

# Comment interpréter une conductivité mesurée par un générateur de dialyse ?

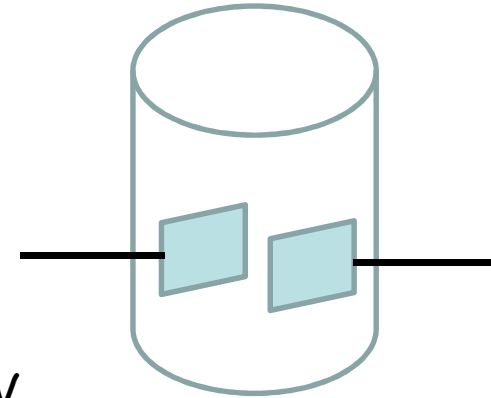
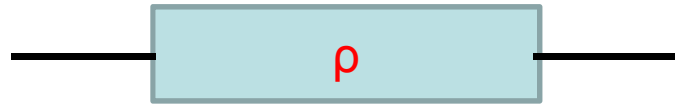
**Thierry PETITCLERC**



# Mesures de conductivité du dialysat

- Liquides de dialyse (dialysat et liquide de substitution) fabriqués par dilution d'un ou plusieurs concentrés (dialysat afférent)
  - **Dans le dialysat afférent, les mesures de conductivité permettent le contrôle** (réglementairement obligatoire) **de la composition du dialysat.**
    - Ce contrôle n'est pas nécessaire si on utilise des liquides de dialyse prêts à l'emploi (dialyse péritonéale, HDQ à bas débit)
- Dialysat usé (dialysat efférent)
  - **Les mesures de conductivité du dialysat efférent** (couplées à celles du dialysat afférent) **permettent le calcul de la dialysance ionique** (reflet de la clairance de l'urée) **et de la conductivité de l'eau plasmatisque** (reflet de la natrémie)

**Qu'est-ce que la conductivité  
d'une solution ?**



$$\Delta V = R I \quad (\text{Loi d'Ohm})$$

$$\text{Donc } I = (1/R) \Delta V$$

L'intensité  $I$  qui traverse une résistance électrique est proportionnelle à la différence de potentiel  $\Delta V$  entre ses deux extrémités.

Le rapport  $\Delta V/I$  est appelé résistance  $R$  (ohms)

L'inverse  $1/R (= I/\Delta V)$  de la résistance est appelé « conductance »  $C$  (Siemens)

$$R = \rho L/S$$

$\rho = R S/L = (S/L) (\Delta V/I)$  est une caractéristique du matériau appelée « résistivité » (ohm.m). La résistivité diminue avec la température.

L'inverse  $1/\rho = (L/S) (I/\Delta V)$  de la résistivité du matériau est appelé « conductivité »  $\Gamma$  du matériau (Siemens/m). La conductivité augmente avec la température.

L'intensité  $I$  entre les deux électrodes d'une cellule de conductivité est proportionnelle à la différence de potentiel  $\Delta V$  entre les deux électrodes. Le rapport  $(L/S) (I/\Delta V)$  est appelé « conductivité »  $\Gamma$  de la solution.

L'intensité  $I_i$  du courant lié à l'ion  $i$  entre les deux électrodes d'une cellule de conductivité est proportionnelle :

- à la surface  $S$  des électrodes
- au nombre et donc à la concentration (molaire)  $c_i$  des transporteurs de charge électrique (ions)
- au nombre de charges  $z_i F$  par transporteurs ( $z_i$  = valence de l'ion  $i$ )
- à la vitesse des transporteurs elle-même proportionnelle à :
  - la mobilité molaire  $b_i$  de l'ion  $i$
  - à la force électrique de Coulomb  $q_i E$  qui agit sur l'ion  $i$  (avec  $q_i = z_i F$  et  $E = \text{grad}V = \Delta V/L$ )

-Donc :  $I_i = S c_i z_i F b_i z_i F (\Delta V/L)$       soit :  $I_i = (S/L) z_i^2 F^2 b_i c_i \Delta V$

-Et :  $I = \sum I_i = (S/L) \Delta V \sum z_i^2 F^2 b_i c_i$

-D'où :  $\Gamma = (L/S) (I/\Delta V) = \sum z_i^2 F^2 b_i c_i$

-Si on pose :  $\Gamma_{eq-i} = z_i^2 F^2 b_i$  (conductivité équivalente de l'ion  $i$  en mS/cm par mol/l : elle ne dépend que de la nature de l'ion  $i$ )

on a :  $\Gamma = \sum \Gamma_{eq-i} c_i$

$$\Gamma = \sum \Gamma_{eq-i} C_i$$

- La conductivité d'une solution dépend de sa nature ( $\Gamma_{eq-i}$ ) et de sa composition ( $C_i$ ).

	Mass	charge	mobility	conc.	Partial $\Gamma$	% of $\Gamma$ tot
	<i>m.u.</i>	<i>z</i>	[sec <sup>2</sup> /kg]	[mM/l]	mS/cm	
<b>Cations</b>						
Na <sup>+</sup>	22,99	+1	6,3E-08	140.0	8.5	60.3%
K <sup>+</sup>	39.10	+1	3.7E-08	2.0	0.1	0.5%
Ca <sup>++</sup>	40.08	+2	7.3E-08	1.75	0.2	1.7%
Mg <sup>++</sup>	24.31	+2	1.2E-07	0.5	0.1	0.8%
<b>Anions</b>						
Cl <sup>-</sup>	35.45	-1	4.1E-08	109.5	4.3	30.6%
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61.01	-1	2.4E-08	34.0	0.8	5.5%
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	60.02	-1	2.4E-08	3.0	0.1	0.5%
<i>tot</i>					14.1	100%

$$\Gamma = \sum \Gamma_{eq-i} C_i$$

- **La conductivité d'une solution augmente avec sa température** (parce que la mobilité  $b_i$  et donc  $\Gamma_{eq-i}$  augmentent avec la température)

KCl 20 mmol/l (40 mOsm/l)

$\theta$ (°C)	14	17	20	23
$\Gamma$ (mS/cm)	2,193	2,345	2,501	2,659

Une variation de 1°C entraîne une variation de conductivité de plus de 5%.

L'affichage de la concentration sodée du dialysat passerait de 138 à 145 mmol/l du fait d'une variation de température de 1°C si on ne ramenait pas la conductivité à une valeur standard de température.

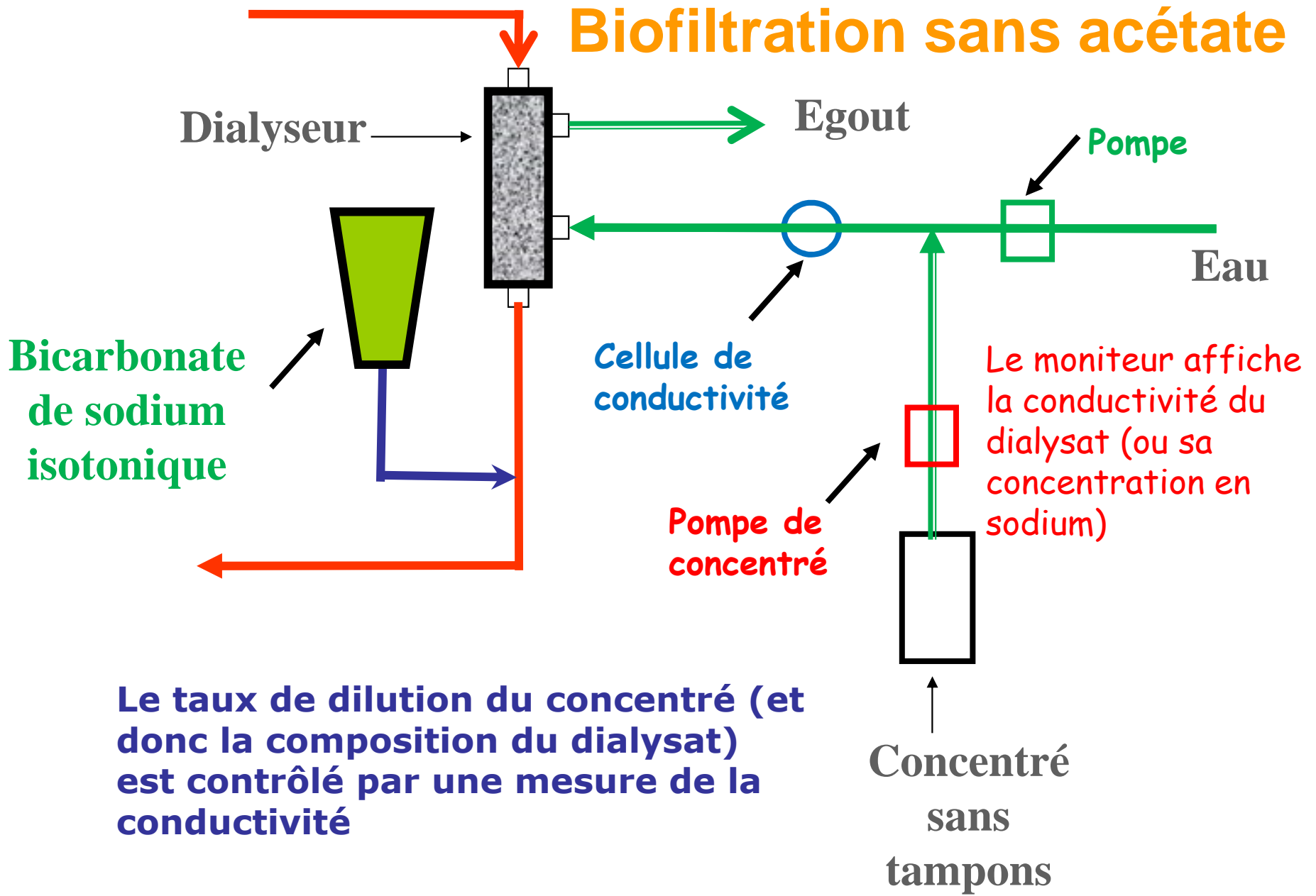
$$\Gamma = \sum \Gamma_{eq-i} C_i$$

- La conductivité d'une solution diminue au fur et à mesure qu'on la dilue.
- En mesurant la conductivité d'une solution obtenue par dilution d'un concentré (exemple : dialysat afférent), on peut calculer le taux de dilution du concentré.
- Pour un concentré de composition donnée, la mesure de la conductivité du dialysat obtenu par dilution permet de calculer de manière non équivoque le taux de dilution.
- Si on a indiqué au générateur la composition du concentré (ou plus exactement sa composition au taux nominal de dilution), le générateur peut en déduire la composition exacte du dialysat (et en particulier afficher sa concentration en sodium, plus explicite que le simple affichage de la conductivité)

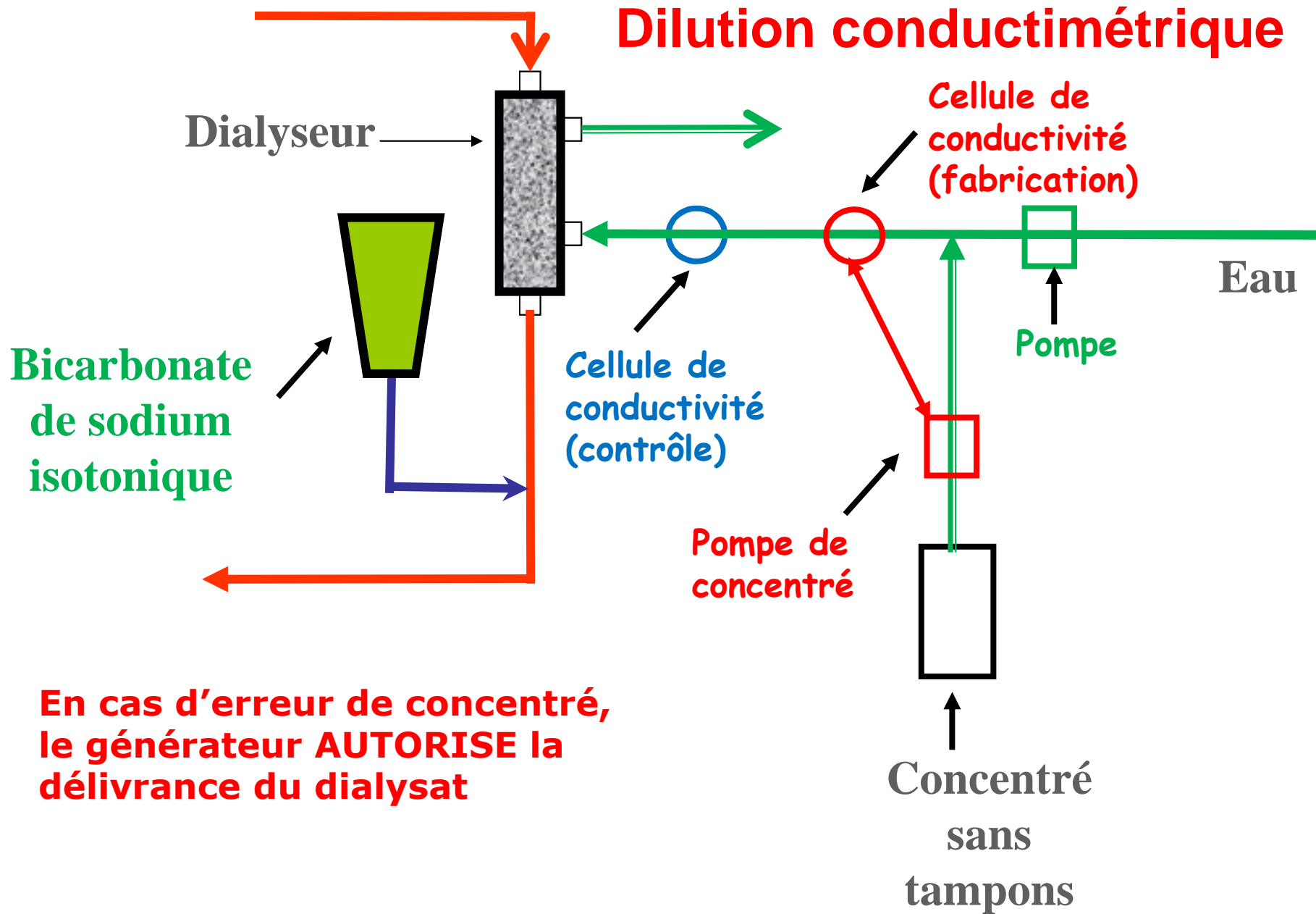


# Mesure de la conductivité du dialysat afférent

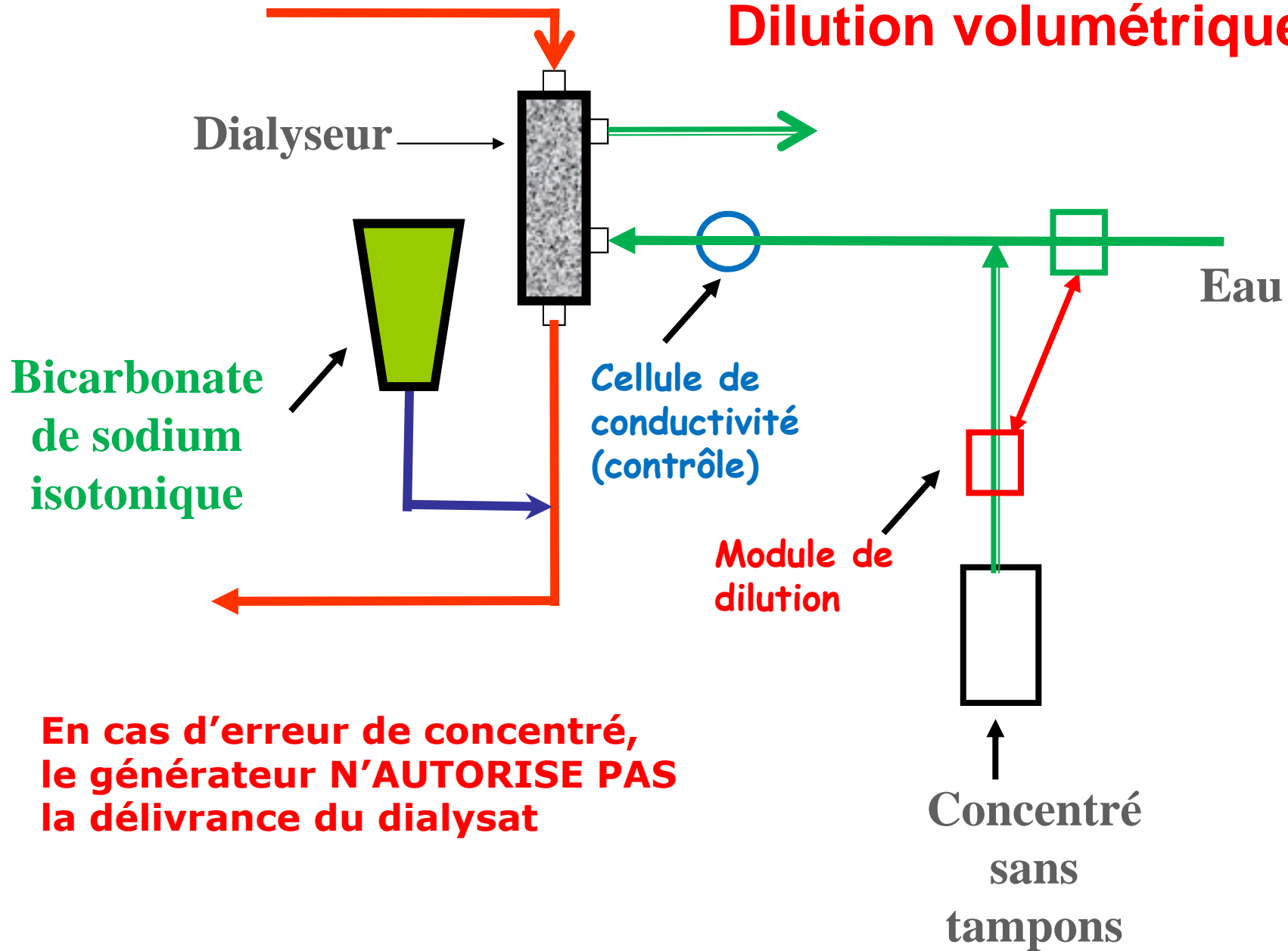
# Biofiltration sans acétate

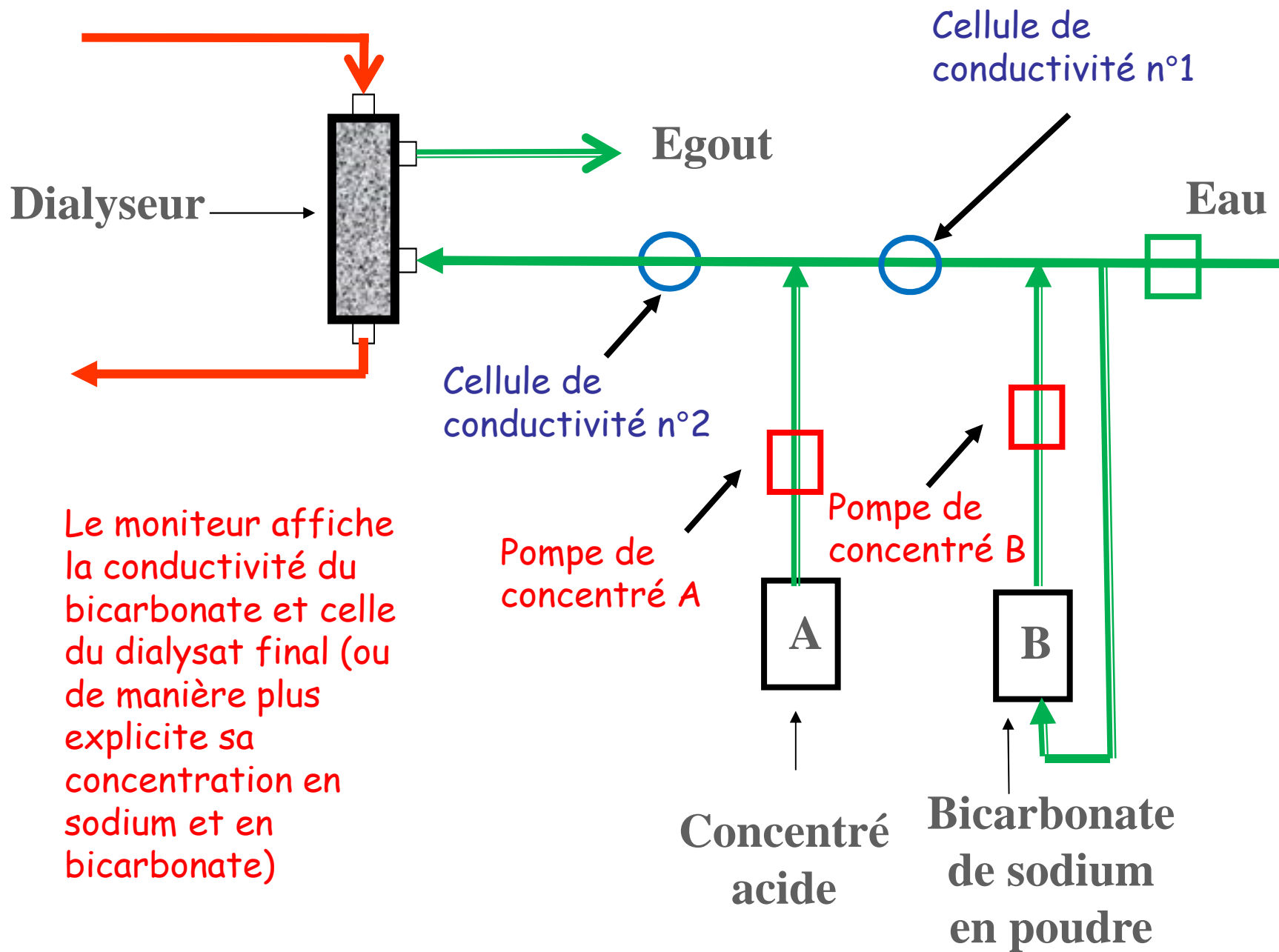


# Dilution conductimétrique

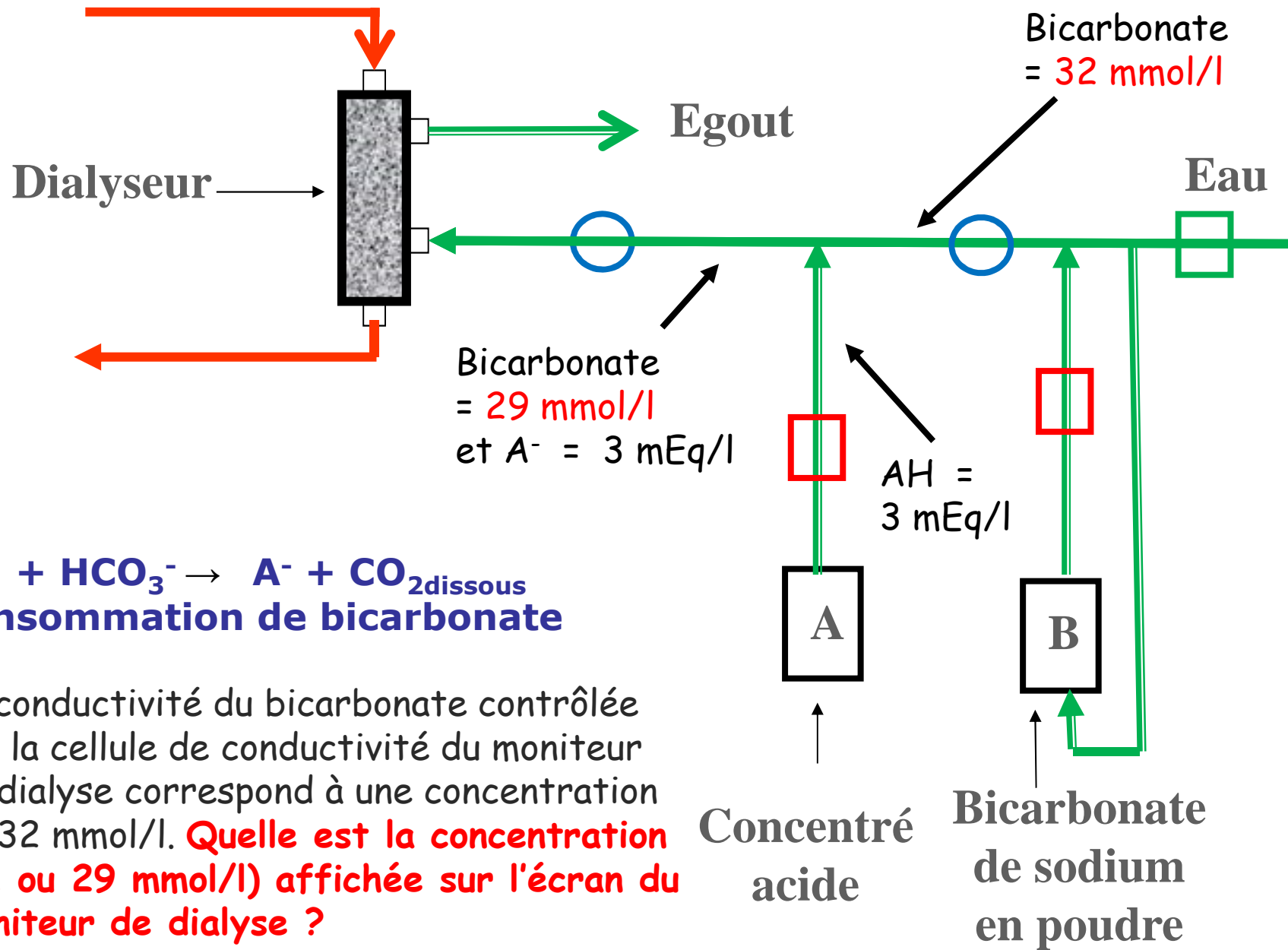


## Dilution volumétrique





Le moniteur affiche la conductivité du bicarbonate et celle du dialysat final (ou de manière plus explicite sa concentration en sodium et en bicarbonate)



## - Acide organique

- métabolisable:
  - acide acétique
  - acide citrique
- AH consomme du bicarbonate et se transforme en  $A^-$  (et  $CO_{2dissous}$ ):
  - $A^-$  se transforme en bicarbonate
  - donc pas de diminution franche de l'apport en bicarbonate

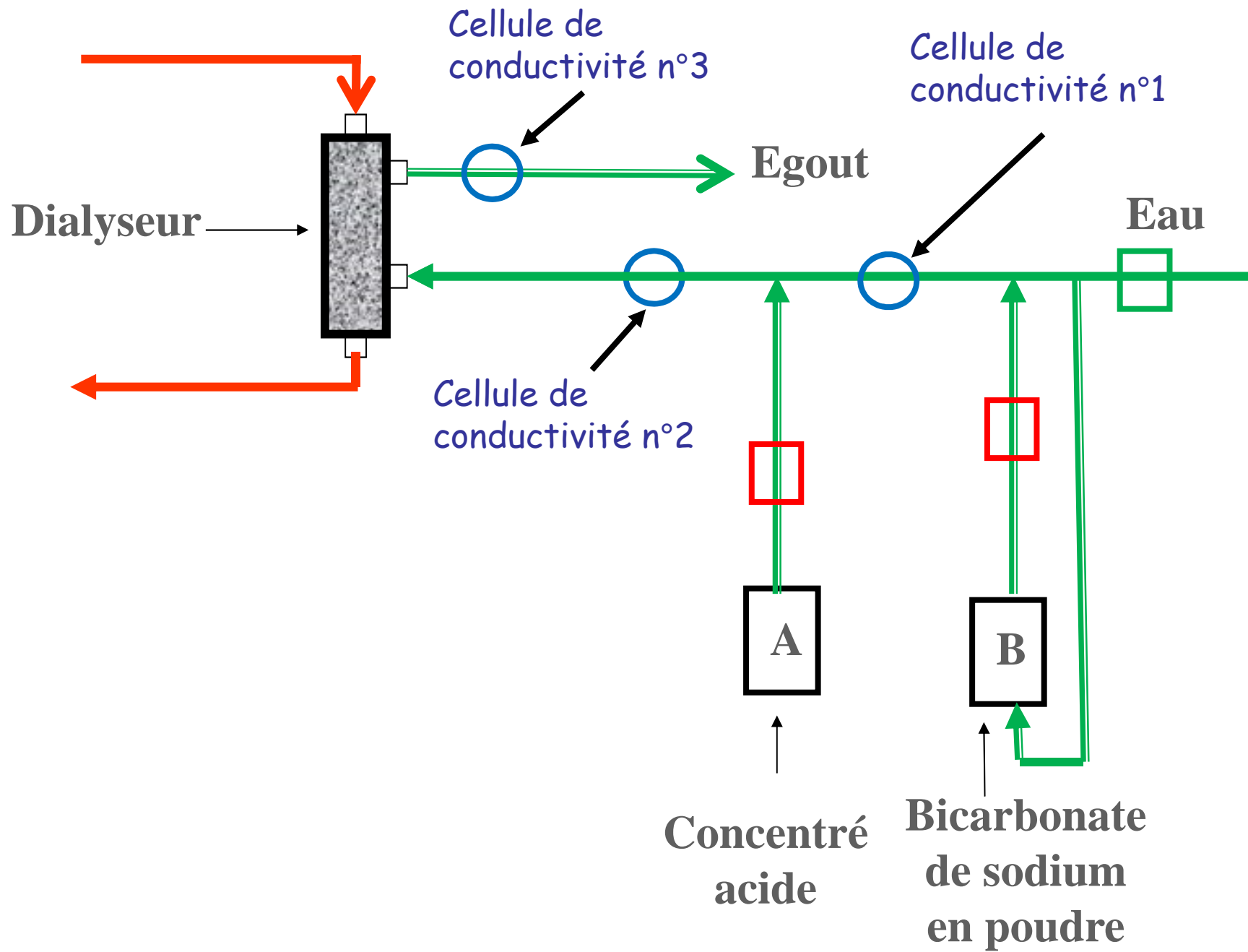
## - Acide minéral

- non métabolisable
  - acide chlorhydrique
- L'acide chlorhydrique consomme du bicarbonate et se transforme en  $Cl^-$  (et  $CO_{2dissous}$ ):
  - donc diminution de l'apport en bicarbonate (car  $Cl^-$  ne se transforme pas en bicarbonate !)

Le remplacement d'un concentré à l'acide acétique (ou à l'acide citrique) par un concentré à l'acide chlorhydrique doit logiquement être accompagné d'une augmentation de la concentration prescrite du bicarbonate dans le dialysat.

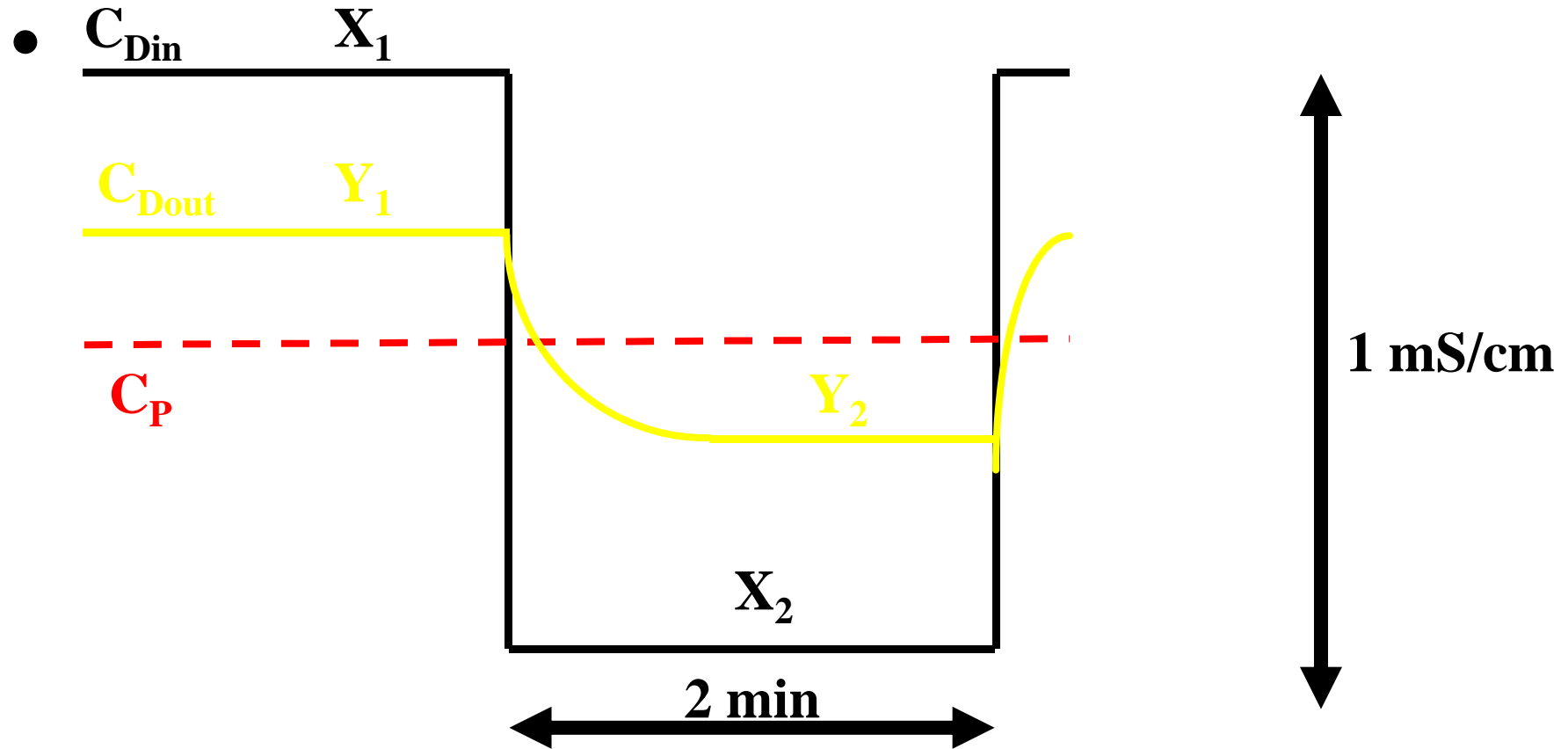
# Mesure de la conductivité du dialysat efférent





# Mesure de la dialysance ionique

$$C_{Dout} = f(C_{Din}, C_P, D)$$

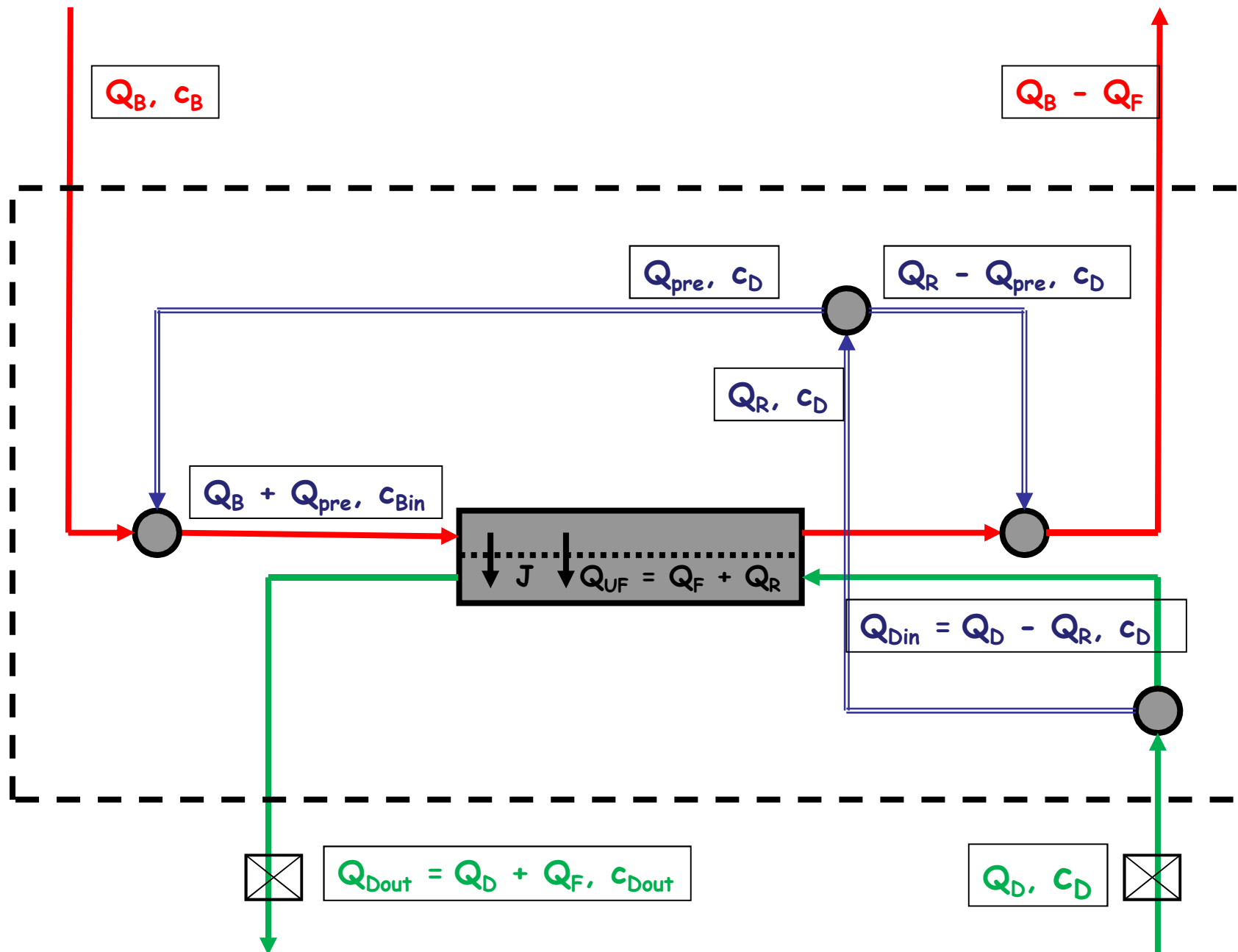


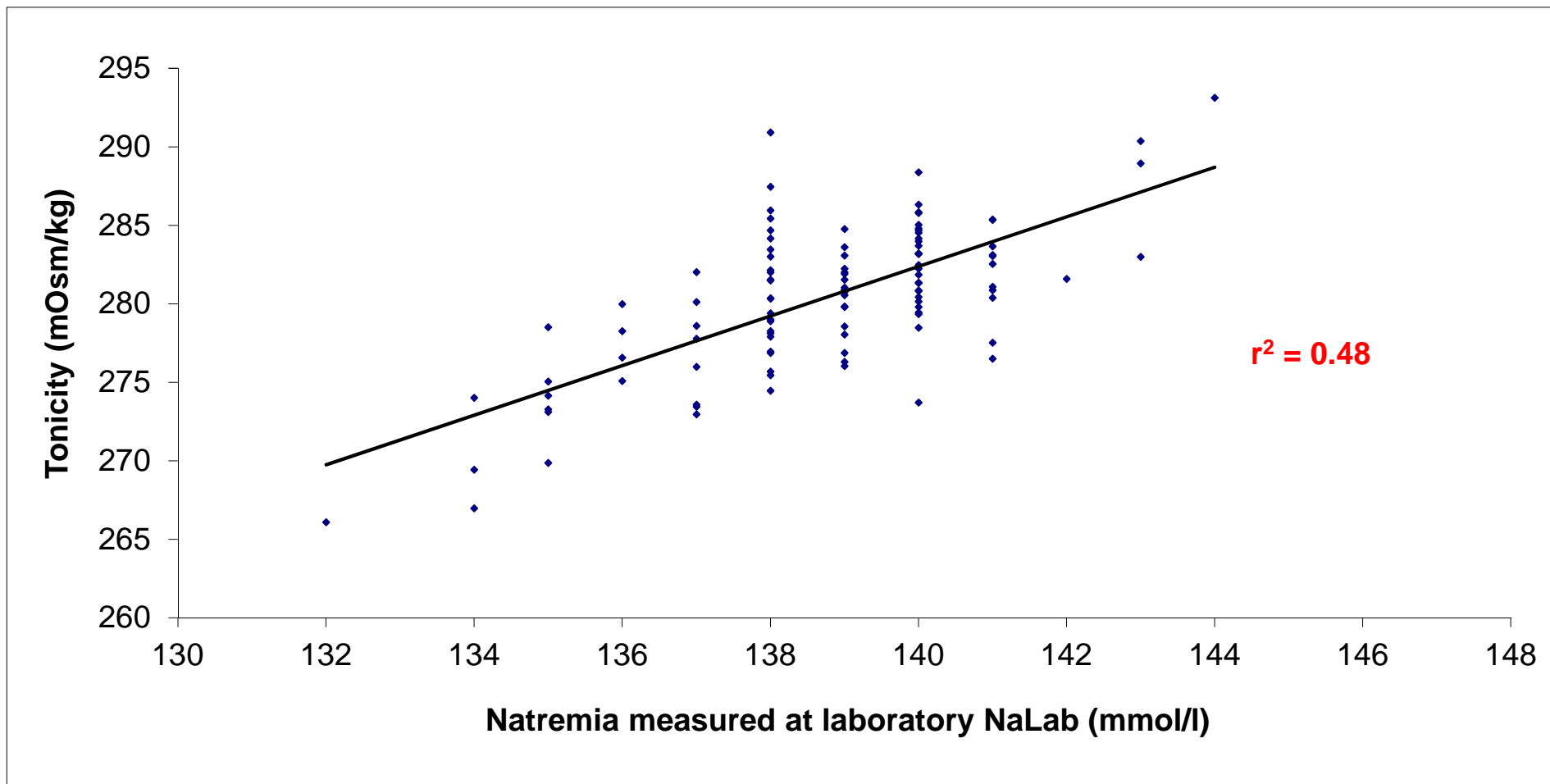
$$D = (Q_D + Q_F) \left( 1 - \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} \right)$$

$$C_P = \frac{X_1 Y_2 - X_2 Y_1}{(X_1 - X_2) - (Y_1 - Y_2)}$$

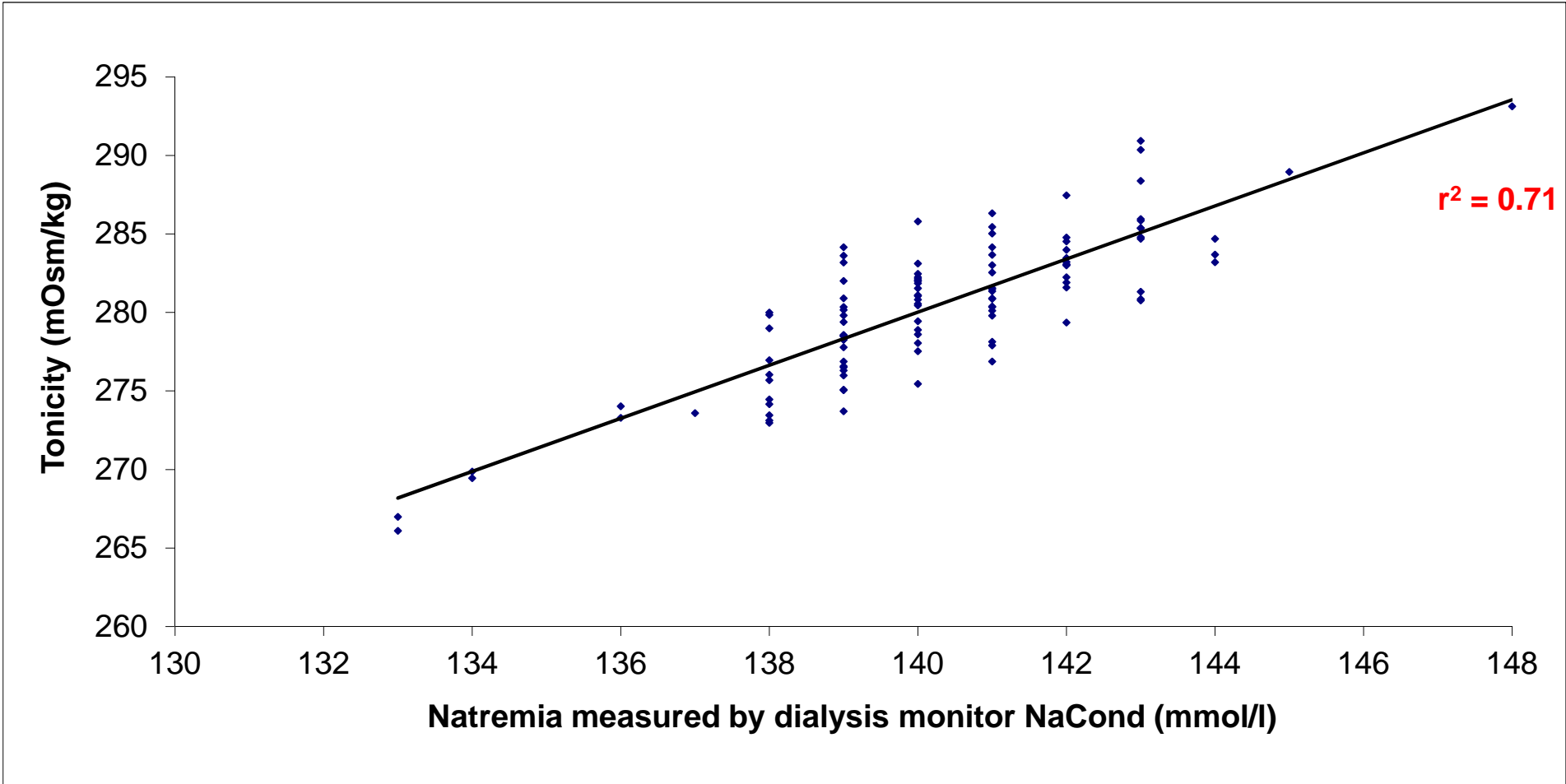
# Dialysance ionique (ID) vs clairance effective de l'urée (UK)

	Recirculation cardio pulmonaire	Recirculation (Trasonic)	ID/UK	Nombre de mesures
<b>Accès artério-veineux correct</b>	<b>+</b>	<b>0%</b>	<b>0.95</b>	<b>86</b>
<b>Cathéter double lumière (DL)</b>	<b>-</b>	<b>4%</b>	<b>0.97</b>	<b>50</b>
<b>Cathéter DL avec correction</b>	<b>-</b>	<b>0%</b>	<b>1.005</b>	<b>50</b>





Chez le patient non hémodialysé :  $r^2 = 0.66$  (Edelman)



# Mesures de la conductivité plasmatique

- La valeur de la natrémie affichée par le générateur est en réalité une mesure de la conductivité
  - La valeur affichée ne dépend pas que de la natrémie du patient
  - Une séance de dialyse isonatrique sur le générateur est en réalité une séance isoconductive
- La valeur de la natrémie affichée par le générateur est en réalité un meilleur reflet de la tonicité (et donc de l'état d'hydratation cellulaire du patient) que la natrémie du patient mesurée au laboratoire.
- Une séance isotonique est en réalité légèrement hypoconductive
  - Parce qu'elle correspond au remplacement du potassium par du sodium (moins mobile) et du chlorure par du bicarbonate (moins mobile).

**Conclusion :**  
**Ce qu'il faut retenir**



- Les mesures de conductivité doivent être couplées à une mesure de température
- La concentration du dialysat en **bicarbonate** (calculée par le générateur à partir d'une mesure de conductivité) ne doit pas être confondue avec la concentration du dialysat en **ions alcalinisants**
- La clairance de l'urée estimée par la dialysance ionique (calculée par le générateur à partir de mesures de la conductivité du dialysat) ne doit pas être confondue avec la clairance du dialyseur vis-à-vis de l'urée fournie par le fabricant.
  - **La clairance de l'urée estimée par le générateur est plus intéressante que celle donnée par le fabricant** parce qu'elle tient compte de l'effet délétère de la recirculation et d'une éventuelle prédilution
- La natrémie (calculée par le générateur à partir de mesures de conductivité du dialysat) ne doit pas être confondue avec la natrémie du patient (mesurée au laboratoire)
  - **La natrémie affichée par le générateur est plus intéressante que celle mesurée au laboratoire** (parce qu'elle est un meilleur reflet de la tonicité)