

Nom :

Prénom :

Devoir sur table n°5 SVT, ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS

Ce corrigé a été partiellement écrit avant correction des copies, mais des commentaires ont été ajoutés après correction pour relever les erreurs principales, à éviter à l'avenir.

La moyenne après correction est de 7,8/20, soit **1,3 points de moins** que le précédent devoir.

- Une partie de ce recul s'explique par la longueur du devoir, raison pour laquelle un coefficient multiplicatif a été introduit, permettant de remonter les notes d'un point en moyenne (**moyenne finale de 8,8/20**).
- Cependant, ces questions classiques et censées être faciles avaient été introduites, pour faire en sorte de valoriser les étudiants en difficulté, mais qui apprennent leur cours. Elles ont souvent été très décevantes.

Ce devoir était la dernière étude de documents avant le concours, et c'était donc une occasion manquée de se rassurer après 2 ans de prépa, et de se persuader qu'on est désormais prêt pour le concours. Pour de nombreux étudiants :

- **Les cours ne sont maîtrisés** (définition de la tomographie ou de l'interférométrie, nature de la réaction catalysée par la RuBisCO)
- **Les applications de cours ne sont pas maîtrisées** (utilisation d'une tomographie, lecture d'une carte d'anomalies magnétiques, établissement d'ellipsoïdes de déformation ou de contraintes)
- **Les méthodes ne sont pas maîtrisées** (relevé d'info dans les docs, influence du facteur variant sur le paramètre mesuré, identification d'un témoin, discussion sur les raisons qui font qu'on mesure tel paramètre, ou qu'on fait varier tel autre paramètre).

D'ici le mercredi 29 avril, ce travail d'apprentissage du cours, de ses applications et des méthodes de l'étude de documents devra être fait par beaucoup d'entre vous, à défaut de l'avoir fait pendant l'année, si vous voulez espérer éviter la catastrophe.

Géologie – Durée conseillée : 1 h 45 Thème : Quelques aspects de la géologie de l'Iran

Partie 1 – Étude géodynamique du Zagros et de la zone Sanandaj-Sirjan

Question 1. Le doc 1 présente la position des principales limites de plaques. À partir de ce doc :

- Donnez des arguments permettant d'identifier l'Arabie comme une plaque indépendante.

L'Arabie peu sismique, mais entourée par des zones très sismique, ce qui est une caractéristique d'une limite de plaques.

Ne pas oublier l'absence quasi totale de séismes intraplaque !

- Identifiez le type de limite de plaque entre l'Arabie et l'Afrique.

On observe un moho très peu profond au milieu de la mer Rouge (inférieure à 10 km), ce qui est permet de dire que la croûte est très amincie, voire océanique. De plus, on voit des anomalies magnétiques parallèles et symétriques à l'axe de la mer Rouge (en tout, 5 anomalies). Cela est caractéristique d'une ouverture océanique. La limite de plaque entre Afrique et Arabie est donc une **dorsale**, et la mer Rouge est en réalité un océan miniature.

Cette question pourtant très classique a été loupée en grande majorité. De nombreuses « anomalies » sont utilisées en géologie : gravimétrique, magnétiques, de vitesse des ondes sismiques... il faut donc impérativement vérifier de quel type d'anomalie il s'agit. Ici, ce sont des anomalies **magnétiques**. La seule et unique chose à connaître sur les anomalies magnétiques, c'est leur disposition en bandes parallèles et à symétrie axiale dans une dorsale. C'était le cas ici.

Question 2. Analysez le doc 2 pour déterminer quelques caractéristiques de la croûte de la zone étudiée (Zagros/Sanandaj – Sirjan).

L'altitude est élevée (proche de 4000 m), donc il s'agit probablement d'une chaîne de montagnes. Les anomalies de Bouguer sont d'autant plus négatives que les reliefs sont élevés : il y a donc un défaut de masse en profondeur, qui peut être interprété comme une **racine de chaîne de montagnes**. Pour les 2BioA : par comparaison avec les Alpes, l'altitude est comparable, donc l'épaississement crustal doit être du même ordre de grandeur (~60 km en tout, soit une racine de profondeur $60 - 30 - 4 = 26$ km).

Nom :

Prénom :

Attention de ne pas aller trop vite : une anomalie négative de Bouguer ne peut pas être interprétée comme une racine sans autre donnée.

Question 3. À partir du doc 3 :

- Décrivez au premier ordre la norme et la direction des déplacements des stations dans le Zagros en fonction de leur distance à la station BES, et tirez-en des conclusions concernant la région au sud-ouest de la MZRF.

La majeure partie des vecteurs pointent vers le NNE. Les normes ont cependant tendance à diminuer au fur et à mesure que l'on se rapproche de la station BES, la plus au NE. La zone au SW de la MZRF est donc une zone de déformation, avec raccourcissement dans le sens SSE-NNE. Cette déformation est accommodée par des failles inverses visibles sur la carte, mais sans doute aussi par des plissements, comme dans toute chaîne de montagnes.

Il y a de fait une confusion entre **déplacement** et **déformation**. Dans une plaque lithosphérique, tous les points se déplacent à la même vitesse angulaire, donc il n'y a pas de déformation. Par définition, la déformation d'un objet est caractérisée par le fait que ses différents points ne se déplacent pas à la même vitesse.

- Pourquoi les incertitudes sont-elles représentées sous la forme d'ellipses ?

Les incertitudes portent à la fois sur la norme (partie de l'ellipse allongée dans le même sens que le vecteur) et sur la direction (partie de l'ellipse allongée dans le sens perpendiculaire au vecteur).

Une autre réponse, équivalente mathématiquement, était que l'incertitude concernait la latitude et la longitude (un vecteur du plan était défini par deux coordonnées spatiales).

Question 4. À partir du doc 4 et des observations faites à la question précédente :

- Identifiez l'orientation et le jeu des principales failles actives dans le Zagros Sud (encart 1 du doc 4).

Les sphères focales indiquent des failles inverses, avec des directions N90 à N120. Vu les nombreuses failles indiquées (qui sont bien notées comme inverses), c'est cohérent. Le tracé cartographique de ces failles permet de préciser le pendage des failles, qui est vers le N (donc, le bloc NE chevauche le bloc SW)

Ne pas oublier de répondre **complètement** à la question : beaucoup d'étudiants ont discuté seulement du jeu, mais pas de l'orientation. On rappelle que l'orientation d'une faille est l'orientation du tracé cartographique de la discontinuité (soit l'orientation du « trait noir » représentant la faille). Le pendage est l'inclinaison du plan de faille, et la vergence est le sens de déplacement du bloc supérieur (toit).

- Proposez une origine au jeu des séismes dans le Zagros dans son ensemble.

La plupart des séismes du Zagros sont de même type (failles inverses). Ce sont des failles expliquées par une contrainte σ_1 horizontale et perpendiculaire au tracé cartographique de la faille, qui peut elle-même être expliquée par le raccourcissement vu à la question 3, et qui est aussi à l'origine de la chaîne de montagnes.

Question 5. Sur l'encart 2 du doc 4, deux failles du nord-est de l'Iran sont présentées ainsi que plusieurs symboles de mécanismes au foyer :

- Dans le cadre ci-dessous, dessinez le jeu des deux failles, puis proposez un lien entre ces deux failles que vous justifierez.

Les ellipsoïdes sont représentées sous forme d'ellipse pour plus de commodité (avec Y et σ_2 verticaux). Les deux failles se coupent avec un angle de $60^\circ/120^\circ$, ce qui permet de dire qu'il s'agit de deux failles décrochantes conjuguées.

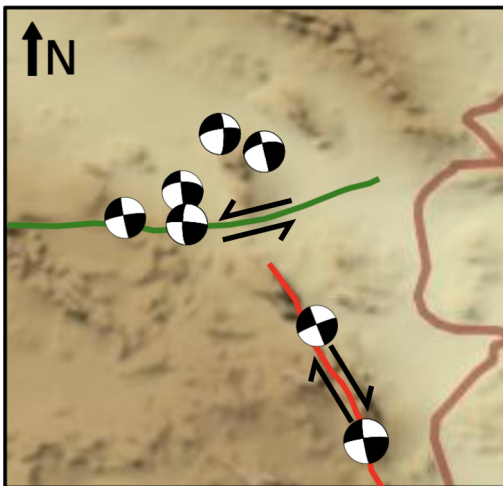
- Dessinez l'ellipsoïde de déformation associé à ces deux failles. Justifiez s'il est possible de représenter l'ellipsoïde des contraintes associé, et, si c'est le cas, représentez-le.

Dans le cas d'une déformation cassante, passer de l'ellipsoïde des déformations à l'ellipsoïde des contraintes est possible, avec σ_1 , σ_2 et σ_3 respectivement parallèles à Z, Y et X.

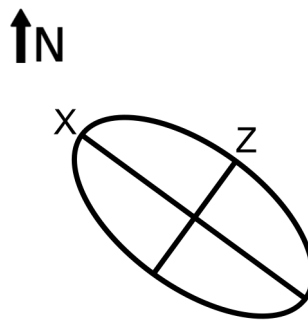
Nom :

Prénom :

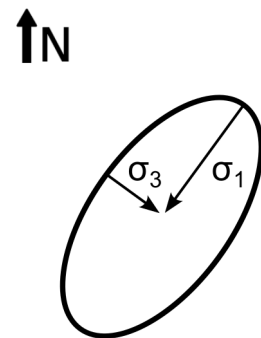
Jeu des failles



Ellipsoïde de déformation



Ellipsoïde de contraintes



- Justifiez si le jeu de ces failles peut être expliqué par la même cause que les failles du Zagros.

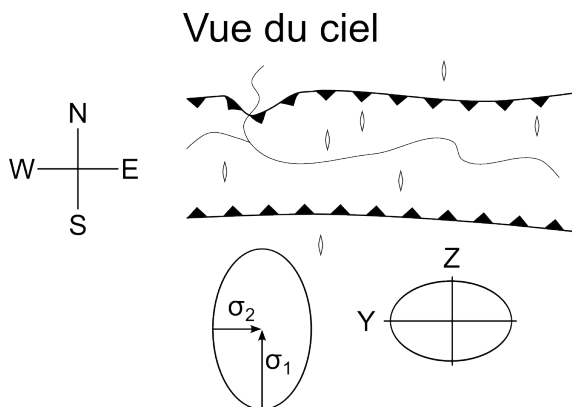
La direction des contraintes est cohérente avec la direction de raccourcissement mise en évidence par GPS dans le Zagros.

Cette question était une des plus loupées du devoir ! La notion de faille conjuguée, et son lien avec la contrainte, n'est manifestement pas maîtrisée du tout. Il faut bien prendre conscience du fait qu'un couple de failles conjuguées correspond à deux déformations cassantes caractérisées par **la même direction de raccourcissement**, et **le même ellipsoïde des contraintes**. Ce qui est vrai pour des failles décrochantes l'est tout aussi bien pour des failles normales ou inverses. On rappelle le schéma classique ci-dessous, à connaître par cœur :

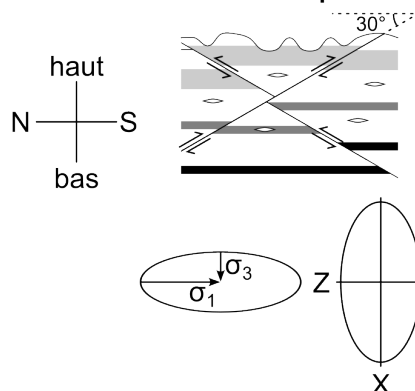
Nom :

Prénom :

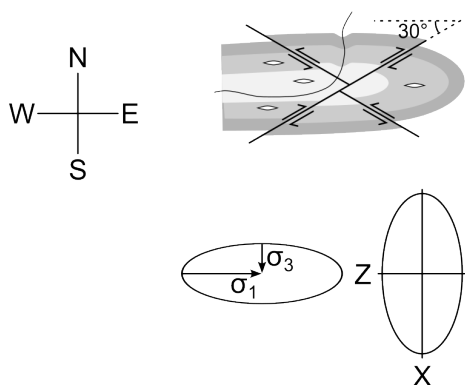
a. Faille inverses
conjuguées



Vue en coupe

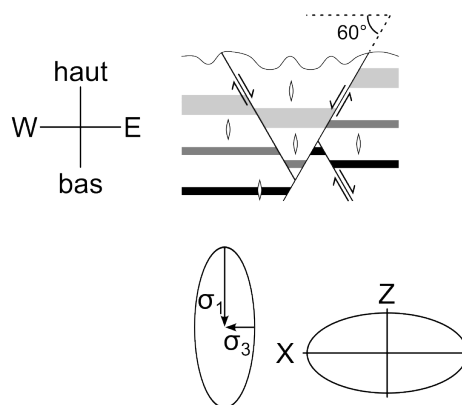
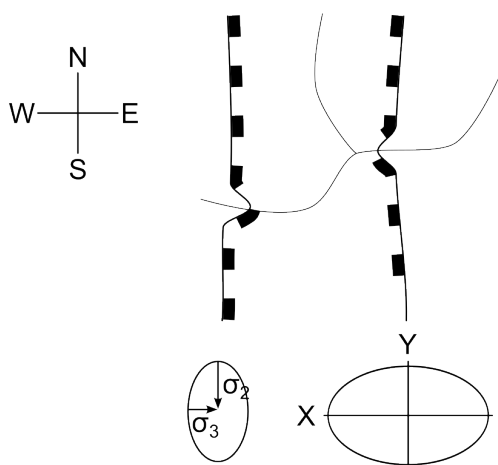


b. Faille décrochantes
conjuguées



coupe pas très
intéressante,
inutile ici

c. Faille normales
conjuguées



Concernant les conditions permettant de passer de l'ellipsoïde des déformations à l'ellipsoïde des contraintes, il y a deux critères presque équivalents :

- pas de composante rotationnelle (= pas de cisaillement simple), ce qui est très rare pour une déformation continue.
- déformation cassante (quasiment systématiquement sans composante rotationnelle).

Le cas d'un couple de failles conjuguées est donc typiquement un cas de déformation cassante, sans composante rotationnelle, où on peut remonter à l'ellipsoïde des contraintes.

Question 6. Le doc 5 présente un interférogramme cosismique, réalisé avant et après un séisme ayant eu lieu dans la région de Bam de 2006 (localisation dans le doc 4).

- Rappelez brièvement le principe de l'interférométrie radar.

Un satellite envoie une onde électromagnétique d'une longueur d'onde de quelques cm (micro-ondes), qui se réfléchit sur le sol et est enregistré par le satellite, qui mesure la phase de l'onde. Le satellite repasse une deuxième fois au même endroit, et tout point pour lequel la phase a changé est un point dont la distance au satellite a varié :

Nom :

Prénom :

- si la phase a augmenté, le point s'est éloigné du satellite.
- si la phase a diminué, le point s'est rapproché du satellite.

- Pour chacun des deux points A et B, déterminez la valeur du déplacement occasionné par le séisme ; précisez, pour chaque point, s'il s'éloigne ou s'il se rapproche du satellite. Quelle donnée manque pour calculer le rejet de la faille lors du séisme ?

point A : 6 franges, la phase diminue vers le centre : le point A s'est rapproché du satellite de $6 \times 28 \text{ mm} = 168 \text{ mm}$

point B : 10 franges, la phase augmente vers le centre : le point B s'est éloigné du satellite de $10 \times 28 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$.

Le principe de la technique a été rappelé en mémo : il est étonnant que si peu d'étudiants aient su expliquer la technique... les cours doivent être mieux travaillés !

Question 7. Le doc 6 présente une tomographie sismique, dont la position est indiquée dans le doc 2.

- Présentez le principe d'obtention d'une tomographie et précisez ce que signifie « anomalie de vitesse. »

Tomographie : étude des anomalies de vitesses dans le sous-sol (notamment le manteau). L'anomalie est la différence entre la vitesse mesurée par les sismographes (par la mesure du temps entre la date du séisme et celle de son enregistrement) et la vitesse théorique (modèle PREM).

- Interprétez le profil tomographique puis précisez le contexte géodynamique de l'ouest Iranien (zones Zagros et Sanandaj – Sirjan).

On a une anomalie positive de vitesse, le long d'un plan incliné d'environ 45° , vers le NE. On peut l'interpréter comme une zone moins ductile, donc plus froide. Il peut s'agir d'une subduction océan-continent, ou d'une subduction continentale (continent-continent), c'est-à-dire une chaîne de montagnes, ce qui est cohérent avec les réponses aux questions précédentes.

- Proposez une hypothèse pour l'origine du mouvement relatif de la plaque Arabie par rapport à la plaque Eurasie.

L'Arabie pourrait correspondre à la plaque inférieure dans une subduction sous la plaque Eurasienne, ayant donné lieu à une collision. La lithosphère océanique plongeante, très dense, serait alors à l'origine du mouvement (y compris de l'ouverture océanique en mer Rouge).

Cette question était une **question facile** : la tomographie a été vue et revue depuis la BCPST1, voire depuis le lycée. Le devoir n°3 comportait déjà une tomographie de subduction. Il est tout à fait **anormal** qu'elle ait été loupée par 2/3 des étudiants ! Cela pose question sur l'intensité et l'efficacité du travail personnel, et sur la remise en cause personnelle en cours d'année et à l'approche du concours.

Partie 2 – Les roches magmatiques et métamorphiques de la zone Sanandaj–Sirjan

Question 8

- Placez l'échantillon dans le diagramme du doc 8.

On recalcule les pourcentages pour se ramener à 100 :

Alcalins : $3,35/16,95 \sim 1/5 = 20 \%$

Fer : $8,38/16,95 \sim 1/2 = 50 \%$

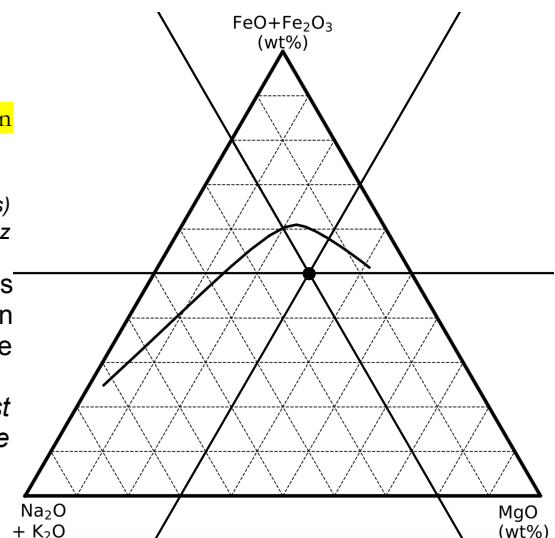
Mg : $5,22/16,95 \sim 30 \%$

C'était la question la mieux réussie du devoir. Comme quoi, quand on bosse, ça paye. À généraliser à l'ensemble des autres compétences...

- À partir des diagrammes (docs 8 et 9), indiquez le(s) contexte(s) géodynamique(s) de mise en place de ces roches. Justifiez succinctement.

Doc 9 : les roches sont subalcalines, donc soit calco-alcalines soit tholéitiques. L'appauvrissement équivalent en Fe et en Mg (diagramme AFM) permet de trancher en faveur de la série calco-alcaline.

NB : ce n'était pas demandé, mais ce type de volcanisme est attendu, à cet endroit, puisqu'on est au dessus de la plaque en subduction.



Question 9. À partir de la carte géologique du doc 10, caractérisez le type de métamorphisme de cette région, et précisez-en les causes.

Nom :

Prénom :

On observe la présence d'une roche plutonique (granitoïdes), au contact de cornéennes. En s'éloignant du pluton (dans l'Est, vers Simin), on rencontre des schistes présentant différents minéraux métamorphiques (staurotide, puis andalousite et grenat, et enfin chlorite), avec une disposition concentrique (eu auréole). Sous réserve que 1. ces 4 formations (cornéenne, et les trois schistes) dérivent du même protolithe, et 2. que le protolithe du schiste soit bien antérieur au granitoïde, on peut alors déduire que ce métamorphisme est un métamorphisme de contact, de faciès Cornéenne, qui s'est formé au contact du pluton granitoïdique encore chaud.

N'oubliez jamais que la géologie est une science naturaliste : une carte géologique doit faire l'objet d'une prise d'informations, d'une description précise, notamment de la géométrie des différents terrains.

Question 10. On présente dans le doc 11 des échantillons, à différentes échelles, d'une roche métamorphique (nommée X) prélevée dans le Sud de la région d'Hamadan, à proximité de Sarabi. Son protolithe est un gabbro.

- Montrez que la roche X a subi une fusion partielle lors du métamorphisme. Citez le nom d'une roche vue en cours, et formée par une fusion partielle en cours de métamorphisme. Peut-on donner à la roche X le même nom ?

doc 11b gauche : la roche est sombre, avec lignes claires très irrégulières. C'est donc une roche foliée, ce qui est cohérent pour une roche métamorphique. Cependant, la zone notée « leucosome » est singulière, dans la mesure où elle est beaucoup plus épaisse que les lits clairs soulignant la foliation (~10 cm). Il pourrait s'agir d'une zone fondue.

doc 11b droite : la roche est toujours sombre, avec des lignes verticales à droite, interprétables comme de la foliation également. Le leucosome correspond ici à une bande d'environ 40 cm de large, bien trop pour pouvoir constituer de la foliation. Sa forme relativement régulière (malgré des courbes) permet de l'interpréter comme un filon de roche magmatique.

doc 12 : de nombreux minéraux sont présents, et la structure du mésosome est difficile à déterminer. Pour le leucosome en revanche, la structure est clairement non foliée, avec des minéraux tous jointifs et pas de verre : c'est une texture grenue, donc issue du refroidissement d'un magma. La présence de Qz, et Pl et de Bt permet de conclure qu'il s'agit d'un granite ou d'une granodiorite, dont une roche magmatique grenue acide (alors que le protolithe était basique).

Bilan : un gabbro préexistant (protolithe) a été métamorphisé, probablement par métamorphisme de contact, comme les schistes, ce qui l'a déformé (foliation), et a fini par le faire fondre partiellement (poches de magma acide). Cela s'apparente donc à une migmatite, avec cependant de grandes différences :

- une migmatite se forme à partir d'un ortho- ou paragneiss ; ici, le protolithe est un gabbro, beaucoup plus basique.
- une migmatite se forme par augmentation progressive de la pression et de la température, dans le cadre du métamorphisme régional. Ici, on a seulement du métamorphisme de contact.

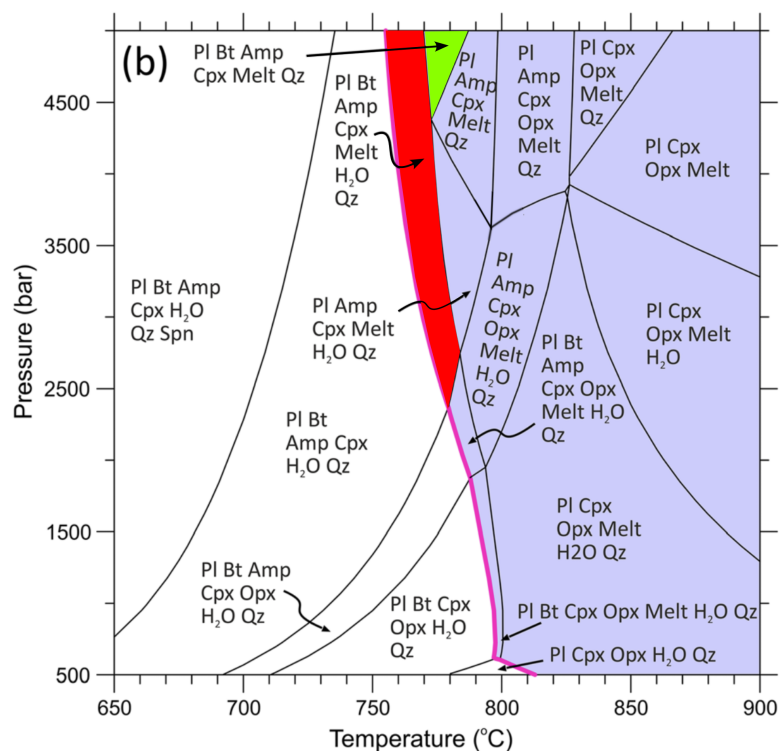
- Commentez la nature et la genèse du « mésosome » et du « leucosome. »

Mésosome : désigne les parties les plus sombres, qui correspondent soit au protolithe (gabbro folié) soit au résidu de fusion (riche en compatibles).

Leucosome : correspond à la partie fondue, riche en incompatibles, d'où sa couleur très claire et sa minéralogie de granitoïde.

- Dans la grille pétrogénétique (doc 12), placez la roche X (en précisant éventuellement les différentes hypothèses s'il y en a). Que pensez-vous de la précision de la détermination de la pression et de la température ?

(cf. page précédente). Deux zones du graphe sont à la fois 1. avec biotite, 2. sans orthopyroxène, 3. avec fusion partielle. Pour départager ces deux zones (en rouge et vert dans le corrigé), il faudrait déterminer si



Nom :

Prénom :

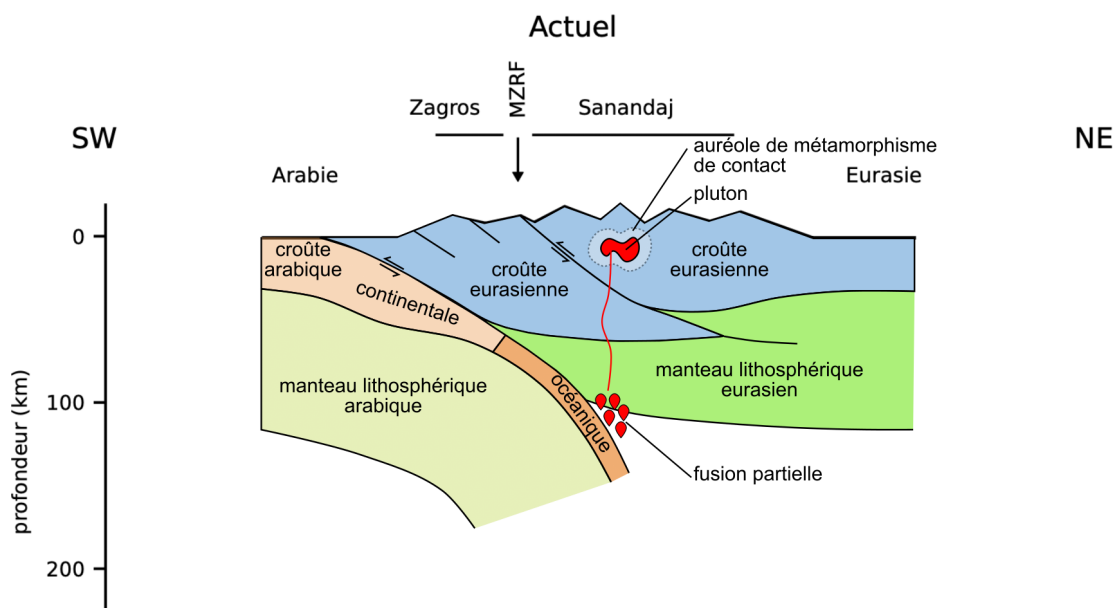
de l'eau libre existe, ou si elle est toujours présente sous forme d'hydroxyles (dans les minéraux comme les micas et les amphiboles), mais on n'a pas l'information.

Quoi qu'il en soit, ces deux zones correspondent à une très faible gamme de températures (entre 755°C et 785°C), ce qui est une précision excellente (bon géothermomètre). En revanche, les pressions varient entre 2300 bar (0,23 GPa, soit ~7 km) et 5000 bar (0,5 GPa, soit ~15 km), donc la précision est mauvaise (mauvais géobaromètre).

Questions pas facile, mais tous les étudiants qui ont joué le jeu de la description rigoureuse ont eu des points. En revanche, vouloir plaquer des connaissances toutes faites en s'affranchissant de la description était une très mauvaise stratégie.

Partie 3 – Bilan

Question 11 (POUR LES 2BioA SEULEMENT). À partir de l'ensemble des informations des deux premières parties, réalisez une coupe très simplifiée, qui présente la géodynamique actuelle du Zagros et de la zone Sanandaj-Sirjan. Votre coupe passera approximativement par le trait donné dans le doc 2a et rendra compte des conclusions tirées des différentes questions de cette partie. Un profil topographique approximatif est fourni (ci-dessous). Votre coupe prendra en compte une épaisseur réaliste des croûtes et des lithosphères.



NB : on a fait le choix de considérer que la MZRF n'était pas le front de subduction, en particulier en raison de la position très au SW du slab, déjà très profond à l'aplomb de la MZRF. Attention aux valeurs d'épaisseurs des différentes couches : ~30 km pour une croûte continentale normale, 60 km pour la croûte épaissie, 7 km pour la croûte océanique, 100-120 km pour la lithosphère.

Question non abordée par la plupart. N'oubliez pas : il y a presque toujours un bilan à la fin de chaque partie.

Question 11 (POUR LES 2BioB SEULEMENT). À partir des informations tirées des deux parties, proposez une chronologie des événements menant à la situation actuelle dans la zone Sanandaj-Sirjan.

Nom :

Prénom :

Biologie – Durée conseillée : 1 h 45

Partie I – Une étape de la myogenèse : transformation de myoblastes en myotubes

Question 1. Comparez les deux types cellulaires et indiquez quel processus permet d'obtenir des myotubes à partir de myoblastes

En A, les myoblastes sont uninucléés, et sans allongement privilégié. Leur diamètre est d'environ de 20 μm . En B, les myotubes sont allongés (dans le sens du réseau de filaments d'actine), et plurinucléés (noyaux visibles en bleu par fluorescence). Leur diamètre est d'environ 10 μm et leur longueur de 125 μm minimum.

Comme le nombre total de noyaux de la culture n'a pas varié, on peut conclure que des myoblastes ont **fusionné** pour former les myotubes.

NB : comme on ne sait pas de quoi est composé le milieu de différenciation, la notion d'induction, et les processus de signalisation à l'origine de cette induction ne peuvent pas être discutés dans cette question.

Question 2. Analysez le doc 1C et concluez sur la chronologie des événements impliqués dans l'obtention de cellules musculaires différenciées.

Analyse du protocole : CPK = enzyme cytoplasmique pouvant régénérer de l'ATP à partir de phosphocréatine. C'est un **marqueur de la différenciation** : mesurer CPK revient à déterminer le nombre de cellules musculaires fonctionnelles, donc **différenciées**.

Obs : on observe une augmentation forte du nombre de noyaux dans les myotubes par rapport au nombre total de noyaux : de 40 % au bout de 20h de culture à environ 65 % à $t = 50\text{h}$ de culture.

L'activité de la CPK augmente également de façon similaire dans les cellules en culture (de 2 unités d'activité par mg de protéine à 14 unités) avec un décalage dans le temps d'environ 5 heures.

(NB : bien que la courbe ait une forme sigmoïde, cela n'a rien à voir avec une courbe de cinétique enzymatique.)

Int : On en déduit que la différenciation, après culture dans le milieu de différenciation, a lieu en plusieurs étapes :

- d'abord, les myoblastes fusionnent en myotubes (augmentation du nombre de noyaux par cellule),
- puis différenciation proprement dites, avec augmentation de l'activité de la CPK augmente

Les analyses de protocoles sont souvent absentes, si bien qu'on traîne dans toute la copie des histoires de CPK... alors que la CPK n'est qu'un moyen objectif de voir si la cellule est différenciée ou non.

Question 3. Grâce à l'analyse des documents ci-dessus, déterminez quelle condition est nécessaire à la différenciation des cellules musculaires

Analyse du protocole : dans des deux séries d'expérimentations, on mesure l'activité de la CPK ou le nombre de noyaux par cellule. On vient de voir (deux premières questions) que ces deux paramètres sont des **marqueurs de différenciation** : mesurer CPK ou le nombre de noyaux revient à évaluer le taux de différenciation des cellules.

On fait également varier différents paramètres, qu'il est fondamental d'analyser en amont des expériences :

- Ca^{2+} : il est rappelé dans la légende que les cadhérines sont Ca^{2+} -dépendantes. Il s'agit donc d'utiliser un milieu plus ou moins propice à la fonction des cadhérines.
- anticorps anti-cadhérine : en se fixant sur les cadhérines, il les empêche d'interagir entre elles, et donc de remplir leur fonction de protéine jonctionnelle.
- peptide 1 : ayant une séquence identique à la portion extracellulaire d'une cadhérine, il joue exactement le même rôle que l'anticorps (les cadhérines sont des protéines jonctionnelles homophiliques). On peut voir le peptide 1 comme un inhibiteur compétitif.
- peptide 2 : ayant les mêmes acides aminés, mais dans un ordre aléatoire, il n'a aucune activité, et constitue donc un témoin négatif (par rapport au peptide 2).

Graphique A :

Obs : on observe que dans le milieu DMEM, le % de noyaux dans les myotubes est constant, de l'ordre de 80%. C'est le témoin. Dans le milieu DMEM + peptide 1, le % de noyaux des myotubes diminue en fonction de la concentration en peptide 1 dans le milieu : il passe de 80% pour 50 μg de peptide à 55% pour 400 μg de peptide. Par contre, en présence de peptide 2, quelque-soit la concentration en peptide du milieu, le % de noyaux reste stable, proche du témoin.

Nom :

Prénom :

Int : dans le milieu DMEM, le peptide 1 inhibe l'apparition de noyaux dans les myotubes ; on en déduit que le peptide 1 inhibe la fusion entre les myoblastes, qui dépend donc des cadhérines.

Graphique B :

Obs : dans le milieu SMEM, on constate une baisse de l'activité CPK (de 50% par rapport au témoin).

Int : donc les ions Ca^{2+} sont indispensables à la différenciation.

Hyp : il est vraisemblable que l'effet du Ca^{2+} soit expliqué par l'activation des cadhérines.

Obs : plus les anticorps sont concentrés plus l'activité de la CPK diminue (de 100% à une dilution de 1/500 à 40% à une dilution de 1/50)

Int : donc l'interaction entre cadhérines de cellules adjacentes est indispensable pour la différenciation.

Obs : les résultats sont tout à fait similaires pour le peptide 1, mais on n'observe pas de variation pour le peptide 2 (qui reste à 100%).

Int : cela confirme, par une méthodologie différente, l'expérience avec les anticorps : l'interaction entre cadhérines de cellules adjacentes est indispensable pour la différenciation.

C'était une question longue, impossible à traiter en une demi-page. Là encore, les **analyses de protocoles** sont souvent inexistantes. La question de la **signification du paramètre mesuré** et du **facteur variant** est **INDISPENSABLE**. Comment espérer comprendre quoi que ce soit si on ne se pose pas la question « c'est quoi le peptide 1 ? » ou « pourquoi mesure-t-on le nombre de noyaux » ou « pourquoi un milieu avec Ca^{2+} et un milieu sans Ca^{2+} » ?

Question 4. Analysez les résultats de cette expérience

Analyse du protocole : on mesure les cellules BrdU+, c'est-à-dire les cellules qui ont répliqué l'ADN, donc les cellules qui se divisent. Une fois que c'est dit, on peut se permettre de ne même plus mentionner le BrdU dans la suite de l'analyse.

Obs : on observe un % de cellules se divisant important dans le milieu 1 avant l'induction de la différenciation (presque 100%) ; le % de cellules se divisant dans le milieu 2 (après induction de la différenciation) est quasi nul.

Int : il s'agit en réalité de deux témoins, permettant de vérifier ce qui a été dit plus haut dans l'énoncé : les cellules non différenciées se divisent, mais la différenciation provoque l'arrêt des divisions.

Obs : dans le milieu 3 avec peptide 1 (inhibiteur des cadhérines), on a 40% de cellules se divisant (bien plus que dans le milieu 2). Le milieu 4 est un témoin, dont le résultat est, sans surprise, identique à celui du milieu 2.

Int : donc les cadhérines sont responsables de l'arrêt des divisions. On ne sait pas si cet effet est direct (communication juxtacrine), ou indirecte (les cadhérines provoquent la différenciation, puis la différenciation a pour conséquences, entre autres, l'arrêt du cycle cellulaire).

Comme pour les Q3 et Q4, la signification du paramètre mesuré (pourquoi le BrdU ?) doit être recherchée.

Question 5. Grâce à l'analyse des photographies obtenues au microscope à fluorescence, émettez une hypothèse sur le rôle de l'expression des cadhérines au cours de la différenciation.

Obs : le marquage cadhérine est présent bout de 15 h, mais absent au bout de 7 jours. En revanche, le marquage des membranes est toujours présent, ce qui permet de bien vérifier que les cellules sont présentes, et n'ont pas été abîmées par la manipulation (expérience contrôle).

Int : donc les cadhérines disparaissent pendant la différenciation. On peut supposer que leur expression cesse, et/ou qu'elles sont endocytées.

Hypo : les cadhérines seraient importantes pour l'interaction entre myoblastes, à l'origine de la fusion. Une fois la fusion réalisée, elle n'ont plus d'utilité.

Question 6. Faites un bilan de l'ensemble des documents étudiés

La différenciation des myoblastes en myocytes débute par une prolifération des myoblastes (doc 2C) puis une fusion des myoblastes en myotubes grâce à des interactions entre cadhérines présentes sur leur membrane plasmique. Cette interaction nécessite des ions Ca^{2+} . Les myotubes se différencient ensuite en myocytes synthétisant des protéines spécifiques des cellules musculaires, en particulier la CPK. La différenciation musculaire est également marquée par l'arrêt de la réplication de l'ADN dans les myotubes.

Partie II – Les plantes et la hausse de CO_2 atmosphérique

Nom :

Prénom :

Question 1. Rappeler les réactions catalysées par la RubisCO.

ribulose 1-5 bisphosphate + CO₂ → 2 x 3-phosphoglycérate (réaction du cycle de Calvin)

ribulose 1-5 bisphosphate + O₂ → 3-phosphoglycérate + 2-phosphoglycolate (réaction de la photorespiration)

La photorespiration est ignorée par de nombreux étudiants ! elle est pourtant **explicitement** au programme. Elle a conduit à une mauvaise compréhension de cette partie par beaucoup de ceux qui l'ont abordée.

Question 2. À partir des données de la figure 1, estimer les paramètres cinétiques de la RuBisCO puis conclure sur le mode de fonctionnement de l'enzyme dans les conditions expérimentales des lots A et E.

La méthode des doubles inverses permet de retrouver la $v_{\max}$ et le K_M par simple lecture graphique (on note que les points sont alignés, ce qui est caractéristique d'une enzyme michaelienne).

- $1/v_{\max} = 0,01$ donc $V_{\max} = 100 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ par m}^2 \text{ de feuille et par s}$
- $1/K_M = 0,0025 = 0,25 \times 10^{-2}$ donc $K_M = 400 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ par mol d'air}$

Dans les conditions expérimentales du lot A et E l'enzyme ne fonctionne pas en condition saturante de substrat. Un enrichissement de l'atmosphère en CO₂ conduit donc à une augmentation de la vitesse de carboxylation par la RubisCO.

Cette question était très classique, donc censée être facile ! Elle a été complètement loupée, ce qui questionne sur le sérieux dans les révisions des connaissances de BCPST. Il s'agit (tout simplement) d'une cinétique enzymatique (v_i en fonction de $[S]$) représentée en double inverse de Lineweaver-Burk ($1/v_i$ en fonction de $1/[S]$), avec lecture sur les deux axes des paramètres cinétiques K_M et $v_{\max}$. $v_{\max}$ est souvent confondu avec v ou v_i , ce qui est inquiétant pour une fin de BCPST2.

Question 3. Analyser les résultats présentés à la figure 2A.

Obs : la production nette PN est bien plus importante (+ 40%) sous atmosphère enrichie en CO₂ atmosphérique (conditions E à 700 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ d'air). Les rapports entre les concentrations en CO₂ du mésophylle et de l'atmosphère sont identiques : comme il y a 700 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ d'air dans l'atmosphère du lot E et 400 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ d'air dans l'atmosphère du lot A, cela signifie que le mésophylle des feuilles du lot E sont bien plus riches en CO₂ : + 75%.

Int : On en déduit qu'un enrichissement de l'atmosphère en CO₂ permet d'augmenter le rendement de la photosynthèse. On peut faire l'hypothèse que l'augmentation en CO₂ de l'atmosphère augmente l'activité de la RubisCO et ainsi la production nette.

Bien lire l'énoncé : on mesure ici les écarts entre les deux situations A et E. Le fait que la valeur correspondant au rapport ci/ca soit à zéro signifie que les rapports sont les mêmes pour A et E, mais cela ne signifie pas que les **concentrations** sont les mêmes pour A et E.

Question 4. Analyser les résultats présentés à la figure 2B.

Obs : on observe que le lot A présente 40% de glycolate marqué au ¹⁸O alors que le lot E n'en possède pas. Or le glycolate est issu de l'oxygénation du ribulose 1,5-bisphosphate.

Int : seules les plantes du lot A présentent une photorespiration, ce qui signifie que la RubisCO a fonctionné en oxygénase. Ceci est expliqué par le plus faible taux de CO₂ disponible dans le mésophylle des feuilles du lot A.

Si on ne savait pas que le glycolate était un produit de la photorespiration, difficile de répondre à cette question... d'où l'intérêt de mieux connaître les cours de BCPST1 !

Question 5. Conclure sur les conséquences d'une concentration accrue en CO₂.

Les plantes du lot E ont une production nette plus élevée et n'effectuent pas la photorespiration. L'absence de la photorespiration permet en partie d'expliquer la valeur plus élevée de la production nette des plantes du lot E. Un enrichissement de l'atmosphère en CO₂ entraîne donc une augmentation de la concentration intercellulaire en CO₂, une augmentation de la production nette et une forte inhibition de la photorespiration. L'activité carboxylase de la RubisCO est favorisée au détriment de son activité oxygénase.

Question 6. Analyser les résultats présentés figure 3.

Nom :

Prénom :

Obs : on observe que les plantes du lot E possèdent davantage de feuilles que celles du lot A. D'autre part, les feuilles du lot E sont plus grandes que celles du lot A (environ 1,5 cm pour les plus grandes dans le lot E contre environ 1 cm pour les plus grandes dans le lot A).

Int : l'enrichissement en CO₂ de l'atmosphère provoque l'augmentation de la surface foliaire. La taille plus grande des feuilles explique probablement l'augmentation de la production nette de la plante.

Obs : On observe :

- une plus grande épaisseur : la feuille du lot E a une épaisseur de 700 à 800 µm contre 400 à 450 µm pour le lot A ;*
- un parenchyme palissadique plus abondant (ou parenchyme chlorophyllien – 100 µm vs 300 µm environ) par rapport au parenchyme lacuneux (200 µm dans les deux plants selon la figure 3B). On a également 3 à 4 couches de cellules dans le lot E contre 1 à 2 couches de cellules pour le lot A*
- un épaississement également plus important du parenchyme palissadique par rapport au parenchyme lacuneux*

Int : l'enrichissement en CO₂ de l'atmosphère provoque l'augmentation de l'épaisseur de la feuille, notamment par le développement des deux parenchyms photosynthétiques (lacuneux et palissadique). Cela explique sans doute l'augmentation de la production nette de la plante.

Ne pas perdre de vue que dans toute expérience en condition contrôlée, on cherche l'influence du facteur variant sur le paramètre mesuré. Il faut bien finir par conclure « donc l'augmentation du taux de CO₂ provoque blablabla... »

Question 7. À partir de vos interprétations, discuter des conséquences potentielles des modifications morphologiques et anatomiques décrites figure 3 sur la production nette des plants cultivés sous atmosphère enrichie en CO₂.

Une hausse du taux de CO₂ induit une augmentation de la surface foliaire et de l'épaisseur du parenchyme palissadique. On peut faire un lien entre ces paramètres et la quantité de photons qui peuvent être absorbés par les plantes. Ainsi le rendement de la phase photochimique de la photosynthèse peut être augmenté et donc la production nette sera plus importante sous atmosphère enrichie.

Question 8. Identifier les structures 1 à 5. Comparer les chloroplastes des 2 lots.

1 = amidon ; 2 = granum de thylakoïdes ; 3 = lamelle (ou thylakoïde) intergranaire ; 4 = stroma ; 5 = enveloppe à deux membranes.

La grande concentration de CO₂ du lot E est responsable d'une plus grande production d'amidon, et une proportion différentes de thylakoïdes (moins de grana mais plus de lamelles intergranaires).

Beaucoup de structures non reconnues ! revoir les images d'ultrastructure cellulaire !

Question 9. Expliquer le lien entre les deux colonnes du tableau 5. Relier les données biochimiques et l'observation de l'ultrastructure du chloroplaste. Proposez une hypothèse pour l'avantage évolutif présenté par les chloroplastes du lot E.

Au niveau du PSII a lieu la photo-oxydation de l'eau, conduisant à la libération de dioxygène. Le PSI agit en second : il capte les électrons issus du PSII et produit le NADPH. Donc plus il y a de PSII (rapport faible), plus la libération de dioxygène est importante.

La fraction 2 représente les granas : les PSII y sont majoritaires (1 PSI pour 10 PSII) et on y voit une libération de dioxygène importante.

La fraction 3, c'est-à-dire les lamelles intergranaires, présente au contraire 3 fois plus de PSI. Le transport des électrons est donc probablement davantage un transport cyclique, ce qui expliquerait qu'il dégage 3 fois moins de dioxygène.

Le lot E présente moins de fraction 2 mais plus de fraction 3. On observe également que le lot E possède davantage de grains d'amidon. On peut donc conclure à une diminution du rapport PSI/PSII lors d'un enrichissement de l'atmosphère en CO₂ et donc à une moindre production de dioxygène par photolyse de l'eau au niveau du photosystème II. Sous atmosphère enrichie, la photosynthèse acyclique est réduite et les productions d'ATP et de coenzymes oxydés sont donc en partie décorrélées de la production d'O₂. Le chloroplaste sera alors moins riche en dioxygène, ce qui peut contribuer à diminuer la photorespiration.

On peut supposer qu'il s'agit d'une adaptation permettant de favoriser le fonctionnement en carboxylase de la RubisCO.

Nom :

Prénom :

Très peu d'étudiants ont traité cette question de fin de devoir, mais tout ce qui était cohérent a été valorisé.

Question 10. Analyser les résultats présentés figure 6.

Figure 6A :

Obs : quel que soit le lot, les plants ne présentent presque pas d'évapotranspiration la nuit. Les plants du lot E perdent moins d'eau par évapotranspiration que les plants du lot A : à midi, les plants du lot E perdent 30% de moins d'eau.

Int : le milieu E provoque baisse de la perte d'eau aux heures les plus chaudes de la journée.

Figure 6B :

Obs : un plant placé en atmosphère enrichie en CO_2 présente une diminution de la conductance de 0,17 à 0,10, soit environ -40%, par rapport aux plants du lot A placé dans un milieu contenant $400\mu\text{mol}$ de CO_2/mol d'air.

Int : l'augmentation en CO_2 dans l'atmosphère induit une baisse de la conductance stomatique

Figure 7C :

Obs : l'ostiole est réduit de 20 à 5 μm lorsque le plant est en atmosphère enrichie en CO_2 .

Int : l'augmentation en CO_2 conduit à une fermeture des stomates.

Bilan : les stomates sont régulés par :

- la lumière : la présence de lumière ouvre les stomates ;
- la teneur en CO_2 : une hausse de la teneur en CO_2 provoque une réduction du diamètre de l'ostiole, ce qui diminue l'évapotranspiration.

Question 11. À partir de vos interprétations et de vos connaissances, expliquer en quoi la modification de la conductance stomatique consécutive à l'enrichissement atmosphérique en CO_2 peut avoir des effets antagonistes sur la croissance foliaire des plants.

D'une part, la fermeture des stomates, en limitant les pertes en eau conduit à une augmentation du potentiel hydrique des cellules de la feuille, ce qui les rend davantage turgescentes et facilite alors la croissance foliaire par auxèse.

D'autre part, la fermeture des stomates en limitant l'entrée de CO_2 réduit la quantité de carbone assimilée par la plante et utilisable pour la synthèse de composés cellulaires, ce qui peut potentiellement limiter les divisions cellulaires et donc la croissance des feuilles. Elle limite également l'ascension de la sève brute. Il peut s'ensuivre une diminution du rendement photosynthétique et donc de la croissance des feuilles.

Quelques abréviations utilisées dans la correction :

- ECC : expérience en conditions contrôlées
- FV $\rightarrow$ PM : influence du facteur variant sur le paramètre mesuré
- LMOUS : les mots ont un sens
- tmd : très mal dit