



# Interprétation des désordres acide-base à l'ECN

**Pr Charles-Hugo Marquette**  
**Dr Céline Sanfiorenzo**

1. Rappel sur les déséquilibres acidobasiques (DAB)
2. Régulation/adaptation : les 4 mécanismes
3. Étiologies et clinique : les 4 situations
4. Interpréter un DAB: les 4 outils nécessaires
5. Face à un DAB: les 4 questions essentielles
6. Quelques exemples pour illustrer la façon pratique d'interpréter un DAB dans un dossier ECN et dans votre future vie professionnelle

# Rappel

Objectif = maintien pH entre 7,35 et 7,45

À l'état physiologique :

- production continue d'acide «respiratoire » : acide carbonique  $\text{H}_2\text{CO}_3$  provenant de la production de  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ )
- production continue d'acides métaboliques: lactique, pyruvique, etc ..

⇒ système tampon principal = bicarbonate / acide carbonique



## Equation d'Henderson Hasselbalch

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} \approx 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{PaCO}_2} \approx \log \frac{\text{REIN}}{\text{POUMON}}$$

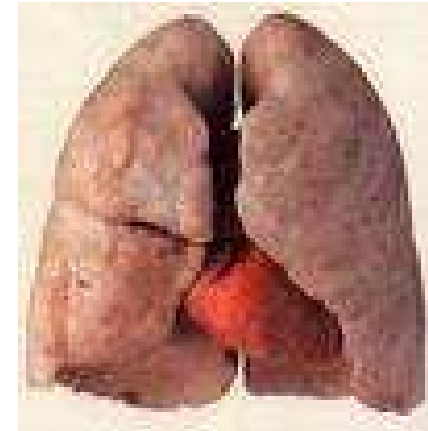
Si ↗ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	⇒ ↗ pH	= alcalose métabolique
Si ↘ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	⇒ ↘ pH	= acidose métabolique
Si ↘ PaCO <sub>2</sub>	⇒ ↗ pH	= alcalose respiratoire
Si ↗ PaCO <sub>2</sub>	⇒ ↘ pH	= acidose respiratoire

# Régulation / adaptation: les 4 mécanismes

## 1- Acidose respiratoire

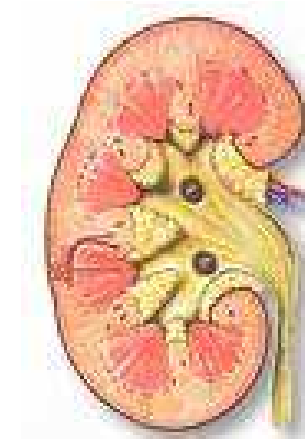
➤ primitive de la  $\text{PaCO}_2$

Cause = insuffisance ventilatoire  
(faillite de la pompe ventilatoire)



### Réponse rénale

➤ réabsorption des bicarbonates  
plasmatiques



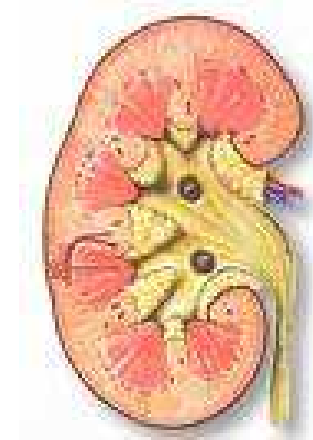
Jamais de compensation complète.  
Le désordre initial étant une acidose,  
**le pH restera toujours < 7,40**

## 2- Acidose métabolique

↘ primitive des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

### Causes

- Pertes d'ions  $\text{HCO}_3^-$  (acidose **sans** trou anionique, voir plus loin)
- Présence d'un anion indosé (acidose **avec** trou anionique, voir plus loin)



### Réponse respiratoire

↗ ventilation alvéolaire pour éliminer le  $\text{CO}_2$

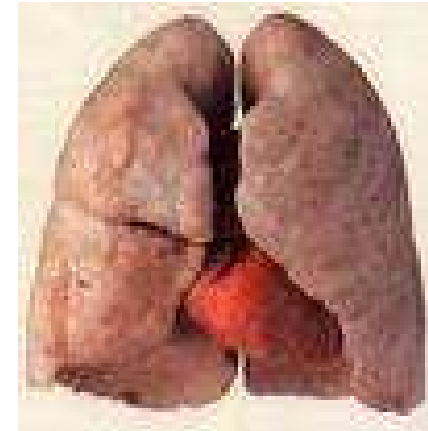


Jamais de compensation complète.  
Le désordre initial étant une acidose,  
**le pH restera toujours < 7,40**

### 3- Alcalose respiratoire

↘ primitive de la  $\text{PaCO}_2$

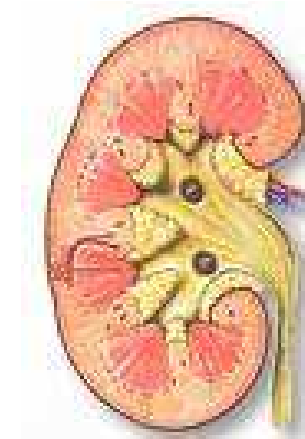
Cause = toute cause d'↗ de la ventilation



Réponse rénale

↘ réabsorption des bicarbonates

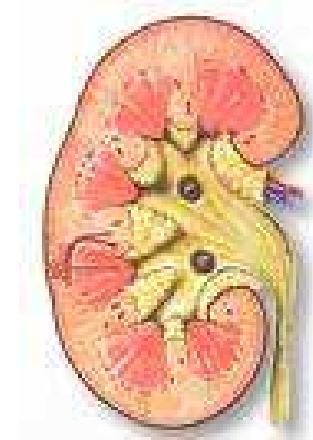
Jamais de compensation complète.  
Le désordre initial étant une alcalose,  
**le pH restera toujours > 7,40**



## 4- Alcalose métabolique

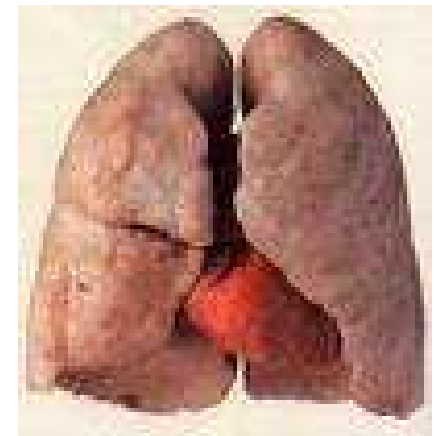
Perte primitive d'ions  $H^+$   $\pm$  rétention des bicarbonates

Causes (voir plus loin)



Réponse respiratoire

↘ ventilation alvéolaire pour tenter d'éliminer moins de  $CO_2$



Jamais de compensation complète.  
Le désordre initial étant une alcalose,  
**le pH restera toujours  $> 7,40$**

# Clinique et étiologies : les 4 situations

## Alcalose respiratoire

- Étiologie = hyperventilation alvéolaire
  - Centrale: hyperthermie, anxiété, spasmophilie, intoxication aux salicylés
  - Périphérique = secondaire à toute cause de dyspnée aigue sur “poumon normal” (ex: crise d’asthme, embolie pulmonaire, pneumonie)
- Clinique = non spécifique
- Biologie
  - $\text{pH} > 7,45$  et  $\text{PaCO}_2 < 35$  mmHg
  - $\text{HCO}_3^-$ 
    - si pathologie aigue :  $\text{HCO}_3^-$  normaux ou peu abaissés
    - si pathologie chronique aigue :  $\text{HCO}_3^- < 22$  mmol/l (réponse rénale)

# Acidose respiratoire

- Étiologie = Hypoventilation alvéolaire
  - commande centrale (coma)
  - transmission neuromusculaire (SLA, polynévrite)
  - périphérique (toute atteinte pulmonaire sévère)
- Clinique:
  - signes de défaillance ventilatoire + signes d'hypercapnie
- Biologie:
  - hypercapnie (hypoxémie souvent associée)
  - $\text{pH} < 7,35$  et  $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg
  - $\text{HCO}_3^-$ 
    - si pathologie respiratoire aigue :  $\text{HCO}_3^-$  – normaux ou peu élevés (pas ou peu de réponse rénale)
    - si pathologie respiratoire chronique sous jacente  $> 26$  mmol/l (réponse rénale)

# Alcalose métabolique

- Étiologies = perte d'ions  $H^+$ 
  - Pertes digestives : vomissements, aspiration gastrique
  - Pertes rénales: hyperaldostéronisme primaire ou secondaire diurétiques de l'anse, diurétiques thiazidiques
  - Alcalose de contraction
    - diurèse massive, vomissements, diarrhée, perte sudorale
- Clinique:
  - le plus souvent asymptomatique
  - ou signes en rapport avec la cause (ex: vomissements)
- Biologie:
  - $pH > 7,45$  et  $HCO_3^- > 26$  mmol/L
  - $PaCO_2 > 40$  mmHg (réponse ventilatoire )
  - Hypochlorémie et hypokaliémie fréquentes

# Acidose métabolique

## •Etiologies

1. Acidose sans trou anionique = pertes d'ions  $\text{HCO}_3^-$ 
  - digestives (diarrhée)
  - rénales (acidoses tubulaires , ...)
2. Acidose avec trou anionique = présence d'un anion non dosé
  - Insuffisance rénale (anions retenus : phosphate, sulfate, urate)
  - Acidose lactique (anions retenus : lactate)
  - Acidocétose (anions retenus :  $\beta$ -hydroxybutyrate)
  - Toxique :
    - Aspirine (anions retenus : cétones, lactate, salicylate)
    - Ethylène glycol (anions retenus : glycolate, oxalate)
    - Méthanol (anion retenu : formate)

# Acidose métabolique (suite)

- Clinique:
  - respiratoire : hyperventilation pour baisser la capnie
  - signes en rapport avec la cause (ex: diarrhée)
- Biologie:
  - $\text{pH} < 7,35$  et  $\text{HCO}_3^- < 22 \text{ mmol/l}$
  - $\text{PaCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$

# Les 4 questions qui se posent face à un DAB

**Ce sont toujours les mêmes, dans l'ordre :**

1. Le pH indique-t-il une acidose ou une alcalose ?
2. La cause du déséquilibre acide-base est-elle respiratoire ou métabolique ?
3. Y a-t-il une compensation du déséquilibre acide-base ?
4. Y a-t-il un trou anionique ? (uniquement en cas d'acidose métabolique)

# Les 4 outils pour interpréter un DAB

## 1. Gaz du sang artériel, sur lesquels on regarde:

- le pH
- la PaCO<sub>2</sub>
- les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



## 2. Ionogramme sanguin, pour calculer le trou anionique (TA)

$$TA = Na^+ - (HCO_3^- + Cl^-) = 12 \pm 2 \text{ mEq/l}$$

**3. le contexte clinique, bien sur ...**

**4. le tableau de référence = capital !!!**

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>			
<b>PaCO<sub>2</sub></b>			
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>			

**Quelques exemples pour  
illustrer la façon pratique  
d'interpréter un DAB**

**EXERCICE 1 :** H 76 ans, BPCO connu + insuffisance rénale en cours de bilan. Hospitalisé pour dyspnée aiguë, T°38.2°C.

**Gaz sous O2 à 2 L/min :**

pH 7,22; PaCO<sub>2</sub> 83 mmHg; PaO<sub>2</sub> 74 mmHg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 28 mEq/L; SaO<sub>2</sub> 94%.  
Na 139 mEq/L; K 5 mEq/L; Cl 102 mEq/L.

Pour interpréter son DAB on place les valeurs du patient dans le tableau de référence :

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>	7.22		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	83		
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>			28

pH 7,22; PaCO<sub>2</sub> 83 mmHg; PaO<sub>2</sub> 74 mmHg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 28 mEq/L; SaO<sub>2</sub> 94%. Na 139 mEq/L; K 5 mEq/L; Cl 102 mEq/L

Acide	normal	alcalin
pH (7,22)		
PaCO <sub>2</sub> (83)		
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (28)

Le pH est acide et le pH et la PaCO<sub>2</sub> tombent tous les deux dans la colonne « acide ».

Il s'agit donc d'une **acidose** qui est **respiratoire**. Elle est **non compensée** car il s'agit d'un tableau aigu et l'augmentation des bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) beaucoup plus lente que l'augmentation de la capnie n'est pas parvenue à compenser l'acidose respiratoire

**EXERCICE 2 :** Jeune femme hospitalisée pour raptus anxieux. Elle est polypnéique à 25/min et ressent des picotements autour de la bouche et des fourmis dans les mains. Le gaz du sang est le suivant : pH 7,48 ; PaCO<sub>2</sub> 30 mmHg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22 mEq/L.

Pour interpréter son DAB on place les valeurs du patient dans le tableau de référence :

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>			7.48
<b>PaCO<sub>2</sub></b>			30
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>		22	

pH 7,48 ; PaCO<sub>2</sub> 30 mmHg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 22 mEq/L

acide	normal	alcalin
		pH (7,48)
		PaCO <sub>2</sub> (30)
	<u>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (22)</u>	

Le pH est alcalin et le pH et la PaCO<sub>2</sub> tombent tous les deux dans la colonne « alcalin ». Il s'agit donc d'une **alcalose** qui est **respiratoire**.

Elle est **non compensée** car la diminution des bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) est beaucoup plus lente que la chute de la capnie et elle n'est pas encore parvenue dans le cas présent à normaliser le pH.

**EXERCICE 3** : une patiente de 69 ans porteuse d'une BPCO de stade GOLD II est hospitalisée suite à une chute responsable de fracture de côtes multi-étagées compliquées d'un pneumothorax traumatique. Un drain pleural est mis en place ainsi qu'un traitement par antalgiques morphiniques. Dans la nuit la patiente est retrouvée inconsciente, couverte de sueurs, la pression artérielle à 85/50 mm Hg, la fréquence cardiaque à 65 bpm , la fréquence respiratoire à 10/min, la SpO<sub>2</sub> sous O<sub>2</sub> 9L/min est à 88% et le dextro à 1,1 g. Le gaz du sang est le suivant : pH 7,28 ; PaCO<sub>2</sub> 56 mm Hg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 26 mmol/l, PaO<sub>2</sub> 57 mm Hg, SaO<sub>2</sub> 88%

Pour interpréter son DAB on place les valeurs du patient dans le tableau de référence :

pH 7,28 ; PaCO<sub>2</sub> 56 mm Hg ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 26 mmol/l, PaO<sub>2</sub> 57 mm Hg, SaO<sub>2</sub> 88%

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>	7,30		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	54		
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>		26	

Le pH est acide et le pH comme la PaCO<sub>2</sub> tombent tous les deux dans la même colonne : « acide », il s'agit donc d'une **acidose respiratoire**.

Elle est **non compensée** car la patiente n'a pas eu le temps de rétentionner ses bicars pour tenter de normaliser le pH

**EXERCICE 4 :** Une femme de 25 ans se présente aux urgences pour des douleurs pelviennes basses associées à une température à 38,6 C°. Le bilan met rapidement en évidence une pelvi-péritonite sur salpingite. Six heures après son admission, l'état de santé de la patiente se dégrade. On note des marbrures au niveau des membres inférieurs. La fréquence cardiaque est à 130 bpm, le pouls est filant et la pression artérielle (PA) est à 80/30 mmHg malgré une perfusion de 500 ml de NaCl en 20 minutes.

L'ECG et le cliché de thorax sont sans particularité.

Le bilan biologique est le suivant : pH : 7,25 ;  $\text{HCO}_3^-$  : 16 mmol;  $\text{PaO}_2$  : 98 mmHg ;  $\text{PaCO}_2$  : 34 mmHg ; protides : 82 g/L (N 60 – 80 g/L); créatinine: 120  $\mu\text{mol/L}$  (N 60 - 115  $\mu\text{mol/L}$ ); urée : 30 mmol/L (N 2,5 - 8,0 mmol/L); glucose : 3 mmol/L (3,7 - 5,5 mmol/L); Na : 135 mmol/L (N 135 – 145 mmol /L); K : 5,1 mmol (N 3.5 - 5 mEq/L); Cl : 96 mmol /L (N 95 - 105 mEq/L).

Pour interpréter son DAB on place les valeurs de la patiente dans le tableau de référence :

pH : 7,25 ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 16 mmol; PaO<sub>2</sub> : 98 mmHg ; PaCO<sub>2</sub> : 34 mmHg ;

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>	7,25		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>			34
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	16		

Le pH est acide et le pH et les bicarbonates tombent tous les deux dans la colonne « acide ». Il s'agit donc d'une **acidose** qui est **métabolique**.

Elle est **non compensée** car il s'agit d'un tableau aigu et la chute de la capnie n'est pas parvenue à compenser l'acidose métabolique

## Comment interpréter un DAB quand il est « compensé » ?

- Quand le pH est « normal » mais que la capnie ( $\text{PaCO}_2$ ) et/ou les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) ne le sont pas, il s'agit d'un désordre (acidose ou alcalose) compensé.
- Une étape additionnelle est alors nécessaire pour trouver l'origine du déséquilibre.
- En pratique la compensation « idéale » c'est-à-dire un pH exactement à 7,40 n'est jamais atteinte.

On place sur le tableau la valeur de pH du patient par rapport au pH idéal (7,40).

- si le pH du patient est  $< 7,40$  cela indique que l'origine du déséquilibre est une acidose
- si le pH du patient est  $> 7,40$  cela indique que l'origine du déséquilibre est une alcalose

**EXERCICE 5 :** Patient de 70 ans porteur d'une BPCO connue de longue date. Consulte pour majoration de sa dyspnée. Le bilan est le suivant : pH 7,35; PaCO<sub>2</sub> 69 mmHg; PaO<sub>2</sub> 55 mmHg; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 38 mEq/L; SaO<sub>2</sub> 97%; Na 139 mEq/L; K 4 mEq/L; Cl 94 mEq/L; gly: 1,89 g/L. Lactates 0,7 mmol/L.

Pour interpréter son DAB on place les valeurs du patient dans le tableau de référence :

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>		7,35	
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	69		
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>			38

On place alors le pH du patient par rapport au pH idéal (7,40)

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>		7,35 ← 7,40	
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	69		
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>			38

Une fois qu'on a fait ça, on se rend compte que le pH du patient est à gauche (du côté acide) du pH idéal. La PaCO<sub>2</sub> et le pH du patient étant tous les deux du côté « acide », il s'agit donc à l'origine d'une **acidose respiratoire**.

Elle est **compensée** par l'augmentation des bicarbonates.

## Tableau de référence

	<b>acide</b>	<b>normal</b>	<b>alcalin</b>
<b>pH</b>	< 7,35	7,35 – 7,45	> 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	> 45	35 – 45	< 35
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	< 22	22 – 26	> 26
<b>pH</b>			
<b>PaCO<sub>2</sub></b>			
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>			

# Site intéressant pour les accros du sujet

## Acid-Base Tutorial

by "Grog" (Alan W. Grogono)

Tulane University Department of Anesthesiology

Henderson Equation Options: **Henderson Equation** Test Yourself

### Interactive Henderson Equation

The screenshot shows the Henderson Equation interface. On the left, the pH is 7.44. In the center, the equation is displayed as  $[H^+] \times [HCO_3^-] = k \times PCO_2$  with values 36, 36, 24, and 54 respectively. On the right, the SBE is 11. Below the equation, there are buttons for '+', '-', 'Update', and 'Reset'. A text box below the interface reads: "This patient has both a marked metabolic alkalosis and a moderate respiratory acidosis typical of a partially compensated metabolic disturbance."

<http://www.acid-base.com>