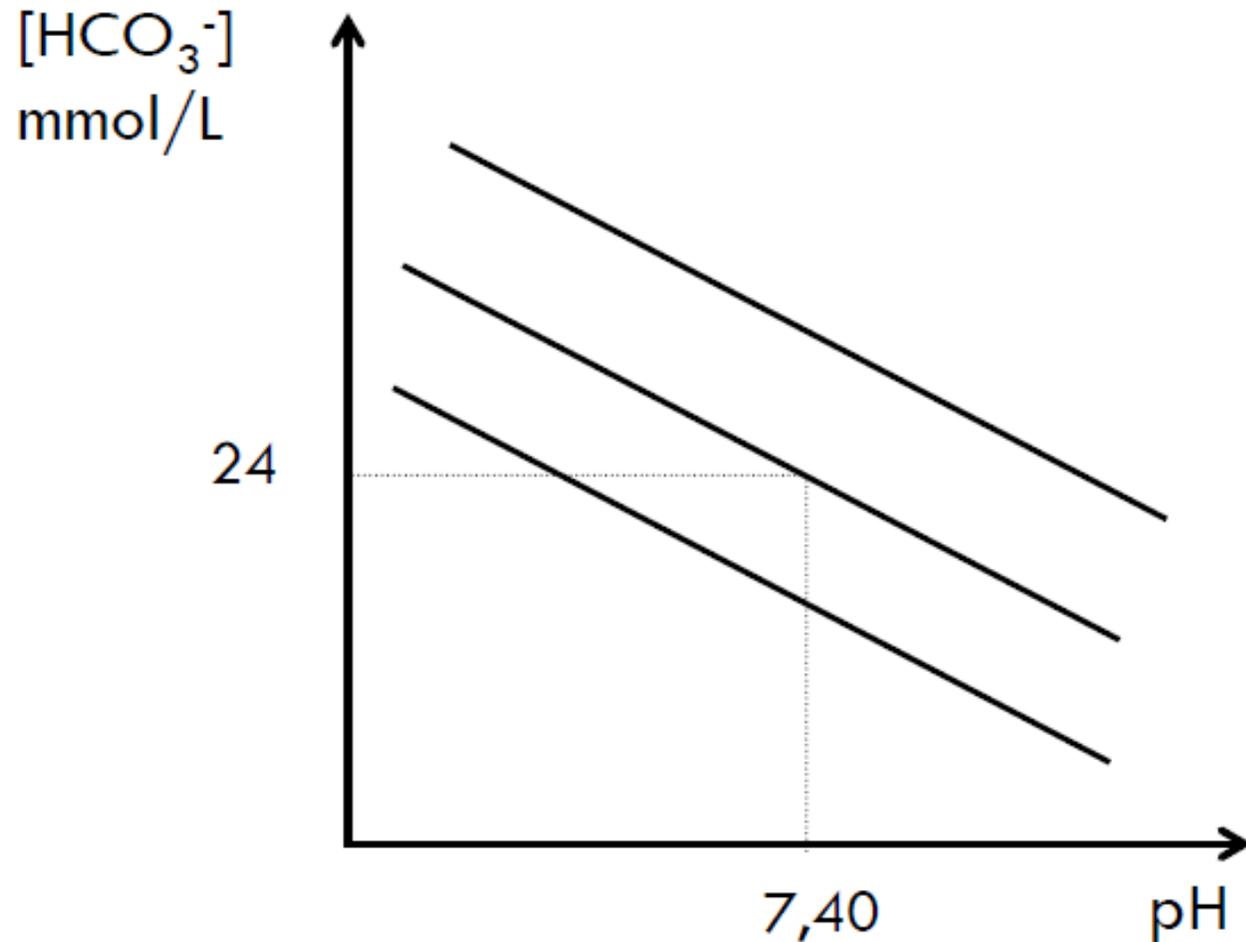
Pour augmenter le pouvoir tampon de l'acide carbonique :

- ✓ On le place dans un milieu tel que le **pH = pKa**
- ✓ On fait en sorte d'être en **milieu ouvert**
- ✓ On **diminue la PCO<sub>2</sub>** aérienne

Le pouvoir tampon dépend de plusieurs choses :

- ✓ La proximité du pKa du couple avec le pH du milieu
- ✓ Son abondance
- ✓ Sa capacité de régénération
- ✓ Son fonctionnement en système ouvert

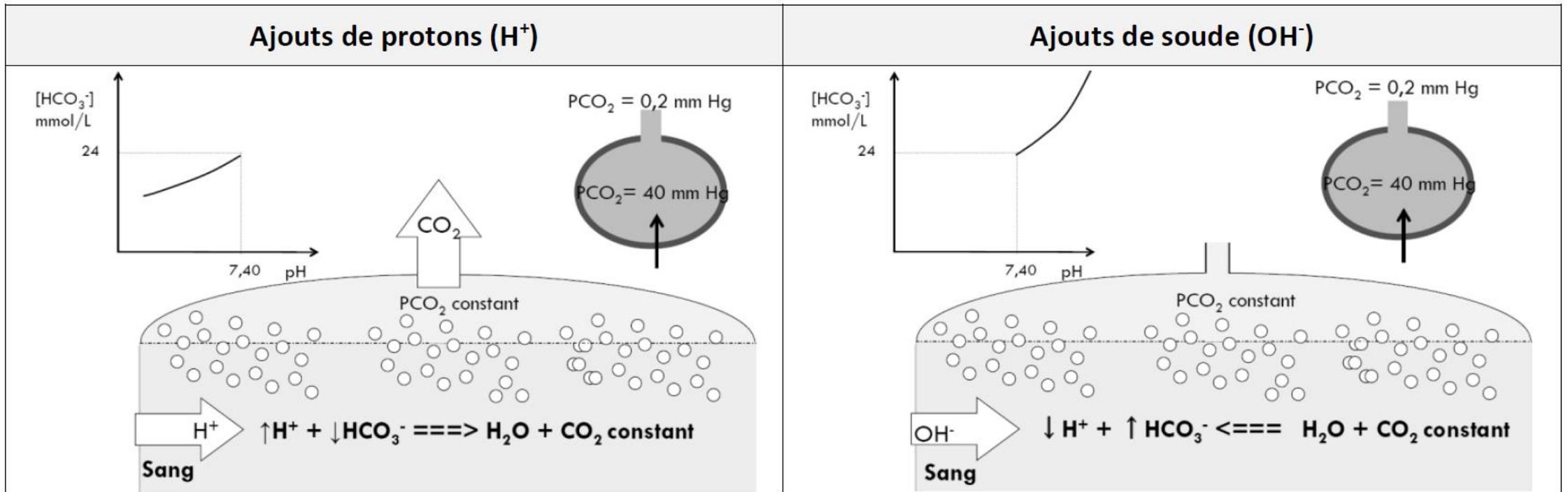


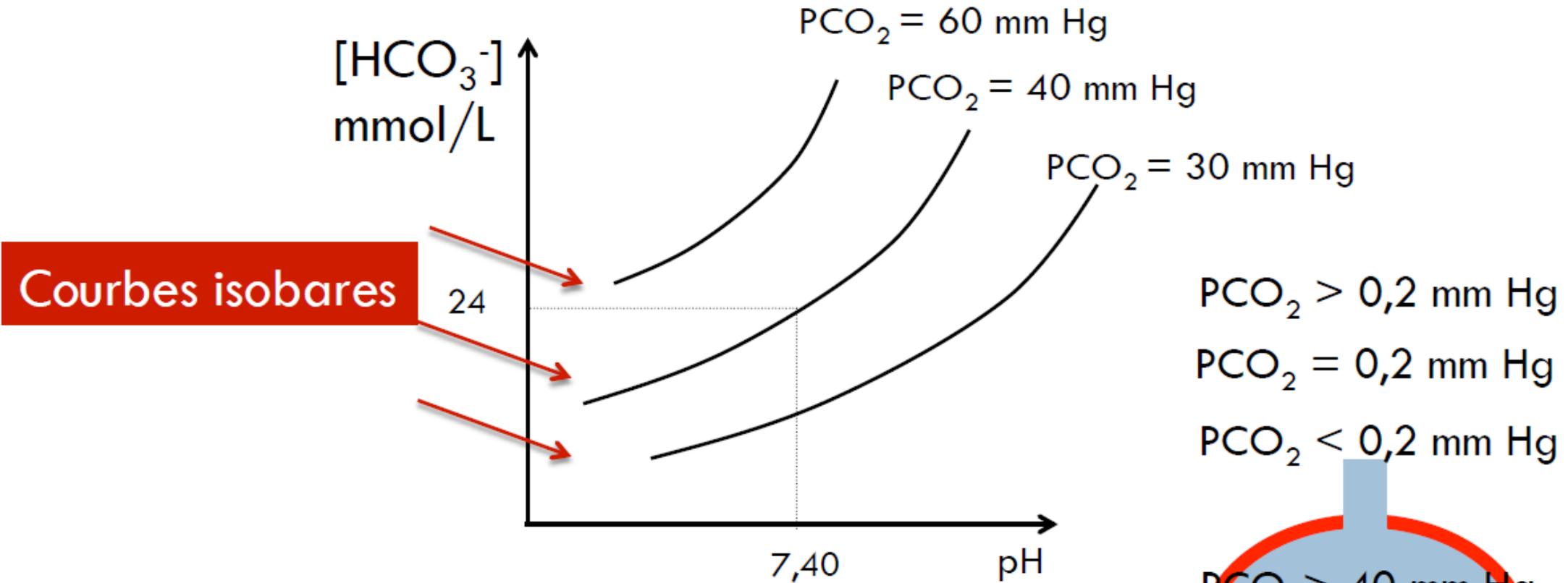


**En situation fermé, la relation entre la bicarbonatémie et le pH est linéaire.**

$[\text{HCO}_3^-] = 24 - k (\text{pH} - 7,40)$  où  $k$  représente le pouvoir tampon des tampons non volatils.

# C – ETUDE DU POUVOIR TAMPON DE L'ORGANISME EN MILIEU OUVERT





La relation entre  $HCO_3^-$  et pH est exponentielle.

$$[HCO_3^-] = \alpha PCO_2 10^{(pH-6,10)}$$

# D – MODÉLISATION CHEZ L'HOMME : DIAGRAMME DE DAVENPORT

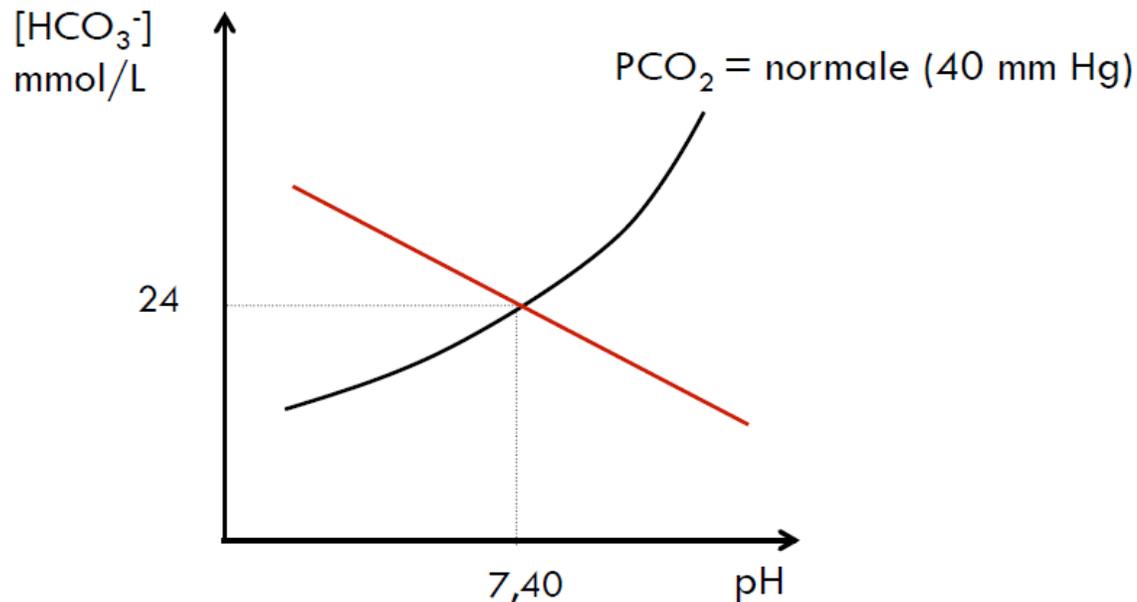
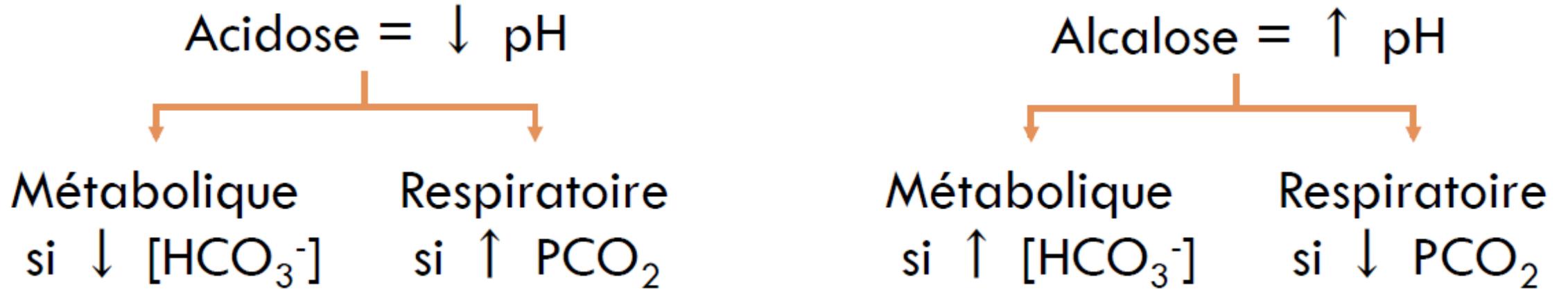


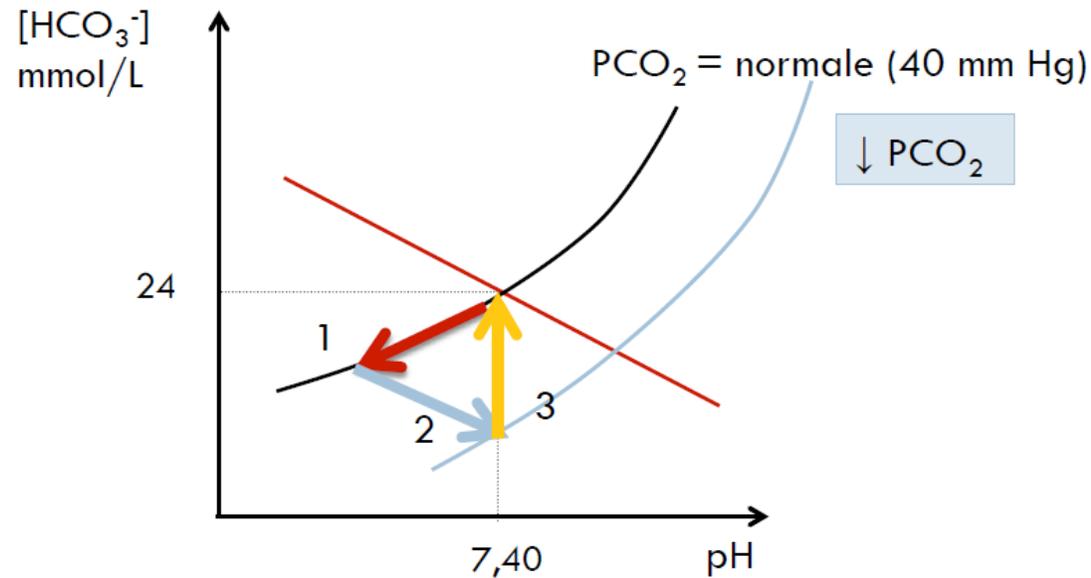
Diagramme de Davenport

- La courbe rouge représente les **tampons fixes** c'est à dire les tampons en milieu fermé.
- L'exponentielle en noir représente les **tampons volatils** c'est à dire les tampons en milieu ouvert.
- L'intersection de ces deux courbes se trouve à **pH=7,40**, la norme chez l'Homme. Lors de troubles pathologiques, ce point va se déplacer.

## Définition des désordres acido-basiques :



# ACIDOSE MÉTABOLIQUE



1/ acidose métabolique aiguë :  $\nearrow \text{H}^+ + \searrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

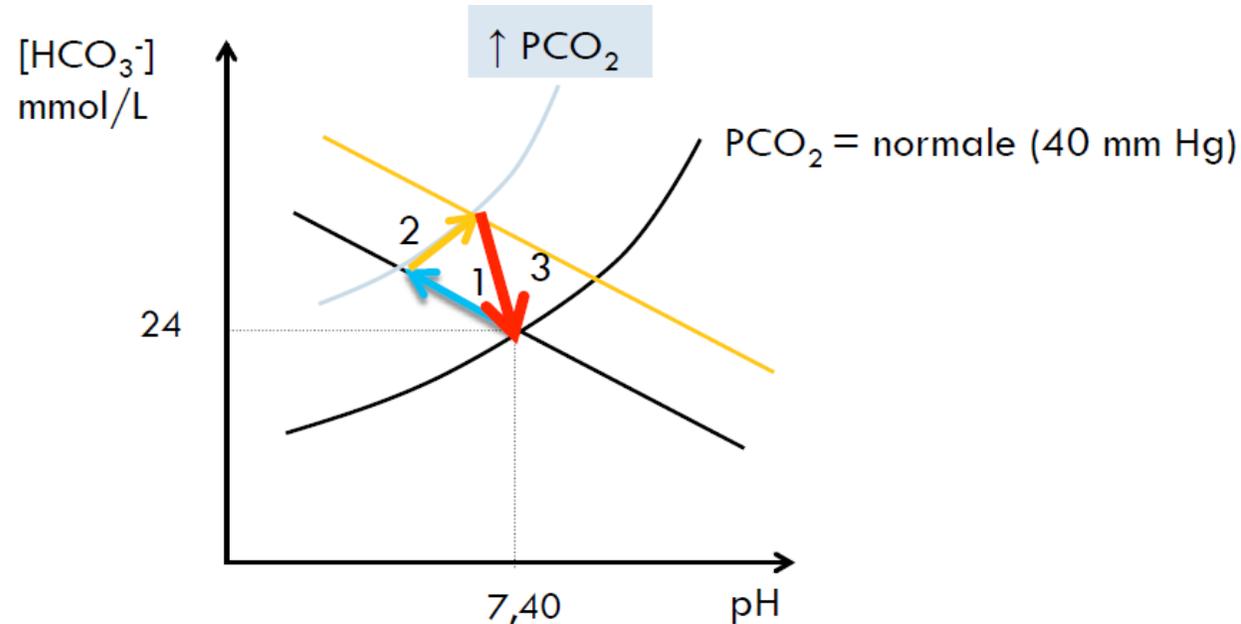
2/ hyperventilation pulmonaire :  $\searrow \text{H}^+ + \searrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \searrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3/ augmentation de l'excrétion rénale de protons

et de la fabrication des bicarbonates :  $\text{H}^+ + \nearrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \nearrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

# ACIDOSE RESPIRATOIRE



1/ acidose respiratoire aiguë  $\rightleftarrows \text{H}^+ + \rightleftarrows \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \rightleftarrows \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2/ augmentation de la fabrication rénale de bicarbonate  $\searrow \text{H}^+ + \rightleftarrows \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \rightleftarrows \downarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3/ Disparition de la cause de l'acidose respiratoire, élimination des bicarbonates

# E — APPLICATIONS EN MÉDECINE

Acidose métabolique	Acidose respiratoire
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Perte de bicarbonates</b> : diarrhées++, fuites rénales. Le duodénum contient des bicarbonates qui lors de l'augmentation du transit sont éliminés (donc diminution du PH).</li><li>▪ <b>↘ bicarbonates par augmentation de production d'acides non volatils</b> : C'est le cas dans l'acidocétose diabétique (↗corps cétoniques), acidose lactique (métabolisme anaérobie) .. Ils sont utilisés pour tamponner des H+.</li><li>▪ <b>Insuffisance rénale</b> : On a une diminution de la production des bicarbonates.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Diminution de la surface d'échange alvéolo-capillaire</b> : On a une diminution de la diffusion du CO<sub>2</sub> qui entraîne une ↗PCO<sub>2</sub> donc changement d'isobare et baisse du PH. <i>Pathologie : Emphysème = Dans l'emphysème on voit des bulles qui remplacent le parenchyme pulmonaire normal (↗volume résiduel Cf Spirométrie).</i> Elles sont donc responsables d'une amputation de la surface d'échange alvéolaire</li><li>• <b>Diminution de la force musculaire (myopathie++)</b> : On observe une hypoventilation donc ↗PCO<sub>2</sub> et diminution du pH.</li></ul>

<b>Alcalose métabolique</b>	<b>Alcalose respiratoire</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Excès de sécrétion rénale de protons :</b> restitution accrue des bicarbonates.</li><li>• <b>Apports accrus de bicarbonates intraveineux (réanimation)</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Augmentation de la ventilation notamment lors d'une crise de tétanie ou par ventilation mécanique (réanimation) :</b> augmentation de la diffusion du CO<sub>2</sub>.</li></ul>

# MERCI DE VOTRE ATTENTION 😊



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.