



Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel	
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première	Terminale
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel	

Enseignement scientifique

Histoire de l'âge de la Terre

Élaboration du savoir scientifique : exemple de l'âge de la Terre

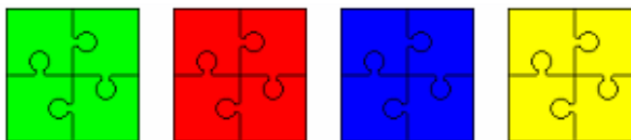
Présentation de la séquence

Le but de ce travail est de révéler puis de déconstruire deux préconceptions mises en évidence par la recherche en didactique (voir bibliographie) : le mythe de la méthode scientifique unique et l'absence de facteurs personnels, sociaux ou culturels intervenant dans la production de savoirs scientifiques.

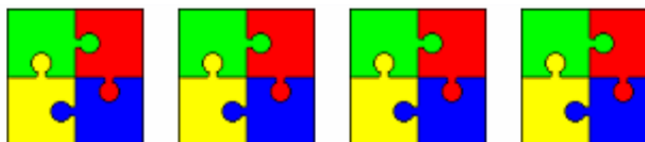
Phase 1 : Organisation de la séquence

L'activité se déroule sur deux séances d'une heure ou sur une séance de deux heures consécutives. Les élèves travaillent en « classe puzzle ».

Dans un premier temps (première phase), des groupes d'experts se forment pour travailler sur chacun des corpus.



Puis dans un second temps (deuxième phase) de nouveaux groupes se forment avec un expert de chaque corpus.



Première phase : appropriation du corpus (50 minutes)

Tout d'abord par groupe de trois ou quatre, les élèves s'approprient un corpus de textes relatif à une démarche aboutissant à une détermination de l'âge de la Terre. Chaque groupe travaille sur un corpus qui lui est propre.

Chaque groupe doit identifier les différentes étapes de cette démarche et retracer le cheminement proposé par le(s) scientifique(s) de leur corpus.

Chaque élève a à sa disposition deux documents : un document contenant un tableau et une frise à compléter guidant l'appropriation (document en annexe¹) et un corpus choisi parmi les cinq fournis en annexe.

Chaque corpus se termine par une question mettant l'accent sur sa spécificité afin de faciliter la mise en commun lors de la deuxième phase.

Deuxième phase : production d'une frise récapitulative et d'une conclusion à l'oral (60 minutes)

De nouveaux groupes de cinq élèves sont formés de façon à ce que chacun des élèves du groupe ait étudié un corpus différent.

Les élèves doivent compléter la frise proposée en faisant apparaître les noms / démarche ou technique / âge de la Terre pour chaque date indiquée.

Enfin, ils doivent produire une conclusion orale sous forme d'un audio de cinq minutes maximum, pour mettre en lien les travaux des scientifiques mentionnés sur la frise (apport, complément, invalidation, augmentation de la précision...) afin :

- d'illustrer le fait que la construction du savoir scientifique est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social ;
- mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques.

Chacun des membres du groupe devra s'exprimer, les élèves ayant étudié un corpus ne devront pas le présenter.

Éléments de correction

Les compétences collaboratives peuvent être évaluées lors du travail de groupe de la seconde séance mais aussi lors de l'enregistrement audio produit. La grille d'évaluation des compétences collaboratives produite par le GRIESP peut être utilisée ici (voir la fiche « Concevoir une évaluation collaborative » sur éduscol pour une grille détaillée).

Évaluation de l'enregistrement audio

L'enregistrement audio produit permet l'évaluation :

- des compétences liées aux connaissances épistémiques dont l'évaluation formative peut être réalisée par le professeur :

Capacités liées à la compréhension de l'élaboration du savoir scientifique	Exemples d'observables
Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques	Repérer les diverses étapes de la démarche scientifique pour chaque corpus cherchant à établir l'âge de la Terre. Proposer un ordre pour chaque étape de la démarche dans les corpus. Confronter les démarches scientifiques proposées pour chaque corpus.

¹ Le document regroupant les annexes est accessible à partir de la [page éduscol du GRIESP](#)

Illustrer que la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte

Mettre en évidence qu'un scientifique ne travaille pas seul mais au sein d'une communauté.

Mettre en évidence que les connaissances ont évolué au cours du temps par continuité et/ ou par ruptures.

Mettre en évidence que les explications scientifiques changent par l'apport de nouvelles preuves, rendues possibles par des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales qui permettent une réinterprétation des preuves existantes à la lumière des nouvelles idées.

- les compétences orales qui peuvent aussi faire l'objet d'une auto-évaluation ou d'une évaluation entre pairs :

Compétences	Exemples d'observables
Compétences linguistiques	Richesse et précision du vocabulaire Correction de la syntaxe Fluidité, débit, ton / Le discours est audible (articulation et volume sonore)
Compétences discursives	Argumentation répondant aux deux problématiques Structuration des propos avec connecteurs logiques
Compétences de communication	Engagement du propos Mise à portée du discours

Une évaluation des compétences collaboratives peut aussi être réalisée par le professeur :

Compétences	Exemples d'observables
Compétences collaborative de l'équipe	Créer un collectif Faire vivre un collectif Gérer collectivement le temps / Planifier
Compétences individuel au sein du collectifs	Écouter et faire preuve d'ouverture d'esprit Faire preuve d'initiative S'affirmer au sein du groupe Faire preuve de responsabilité Mise à portée du discours

Des grilles vierges d'évaluation des compétences liées aux connaissances épistémiques et des compétences orales sont proposées en annexe.

Proposition de niveaux de réussite pour l'évaluation des compétences liées aux connaissances épistémiques (capacités liées à la compréhension du savoir scientifique)

1. Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques

Observables pris en compte :

- Repérer les diverses étapes des démarches scientifiques pour chaque corpus cherchant à établir l'âge de la Terre.

Niveaux de réussite

A : Toutes les étapes des démarches scientifiques sont citées et systématiquement illustrées.

B : Quelques étapes sont décrites et la plupart sont illustrées pour tous les corpus.

C : La plupart des étapes sont citées mais très peu illustrées.

D : Quelques étapes sont citées mais non illustrées.

- Proposer un ordre pour chaque étape de la démarche dans les corpus.

Niveaux de réussite

A : Pour chaque corpus, un ordre pertinent est proposé.

B : Pour chaque corpus un ordre est proposé mais parfois peu pertinent.

C : Un ordre plus ou moins pertinent est proposé pour uniquement quelques corpus.

D : Un ordre est proposé pour seulement 1 ou 2 corpus.

- Confronter les démarches scientifiques proposées pour chaque corpus.

Niveaux de réussite

A : Les deux arguments suivants sont présents : les étapes ne sont pas toujours les mêmes pour chaque corpus et leur ordre peut être différent. L'ensemble des corpus est pris en compte. Une analyse pertinente fondée sur la comparaison systématique des démarches est proposée.

B : Les deux arguments suivants sont présents : les étapes ne sont pas toujours les mêmes pour chaque corpus et leur ordre peut être différent. Seulement quelques corpus sont pris en compte. Plusieurs éléments d'analyse et de comparaison sont proposés.

C : Uniquement un des deux arguments est présent : les étapes ne sont pas toujours les mêmes pour chaque corpus ou leur ordre peut être différent. Peu d'éléments d'analyse et de comparaison sont proposés.

D : Les démarches sont juxtaposées sans aucune analyse ni comparaison.

2. Illustrer le fait que la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social

Observables pris en compte :

- Mettre en évidence qu'un scientifique ne travaille pas seul mais au sein d'une communauté

Niveaux de réussite

A : Sur chaque corpus montrer que la datation de la Terre est le fruit du travail de plusieurs scientifiques. Mentionner le fait que la validation se fait par une communauté et l'illustrer par des exemples de validation ou non validation

B : Sur plusieurs corpus montrer que la datation de la Terre est le fruit du travail de plusieurs scientifiques.

C : Le caractère collectif est cité mais non illustré.

D : Aucune mention n'est faite du travail collectif

- Mettre en évidence que les connaissances ont évolué au cours du temps par continuité et par ruptures

Niveaux de réussite

A : L'idée d'évolution est développée : des exemples de rupture et/ou de continuité sont donnés.

B : L'idée d'évolution est développée : au moins un exemple de rupture ou de continuité est donné.

C : L'idée d'évolution est présente mais non illustrée.

D : Aucune mention n'est faite de l'évolution des connaissances par continuité ou rupture.

- Mettre en évidence que les explications scientifiques changent par l'apport de nouvelles preuves, rendues possibles par des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales qui permettent une réinterprétation des preuves existantes à la lumière des nouvelles idées.

Niveaux de réussite

A : L'idée d'évolution d'explications scientifiques grâce à des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales est présente et illustrée sur au moins deux de ces trois champs.

B : L'idée d'évolution d'explications scientifiques grâce à des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales est présente et illustrée sur au moins l'un de ces trois champs.

C : L'idée d'évolution d'explications scientifiques grâce à des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales est présente mais non illustrée.

D : Aucune mention que de nouvelles explications scientifiques nécessitent des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales.

Travaux d'élèves et analyse

Cette activité a été testée en enseignement scientifique sur deux classes de première au profil non scientifique. Dans l'une (classe n° 1), trois élèves sur trente-et-un ont choisi la spécialité physique-chimie, dans l'autre (classe n° 2) ce sont quatre sur vingt-neuf qui ont fait ce choix.

Dans les deux classes, l'engagement durant les deux séances a été satisfaisant. Il est à noter qu'il a été plus important dans la classe n° 1 où deux groupes sur les six ont été évalués sur les compétences collaboratives au cours de la deuxième séance. Ces compétences ainsi que les observables associées ont été présentées en début à l'ensemble des élèves de la classe en amont de la deuxième phase.

Pour la classe n° 2, l'enregistrement a été terminé à la maison, les deux séances n'ayant pas été consécutives. Un temps de réappropriation a été nécessaire en début de deuxième séance.

Deux enregistrements audios représentatifs de ce qui a été obtenu à l'issue des deux phases de travail, sont ici présentés. Les frises chronologiques associées à ces deux enregistrements audios ont aussi été produites (voir annexe)

Pour le premier enregistrement « groupe 1, classe n° 1 », une proposition d'évaluation complète est présentée (compétences liées à l'élaboration du savoir scientifique, compétences orales et compétences collaboratives).

Pour le second enregistrement « groupe 3, classe n° 2 », seule une proposition d'évaluation des compétences orales est présentée.

Analyse de l'enregistrement audio : groupe 1 classe n° 1 datation de l'âge de la Terre

Structuration de l'enregistrement et éléments de réponse proposés par les élèves aux deux consignes

Afin de faciliter la compréhension de l'ensemble et faire émerger les idées essentielles, les éléments de réponses proposés ont été reformulés. Seuls les éléments entre guillemets correspondent aux citations exactes des élèves, ils permettent de se rendre compte plus finement de la pertinence du vocabulaire utilisé ainsi que du degré d'analyse et de compréhension des élèves.

C1 : Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques.

C2 : Illustrer la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social.

Minutage	Thème abordé	Intervenant	Éléments de l'enregistrement permettant de répondre aux consignes C1 et C2
0 à 0'50''	Présentation de la démarche de Darwin	Élève 1	<p>C1 : Darwin se fonde sur des observations pour émettre la théorie de l'évolution qui ensuite lui permet d'établir une estimation de l'âge.</p> <p>C2 : La démarche n'est pas validée par la communauté scientifique (désaccord avec Kelvin) et rejetée car la théorie de l'évolution est non compatible avec la Bible.</p>
0'50'' à 2'01''	Présentation de la démarche de Kelvin	Élève 2	<p>C1 : Application des équations de Fourier et de la théorie de la diffusion à l'objet Terre avec l'hypothèse de conduction comme unique mode de propagation de la chaleur.</p> <p>C2 : Estimation bien accueillie par la communauté scientifique / désaccord avec Darwin. Remise en cause par Perry qui prend en compte les phénomènes de convection et ensuite par Rutherford qui introduit une production de l'énergie due à la radioactivité. L'acceptation de cette démarche par les scientifiques, les éloigne de l'âge réel de la Terre.</p>
2'01'' à 2'43''	Présentation de la démarche de Buffon	Élève 3	<p>C1 : Démarche fondée sur la théorie selon laquelle la Terre est composée de roche en fusion puis réalisation d'expériences consolidant sa théorie. Pas de réelle explication théorique. Approche expérimentale.</p> <p>C2 : Non publication de l'âge estimé car restreint par l'église. Théories ultérieures permettent d'expliquer le refroidissement (diffusion de la chaleur, radioactivité)</p>
2'43'' à 3'43''	Présentation de démarches liées à la stratigraphie	Élève 4	<p>C1 : Deux démarches : observation des couches sédimentaires et utilisation de la théorie de Darwin pour dater en se fondant sur l'observation de fossile</p> <p>C2 : Désaccords entre scientifiques selon la prise en compte d'un temps court ou temps long, non publication des travaux de Buffon, évolution de la méthode de datation en utilisant une nouvelle théorie que celle de l'évolution de Darwin.</p>
3'43'' à 4'48''	Présentation de démarches s'appuyant sur la radioactivité	Élève 5	<p>C1 : Mesure du taux relatif d'isotope radioactif et estimation fondée sur la décroissance radioactive.</p> <p>C2 : Découverte de la radioactivité qui permet une nouvelle méthode de datation. Remise en cause de la démarche de Kelvin. Découverte d'éléments dégagant de la chaleur par Rutherford et Pierre Curie. Une suite de découvertes mène à l'estimation actuelle.</p>

4'48'' à 5'44''	Comparaison des diverses démarches	Élève 3	<p>C1 : Confrontation des diverses démarches, mise en évidence de la diversité des étapes et de la diversité de leur ordre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Darwin se base sur l'observation pour émettre la théorie de l'évolution qui ensuite lui permet d'établir une estimation de l'âge de la Terre. - « Kelvin part théorie de la chaleur Fourier puis ajoute des observations et des mesures de température », il n'y a pas d'expérience. « Démarche déductive théorie appliqué au réel ». -« Buffon a une démarche inverse de celle de Kelvin, il part de l'expérience. » -Démarche empirique lors de l'estimation par sédimentation. - Stratigraphique : « Lyell part de l'observation » - « Patterson utilise une théorie qu'il applique à l'objet Terre. »
5'44'' à 6'31''	Synthèse sur l'élaboration des connaissances scientifiques	Élève 3	<p>C2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perte de l'influence de l'église, évolution sociale qui permet à des théories de se développer (les théories de Buffon et Darwin n'avaient pu être pris en compte) - Évolution « technique » telle que l'utilisation « d'outil mathématique comme équation de la chaleur » permet l'émission de nouvelles théories. - Les avancées théoriques permettent de faire avancer la science par exemple lors des découvertes successives touchant à la radioactivité. - Débats, polémique au final font avancer à long terme la science car les théories sont détaillées et exposées, recul à court terme

Commentaires généraux sur le contenu de la production ainsi sur le travail collaboratif des élèves du groupe 1, classe n° 1

La production (enregistrement audio) répond de façon très satisfaisante aux deux consignes. Les réponses sont complètes, étayées et illustrées à l'appui des éléments des cinq corpus. Une première phase de présentation des cinq démarches correspondant aux différents corpus permet d'explicitier chaque étape de façon rigoureuse en distinguant la théorie, l'observation et l'expérience. Ensuite dans une seconde partie, ces démarches sont confrontées de manière à mettre en évidence leur pluralité répondant ainsi à la première consigne. Enfin, un bilan présente la construction des connaissances scientifiques comme une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social s'appuyant sur les cinq corpus.

Quelques points sont à améliorer :

- La structure globale : une introduction présentant les deux problématiques et le cheminement permettant d'y répondre est souhaitable.
- L'enregistrement ne respecte pas la consigne de temps, il dure 6 min 30 s, au lieu de 5 min. La première partie présentant les diverses démarches peut être raccourcie. Par exemple dans la présentation du corpus sur la radioactivité, les découvertes successives ainsi que les dates sont présentées de façon exhaustive ; alors uniquement une ou deux peuvent être citées.
- La répartition de la parole n'est pas équilibrée entre les différents élèves, l'élève n° 3 prend beaucoup plus la parole. L'articulation et la fluidité du discours sont à améliorer pour l'élève 4.
- Le vocabulaire n'est pas toujours précis. Le terme « théorie » et le terme « technique » sont plusieurs fois employés à mauvais escient. Il y a confusion entre théorie scientifique (système explicatif) et démarche scientifique (dialogue entre la théorie et le réel qui aboutit à un savoir). On parle de démarche de Darwin, de démarche de Buffon qui aboutissent à la datation de la Terre et non de théorie. L'utilisation d'un outil mathématique comme les équations de Fourier n'est pas une avancée technique.

Au niveau du travail collaboratif, chaque élève a d'abord présenté assez spontanément son corpus aux autres en s'appuyant sur le tableau présenté en **annexe 1**.

Puis les élèves ont bien identifié les différentes tâches à accomplir et se les ont attribués selon les forces de chacun. L'élève n° 1 étant la seule à suivre trois spécialités scientifiques (sciences de la vie et de la Terre, physique-chimie et mathématiques) s'est vue attribuer par le groupe la vérification de la justesse des explications scientifiques. L'élève n° 3 étant la seule à suivre la spécialité humanités, littérature et philosophie s'est vue attribuer par le groupe la tâche de synthétiser l'ensemble des réflexions pour répondre aux deux problématiques. On peut en déduire que les problématiques axées sur l'épistémologie des sciences sont considérées par le groupe comme relevant du domaine de la philosophie. L'élève n° 2 ayant l'écriture la plus soignée et considérée comme ayant un esprit de synthèse s'est vu attribuer l'écriture de la frise chronologique **annexe 1**.

Lors de la préparation de présentation des démarches, les élèves se sontentraîdés pour les structurer. Notamment l'élève n° 4 se sachant peu à l'aise dans l'organisation des idées n'a pas hésité à demander de l'aide à l'élève n° 5.

Proposition d'évaluation des compétences liées aux connaissances épistémiques par niveau de réussite (production audio du groupe 1, classe n° 1)

Capacité : Illustrer / Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
	x			
Observables	Commentaires			
Repérer diverses étapes des démarches scientifiques pour chaque corpus cherchant à établir l'âge de la Terre.	Toutes les étapes des démarches scientifiques sont citées et systématiquement illustrées. Chaque démarche est analysée de façon rigoureuse pour les divers corpus.			
Proposer un ordre des étapes des démarches pour chaque corpus.	Pour chaque corpus, un ordre pertinent est proposé.			
Confronter les démarches scientifiques proposées pour chaque corpus.	Les démarches ne sont pas juste juxtaposées, elles sont comparées dans la dernière partie.			
Capacité : Illustrer / Mettre en évidence que la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social.	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
	x			
Observables	Commentaires			
Mettre en évidence qu'un scientifique ne travaille pas seul mais au sein d'une communauté	Pour chaque démarche plusieurs scientifiques ayant participé à leur élaboration sont systématiquement cités. La validation de la démarche de Kelvin et l'invalidation de celle de Darwin par une communauté sont mentionnées.			
Mettre en évidence que les connaissances ont évolué au cours du temps par continuité et par ruptures	La controverse est bien analysée avec les effets à long terme et court terme.			
Mettre en évidence que les explications scientifiques changent par l'apport de nouvelles preuves, rendues possibles par des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales qui permettent une réinterprétation des preuves existantes à la lumière des nouvelles idées.	L'idée d'évolution d'explications scientifiques grâce à des avancées conceptuelles et sociales est illustrée abondamment.			

Proposition d'évaluation des compétences orales par niveau de réussite (production audio du groupe 1, classe n° 1)

Compétences linguistiques	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
	x		x élève n°4	
Observables	Commentaires			
Richesse et précision du vocabulaire	Quelques confusions notamment entre théorie et démarche, et outil mathématique et technique.			
Correction de la syntaxe	Syntaxe correcte.			
Fluidité, débit, ton / Le discours est audible (articulation et volume sonore)	Pour l'élève n°4, le discours n'est pas fluide et l'articulation est à améliorer. Pour les autres élèves, très bonne fluidité, débit un peu rapide et ton approprié.			
Compétences discursives	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
		x		
Observables	Commentaires			
Argumentation répondant aux deux problématiques	Argumentation riche et illustrée abondamment. Cependant une introduction présentant les problématiques structurerait davantage le discours. Une première partie trop exhaustive à raccourcir.			
Structuration des propos avec connecteurs logiques	Propos structurés.			
Compétences de communication	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
	x			
Observables	Commentaires			
Engagement du propos	Une réelle volonté de convaincre.			
Mise à portée du discours	Niveau de langage adapté pour un oral.			

Proposition d'évaluation des compétences collaboratives (deuxième séance du groupe 1, classe n° 1)

Compétences collectives de l'équipe				
Capacités	Commentaires et niveaux de réussite			
Créer un collectif (Conditions favorables pour y parvenir)	A	B	C	D
	x			
	Le travail se fait dans un climat de confiance et de respect mutuel			
Faire vivre le collectif	A	B	C	D
	x			
	Les tâches sont distribuées selon les forces de chacun. Les élèves prennent en compte les spécialités choisies par les camarades pour déterminer leur force (expert scientifique, capacité à répondre une problématique ...).			
Gérer collectivement le temps/Planifier	A	B	C	D
	x			
	Les deux productions : frise et enregistrement audio sont terminés dans le temps imparti.			
Compétences individuelles au sein du collectif Pour plus de lisibilité les élèves n°1, 2, 3,4 et 5 seront notés E1, E2, E3, E4, E5				
Capacités	Commentaires et niveau de réussite			
Écouter et faire preuve d'ouverture d'esprit	A	B	C	D
	E1, E3, E5, E2, E4			
	Attitude respectueuse vis-à-vis des autres et curieuse par rapport à leurs idées pour l'ensemble des élèves			
Faire preuve d'initiative	A	B	C	D
	E1, E1, E3, E5		E4	
	E1, E3, E5, E2 : Propose l'organisation des tâches pertinentes. E4 : Essaie de participer à l'organisation des tâches prévues par les autres élèves parfois maladroitement.			
S'affirmer au sein du groupe	A	B	C	D
	E1, E3, E5	E2, E4		
	Tous les élèves expriment des arguments pertinents de façon respectueuse. Pour E1, E3, E5 ces arguments sont étayés.			
Faire preuve de responsabilité	A	B	C	D
	E1, E3, E5	E2, E4		
	E1, E3, E5 proposent de l'aide. E2, E4 acceptent d'être aidés. Tous les élèves mènent la tâche qui leur est confiée à terme.			

Analyse de l'enregistrement audio : groupe 3 classe n° 2 datation de l'âge de la Terre

Structuration de l'enregistrement et éléments de réponse proposés par les élèves aux deux consignes

C1 : Illustrer / Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques.

C2 : Illustrer / mettre en évidence que la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social.

Minutage	Thème abordé	Intervenant	Éléments de l'enregistrement permettant de répondre aux consignes C1 et C2
0 à 18''	Introduction	Élève 1	C1 : Présentation de la problématique, des différences et similitudes entre les différentes « théories ».
18'' à 1'25''	Présentation de démarches liées à la stratigraphie	Élève 1	C1 : « Études » des dépôts de sédiments, identifications de strates exposés, datation des strates grâce aux fossiles. C2 : Plusieurs scientifiques cités.
1'25'' à 2'27''	Présentation de la démarche de Buffon	Élève 2	C1 Théorie : refroidissement d'une sphère en fusion, expérience : mesure des temps de refroidissement de corps chauffés. Pas de théorie pour appliquer les résultats de ces expériences à la Terre. C2 : Non publication de résultats
2'27'' à 3'16''	Présentation de la démarche de Kelvin	Élève 3	C1 : Théorie / outil mathématiques supplémentaires par rapport à ceux de Buffon, équation de la chaleur de Fourier, théorie sur le transport de la chaleur. Démarche déductive. C2 : - S'appuie sur la démarche de Buffon à laquelle il ajoute « une nouvelle théorie de la diffusion de la chaleur ». -Limites : hypothèse erronée sur la structure de la Terre et non prise en compte de la radioactivité (non découverte à l'époque de Kelvin).
3'16'' à 3'59''	Présentation de la démarche de Darwin	Élève 4	C1 : La théorie : évolution des espèces, et observations des fossiles menant à la conclusion sur un âge très important de la Terre.
3'59'' à 4'45''	Bilan sur la radioactivité	Élève 5	C2 :- « Bilan » de toutes les hypothèses précédentes sur l'âge de la Terre. - Diverses découvertes en lien avec la radioactivité et scientifiques associés (Becquerel, Curie), découverte des isotopes ... C1 : Théorie : décroissance radioactive, mesure de radioactivité
4'45'' à 5'57''	Bilan : Q2 et Q1	Élève 2	C2 : Conclusion reprise de la problématique. - Comparaison Buffon et Kelvin : bases communes avec apport théorique de supplémentaire de Kelvin.
5'57'' à 6'08''	Bilan : Q2 et Q1	Élève 3	C2 : Prise en compte du contexte social pour la <u>non-acceptation</u> de la théorie de Darwin
6'08'' à	Conclusion	Élève 1	C2 : « Radioactivité prend en compte les autres théories » -« La remise en question des croyances et des certitudes inhérente aux sciences »

Commentaires généraux sur le contenu de la production des élèves du groupe 3, classe n° 2

L'enregistrement audio ne répond que de façon partielle aux consignes. Les démarches ne sont pas systématiquement explicitées en termes d'étapes et d'ordre des étapes lors de la présentation des cinq corpus et il n'y a pas de confrontation. Le bilan présentant la construction des connaissances scientifiques comme une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social, est très succinct. Il se limite à une présentation de l'apport de la théorie de la chaleur et des outils mathématiques de Fourier, à l'expérimentation de Kelvin (sans préciser qu'il s'agit d'une avancée conceptuelle) et la mention du non acceptation des résultats de Darwin à cause du contexte social sans préciser de quel contexte social il s'agit. L'enregistrement correspond davantage à une juxtaposition de corpus expliquée qu'un argumentaire permettant de répondre aux consignes. La place de l'implicite est trop importante dans cet enregistrement, même si les idées clés sont parfois présentes bien que maladroitement développées.

Le vocabulaire est peu rigoureux : le terme « théorie » est systématiquement utilisé à la place de « démarche » par exemple dans l'introduction. Il est question de similitudes et de différences entre « théories », alors qu'il est demandé de comparer les démarches et non pas uniquement les théories.

De nombreuses erreurs ou inexactitudes sont présentes : la théorie de Darwin ne stipule pas que l'homme descend du singe ; Becquerel ne s'inspire pas des hypothèses de Kelvin ; la radioactivité n'est pas le bilan des autres théories.

Au niveau de la structure, certaines parties sont redondantes, par exemple le passage sur les ajouts de Kelvin par rapport à Buffon.

Proposition d'évaluation des compétences liées à l'élaboration du savoir scientifique par niveau de réussite (production audio du groupe 3, classe n° 2)

Capacité : Illustrer / Mettre en évidence la pluralité des démarches scientifiques	Niveaux de réussite			
	A	B	C	D
Observables			x	
Repérer diverses étapes des démarches scientifiques pour chaque corpus cherchant à établir l'âge de la Terre.	Commentaires			
Proposer un ordre des étapes des démarches pour chaque corpus.	Quelques étapes sont décrites et la plupart sont illustrées pour chaque corpus. L'explicitation n'est pas systématique pour les différentes étapes.			
Confronter les démarches scientifiques proposées pour chaque corpus.	Un ordre plus ou moins pertinent est proposé pour uniquement quelques corpus. Une démarche déductive pour Fourier est notamment proposée.			
Confronter les démarches scientifiques proposées pour chaque corpus.	Les démarches sont juxtaposées aucune confrontation n'est explicitée.			
Capacité : Illustrer / Mettre en évidence que la construction des connaissances scientifiques est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social.	Niveaux de réussite			
Observables	A	B	C	D
		x		
Mettre en évidence qu'un scientifique ne travaille pas seul mais au sein d'une communauté	Commentaires			
Mettre en évidence que les connaissances ont évolué au cours du temps par continuité et par ruptures	Pour plusieurs démarches, différents scientifiques ayant participé à leur élaboration sont cités.			
Mettre en évidence que les explications scientifiques changent par l'apport de nouvelles preuves, rendues possibles par des avancées conceptuelles, technologiques ou sociales qui permettent une réinterprétation des preuves existantes à la lumière des nouvelles idées.	L'idée d'évolution est développée sur le corpus portant sur la radioactivité et lorsqu'il est mentionné les ajouts de Kelvin par rapport à Buffon.			
	L'idée d'évolution d'explications scientifiques grâce à des avancées conceptuelles est présente et illustrée sur l'exemple de l'apport de Fourier par rapport à Buffon.			

Bilan de l'analyse des divers enregistrements : points à améliorer

L'analyse des divers enregistrements montre que les points suivants sont à améliorer dans les productions des élèves :

- l'explication des arguments visant à mettre en évidence les deux caractéristiques de l'élaboration du savoir scientifique travaillées dans l'activité ;
- la confrontation des diverses démarches et non la juxtaposition ;
- la précision du vocabulaire notamment la distinction entre démarche et théorie, observation et expérience, outil et technique.

Dans ce but, la prise de connaissance par les élèves de la grille d'évaluation ainsi que des différents observables en amont de l'enregistrement audio, pourrait être un levier.

Le fait que les termes « théorie / idée / démarche / expérience » soient dans la même case du tableau **annexe 1** sans être clairement définis dans l'activité peut amener les élèves à ne pas les distinguer. Un lexique propre des connaissances épistémiques peut être construit par les élèves et illustré au fil des activités travaillées en classe.

Bilan global

Dans cette ressource, un ensemble important de compétences évaluables ont été présentées et explicitées en rapport avec l'activité ; cependant les professeurs peuvent faire des choix et ne pas tout évaluer.

Une modulation des productions attendues est aussi possible :

- des enregistrements audio individuels peuvent remplacer les enregistrements collectifs. Ce choix a l'avantage de rendre flexible l'organisation temporelle de l'activité (par exemple, terminer hors la classe), d'approfondir davantage le travail, de focaliser sur l'oral individuel en étant plus proche du Grand oral. En revanche, il demande un temps de correction plus long (cinq fois plus d'enregistrements à écouter, à récupérer et évaluer), et une perte du côté collectif (négociation, organisation), l'entraide étant moins valorisée.
- des productions écrites individuelles. Leur avantage est de travailler l'argumentation écrite. En revanche, l'oral n'est pas travaillé, alors que l'activité se prête particulièrement à une présentation orale. En effet, les élèves ont à argumenter, sans s'appuyer sur des relations, des calculs.

Prolongements possibles

À l'issue de l'activité, une évaluation sommative peut être mise en place soit sur le même exemple soit sur une autre partie du programme. Par exemple, dans une activité portant sur la mesure du périmètre de la terre ou sur l'histoire de la cellule, la compétence « Illustrer / mettre en évidence que la construction du savoir scientifique est une œuvre collective et progressive qui s'inscrit dans un contexte social » peut être évaluée de manière sommative.

Références bibliographiques

- Maurines, L., & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies, (3), 271-305.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J., & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies, (7). Consulté à l'adresse <http://rdst.revues.org/674>
- <https://erasmus-illettrisme.fr/wp-content/uploads/2020/11/Iigsaw-Guide-du-professeur.pdf>