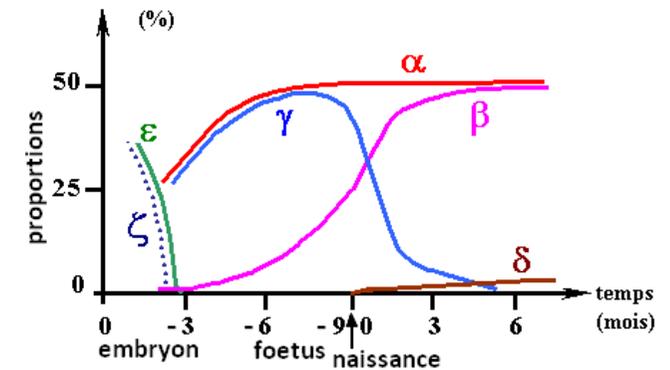


La molécule d'**hémoglobine**, protéine de transport de l'O₂ est présente dans les hématies. Elle est formée de deux chaînes polypeptidiques semblables deux à deux.

En fait, il n'existe pas une hémoglobine mais des hémoglobines. Dans l'espèce humaine, la nature de ces chaînes varie au cours de la vie d'un individu, de la vie embryonnaire jusqu'à l'âge adulte.

Avant la naissance, les hématies de l'embryon (0-3 mois) contiennent de l'hémoglobine constituée des chaînes ζ et ϵ ($\zeta_2\epsilon_2$). Puis, l'hémoglobine fœtale F (3 – 9 mois) est constituée de deux chaînes α et de deux chaînes γ ($\alpha_2\gamma_2$). Après la naissance, les hématies contiennent de l'hémoglobine adulte A, très largement majoritaire (97%), constituée de deux chaînes α et de deux chaînes β ($\alpha_2\beta_2$) mais également de l'hémoglobine D (2% : $\alpha_2\delta_2$) et de l'hémoglobine F (environ 1%).

Chaînes d'hémoglobine présentes à différents moments de la vie



Comment expliquer l'existence de plusieurs gènes codant pour des protéines ayant une structure 3D très voisine et remplissant le même rôle ?

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Les chaînes polypeptidiques des globines sont codées par des gènes dont on connaît l'emplacement et ces chaînes ont une configuration spatiale très proche l'une de l'autre. Ces gènes ont été localisés sur la paire de **chromosomes 11** (ϵ , γ , δ , β) et **16** (ζ , α) chez l'Homme.



α globine : 141 acides aminés

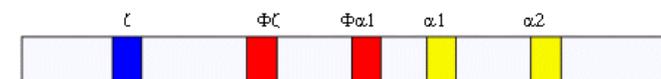


γ globine : 146 acides aminés



ζ globine : 141 acides aminés

Chromosome 16 : Groupe de type alpha



Chromosome 11 : Groupe de type bêta



Les gènes embryonnaires sont représentés en bleu, les gènes fœtaux en vert, les gènes adultes en jaune et les pseudogènes en rouge.



UTILISER DES TECHNIQUES : Utiliser un logiciel de traitement de l'information (**ANAGÈNE**)

1. **Lancer** le logiciel **ANAGÈNE2** et **télécharger** les séquences nucléiques suivantes : *Alpha1-Beta – gammaA – delta* en suivant le chemin d'accès suivant : *Fichier - Thème d'étude → Terminale S → Stabilité et variation des génomes et évolution – innovations génétiques-duplications et familles multigéniques → gènes des globines*. Vous recommencerez l'opération pour télécharger les séquences protéiques : *Alpha1pro – Betapro – gammaApro – deltapro*.

2. **Utiliser** les fonctionnalités du logiciel pour comparer les séquences nucléotidiques et protéiques (*Rappel : choisir comme séquence de référence la plus longue*). Les résultats sont exprimés en % de ressemblances ou de différences.

APPELER LE PROFESSEUR POUR VÉRIFICATION

3. **Traiter** les résultats bruts et les **communiquer** de manière judicieuse pour les rendre exploitables.

**RAISONNER** : Analyse génétique à partir d'un arbre généalogiqueOuvrir le logiciel **PHYLOGÈNE**Télécharger le fichier « [toutes-globines-humaines-pro.aln](#) » : Fichier → Ouvrir → Fichier exercice ... à charger dans le dossier du jour.Sélectionner dans le tableau les 8 séquences peptidiques suivantes en les mettant en surbrillance : *Alpha 1 – Alpha 2 – Gamma A – Gamma G - Beta - Delta –Epsilon*.Cliquer ensuite sur l'onglet « **Arbre** ». Sur un tel arbre, la longueur des branches horizontales est proportionnelle au nombre (ou au %) de différences entre deux molécules situées aux extrémités. En effet, on admet que plus les différences sont nombreuses, plus l'évènement à l'origine de deux gènes apparentés est ancien. Inversement, un faible nombre de différences est indicateur d'un évènement récent.**APPELER LE PROFESSEUR POUR VÉRIFICATION ET OBTENIR L'ARBRE****RAISONNER** : L'origine génétique des globines humaines

On veut expliquer l'origine des génétiques des globines humaines.

À partir de l'arbre phylogénétique des globines obtenu avec Phylogène et en tenant compte des informations apportées par les documents 1 et 2 :

- indiquer sur cet arbre par un signe distinctif à quel moment ont eu lieu les duplications ;
- Donner un cadre temporel à ces duplications. Donner un cadre temporel c'est dater chacune des duplications.

Document 1 : Globines présentes chez divers groupes de vertébrés

Molécule / Classes - espèces	Types d'hémoglobine	Age du plus ancien fossile connu (en Ma)
Vertébrés sans mâchoires (ex. Lamproie)	Protéine primitive à une seule chaîne	500
Poissons à nageoires rayonnées et amphibiens	Protéine à 4 chaînes de type α et β	420
Sauropsidés (oiseaux – reptiles)	Protéines à 4 chaînes de type α , β et γ	320
Mammifères non primates (ex. Chien – rat – Cerf...)	Protéines à 4 chaînes de type α , β , γ et ϵ	220
Mammifères primates (ex. Lémurien – Loris - Tarsiers...)	Protéines à 4 chaînes de type α , β , δ , γ et ϵ	55
Macaques et primates hominoïdes (ex. Gibbon – Orang-outan – Gorille...)	Protéines à 4 chaînes de type α , β , δ , γ_A , γ_G et ϵ	20
Genre Homo	Protéines à 4 chaînes de type α_1 , α_2 , β , δ , γ_A , γ_G et ϵ	2,6

Pour information : La **myoglobine** est une protéine présente dans le tissu musculaire des vertébrés et a pour fonction de stocker le dioxygène plutôt que de le transporter. Elle est constituée d'une seule chaîne.

Document 2 : La notion de famille multigénique

Les chercheurs estiment que si **deux protéines** présentent au moins **20%** d'acides aminés communs, cela ne peut être dû au hasard et signifie que les gènes qui codent ces molécules ont une origine commune et sont donc apparentés : ils constituent une **famille multigénique** et on dit que ces molécules sont **homologues**. On explique cet apparentement par le scénario suivant :

- Un gène ancestral se multiplie par **duplication**, sur le même chromosome ou éventuellement sur un autre chromosome par transposition.
- Au cours du temps, les copies du gène subissent des mutations ponctuelles et se différencient les uns des autres.

