Manuel de l'Enseignant

Ce jeu avec 307 pièces en bois et de quatre cartes plastifiées a été conçu pour vous aider à comprendre et à enseigner les phénomènes biologiques qui impliquent la synthèse des protéines, c'est-à-dire, l'expression des gènes de notre matériel génétique, obéissant à un code créé par la nature depuis plus de 3 milliards d'années. Les 307 pièces de bois sont réparties en différents types, décrits dans le tableau ci-dessous, ainsi que la quantité de chaque type.

Tableau 1. Description des composants du jeu et de leurs quantités.

Pièce / éléments	Quantité
Tableau au format A3	4
Canne (axe de l'ARNm)	8
Pièce ronde bleue	50
Pièce ronde rouge	50
Pièce ronde jaune	50
Pièce ronde verte	50
Pièce non peinte et numérotée : nº1, 3, 5, 6, 8, 11 à 18 et 20	4*
Pièce non peinte et numérotée : nº2 et 9	10*
Pièce non peinte et numérotée : nº4	8
Pièce non peinte et numérotée : nº7, 10 et 19	5*

*nombre de pièces de chacun des différents types d'acides aminés

Avant de commencer, vous devez savoir ce que signifie chaque pièce du jeu. Allons-y !!

Cette pièce en bois sur la photo ci-dessous représente la molécule d'ARNm des organismes eucaryotes, et notez que l'une des extrémités, celle de gauche (l'arrondie), représente l'extrémité 5' de l'ARNm, avec sa modification appelée « cap », et l'extrémité droite (la carrée) représente la queue « poly-A » qui existe à l'extrémité 3' de l'ARNm.

Figure 1. Canne en bois qui représente la molécule d'ARNm des eucaryotes

Mais vous savez que la molécule d'ARNm est constituée de nucléotides, qui sont constitués de quatre **bases azotées**, l'adénine, la guanine, la cytosine et l'uracile. Et c'est ce que représentent les pièces colorées ci-dessous. Découvrons-le qui est qui : adénine (vert), cytosine (bleu), guanine (jaune) et uracile (rouge).

Figure 2. Pièces colorées qui représentent les bases azotées qui font partie de la structure nucléotidique et sont présentes dans la molécule d'ARNm.

Considérant que l'un des objectifs de ce jeu est d'étudier la synthèse des protéines, vous vous souvenez des composants des protéines ? Oui, alors maintenant vous allez apprendre à connaître les parties qui représentent les **20 acides aminés essentiels** qui composent les types de protéines les plus variés. Observez que toutes les pièces décrites dans le tableau ci-dessous ont un trou et une cheville (pour l'emboîtage), en plus d'être numérotées en bas-relief.

1

Phenylalanine

2

Leucine

3

Isoleucine

4

Methionine

5

Valine

6

Sérine

7

Proline

8

Threonine

9

Alanine

10

Tyrosine

11

Histidine

12

Glutamine

13

Asparagine

14

Lysine

15

Acide Aspartique

16

Acide Glutamique

17

Cysteine

18

Tryptophane

19

Arginine

20

Glycine

Mais les acides aminés ne sont pas réunis par hasard pour former une protéine. La séquence d'acides aminés qui composent une protéine est déterminée par ce que nous appelons le « code génétique ». Vous vous souvenez de l'ARNm ? A partir d'un codon d'initiation* dans l'ARNm (une séquence de trois nucléotides, représentés dans ce jeu par les quatre couleurs correspondant aux quatre bases azotées, que l'on vous a déjà présentées), un acide aminé correspondant au codon est ajouté à l'élaboration de la protéine.

Ensuite, pour assembler la protéine, tous les trois nucléotides, en commençant par l'extrémité arrondie (5'), l'acide aminé correspondant (pièce en bois du tableau 2) doit être relié par son trou à la cheville de l'acide aminé précédent. Le diagramme ci-dessous (Figure 3) montre les séquences de trois nucléotides (codons) avec l'acide aminé correspondant à côté. Et n'oubliez pas : des différentes séquences peuvent déterminer le même acide aminé dans l'élaboration de la protéine.

*Vous vous souvenez que le premier acide aminé à ajouter est généralement une méthionine ? Mais avec vos élèves, vous pouvez choisir de ne pas entrer dans ces détails, et alors vous pouvez utiliser des séquences aléatoires même dans ce premier codon, en travaillant sur l'idée générale de l'élaboration d'une protéine.

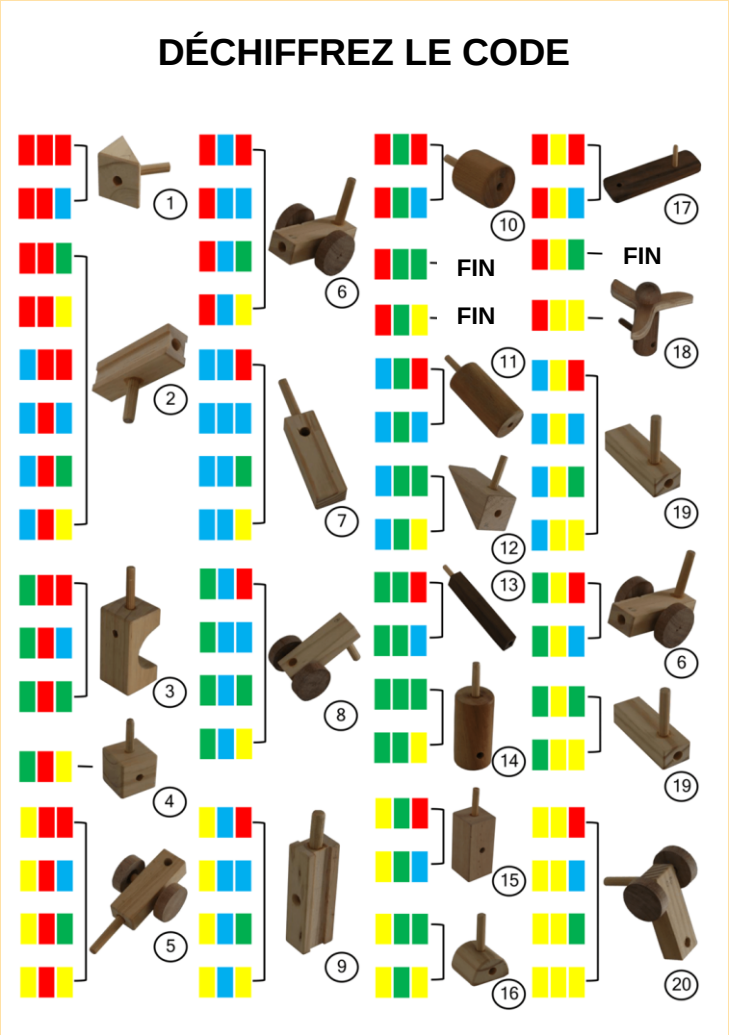

Figure 3. Combinaisons de couleurs représentant le code génétique (triplets de nucléotides, codons) qui déterminent l'acide aminé à incorporer dans l'assemblage de la protéine.

Alors que vous connaissez déjà toutes les pièces et le code génétique entier, que la fête commence !!

Avant de commencer à travailler, consultez les remarques ci-dessous :

- Disposez les groupes, de préférence pas trop grands. La taille du groupe dépendra du nombre total de participants, mais nous recommandons un minimum de deux et un maximum de cinq personnes par groupe.

- **Important** : Lors de l'assemblage des séquences d'ARNm, elles peuvent avoir différentes tailles, mais, dans la canne en bois qui fait partie du jeu, il faut considérer qu'elles peuvent contenir un maximum de 30 nucléotides, et il ne faut pas oublier que chaque séquence codante a à sa fin un triplet qui ne détermine aucune acide aminé, mais l'achèvement de l'assemblage de la protéine (notez les séquences marquées comme « FIM » sur la Figure 3).

Rappelez-vous toujours que la séquence initiale est la plus proche de la région arrondie de la canne (région 5' avec le cap) et la dernière est la plus proche de la région carrée (région 3' avec la queue poly A). Pour changer l'ordre des pièces colorées, détachez la pièce ronde de la canne, car la pièce à l'extrémité opposée, représentant la queue poly-A, est collée.

- Vous disposez de différentes options pour travailler :

Astuce 1. Demandez à chaque groupe d'assembler des séquences d'ARNm à l'aide de la canne en bois (Figure 1) et des pièces colorées correspondant aux bases azotées qui représentent les nucléotides (Figure 2), en vous assurant que chaque groupe a reçu une canne et un nombre X de pièces de chaque couleur (par exemple six pièces de

chaque couleur par groupe).

À partir de cet ARNm, demandez-leur d'assembler la séquence d'acides aminés à l'aide des pièces sur Tableau 2 et du code génétique sur la Figure 3 ; celui-ci peut être fourni sous la forme de carte plastifiée incluse dans le jeu. Grâce à cette activité, les participants pourront vérifier la relation entre les séquences de trois couleurs et les pièces qui représentent les vingt acides aminés correspondants, réalisant ainsi comment fonctionnent les codes en général - dans le cas des plus jeunes - et comment se forment les protéines, dans le cas des étudiants qui ont déjà appris ou qui sont suffisamment grands et qualifiés pour apprendre ce contenu.

<u>Remarque importante</u> : Les pièces qui

correspondent aux acides aminés doivent être unies pour assembler la protéine, en emboîtant toujours le trou de la pièce suivante (par exemple, la deuxième) dans la cheville de la pièce précédente (par exemple, la première) et jamais dans la direction opposée.

Astuce 2. Échangez la séquence de l'ARNm qu'un groupe a assemblé avec la séquence de l'ARNm d'un autre groupe, et après ce changement, et après cet échange, demandez-leur d'assembler la séquence des acides aminés correspondants ; pour assembler la protéine, procédez selon la méthode expliquée dans l'astuce 1.

De quoi discuter : Comparez les protéines produites par les différents groupes. Observez qu'elles ont des formats différents. Lors de ces comparaisons, vous

pouvez poser quelques questions à vos élèves, par exemple : saviez-vous que les différentes protéines que nous et d'autres êtres vivants possédons sont ainsi, avec différentes formes, et qu'elles sont aussi les produits d'un même code universel ? Pourquoi ? S'il y a des objets avec des formes similaires, vous pouvez demander s'ils auraient la même fonction vu qu'ils se ressemblent.

Ces suggestions de discussion valent également pour l'**Astuce 1**.

Astuce 3. Celle-là peut être une activité complémentaire aux activités suggérées dans l'Astuce 1. Pour cette activité, il est idéal que des nombres pairs de groupes aient été constitués dans la classe, afin que les groupes 1 et 2, et 3 et 4, par exemple, puissent interagir. Pour la développer, demandez à chaque groupe d'écrire la séquence de couleurs (ARNm) qu'ils ont utilisée pour assembler leur protéine.

Les protéines assemblées selon l'Astuce 1 doivent être échangées entre les groupes 1 et 2, entre le 3 et le 4 (et ainsi de suite d'accord avec le nombre de groupes) et chaque groupe doit rassembler la séquence de couleurs qui aurait entraîné la création de la protéine qu'il a reçue et noter cette séquence. À partir de ces données relatives aux séquences d'ARNm, les groupes 1 et 2 (et les autres groupes qui ont échangé des protéines) peuvent comparer leurs séquences, en vérifiant, très probablement, qu'à partir d'une même protéine, des séquences d'ARNm présentant des similitudes et des différences ont été assemblées.

De quoi discuter : A partir des différents ARNm assemblés en fonction d'une même

protéine, il est possible de discuter de la dégénérescence ou de la redondance du code génétique.

Astuce 4. Comme l'activité expliquée dans l'Astuce 3, c'est aussi une tâche complémentaire possible aux activités proposées dans l'Astuce 1 et se prête également à des interactions deux par deux entre les groupes. Demandez aux paires de groupes de placer leurs séquences colorées en parallèle et de les comparer selon le nombre de pièces identiques (en les attribuant la valeur 1) ou différentes (en les attribuant la valeur 0) tout en considérant la même position et en calculant, plus tard, le pourcentage de similarité entre elles. Par exemple :

0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0; le rapport égal/différent serait de 6/24 et le degré de similitude serait de 25%.

De quoi discuter : À cette étape, il est possible de travailler sur les similitudes entre les séquences de couleurs des différents groupes participants, en les comparant aux similitudes qui existent entre les espèces d'êtres vivants ou même chez les individus d'une même espèce.

Astuce 5. Formez quatre groupes et donnez à chacun d'eux deux séquences d'ARNm assemblées, chacune correspondant à l'assemblage d'un objet différent (protéine), et une carte du code génétique (Figure 3). Notez que pour l'assemblage de chaque objet il y a deux séquences d'ARNm possibles (Figures 4 à 7). Par exemple, donnez au groupe 1 une séquence d'ARNm qui correspond à l'assemblage de l'objet train (ARNm1) et une autre qui correspond

au marteau (ARNm3), et offrez au groupe 2 une autre séquence d'ARNm correspondant à ces mêmes objets (ARNm 2 et 4). Procédez de la même manière pour distribuer les ARNm concernant l'assemblage des objets rail et aérogénérateurs aux autres groupes. Quelque part dans la salle, soit une table ou un banc, où les membres des groupes peuvent accéder facilement, placez au hasard les pièces correspondant aux acides aminés. Après que les groupes ont reçu leurs séquences d'ARNm et la carte des codes génétiques, ils doivent assembler les objets correspondants. Pendant l'assemblage, passez de groupe en groupe pour voir s'ils rassemblent les pièces afin de produire l'objet final souhaité. C'est pourquoi il est important que vous

sachiez quels objets/protéines chaque groupe devrait être capable de monter. S'ils font fausse route, ne les arrêtez pas. Faites simplement des commentaires pour qu'ils discutent entre eux s'il y a d'autres options d'assemblage qui généreraient des objets plus intéressants ou fonctionnels. Si vous croyez que cette dynamique (mettre à disposition toutes les pièces sur une table) peut créer beaucoup de désordre dans la classe et peut-être prendre beaucoup de temps à se dérouler, vous, le.a professeur.e, pouvez préparer à l'avance et distribuer aux groupes, par ailleurs du diagramme sur la Figure 3 et des séquences d'ARNm, des ensembles plus petits contenant uniquement les pièces d'acides aminés correspondant aux objets que chaque groupe doit monter, rendant ainsi l'assemblage plus facile et plus rapide.

De quoi discuter : Une fois que les groupes ont fini de monter les objets représentant les protéines, commencez une discussion sur la forme des objets et leurs fonctions. Selon l'âge et la base de connaissances de vos élèves, vous pouvez centrer la discussion uniquement sur les propriétés des codes, ou vous pouvez les encourager à fournir des explications possibles avec ce qu'ils ont appris en biologie. Vous pourriez encourager les élèves à proposer des analogies entre les formes des jouets assemblés et les fonctions de vraies protéines, et discuter comment la forme de la protéine (et donc la séquence d'ARNm d'où elle provient) est importante pour qu'elle fonctionne correctement. Les objets sont : le train (Figure 4), qui pourrait représenter une protéine de transport telle que l'hémoglobine ; le marteau (Figure 5), qui pourrait représenter une enzyme de rupture telle que la pepsine ; le rail (Figure 6), qui pourrait représenter les protéines qui composent les microtubules ; l'aérogénérateur (Figure 7) qui pourrait représenter une protéine génératrice d'énergie, comme l'ATP synthase. Si vos élèves sont intéressés par le fait que tous les jouets ont une pièce apparemment inutile à leur extrémité initiale (la pièce carrée), vous pouvez mentionner que dans les vraies protéines, cette pièce correspond à la méthionine, qui est toujours le premier acide aminé incorporé dans l'assemblage protéique, mais qui est souvent éliminé une fois la synthèse protéique se termine.

Voici les objets et les séquences qui les codifient !!

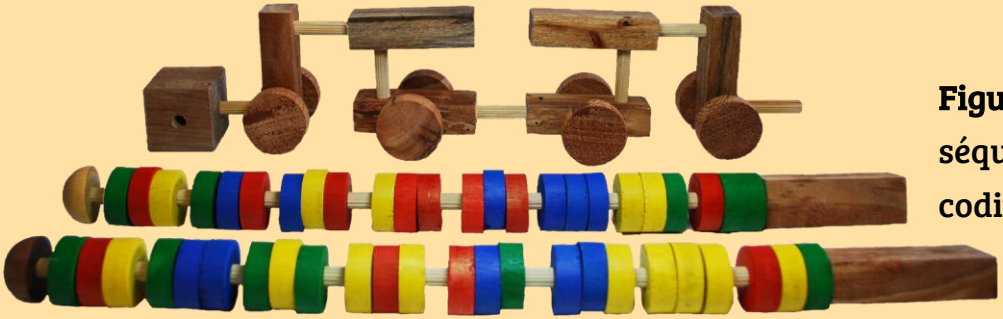

Figure 4. L'objet "train" et deux séquences d'ARNm qui le codifient.

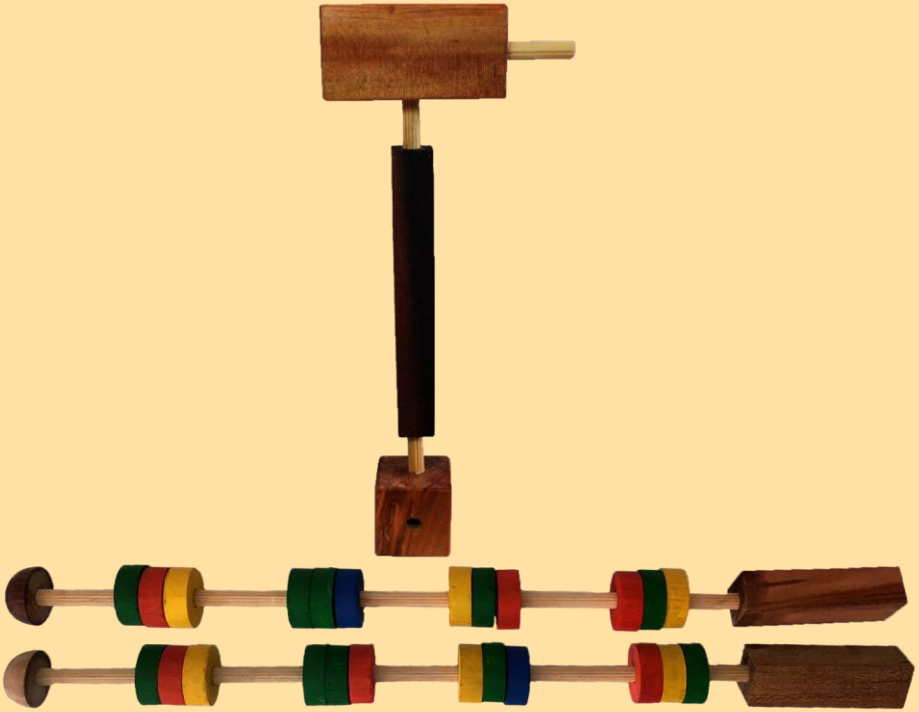

Figure 5. L'objet "marteau" et deux séquences d'ARNm qui le codifient.

Figure 6. L'objet "rail" et deux séquences d'ARNm qui le codifient.

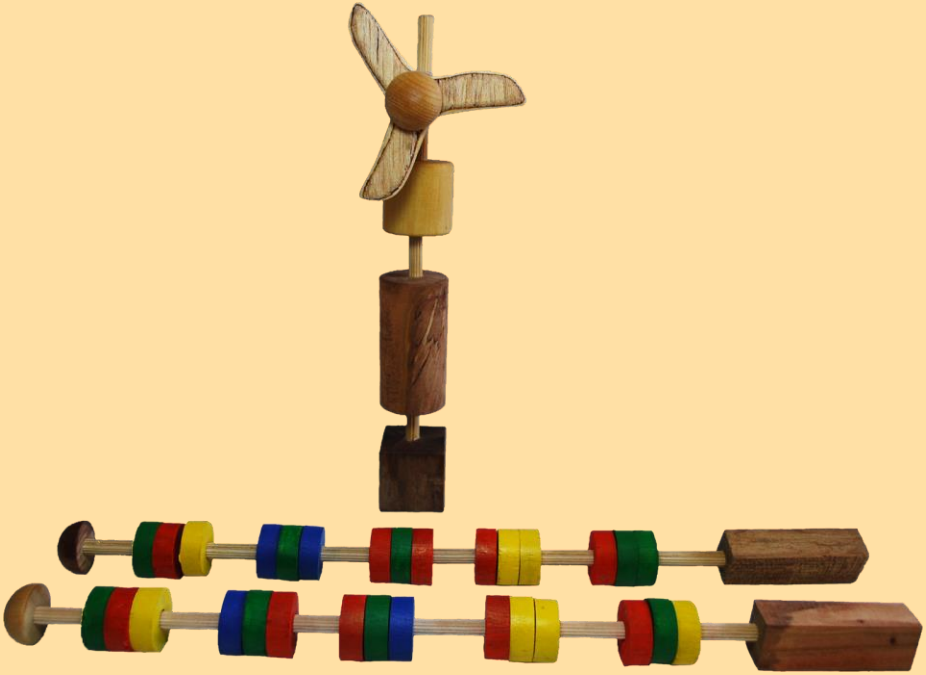

Figure 7. L'objet "aérogénérateur" et deux séquences d'ARNm qui le codifient.

Astuce 6. Introduisez des mutations dans les codons qui conduisent au remplacement d'acides aminés dans la protéine (ex: un triplet bleu-rouge-rouge détermine le placement d'une pièce représentant la leucine ; changez la pièce bleue pour une verte, laissant le triplet vert-rouge-rouge, et vous obtiendrez celle qui détermine le placement de l'acide aminé isoleucine dans la même position là où il y avait une leucine).

De quoi discuter : Discutez avec vos élèves que, selon le type d'échange qui se déroule (c'est-à-dire, d'accord avec l'échange de base) et où il s'est produit, cela déterminera dans quelle région protéique la modification aura lieu, compromettant potentiellement son fonctionnement. Vous pouvez même susciter chez les participants le questionnement sur une possible amélioration du fonctionnement d'un objet spécifique en introduisant une mutation.

Astuce 7. Introduisez des mutations dans les codons afin de ne pas changer l'acide aminé. Par exemple, une séquence verte-bleue-rouge détermine l'acide aminé thréonine ; remplacez-la par le triplet vert-bleu-bleu, qui détermine également le placement du même acide aminé dans cette position.

De quoi discuter : Discutez le fait que certaines mutations qui se produisent dans l'ADN, en particulier celles qui se génèrent dans la troisième position du triplet nucléotidique, éventuellement ne changent pas l'acide aminé qui sera placé dans une protéine. Celles-ci sont appelées mutations non-remplaçantes, silencieuses ou synonymes. Si vous appliquez cette astuce vous pouvez

également travailler sur la dégénérescence du code génétique.

Astuce 8. Vous pouvez comparer toutes les séquences d'ARNm et/ou de protéines assemblées par les différents groupes lors de l'application de l'Astuce 1, par exemple, à travers des photos, et discuter des similitudes et des différences entre les séquences d'ARNm et de protéines entre les groupes.

De quoi discuter : Les protéines les plus similaires les unes aux autres pourraient-elles remplir la même fonction ? Il est également possible, grâce à l'approche utilisée dans l'astuce 4, de discuter certaines questions phylogénétiques telles que : est-ce que plus d'organismes apparentés ont tendance à avoir plus de protéines similaires ? Pourquoi ?

Cher professeur, chère professeure, si vous avez une autre suggestion afin d'utiliser ce jeu en bois, le Projet Imagine se fera un plaisir de connaître votre astuce. On repense toujours aux dynamiques et aux manières attrayantes d'éveiller la curiosité et de rendre l'apprentissage plus interactif et moins abstrait. N'hésitez pas à nous contacter et à nous donner votre suggestion et, peut-être, votre idée fera partie de la prochaine version de ce manuel, qui est disponible gratuitement en ligne comme une Ressource Éducative Libre.

Adresses électroniques :

deavilaramos@gmail.com (Coordinateur du Projet Imagine);

norma.machado@ufsc.br (Vice-coordinatrice du Projet Imagine);

projetoimagineufsc@gmail.com

Si vous souhaitez découvrir plus d'astuces sur le jeu Ima-gène, visitez le site Web de Project Imagine (https://projetoimagine.ufsc.br/). Dans ce site, le jeu est disponible gratuitement comme une Ressource Éducative Libre.

Mais, si vous voulez acheter un jeu prêt à l'emploi et original, provenant du producteur qui a participé à sa conception, cherchez l'Oficina do Aprendiz (https://oficinadoaprendiz.com.br/).

imagine

Núcleo “Imagine” de Popularização Científica e Integração Ensino-Pesquisa-Extensão / CCB-UFSC

UFSC

Gentiment traduit par: Fedra Rodríguez

Fabriqué par: Oficina do Aprendiz

The present content s licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.