L'eau

Coucou ! Ma première fiche de Biophy pour ce semestre OMG. C'est un cours relativement simple, faut juste prendre son temps pour bien comprendre chaque notion et ce sera très bien intégré dans la tête. C'est globalement que du par coeur malheureusement mais no stress le cours reste chilll.
Si jamais y'a un soucis où une question hop direction forum/messenger/discord ! → Poiseuille

I - ETAT LIQUIDE

A. STRUCTURE DE LA MATIERE

Quels que soient leurs états, les molécules sont soumises à 2 tendances opposées :

TENDANCE À LA DISPERSION :

→ Liée à l'agitation thermique des molécules.

→ Mesurée par **l'Énergie cinétique moyenne Ec** (leur permettant de s'agiter en permanence).

→ Elle est **proportionnelle** à la température T (en Kelvin) et à la constante de Boltzmann. T= Température = T(Kelvin) = T(Celsius) + 273 / k = cste de Boltzmann = 1,37 x 10-23 J.K
Si la température est au 0 absolu (-273°C), l'énergie cinétique/l'agitation thermique est nulle, les molécules sont immobiles

TENDANCE AU RASSEMBLEMENT :

Liée à des forces électrostatiques liant les molécules entre elles.

→ Elle est mesurée par l'**Énergie de liaison EL** (INTER-Moléculaire).
→ Celle-ci reste très inférieure aux énergies des liaisons covalentes (liaison INTRA-Moléculaire) liant les atomes entre eux.

Remarque : il existe des **forces de répulsion** s'exerçant sur de très courtes distances expliquant que les molécules, sous l'effet de l'agitation thermique, vont rebondir les unes sur les autres.

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

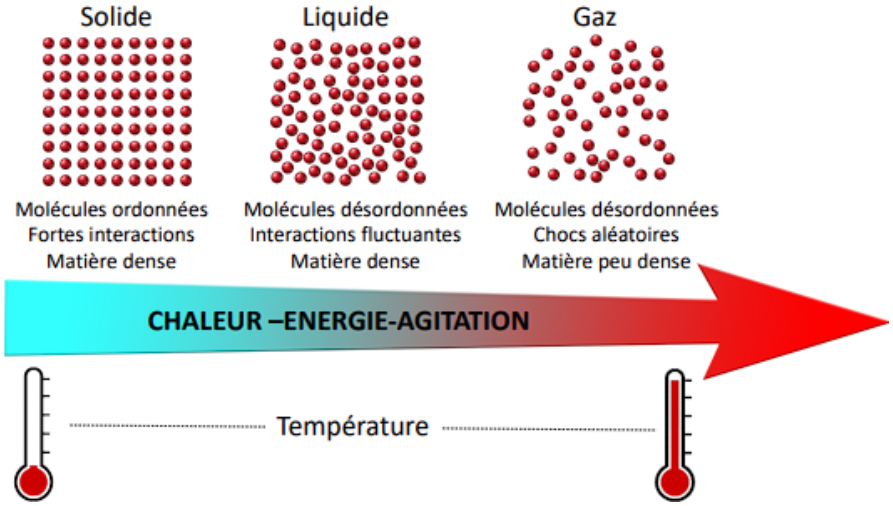
B. ÉTATS PHYSIQUES DE LA MATIERE

On distingue par convention 3 états de la matière :

Etat solide	→ Ordonné, les molécules gardent une position fixe les unes entre les autres. → L'énergie de liaison EL prédomine par rapport à l'agitation thermique → L'agitation thermique Ec se manifeste par des rotations/vibrations de molécules autour d'une position globalement fixe. → **EL≫Ec**
Etat liquide	→ Dispersé, fluide et cohérent. → L'énergie de liaison est du même ordre de grandeur que l'énergie cinétique moyenne. → Il faut donc comprendre que dans cet état, les molécules vont à la fois pouvoir se déplacer, se lier entre elles, se séparer et tomber sous l'emprise d'une autre molécule. → ***EL ≈ Ec***
Etat gazeux	→ Dispersé, non cohérent et fluide. → Les molécules occupent tout l'espace qui leur est offert. → L'énergie de liaison El prédmine par rapport à l'agitation → L'agitation thermique Ec se manifeste par des rotations/vibrations de molécules autour d'une position globalement fixe. → **EL≫Ec**

ATTENTION ICI le diapo du prof est FAUX → l'état gazeux a bien une prédominance de l'énergie Cinétique par rapport à l'énergie de Liaison +++ (logique puisque les molécules ne se lient pas, elles occupent toute l'espace)

Pour passer d'un état à un autre : il faut augmenter la température en augmentant l'énergie cinétique et donc avec celle-ci la tendance à l'agitation thermique.



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

II -STRUCTURE DEL'EAU

A. LA MOLECULE D'EAU

Rappel : la molécule d'eau est composée de 2 atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène liés entre eux formant un dipôle moléculaire. => H2O

Ce dipôle moléculaire est dû à la **forte électronégativité** de l'atome d'oxygène attirant vers lui l'électron des deux atomes d'hydrogène (électropositif). On aura donc un excédent d'électrons sur l'atome d'oxygène et un déficit en électrons (charges négatives) sur les atomes d'hydrogène formant un moment électrique dipolaire

Ce dernier est quantifié par **la constante diélectrique** :

- Elle est **notée ε** = 80 à 25°C pour l'eau, caractérisant l'importance du moment électrique d'un dipôle.
- Elle est **très élevée** pour la molécule d'eau comparé à d'autres molécules
- Elle est à l'origine de la **qualité de solvant des corps ioniques** notamment pour l'eau.

Liquide	ε
eau	80
méthanol	33
éthanol	24
benzène	2

- En effet, dans une solution ionique, il existe des **forces électrostatiques** exercées par les ions entre eux. Ainsi les forces d'attraction entre les ions sont **réduites d'un facteur de 80**. Les forces électrostatiques sont données par cette formule :

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \times \frac{qq'}{r^2}$$

qq' = les charges respectives des ions en question,
r = la distance qui les sépare,
e0 = constante
et e = la constance diélectrique du solvant.

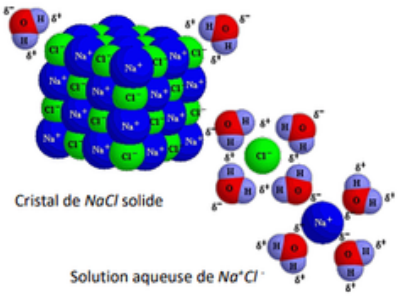
On voit que si le solvant est de l'eau, e va être élevée donc les forces d'attraction coulombiennes F entre ces charges vont être diminuées.

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

B. L'EAU, SOLVANT DES CORPS IONIQUES

Du fait de sa constante diélectrique très élevée, l'eau est un **excellent solvant** des corps ioniques (comme les sels ou les substances formées de molécules polaires). En effet, cette substance mise en solution libère des charges positives et négatives qui ont une forte attraction entre elles, donc comme e = 80 (**très élevé**) donc cela va réduire l'attraction des charges + et -.

Les molécules d'eau vont alors former une sorte d'écran autour des ions. C'est la **solvation des ions**, l'eau va entourer chacun des ions de manière à les isoler.
Exemple typique est celui de la dissolution du cristal ionique NaCl dans l'eau qui donnera des ions Na+ et Cl- entourés par des molécules d'eau. Ainsi l'attraction de Na+ et Cl- est considérablement diminué.



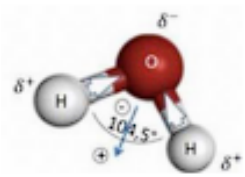
C. LIAISONS HYDROGENES

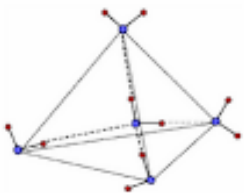
Elles sont formées par un atome d'hydrogène d'une molécule et un atome d'oxygène d'une **autre molécule**. Elles sont dues à la **forte polarité** de la molécule avec un excès de charges - sur l'atome O et déficit sur l'atome H.

C'est une liaison électrostatique particulière d'intensité intermédiaire par rapport aux autres types de liaison. Elle est :
- 20 fois **supérieure** aux liaisons de Van der Waals (liaisons électrostatiques habituelles entre les molécules)
- 20 fois **inférieure** aux liaisons covalentes (interatomiques).

Elles sont responsables de l'énergie de liaison spécifiques entre les molécules d'eau et en particulier du fait que les molécules vont avoir tendance à s'organiser en une **structure 3D tétraédrique**. Chaque molécule d'eau pourra s'associer avec 4 molécules voisines.

Elles permettent également d'établir un édifice relativement **stable** avec des distances relativement **fixes** en fonction de la température.





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

III. PROPRIETES PHYSIQUES DE L'EAU, CONSEQUENCES DES LIAISONS HYDROGENES

A. DIFFERENTS ETATS PHYSIQUES DE L'EAU

Les différents états de l'eau sont connus et possèdent des propriétés propres :

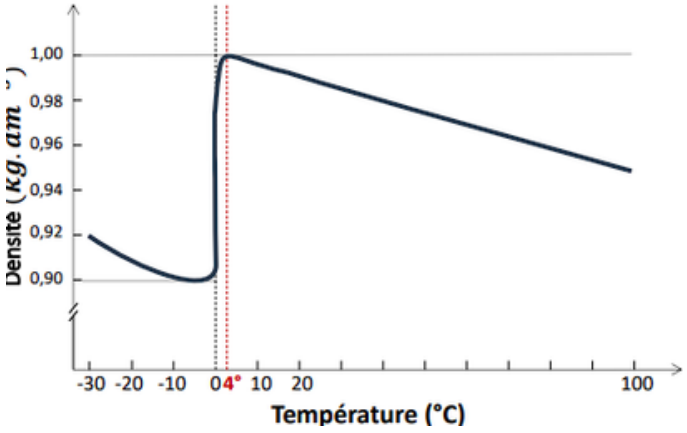
- **État solide** : les molécules d'eau sont relativement **unies** entre elles et les liaisons hydrogène vont expliquer la forte cohésion et la **forme cristalline** de l'eau.
- **État liquide** : on a des molécules **liées** à des voisines par des liaisons hydrogènes, elles vont se pouvoir aussi se déplacer et former des liaisons hydrogène avec d'autres molécules : **flexibilité** des liaisons.
- **État gazeux** : **l'agitation thermique** prédomine. Les liaisons hydrogène n'interviennent quasiment pas dans cet état.

B. MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU

C'est une des conséquences directes des liaisons hydrogène

++ Pour la plupart des liquides : la masse volumique (densité) augmente lorsque la température diminue (et inversement) et en particulier lorsque celles-ci vont se solidifier/se cristalliser.

Pour l'eau : la densité de l'eau augmente progressivement lors de la cristallisation jusqu'à un maximum à 4°C et va ensuite diminuer brutalement lorsque la température et diminue.



Ainsi, la densité de la **glace** est inférieure à celle de l'eau **liquide** +++ (le volume de la glace est supérieur au volume liquide).

Ce phénomène est la résultante des liaisons hydrogènes. En effet, à l'état solide, les molécules agencées sous forme cristalline vont imposer une distance fixe, en moyenne plus grande que celle à l'état liquide.

Ainsi que la glace flotte sur l'eau liquide (Quand vous remplissez une bouteille en verre et que vous la mettez à congeler, celle-ci va se casser) Tout ça parce que le volume augmente lorsque la température diminue = **V ↑ donc T°C ↓**

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

C. PROPRIETES CALORIFIQUES DE L'EAU

1 - Généralité

C'est la 2ème conséquence directe des liaisons hydrogène ++

CHALEUR SENSIBLE (Q):

o Quantité d'énergie qu'il faut fournir à un corps pour augmenter sa température **sans changement d'état**.

(Ex : quantité d'énergie qu'il faut fournir à l'eau pour passer sa température de 25 à 30°C)

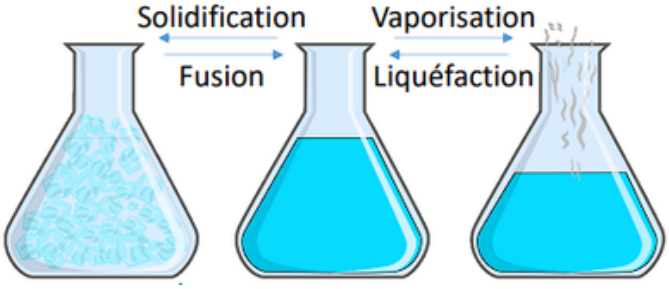
o Elle est donnée par la relation :
Q = m x c x (T2 – T1) en Joules m = la masse en kg et c = la chaleur spécifique en J. °C-1 .kg-1

o Elle est caractérisée par la **chaleur spécifique** (= capacité massique = capacité thermique massique)

CHALEUR LATENTE :

o Chaleur latente = Enthalpie de changement d'état : quantité d'énergie qu'il faut fournir (ou retirer) à un corps pour obtenir un **changement d'état physique** à température et pression constante. Elle s'exprime en J.kg-1

o Il existe plusieurs chaleurs latentes :
- De fusion (solide → liquide)
- De liquéfaction (gazeux → liquide)
- De solidification (liquide → solide)
- De vaporisation (liquide → gazeux)



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

2 - Chaleur sensible de l'eau

Le coefficient qui caractérise cette chaleur est la chaleur spécifique de l'eau : C = 4,18 kJ.kg-1. °C-1 (pour passer de 14,5 à 15,5 °C). Elle est à la base de la définition de la **calorie** : quantité d'énergie à fournir pour élever la température d'1g d'eau de 1°C, soit 4,18 J.

La chaleur spécifique a une valeur très élevée encore une fois comparée à celle d'autres solvants. Ainsi, il faut fournir beaucoup d'énergie à l'eau pour élever sa température.

C'est une fois de plus une des conséquences des liaisons hydrogène. Pour augmenter l'agitation thermique, il faut rompre un certain nombre de liaisons hydrogène qui sont de forte intensité pour l'eau. Il faut une grande quantité d'énergie pour pouvoir « casser » ces liaisons.
(Les valeurs du tableau ne sont pas à apprendre)

corps	c $kJ.kg^{-1}.°C^{-1}$
Eau	4,18
Ethanol	2,46
Huile	2,00
Octane	1,40
Air	1,00
Fer	0,44

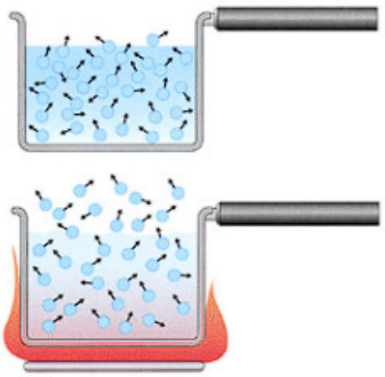
Par conséquent, l'eau possède une inertie thermique considérable :

Au niveau physiologique : l'eau cellulaire est relativement stable malgré des variations de température extérieure.

Au niveau géographique : la mer et les océans sont capables de restituer de grandes quantités de chaleur avec de faibles variations de température donnant ainsi un climat tempéré.

3 - Chaleur latente de vaporisation de l'eau

La vaporisation de l'eau peut se faire par :



Évaporation : c'est un phénomène essentiellement de **surface** (à l'interface entre l'air et l'eau par exemple), relativement **lent** et dépend surtout des pressions partielles de vaporisation (de l'eau sur l'interface et dans l'air en reprenant l'exemple).

Ébullition : phénomène plus **brutal**, **volumique** (la totalité des molécules sont impliquées), plus **rapide** et survient à 100°C.

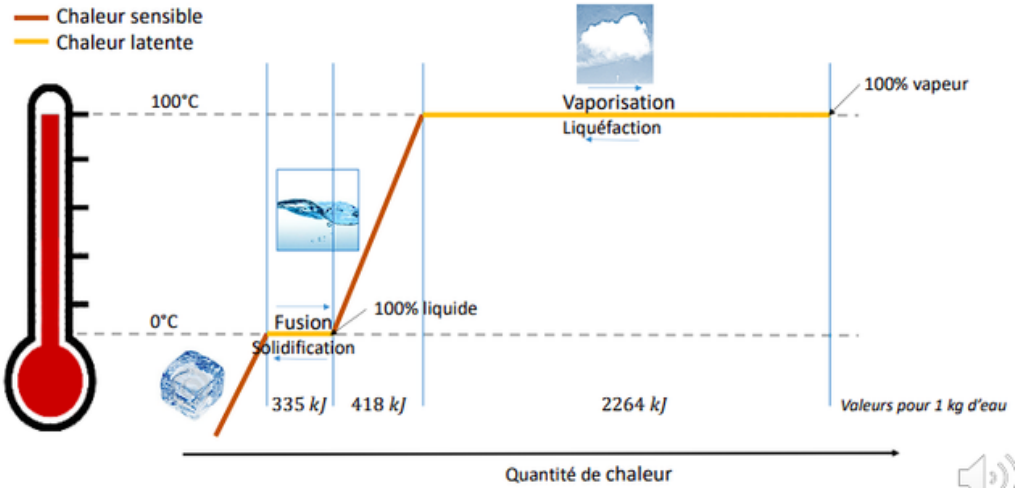
Le tutorat est un service gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

La chaleur latente de vaporisation de l'eau est égale à 2264 kJ.kg-1. Elle correspond à la quantité de chaleur que doit absorber un kilo d'eau à température constante pour passer de l'état liquide à l'état gazeux en restant à 100°C.

corps	h_{lv} $kJ.kg^{-1}$
Eau	2264
Ethanol	855
Octane	420

Elle est **très élevée** par rapport à d'autres fluides (l'éthanol). C'est dû aux liaisons hydrogène. Il faut rompre les liaisons hydrogène pour que l'eau ne soit plus dans un état liquide mais dans un état gazeux où il n'y aura plus de ces liaisons, particulièrement solides et résistantes.

Cette propriété a des conséquences au niveau physiologique : **L'efficacité de la transpiration**
= évaporation des gouttelettes d'eau cutanée qui se fait en consommant une grande quantité d'énergie, c'est donc un moyen très **efficace** d'évacuer l'énergie et donc d'abaisser la température du corps.



D'après ce graphique : De la gauche vers la droite (solide → gazeux)
→ On augmente la température progressivement (chaleur sensible) jusqu'à 0°C.
→ Puis, on continue à fournir de l'énergie, la température n'augmente pas mais l'état change (solide → liquide <=> fusion) (chaleur latente)
→ En continuant, la température va encore augmenter jusqu'à 100°C (chaleur sensible).
→ Au-delà de 100°C, on ne va plus augmenter la température en fournissant de l'énergie mais avoir un changement d'état (liquide → gazeux) (chaleur latente)

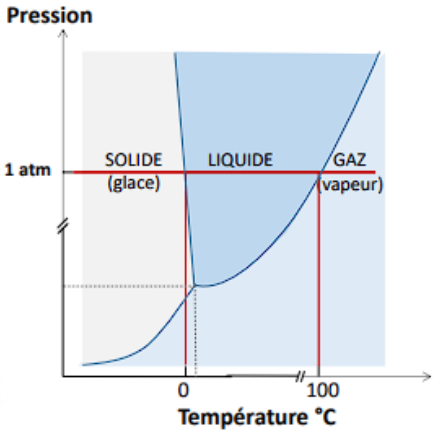
Le tutorat est un service gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

4 - Changements d'états de l'eau

A la pression atmosphérique, on a le même schéma d'évolution décrit précédemment depuis la glace jusqu'à la vapeur en passant par l'état liquide.

Mais, il faut comprendre que la **pression** est à prendre en compte. En effet, les liaisons hydrogène vont être plus ou moins présentes en fonction de la pression. Elles vont disparaître ou apparaître brutalement selon les changements de pression.

On comprend donc qu'à très basse pression, on peut passer directement de l'état solide à l'état gazeux. On appelle ce phénomène **sublimation**. Il n'apparaît JAMAIS **en physiologie** car on ne se trouvera pas dans les conditions de températures et pressions favorables à ce phénomène.



Il a une autre application, notamment via la **lyophilisation** : on va faire s'évaporer l'eau contenue dans des aliments congelés.

On comprend aussi qu'à une certaine pression et température, on peut observer **le point triple**: $(0{,}006\ atm\ \&\ 0{,}01°)$; zone où les 3 états de l'eau coexistent et sont en équilibre.

D. TENSION SUPERFICIELLE

Phénomène lié à l'énergie de liaisons entre les molécules d'eau spécifiquement à l'interface entre l'eau et l'air. On peut l'observer sur une goutte d'eau par exemple.

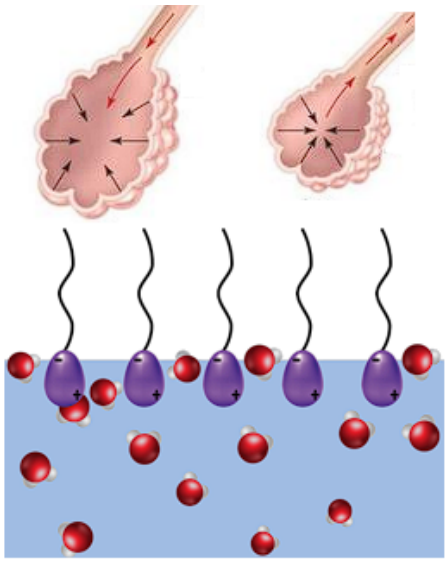
Les Molécules internes au volume à l'état liquide, elles vont échanger des liaisons hydrogène avec leurs voisines dans toutes les directions de l'espace. La résultante sera globalement nulle.

Les Molécules de surface : cohésion particulière des molécules en surface. Elles vont établir des liaisons hydrogène avec leurs voisines (celles qui sont présentes au niveau de la demisphère immergée dans la goutte d'eau.) Ici, la résultante sera donc non nulle et va créer une force de cohésion particulière entre ces molécules en surface faisant une sorte **d'effet de membrane**.

Ici encore la tension superficielle sera très élevée pour l'eau, avec une valeur de 73.10-3 N.m1 (alors que pour l'éthanol : 22.10-3 N.m-1).

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

Application physiologique : les agents tensioactifs diminuent **la tension superficielle**.





Au niveau des poumons, il y a des alvéoles. Ce sont des volumes dans lesquels arrive l'air et c'est ici que se déroule les échanges entre l'air et le sang.

Celles-ci sont tapissées d'une fine couche liquidienne au contact de l'air alvéolaire.

Cette interface liquide/air crée une tension superficielle qui a tendance à tirer sur les alvéoles et à les collaber, en expiration, elles ne recevront plus d'air.

Ce phénomène de **collapsus** se produirait si la couche liquidienne n'était que de l'eau.

Mais, le **surfactant** cité précédemment va venir diminuer fortement la tension superficielle entre ces molécules d'eau permettant ainsi aux alvéoles de ne pas se collaber complètement.

Patho : **Maladie des Membranes hyalines** : immaturité pulmonaire dû à un déficit en surfactant apparaissant notamment chez le nouveau-né. Son surfactant n'est pas efficace et il y a un collapsus des alvéoles créant une **détresse respiratoire**.

Par soucis de beauté la conclusion sera sur la page d'après les boss
#ficheaérée=espritaéré

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

CONCLUSION

L'eau possède des propriétés exceptionnelles c'est un **dipôle** avec une constante diélectrique très élevée faisant de lui un excellent solvant des corps ioniques.

Les molécules d'eau sont reliées entre elles par des liaisons hydrogènes relativement fortes.

L'intensité de ces liaisons hydrogène sont à l'origine d'une multitude de **conséquences** et propriétés qui vont être propres à l'eau :

- L'évolution de la densité de l'eau en fonction de la température.
- La chaleur latente et spécifique de l'eau sont très particulières.
- La tension superficielle est très élevée, contrecarrée par le surfactant au niveau des poumons.

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

ET MAINTENANT PLACE À MES PREMIERES DEDIS OMGOMGOMGO

Dédi tout d'abord à ma famille, mes parents qui ont toujours cru en moi pendant mes deux p1 de fou
Dédi à ma soeur jumelle et mon frère qui m'ont jamais laissé tombé et qui m'ont toujours soutenu à distance
Dédi à ma grand mère, mon pilier, les soirées chez elle avec toute la famille m'ont tellement manqué
Dédi à mon coloc Mathys ce goat qui m'a supporté toute l'année dernière, m'a aidé à décompresser quand je voulais brûler mes cours et qui maintenant m'aide à finir mes fiches à temps (#AAG)
Dédi à Léa ma deuxième coloc que je n'ai toujours pas vu à l'appart depuis que je suis revenu (qu'on a eu in extremis 1 semaine après que j'avais rendu le mien ptdr)
Dédi à tout mon groupe de SV2 aka Epo, Alix, Baptiste, Iliess, Tristan et Amélie, l'année fût si drôle et réconfortante avec vous, on a embelli la LAS 2 SV et ça c'est fort
Dédi à Tessy et Nate mon frère et ma soeur d'un autre sang, faites qu'on refasse les soirs d'avril bientôt
Dédi à JADE LA STAR, rejoins moi fast en kiné
Dédi à tous mes LAS2/3 vous allez tout arracher cette année j'ai aucun doute
Dédi aux 2 QG qui ont régalé plus d'un cette année
Dédi aux alcooliques pas si anonymes, revenez vite à Nice j'ai soif vous me manquez
Dédi à NABUUUU (top 1 lapin du monde)
Dédi à toutes mes marraines ; Jad, Manon, Alexandra et Anouck, juste MERCI pour tout
Dédi aux copains du ds aka Antoine, Bastou, Scott et Cam avec qui j'ai continué de rire tout au long de ces deux ans
Dédi à la biophysique , à Poiseuille (ofc) et Biophykwak évidemment
Dédi au Tutorat Niçois, merci bien pour les services et maintenant je contribue à cette magnifique expérience
Dédi à tous les CT et les tuteurs que des goats
Dédi énorme à mes co-tuts, la team biophy est déjà historique
Dédi aux vieux tuts qui m'ont soutenu pendant ces deux années
Dédi à moi même je l'ai bien mérité après tout (full ego ouioui)
ET enfin dédi à vous ! L'année qui vous attend sera bien évidemment dure mais faîtes vous confiance, entourez vous et n'hésitez vraiment pas à vous faire aider quand vous en aurez besoin.
Des bisous la team !



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