



- Transport des gaz par le sang -

Sommaire

I - Introduction.....	- 2 -
II - Rappels sur l'hématose.....	- 2 -
III - Rôle des globules rouges = gaz fixés	- 4 -
IV - Anhydrase carbonique	- 6 -
V - Transport du CO ₂ et de l'O ₂ par les hématies	- 7 -



3^{ème} et dernière fiche sur la partie du programme concernant les flux transépithéliaux. J'ai choisi de faire une fiche à part sur le transport des gaz par le sang car cette partie tombe pas mal à l'examen ! J'espère que la partie 2 ne vous a pas fait trop peur, comme je vous ai dit essayez de comprendre et de refaire les schémas+++ puis faites pleins de qcm et ça va le faire ! Bon courage pour ce petit cours <3



Cette fiche est à jour et complète



I – Introduction

Les **gaz dissous** sont très **important qualitativement** puisqu'ils permettent de **fabriquer des gaz fixés** qui eux sont **quantitativement essentiels** au fonctionnement de l'organisme.+++

- **Gaz dissous** : rôle **qualitatif**
- **Gaz fixés** : rôle **quantitatif**

Les **globules rouges** présents dans le sang sont des cellules qui vont **fixer les gaz** par l'intermédiaire de leur contenu en **hémoglobine** et en **anhydrase carbonique**.

La **respiration cellulaire** correspond à une **consommation d'oxygène** et une **production de gaz carbonique** d'intensité variable en fonction du niveau **d'effort de l'organisme**.

On peut voir ci-dessous entre le métabolisme de base et à l'effort les variations de consommations d'oxygène et de production de gaz carbonique.

	Métabolisme de base	Métabolisme à l'effort
Consommation d'oxygène	250 mL/min	3500 mL/min
Production de gaz carbonique	200 mL/min	3000 mL/min

II – Rappels sur l'hématose

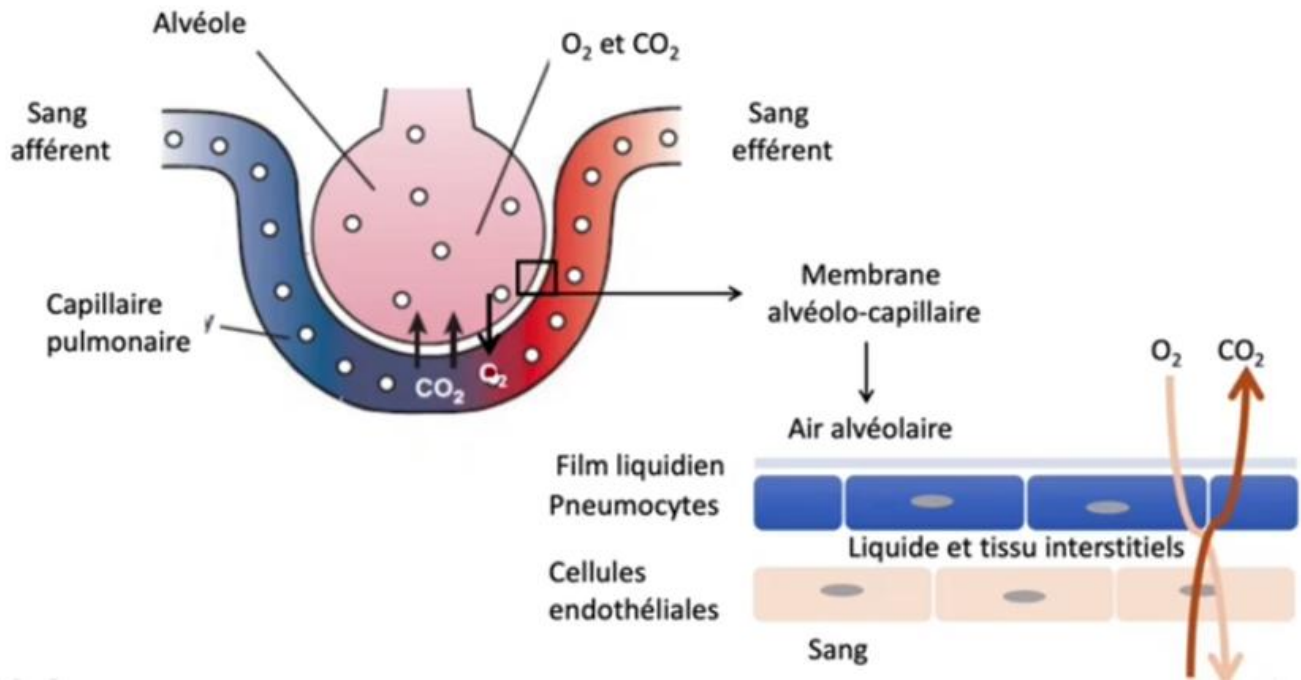
La **loi de Fick** nous permet de caractériser **l'hématose**. Le **flux de gaz** entre **l'air alvéolaire** et le **sang** (ou dans le sens inverse), va dépendre d'un **gradient de diffusion**.

Ce **gradient dépend** :

- De la **différence de pression partielle** entre le **sang** et l'**intérieur de l'alvéole**
- De **l'épaisseur** de la **membrane alvéolo-capillaire**

$$\text{flux gaz} = \frac{\text{surface} \times \text{coeff solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{épaisseur de la membrane alvéolo - capillaire}}$$

Dans cette formule on retrouve au **dénominateur** **l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire** et au **numérateur** la **différence de pression partielle**, la **surface** (*surface totale des poumons*) ainsi que le **coefficient de solubilité**, que nous allons détailler maintenant.



Vous voyez ici une représentation schématique de ce qu'on vient de dire, vous voyez une **alvéole** effectuant les échanges **O₂/CO₂** avec un zoom sur la **membrane alvéolo-capillaire**.

Dans le sens **air-sang**, le **coefficient de solubilité du gaz** intervient et nous allons voir comment :

	Pressions partielles dans le sang artériel (kPa)	Coefficient de solubilité du gaz dans le sang à 37°C	Volume de gaz dissous dans 1 L de sang
oxygène	13,3	0,02	2,7 mL
gaz carbonique	5,3	0,52	27,6 mL

Si on prend l'exemple de **l'oxygène** dont le **coefficient de solubilité** dans le sang à 37°C est de **0,02**. Pour une **pression partielle** donnée de **13,3 kPa**, le **volume d'oxygène** dissous dans **1 L de sang** est de **2,7 mL**.

Le **gaz carbonique** qui possède un **coefficient de solubilité** bien plus important de **0,52** ; va être dissous à **27,6 mL/L de sang**.

On voit donc que **les gaz dissous ne sont pas en adéquation avec les moindres besoins de l'organisme+++** car :

- La **consommation d'oxygène** pour le métabolisme est de **250 mL/min** or le débit cardiaque de **5 L/min** ne permet d'apporter que **5%** de ce qui est nécessaire.



Pour le **gaz carbonique**, c'est la même chose, il **ne peut pas être évacué en totalité** par l'intermédiaire des **gaz dissous**.

On vérifie ça avec un calcul simple :

On se souvient qu'on a dit que dans des conditions à **37°C** avec les **coefficients de solubilité**, on avait **2,7 mL d'O₂ par litre de sang** et **27,6 mL de CO₂ par litre de sang**. Si on multiplie ça par le **débit cardiaque de 5 L/min** on trouve que les gaz dissous ne couvrent pas les besoins de l'organisme.

Consommation d'**oxygène** au repos = **250 mL/min**

- Dans des conditions normales : **5** (débit cardiaque) x **2,7** (mL/L de sang) = **13,5** mL/min soit **5% des besoins**.

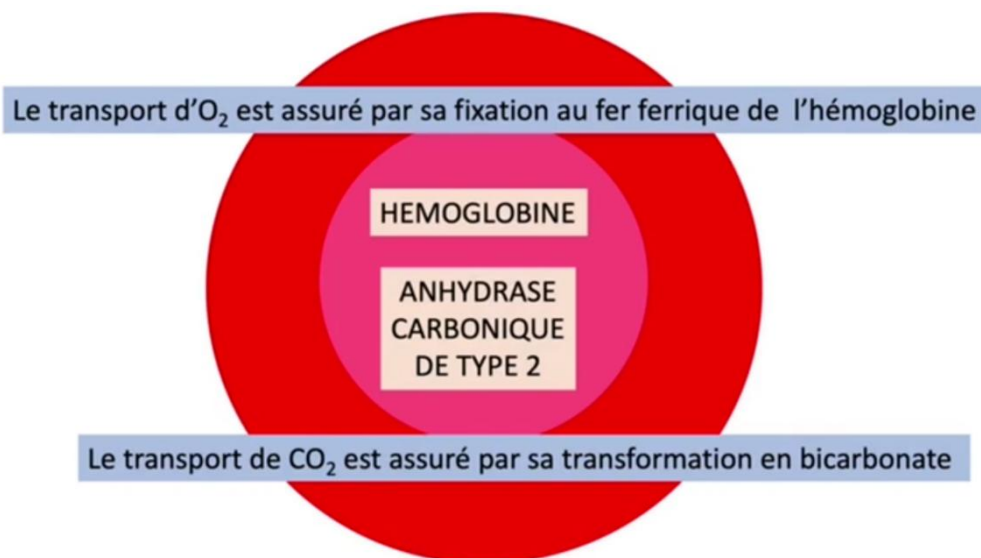
Production de **gaz carbonique** au repos = **200 mL/min**

- Dans des conditions normales : **5** (débit cardiaque) x **27,6** (mL/L de sang) = **138** mL/min soit **69% des besoins**.

III – Rôle des globules rouges = gaz fixés

En effet, les **gaz dissous** ne sont **pas les seuls modes de transport** des gaz dans le sang.

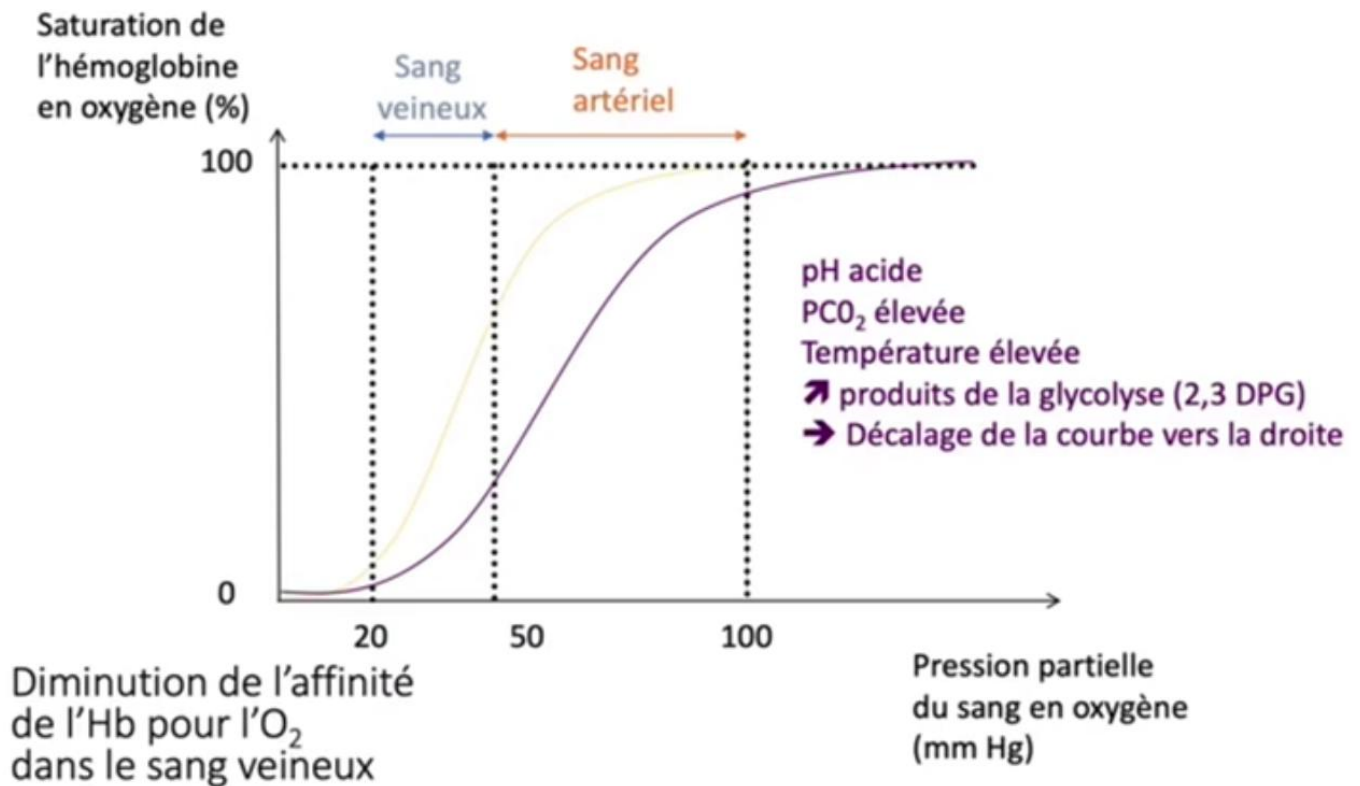
- Le **dioxygène** va venir **se fixer au résidu ferrique de l'hémoglobine**, à l'intérieur des **hématies (globules rouges)**.
- Le **CO₂** quant à lui est transformé en bicarbonate par l'**anhydrase carbonique de type 2** contenue dans les **hématies**.



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



Une fois le dioxygène fixé à l'hémoglobine, celui-ci va circuler avec les globules rouges et en fonction de la pression partielle du sang en dioxygène (axe horizontal), elle va en libérer plus ou moins.



On voit ici qu'il faut des pressions partielles en oxygène très faibles (<50mmHg) pour que la saturation de l'hémoglobine commence à diminuer (courbe jaune). On voit aussi que c'est dans l'intervalle de pression partielle en oxygène du sang artériel qu'il y a la plus grande partie de la courbe.

L'hémoglobine est une protéine dont la conformation et l'affinité changent selon plusieurs facteurs :

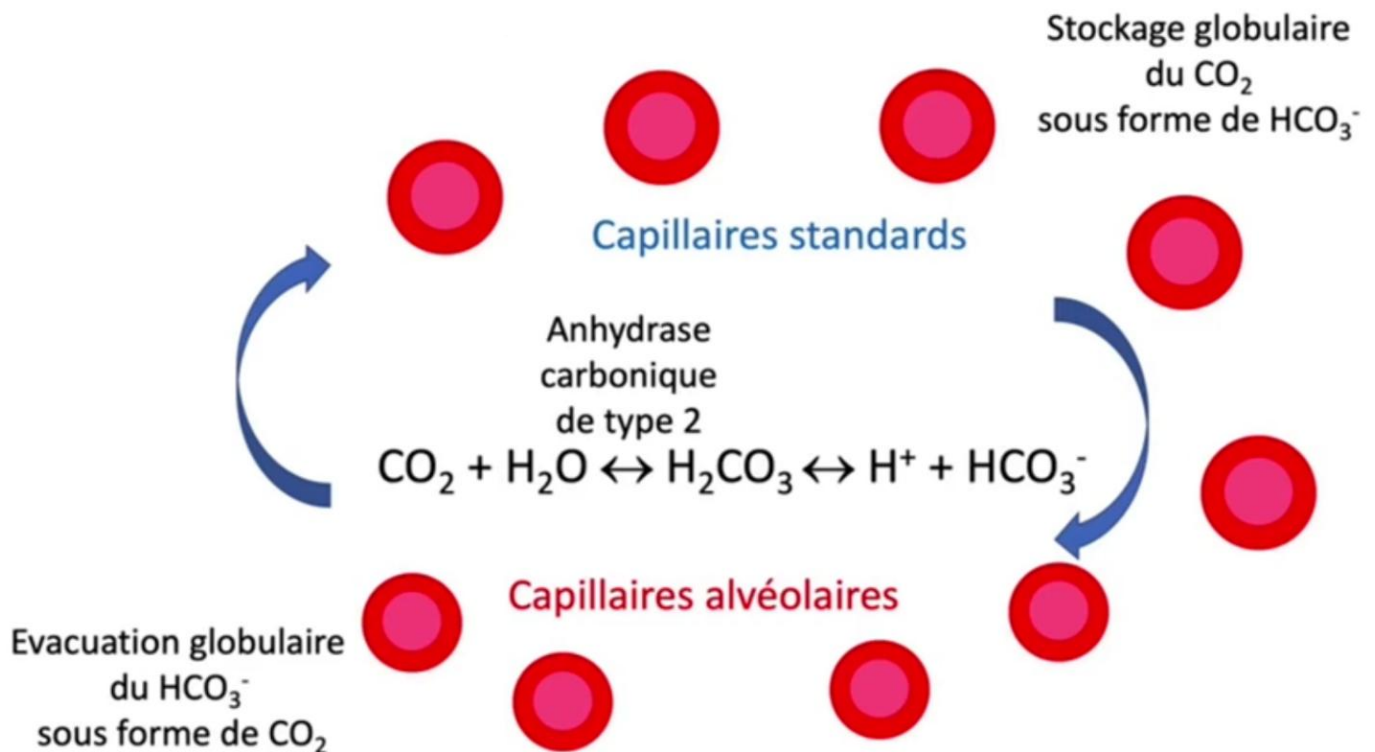
- Le pH acide
- La PCO₂ est élevée
- La température est élevée
- S'il y a des produits de la glycolyse (2,3 DPG) (*voir votre cours sur la glycolyse en bioch dédié à julian cet énorme bg*)

La courbe va alors se décaler vers la droite (courbe violette), ce qui signifie que dans des conditions physico-chimiques, beaucoup plus d'oxygène est délivré au sang veineux pour la même pression partielle du sang en oxygène.

Ainsi, l'hémoglobine libère beaucoup plus d'oxygène dans les tissus actifs que dans les tissus inactifs.



IV – Anhydrase carbonique



Le gaz carbonique diffuse librement vers l'intérieur des capillaires. De la même que dans les épithéliums digestifs qu'on a vu dans le cours d'avant, ce CO₂ est hydraté par l'enzyme anhydrase carbonique : CO₂ + H₂O pour donner une molécule d'acide carbonique H₂CO₃. Cette molécule d'acide carbonique se dissocie ensuite d'elle-même en proton H⁺ et en bicarbonate HCO₃⁻.

Le CO₂ est donc fixé sous forme de bicarbonate dans les hématies et lorsque le globule rouge se trouve au niveau des capillaires alvéolaires, le bicarbonate se transforme en gaz carbonique et pourra ainsi diffuser à travers la membrane alvéolo-capillaire.

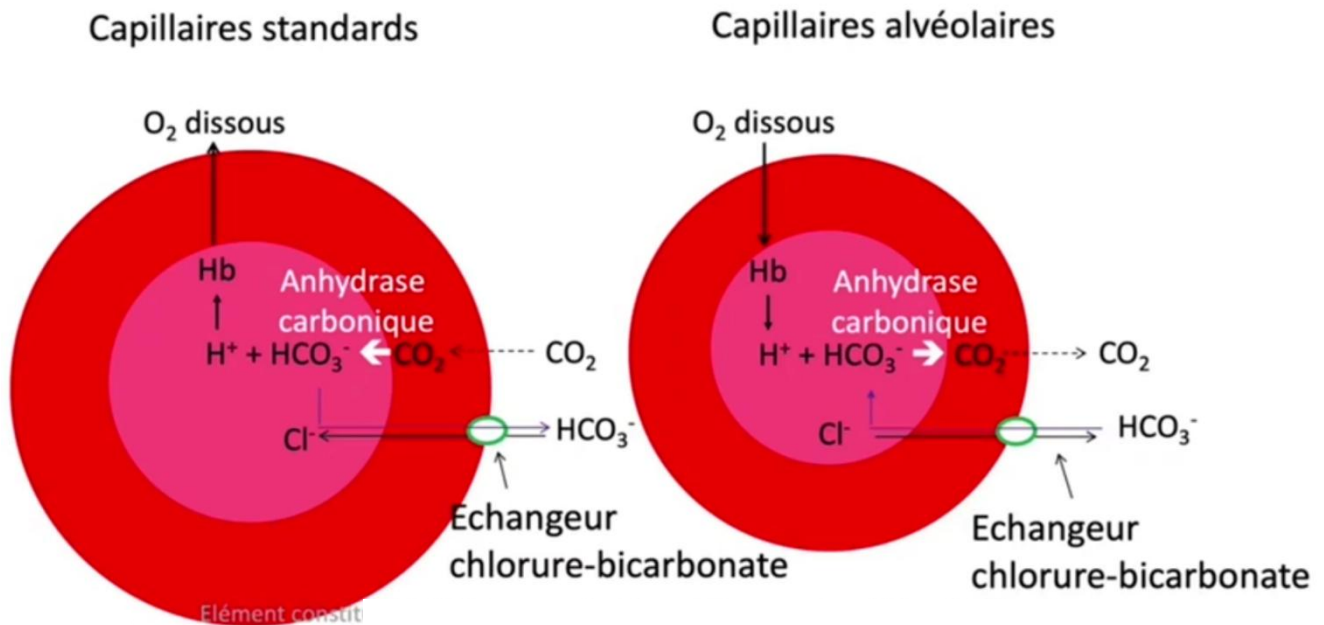


- L'anhydrase carbonique favorise la réaction CO₂+H₂O = H₂CO₃
- Mais la dissociation de l'H₂CO₃ en H⁺+HCO₃⁻ est spontanée+++ ce n'est pas l'anhydrase qui fait cette réaction



V – Transport du CO₂ et de l'O₂ par les hématies

Il y a un couplage entre la délivrance d'oxygène et la fixation de CO₂, autrement dit, la fixation d'oxygène aide à la délivrance de CO₂.



- Dans les **capillaires standards**, donc au contact des **tissus actifs** dans le sang veineux, l'hémoglobine délivre du dioxygène. Cette délivrance est favorisée par l'arrivée de protons. Ces protons résultent du fonctionnement de l'anhydrase carbonique. En effet le CO₂ est hydraté en molécule d'H₂CO₃, cette molécule se dissocie ensuite spontanément en HCO₃⁻ et en proton H⁺.
- Dans les **capillaires alvéolaires**, les globules rouges vont être capables de délivrer du gaz carbonique en grande quantité. Dans les capillaires alvéolaires l'O₂ arrive sur l'hémoglobine et va favoriser le relargage de protons H⁺. Ces ions H⁺ vont, avec le bicarbonate stocké dans les hématies, provoquer la formation de gaz carbonique CO₂. Ce CO₂ est ensuite évacué librement par diffusion simple à travers la membrane des globules rouge dans les alvéoles pulmonaires.

Le contenu en bicarbonates dans les hématies des capillaires standards va être équilibré par l'échangeur chlorure-bicarbonate qui éviter que celui-ci ne se retrouve en trop grande quantité. De plus, il délivre un tampon bicarbonate dans les tissus actifs, ce qui est intéressant sur le plan de l'équilibre acido-basique.

Les globules rouges dans les capillaires standards sont plus gros que ceux des capillaires alvéolaires car le bicarbonate a un effet osmotique qui attire l'eau à l'intérieur.



Au niveau des **capillaires alvéolaires**, l'**échangeur chlorure-bicarbonate** fonctionne en **sens inverse**, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure que le **CO2 est extrait de l'intérieur des hématies**, du **bicarbonate rentre** pour activer cette transformation via l'anhydrase carbonique. Ainsi, le **bicarbonate présent dans le milieu extra-cellulaire** va favoriser l'**élimination de gaz carbonique**.

Petite conclusion du prof :

- La **dissolution des gaz dans le sang est indispensable et limitante**. Par exemple, lorsque la **membrane alvéolo-capillaire s'épaissit** dans l'**œdème pulmonaire**, on a une **hypoxie** responsable d'une dyspnée.
- En revanche, ces **gaz dissous sont quantitativement insuffisants** pour satisfaire les besoins de l'organisme
- Les **gaz sont donc fixés à l'intérieur des hématies** sous forme de **bicarbonate pour le CO2**, et l'**O2 se fixe sur la partie ferrique de l'hémoglobine**.

Dédis spécial tut : 😊

Dédi à Lucas (votre tut d'anat petit bassin) avec qui j'ai 579 pokes sur Facebook à l'heure où j'écris cette dédi, il vous fera une update de l'avancée dans ses dédis du S2

Dédi à mon co-tut Nicolas, cet homme parfait, beau, intelligent, drôle, sauveteur l'été et étudiant en médecine le reste de l'année, on dirait qu'il sort d'un film

Dédi à Anaïs (votre tut de sp/sn) qui est la personne la plus aléatoire que j'ai jamais rencontré de ma vie et qui me fait beaucoup rire

Dédi à Iwan (votre tut de biostat) et à sa collection d'objets farfelus

Dédi à Claudia (votre tut de biostat aussi) et à ses goûts musicaux absolument parfaits

Dédi à Prunelle (votre tut de maïeutique) et à sa tablette du lycée

Dédi à Julian (votre tut de bioch) et à sa veine du bibi

Dédi à Matteo (votre tut de microbio) qui a presque fini le programme du S1 en P2 (t'es fou mec)