

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/269402491>

Exposé à l'Académie des Sciences de Tokyo-Kanagawa (1993)

Conference Paper · May 1993

DOI: 10.13140/2.1.4853.9206

CITATIONS

0

READS

585

1 author:



Joël Sternheimer

Genodics

34 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Genodic View project

Exposé de Joël STERNHEIMER
à l'invitation de l'Académie des sciences de Tokyo-Kanagawa
pour le personnel médical de l'hôpital Teikyo, le 20 mai 1993 (*)

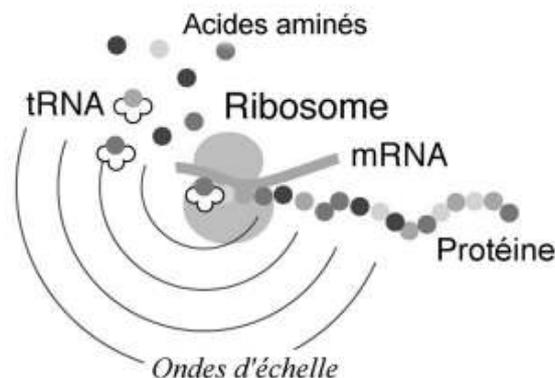
Je ne sais si l'on vous a dit, avant de venir ici, que cet exposé porte sur le fait que certaines molécules étaient "musicales", et que cela avait des applications pour soigner; je vais donc vous expliquer comment, ce que cela veut dire, et dans quel sens. En commençant, je m'en excuse, par rappeler des choses que beaucoup d'entre vous connaissent sûrement.

Lorsqu'on mange, on digère, et on décompose les aliments en éléments simples qui sont des graisses, des sucres et des acides aminés. Et, avec notre programme génétique, qui est contenu dans notre ADN, on refabrique nos propres protéines à partir des acides aminés qu'on mange et d'autres qu'on fabrique nous-mêmes.

Partant de l'ADN [dessin], on a l'ARN messager (mRNA) qui va sur le ribosome; lequel ressemble un peu à Akebono (célèbre lutteur de SUMO) comme forme, mais en a en tout cas la stabilité: c'est un endroit très stable, sorte d'établi sur lequel va se faire la synthèse des protéines.

D'un autre côté, on a les acides aminés qui sont portés par les ARN de transfert. Le mRNA vient se mettre sur le ribosome, et l'ARN de transfert qui porte l'acide aminé vient se mettre aussi sur l'ARN messager qui est sur le ribosome. Ici, vous voyez les deux parties qui s'appellent sous-unités du ribosome, et là-dessus vient se mettre l'ARN messager, et là-dessus le tRNA (l'ARN de transfert) vient se mettre sur le ribosome, avec son acide aminé au bout. Puis, là-dessus il y a un déplacement et l'acide aminé qui est au bout de l'ARN de transfert va se mettre sur un autre (plus exactement il y en a déjà d'autres qui sont là) et puis voilà, ça vient se mettre au bout d'une chaîne protéique en formation. Là [montrant le schéma du tableau], c'est un autre ARN de transfert qui contient un acide aminé et un deuxième qui s'est accroché au précédent, puis un troisième, puis un quatrième et ainsi de suite, c'est une chaîne d'acides aminés.

Tout ça bien entendu, vous le trouvez dans tout livre de biologie. Ce qui nous intéresse plus particulièrement ici, c'est ce qui se passe au moment précis où l'acide aminé porté par son tRNA vient s'accrocher sur le ribosome.



Il se passe quelque chose que vous ne trouvez pas encore dans vos livres, à savoir que l'acide aminé, à ce moment-là, émet un signal. Ce signal, c'est une onde qui est de nature quantique et qui s'appelle précisément une onde d'échelle. Une onde d'échelle, ça veut dire qu'elle relie entre elles des échelles différentes, et en fait, elle relie de façon précise l'échelle de chaque acide aminé à l'échelle de la protéine en formation.

Ce signal a une certaine fréquence, une certaine longueur d'onde. Sa longueur d'onde est donnée par une formule qui est très classique. C'est le rapport de la constante de Planck sur le produit de la masse par la vitesse de l'acide aminé. Lorsque l'acide aminé est à l'état libre, sa

longueur d'onde est très inférieure à son rayon et il se comporte en fait comme une particule soumise à l'agitation thermique.

Lorsque l'acide aminé vient s'accrocher sur l'ARN de transfert, sa longueur d'onde devient de l'ordre de sa taille, parce qu'il est fortement ralenti grâce à l'ARN qui l'accroche et sa longueur d'onde, qui est inversement proportionnelle à la vitesse, devient grande et devient du même ordre de grandeur que la taille de l'acide aminé. Et lorsque tout ce système vient s'accrocher sur le ribosome, le ribosome est encore plus de 200 fois plus grand que l'ARN de transfert, et cette fois-ci, la longueur d'onde devient beaucoup plus grande que la taille, 5 à 6 fois peut-être. C'est à ce moment là que le comportement de l'acide aminé est en fait comme une onde, et cela se traduit par le fait que lorsque le système vient s'accrocher sur le ribosome, l'acide aminé émet un signal.

L'équation de cette onde n'est pas une simple équation de Schrödinger que vous connaissez sans doute, ou une équation de Klein-Gordon; ça suit une équation d'onde d'échelle. Je vais vous écrire la formule:

$$\square e^{-2i\alpha\partial/\partial s} \Psi = m^2 \Psi$$

c'est-à-dire que sans le terme exponentiel ici, ce serait l'équation de Klein-Gordon, mais il y a un terme (ici) qui inclut une échelle, c'est-à-dire qu'elle se propage aussi dans l'échelle, et la solution de cette équation, qui comporte des aspects difficiles, a des propriétés très particulières: c'est une somme d'ondes analogues à des ondes lumineuses, mais de vitesses qui sont différentes. Il y en a une qui est plus rapide et puis une autre qui est deux fois plus lente, puis une autre qui est trois fois plus lente, et ainsi de suite.

Je vais ici représenter en plus grand ce que j'ai dessiné tout à l'heure. L'acide aminé individuel à un bout, et la chaîne protéique en formation à l'autre bout. A un moment donné, il y a une onde qui est émise d'un acide aminé et puis il y en a une deuxième qui est plus lente et qui va arriver au bout d'un temps deux fois plus long, une troisième qui est encore plus lente, et qui va arriver au bout d'un temps trois fois plus long, et ainsi de suite. On va avoir des superpositions périodiques des vibrations de ces acides aminés.

Comme chacune de ces vibrations contient elle-même des harmoniques, le résultat net est que ça entraîne des contraintes dans la succession des fréquences des acides aminés, c'est à dire dans la succession même des acides aminés qui ne sont donc pas quelconques dans une protéine, mais que ces propriétés de superposition font que la succession de ces fréquences est musicale. Par exemple, je prends une protéine très connue qui est l'avant-dernière protéine de la chaîne respiratoire, qui s'appelle cytochrome C:

G D V E K G K K I F I M K C S Q C H T V E K G G...

Là, c'est juste le début, les 24 premiers acides aminés du cytochrome C humain. Si on regarde la succession, G dans le code à une lettre, représente la glycine par exemple; D c'est ce qu'on nomme acide aspartique; V c'est la valine, etc...

Si on regarde les fréquences associées à chacun de ces acides aminés, telles qu'on peut les calculer - le calcul est assez complexe, mais donne un code qui est assez simple - eh bien, modulo un certain nombre d'octaves, modulo 76 octaves environ, parce que ce sont des fréquences qui sont de l'ordre de 10^{25} hertz à peu près, c'est leur ordre de grandeur... alors, précisément, si je regarde pour la glycine, ça va être 220 que multiplie 2^{76} , ça va faire une fréquence de cet ordre là en hertz. Et par exemple toujours, la fréquence de la sérine ça va être 330, celle de l'acide aminé suivant va être égale à 440, toujours modulo 76 octaves, c'est à dire 2^{76} hertz.

Ces fréquences sont musicales [désignant les acides aminés au tableau], ça c'est un "la", ça c'est un "mi", ça c'est un "la" à un octave au dessus, et si on regarde la succession des fréquences et qu'on la rentre par exemple sur un synthétiseur, eh bien, on obtient une mélodie.

La glycine c'est un "la", l'asparagine, c'est un "sol", la valine, c'est un "fa" [chante de la mélodie] et ça continue [suite du chant]... J'espère que je ne l'ai pas trop mal chanté, mais si ça vous a procuré un certain sentiment sympathique, ce n'est probablement pas un hasard, c'est parce que lorsque... mais là, je vais un peu vite, reprenons.

Lorsque la molécule de cytochrome C est fabriquée, les ondes d'échelle qu'elle émet ne se bornent pas à stimuler, à agir sur la protéine elle-même, mais elles agissent aussi sur d'autres protéines dans l'organisme. La mélodie que j'ai fredonnée tout à l'heure devant vous, donnait en temps réel approximativement 4 à 6 acides aminés par seconde, correspondant aux 4 à 6 notes par seconde qu'il y avait à peu près dans ce que je vous ai chanté. Cela correspond à la synthèse de la protéine de cytochrome C où 1/4 de seconde représente le temps pour qu'un acide aminé vienne s'accrocher et se mettre au bout de la chaîne.

Lorsque par exemple nous respirons, il y a toute une série de transformations qui se font. La respiration, c'est la relation: $H^2 + 1/2 O^2 \rightarrow H^2O$, dans laquelle l'énergie est récupérée par toute une série de molécules -- qui transfèrent des électrons -- dont l'avant-dernière est le cytochrome C, et la dernière est la cytochrome oxydase ou cytochrome A3; et si je regarde la mélodie associée à la synthèse de la cytochrome oxydase, je trouve dedans ce même fragment musical (chant) qui se trouve ici. Ceci traduit le fait que, lorsque la protéine de cytochrome oxydase s'est fabriquée, elle va restimuler la synthèse de la protéine de cytochrome C, c'est à dire que ces musiques ne sont pas un pur amusement moléculaire, si je puis dire: elles signent la fonction de la protéine.

Les protéines qui ont la même musique vont se retrouver homologues dans une chaîne métabolique. Elles vont se stimuler les unes les autres comme celles-là.

Les protéines qui ont des musiques qui correspondent à des ondes en opposition de phase, donnent d'autres mélodies et vont se retrouver antihomologues. Il va y avoir une opposition de phase, qui va inhiber la synthèse. Ainsi, lorsque nous fabriquons nos propres protéines, par le simple fait que nous les fabriquons et par les ondes d'échelle qu'elles émettent, elles vont stimuler ou inhiber d'autres protéines. C'est-à-dire que la synthèse d'une protéine que nous faisons va avoir une action sur d'autres protéines de notre organisme.

Par exemple lorsque nous fabriquons la molécule d'interleukine-2, ou lorsque nous fabriquons la molécule de tPA (tissu Plasminogen Activator), nous ne faisons pas que les fabriquer, nous stimulons aussi d'autres molécules (de défense immunitaire dans le premier cas). L'interleukine, c'est quelque chose comme ça (chant). Là, je suis prudent, j'arrête assez vite, j'expliquerai pourquoi; mais, lorsque nous la fabriquons, nous allons stimuler d'autres molécules de défenses immunitaires, ce qui n'est pas du tout le cas lorsque l'on va fabriquer, par exemple, la protéine par génie génétique, et que l'on va l'injecter. On perd tous ces effets lorsque l'on injecte une protéine que nous ne fabriquons pas nous même. Par conséquent, il en faut beaucoup plus, et c'est pour ça qu'il y a des effets secondaires. Donc il vaut mieux (et c'est beaucoup plus intéressant) pouvoir stimuler nos propres protéines, plutôt que d'en ajouter de l'extérieur; on n'a pas ces effets désagréables.

C'est là qu'il se passe quelque chose d'intéressant lorsqu'on écoute ces mélodies que je vous ai chantées tout-à-l'heure (qui sont les transposées de 76 octaves des mélodies des protéines, des mélodies quantiques).

Dans l'oreille, là, je dessine une oreille, à l'intérieur, il y a un petit limaçon qui s'appelle la cochlée, et dans cette cochlée, se trouvent des cellules ciliées (en anglais hair-cells). Dans les cellules ciliées, l'onde acoustique qui est reçue dans l'oreille est transformée en courant électrique qui s'appelle potentiel microphonique parce qu'il reproduit exactement la forme de l'onde

acoustique comme le microphone. Tous ces potentiels microphoniques, bien sûr, se somment dans l'influx nerveux (ici, c'est un potentiel de sommation).

Mais avant que l'influx nerveux n'aille vers le cerveau, le potentiel microphonique (qui obéit aussi à une équation de ce type-là [désignant l'équation des ondes d'échelle au tableau]) envoie des ondes d'échelle qui vont directement sur le ribosome. Les ondes d'échelle ont en effet des portées dans l'échelle qui ne sont pas quelconques: il y a plusieurs solutions, mais il y en a notamment une qui est presque le nombre d'Avogadro, et peut donc effectuer une transposition entre l'échelle quantique et la nôtre. Le courant électrique qui s'appelle potentiel microphonique, et qui reproduit la forme de l'onde acoustique, envoie un signal qui est une onde d'échelle et va ainsi directement sur le ribosome, là où se fait la synthèse des protéines.

C'est à dire que nous avons deux circuits pour l'écoute. Il y a celui qui va vers le cerveau, avec l'interprétation par le cerveau des signaux acoustiques, et puis il y a un autre circuit qui, partant des cellules ciliées de la cochlée, va directement sur le ribosome.

Lorsqu'on entend la mélodie d'une protéine transposée, lorsqu'on l'entend acoustiquement, eh bien, il y a un phénomène de résonance (qui est une résonance d'échelle) qui se produit et qui va stimuler, ou inhiber dans le cas d'opposition de phase, la synthèse de la protéine correspondante.

Comme heureusement on a aussi un cerveau qui a ses propres circuits (parce que sinon ce serait très dangereux), on peut se rendre compte et savoir consciemment si la suite de sons, si la mélodie qu'on entend, est agréable ou non, si elle convient ou non. Si elle ne convient pas, on peut s'en protéger - on peut se boucher les oreilles - par contre, si elle convient, on peut s'en rendre compte et se soigner de cette façon là. Il y a donc toute une thérapie basée sur ce principe, qui consiste, lorsque quelqu'un est malade de quelque chose, à faire l'hypothèse que peut-être tel gène est concerné, ou tel autre, et que telle molécule devrait être stimulée ou telle autre. Et on la propose à la personne. C'est elle, et elle seule en fait, qui peut savoir ce qu'elle ressent. C'est elle qui dit au médecin si, dans sa situation, cette mélodie lui convient (Texte original de la conférence: c'est elle qui devient le médecin dans cette situation, et qui peut se rendre compte si cette mélodie lui convient). Dans ce cas, elle va alors l'écouter, et cela va stimuler la synthèse de la protéine qui était déficiente. [...].

(Transcrit par Jérôme Baron).

(*) Invité par Shinroku Saito, président de la Kanagawa Science Academy, Tokyo.

