

Université Paris Cité

Ecole doctorale Savoir, Sciences, Education (ED 623)

Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)

Intégration d'une langue cible (cas de l'anglais) et appropriation des savoirs disciplinaires en physique-chimie : co-construction d'une séquence autour de l'effet de serre et du réchauffement climatique en terminale scientifique.

Annexes

Par Noémie Tran Tat

Thèse de doctorat de didactique des disciplines - physique

Dirigée par Cécile de Hosson
Et Claire Tardieu

Présentée et soutenue publiquement à Paris le 10 novembre 2022

Table des annexes

Annexes du chapitre II.....	4
Annexe du chapitre II.2.2a - données actuelles sur le réchauffement climatique	4
La hausse de la température de la planète et la limitation à 1,5°C	4
Émissions anthropiques et descripteurs climatiques.....	6
Le bilan carbone	8
Forçage externe et forçage radiatif, gaz à effet de serre	10
Annexe du chapitre II.2.2b - données actuelles sur le réchauffement climatique (Contenus de physique pour le réchauffement climatique).....	13
Rayonnement solaire	14
Absorption et émission de rayonnement par les gaz à effet de serre	15
Bilan radiatif et effet de serre naturel : le rayonnement du corps noir.....	18
Bilan radiatif sans atmosphère.....	19
Annexe du chapitre II.2.3.1 - climat, changement, action humaine : évolution des idées	22
Deux exemples de théories du changement climatique : thèse de Buffon et de Théodore Augustin Mann	24
L'agir climatique « historique »	27
Annexe du chapitre II.2.3.2 - des articles fondateurs sur le réchauffement climatique.....	29
L'héliomètre de Saussure (1740-1799) ou la relation entre température et rayonnement.....	29
L'explication de Fourier (1768-1830) sur la température de la Terre.....	30
Chaleur solaire et température moyenne de l'atmosphère, Pouillet (1791-1868)	32
Le rôle du gaz carbonique dans l'atmosphère, Foote (1819-1888)	34
<i>Le pouvoir absorbant et rayonnant des gaz atmosphériques, Tyndall (1820-1893).....</i>	35
Le bolomètre de Samuel Piermont Langley (1834-1906).....	38
Rayonnement infrarouge, gaz atmosphériques et surface terrestre, Arrhénius (1859– 1927) ...	38
Emission anthropique du CO ₂ et augmentation de température, Callendar (1898-1964)	41
Annexe du chapitre II.2.4 - rapport au réchauffement climatique : public profane, d'apprenant.e.s, d'enseignant.e.s	43
Représentations sur le réchauffement climatique.....	43
Impact de la médiatisation.....	44
Un problème environnemental ?	45
Association entre effet de serre et réchauffement climatique.....	47
Explications fournies pour justifier le réchauffement climatique.....	48
L'enseignement-apprentissage de l'effet de serre et du réchauffement climatique	56
Annexes du chapitre III.....	61
Annexe du chapitre III.1.2 - description du projet à l'enseignant-complice par courriel	61

Annexe du chapitre III.2.1a - énoncés des activités, séance DNL1	63
Annexe du chapitre III.2.1b - séance de DNL1, classe de seconde, jeudi 28 janvier 2016, 12h35 - 13h30.....	67
Vidéo 1 (durée : 8 min 09).....	67
Vidéo 2 (durée : 5 min 07).....	69
Vidéo 3 (durée : 5 min 03).....	69
Vidéo 4 (durée : 3 min 36).....	70
Vidéo 5 (durée : 8 min 38).....	71
Vidéo 6 (durée : 13 min 49).....	72
Vidéo 7 (durée : 8 min 51).....	76
Annexe du chapitre III.2.1c - entretien d'auto-confrontation (séance DNL1)	78
Annexe du chapitre III.2.1d - retour sur la séance observée DNL1.....	87
Annexe du chapitre III.2.2a - séance de DNL2, classe de seconde, jeudi 24 mars 2016, 12h35 - 13h30.....	89
Annexe du chapitre III.2.2b - entretien d'auto-confrontation (séance DNL2)	95
Annexes du chapitre IV.....	99
Annexe du chapitre IV.1.2a - module 1 de co-construction, propositions pour la séquence.....	99
Annexe du chapitre IV.1.2b - module 1 de co-construction, synopsis des séances de DNL observées	102
Annexe du chapitre IV.1.2c - module 1 de co-construction, cours et AE partagés par l'enseignant	104
Annexe du chapitre IV.1.2d - module 1 de co-construction, déroulement, 14 juin 2016	105
Annexe du chapitre IV.1.3a - module 2, programmation et progression pour la séquence.....	112
Annexe du chapitre IV.1.3b - module 2, progression des TP et repères pour les AE.....	114
Annexe du chapitre IV.1.3c - module 2, proposition pour la semaine 1.....	116
Annexe du chapitre IV.1.3d - module 2, diaporama, semaine 1.....	121
Annexe du chapitre IV.1.3e - module 2, proposition de supports en anglais	122
Annexe du chapitre IV.1.3f - module 2, ébauche de l'AE1.....	124
Annexe du chapitre IV.1.3g - module 2, déroulement, 13 juillet 2016.....	132
Annexe du chapitre IV.1.4a - module 3, énoncé en anglais de l'AE1	141
Annexe du chapitre IV.1.4b - module 3, énoncé en anglais de l'AE2.....	149
Annexe du chapitre IV.1.4c - module 3, déroulement, 1er septembre 2016	158
Annexe du chapitre IV.1.5a - module 4, scénario des séances 1 et 2	166
Annexe du chapitre IV.1.5b - module 4, propositions pour l'AD1, séance 1	169
Annexe du chapitre IV.1.5c - module 4, déroulement, 6 septembre 2016.....	173
Annexe du chapitre IV.2.1 - prototype de la séquence.....	180
Annexe du chapitre IV.2.2a - cours de l'enseignant complice, chapitre 3	184

Annexe du chapitre IV.2.2b - activité documentaire AD1, année N	189
Annexe du chapitre IV.2.2c - trame des séances 1 et 2 (AD1), année N.....	190
Annexe du chapitre IV.2.3a - énoncé de l'AE1 en français.....	195
Annexe du chapitre IV.2.3b - énoncé de l'AE1, anglais.....	204
Annexe du chapitre IV.2.3c - trame de la séance 3 (AE1), année N.....	211
Annexe du chapitre IV.2.3d - conception-production (questions, tâches) de l'AE1, année N.....	215
Annexe du chapitre IV.2.3e - productions des élèves, AE1, année N	224
Annexe du chapitre IV.2.4a - cours de l'enseignant complice, chapitre 4	228
Annexe du chapitre IV.2.4b - énoncé de l'AD2, année N	231
Annexes du chapitre V.....	232
Annexe du chapitre V.1.1 - prototype de la séquence, année N+1	232
Annexe du chapitre V.1.2 - exemple de fiche d'exploitation de la vidéo 1.....	236
Annexe du chapitre V.1.3 - fiche de préparation pour l'AE1	238
Annexe du chapitre V.2.1.1 - contenus de la vidéo V1	239
Annexe du chapitre V.2.1.2a - encadré « <i>keywords</i> », vidéo 1	242
Annexe du chapitre V.2.1.2b - encadré « Informations relevées », vidéo 1	245
Annexe du chapitre V.2.1.2c - reformulation de la question, vidéo 1	250
Annexe du chapitre V.2.1.2d - énoncés-cible, vidéo 1	252
Annexe du chapitre V.2.2.1 - énoncé de l'AE1	257
Annexe du chapitre V.2.2.2a - repérage et reformulation, fiche de préparation AE1 (contexte) ..	264
Annexe du chapitre V.2.2.2b - repérage et reformulation, fiche de préparation AE1 (documents)	266
Annexe du chapitre V.2.3.1 - énoncé de l'AD1	267
Annexe du chapitre V.2.3.2a - productions des élèves, AD1	271
Annexe du chapitre V.2.3.2b - traitement des énoncés-cible, AD1	277
Annexe du chapitre V.3.1 - énoncé de l'AE2	279
Annexe du chapitre V.3.2 - repérage et reformulation, fiche de préparation, AE2.....	288
Annexe du chapitre V.3.3 - énoncés-cible, AE2.....	291
Annexe du chapitre V.4.1.1 - énoncé, pages 1 et 2, AD2	293
Annexe du chapitre V.4.1.2 - énoncés-cible, AD2	294
Annexe du chapitre V.4.2 - énoncé, AE3	297

Annexes du chapitre II

Annexe du chapitre II.2.2a - données actuelles sur le réchauffement climatique

Ces données sont organisées selon quatre axes : la hausse de température de la planète et la limitation à 1.5 °C, les émissions anthropiques et descripteurs climatiques, le bilan carbone et enfin, le forçage externe et radiatif, gaz à effet de serre.

La hausse de la température de la planète et la limitation à 1,5°C

Les derniers rapports de l'IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change, 2021, 2018, 2014, 2013) apportent les preuves que le climat change. Les données qui y sont fournies s'accompagnent souvent d'un niveau de confiance (consensus faible, moyen, élevé ; preuve limitée, moyenne, robuste) complété éventuellement par une échelle de probabilité graduée en sept niveaux (de *exceptionnally unlikely* à *virtually certain*). Différentes méthodes de mesure, à la surface du globe ou par satellites, révèlent que la température au sol et à la surface des océans augmente. Les résultats concordent quelle que soit la localisation de la station de mesure sur le globe. L'utilisation de modèles, que ce soit de simulation ou de reconstruction, permet de comprendre les variations du climat sur plusieurs siècles. L'augmentation de température de la Terre s'accélère depuis la deuxième moitié du XXe siècle et les valeurs de température de la dernière décennie sont plus élevées :

“Global surface temperature has increased faster since 1970 than in any other 50-year period over at least the last 2000 years (high confidence). Temperatures during the most recent decade (2011–2020) exceed those of the most recent multi-century warm period, around 6500 years ago [0.2°C to 1°C relative to 1850–1900] (medium confidence).” (IPCC, 2021, p.9)

L'organisation météorologique mondiale le confirme : « *Global mean temperatures in 2017 were 1.1°C ± 0.1°C above pre-industrial levels* » (WMO, 2018, p.4). L'année 2017 est l'une des trois plus chaudes depuis 1860. Le rapport spécial de l'IPCC de 2018 met également en exergue la relation entre le concept de réchauffement (*warming*) et l'augmentation de la température moyenne de surface planétaire (*global mean surface temperature* ou *GMST*) :

« Specifically, warming at a given point in time is defined as the global average of combined land surface air and sea surface temperatures for a 30-year period centred on that time, expressed relative to the reference period 1850–1900 » (Allen et al., 2018, p.56)

L'échelle de temps est importante : sur quelques décennies la variation de température dépasse celles observées avant l'ère pré-industrielle. Les données paléoclimatiques permettent de tester la capacité des modèles de simulation et d'envisager des réponses du système climatique à des perturbations. La variabilité naturelle du climat est mieux appréhendée pour ensuite dégager le poids des activités humaines comme facteur climatique externe. La paléoclimatologue Valérie Masson-Delmotte, dans un

interview publié dans La Recherche (2018) rappelle quelques données qui alertent sur la hausse de température de la planète :

« Nous avons montré que les changements les plus rapides de température à la surface de la Terre correspondaient à la fin des périodes glaciaires, avec des amplitudes de l'ordre de 5°C et une vitesse maximale de l'ordre de 1°C par millénaire. Si l'on étudie des périodes plus comparables à la nôtre, les périodes plus chaudes donc, le réchauffement actuel est en rupture par rapport aux variations des deux derniers millénaires. » (Masson-Delmotte, 2018, p.9)

C'est pourquoi l'enjeu actuel est de limiter l'augmentation de la température à 1,5°C par rapport à 2°C car cela conduirait à atténuer certains effets du réchauffement climatique. Par exemple, dans ce cas, cela limiterait de 10 cm la montée du niveau des mers et rendrait les gouvernements moins pressés face à la prise en compte des risques littoraux (Masson-Delmotte, 2018). Pour un objectif de limitation à 1,5°C, il faudrait entre autres réduire de 45 % d'ici 2030 l'émission du dioxyde de carbone par rapport à celle de 2010 pour atteindre en 2050 un bilan net du dioxyde de carbone atmosphérique égal à zéro. La question de la limitation à 1,5°C prend en compte l'accumulation de plusieurs facteurs dus à l'activité humaine et qui contribuent à faire augmenter la température de la planète. Les solutions pour lutter contre le réchauffement climatique sont d'ordre scientifique, politique et technologique ; elles sont liées aux modes de vie et de développement des activités humaines, aux comportements des individus. Les résultats et préconisations scientifiques visent à faire prendre conscience que l'objectif est de se donner les moyens de diminuer les émissions de dioxyde de carbone. Il peut être envisagé de réduire l'utilisation du charbon pour la production d'électricité, d'extraire le dioxyde de carbone de l'atmosphère par captage physico-chimique (42 milliards de tonnes en sont rejetées chaque année dans l'atmosphère), de restaurer des écosystèmes, de stocker dans les sols le dioxyde de carbone, etc. Il est primordial de considérer la place des activités humaines tant au niveau des causes du réchauffement climatique que des solutions à son atténuation.

En effet, l'importance attribuée aux activités humaines est mentionnée dans la définition du réchauffement climatique appelé aussi « Réchauffement mondial (*Global warming*) » (GIEC, 2014a, p.141) : « augmentation progressive, prévue ou observée, de la température à la surface du globe, qui est l'une des conséquences du forçage radiatif provoqué par les émissions anthropiques. ». Le rapport de synthèse du GIEC de 2014 indique que l'augmentation de température de la planète est confirmée par toutes les projections climatiques effectuées quel que soit le scénario d'émissions envisagé. Avec un niveau de confiance « très probable » sont avancées des conséquences sur l'acidification des océans, les vagues de chaleur ou les précipitations (GIEC, 2014b, p.10). La compréhension du réchauffement climatique nécessite d'aborder en quoi relèvent ces émissions anthropiques qui jouent un rôle dans le forçage radiatif.

Émissions anthropiques et descripteurs climatiques

La corrélation entre augmentation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique due aux activités humaines et augmentation de température de surface terrestre a été étudiée jusqu'au début du XXe siècle (cf. II.2.4 Des articles fondateurs sur le climat). Elle a moins été une source de préoccupation pour les scientifiques durant la première moitié du XXe siècle. Cette brève perte d'intérêt s'est manifestée à partir du moment où la vapeur d'eau a aussi été identifiée comme gaz à effet de serre ; l'argument avancé était que la vapeur d'eau atmosphérique absorbe fortement dans la même région spectrale que le gaz carbonique. Mais dans son article « *Carbon dioxide theory of climatic change* » de 1956, le climatologue physicien Gilbert Plass, alors en congé à la Michigan State University, cite les travaux plus récents de différents scientifiques sur le dioxyde de carbone et ses effets sur la température moyenne de surface terrestre. Il fait référence aux mesures et aux calculs des flux radiatifs atmosphériques montant et descendant qu'il a effectués :

« The radiation calculations predict a definite temperature change for every variation in CO₂ amount in the atmosphere. These temperature changes are sufficiently large to have an appreciable influence on the climate. » (Plass, 1956, p.142)

Grâce à l'informatique (MIDAC) il a déterminé l'augmentation de température due à un doublement de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique. La température moyenne de la surface terrestre augmenterait de 3,8°C pour que l'équilibre radiatif entre 1 km et 75 km d'altitude soit de nouveau atteint si la teneur en CO₂ doublait, tout autre paramètre fixé, hormis la vapeur d'eau dont l'influence est prise en compte (p.142). Plass raisonne aussi sur le bilan carbone en détaillant entre autres les échanges entre océans et atmosphère. Il explique les changements du climat à partir de ce qu'il nomme la théorie du dioxyde de carbone. En effet, il met en évidence les influences réciproques entre variation de la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère ; température moyenne de surface terrestre et couverture neigeuse en considérant l'atmosphère et l'océan comme un même système. Il expose l'interaction entre nuages, précipitation, dioxyde de carbone et pluie et tient compte des oscillations entre périodes glaciaires et interglaciaires. L'article de Plass montre à quel point plusieurs facteurs interviennent dans le changement climatique. Pour ceux qui influent sur le bilan carbone, Plass distingue ceux du monde organique tel que le processus de photosynthèse, de ceux du monde inorganique telles les éruptions volcaniques et de ceux des activités humaines telles que les combustions fossiles et les cultures des sols. D'autres phénomènes peuvent influencer le climat:

« Although it seems significant that so many facts can be explained by the carbon dioxide theory, the possibility remains that variations in solar energy, volcanic dust in the atmosphere and the heights of the continents may have had an important

influence on the climate at particular places and periods in the earth 's history. »
(Plass ; 1956 ; p.141)

Même s'il est mentionné que les données sur le dioxyde de carbone sont encore insuffisantes pour affirmer de manière sûre en 1956 que la quantité de ce gaz a augmenté depuis 1900 avec les émissions anthropiques (*ibid.*, p.150), l'hypothèse établie par Plass est que l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique due aux activités humaines est une cause majeure de la hausse de température de la Terre. Plass suggère alors de poursuivre les études sur la teneur du gaz à différentes périodes géologiques de la planète afin de conclure sur la nature du facteur climatique le plus important à prendre en compte (*ibid.*, p.153). Ces réflexions concordent avec les idées présentes dans la définition des changements climatiques énoncée dans « l'article premier » rédigé par la Convention-cadre des Nations Unies (CCNUCC) sur les changements climatiques :

« changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » (CCNUCC, 1992, p.4)

L'influence des activités humaines sur la composition de l'atmosphère et donc sur le climat de la Terre est appréhendée à l'aide de raisonnements sur les réservoirs de carbone dans une publication de Roger Revelle et Hans Suess de 1957. Leur article contribue à la prise de conscience du caractère novateur des expérimentations sur le climat dans le sens où l'objet d'étude qu'est la planète conduit à un changement d'échelle (*large scale geophysical*) conséquent :

“Human beings are now carrying out a large-scale geophysical experiment of a kind that could not have happened in the past nor be reproduced in the future. Within a few centuries we are returning to the atmosphere and oceans the concentrated organic carbon stored in sedimentary rocks over hundreds of millions of years.”
(Revelle et Suess, 1957, p.19)

La fait de considérer les émissions anthropiques à grande échelle, globalement plutôt que localement apparaît également dans le travail de l'équipe du scientifique Charles David Keeling du Scripps Institution of Oceanography, Université de Californie. En mars 1958, l'équipe de Keeling commence les premières mesures de concentration du dioxyde de carbone atmosphérique, au sommet du volcan Mauna Loa, un volcan à 3400 m d'altitude à Hawaï très éloigné de sources de pollution locale. Elle cherche à apporter une preuve à l'idée de Svante August Arrhénius, idée évoquée à la fin du XIXe siècle selon laquelle les activités humaines génèrent des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et donc une augmentation de sa concentration. Les séries de mesures continues effectuées les décennies qui ont suivi ont permis de prouver que la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique augmente. En effet, l'analyse de rayonnement infrarouge émis par des échantillons de gaz atmosphérique comprenant du dioxyde de carbone permet de déterminer la concentration de ce-

dernier. Un traitement statistique des mesures à partir de moyennes journalières et mensuelles de cette concentration met en évidence des oscillations saisonnières sur une année. Malgré ce phénomène oscillatoire, la tendance générale montre alors une augmentation « globale » de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique :

“[...] the observed long-term trend of rising CO₂ appears clearly to be in response to increasing amounts of industrial CO₂ in the air on a global scale. We are thus convinced of the observatory's suitability to monitor global changes in atmospheric CO₂ concentration.” (Keeling et al., 1976, p.550)

Aujourd'hui la courbe de Keeling est une référence ; elle représente l'évolution de la concentration de ce gaz (en parties par millions, ppm) en fonction du temps, depuis les mesures de 1958. Entre 1750 et 2011, la moitié du cumul de dioxyde de carbone émis par les êtres humains a été produite dans les quatre dernières décennies (GIEC, 2014b, p.5).

Si l'augmentation de température moyenne de surface terrestre prouve que la Terre se réchauffe, elle n'est plus le seul indicateur du changement climatique. D'ailleurs, aujourd'hui, l'organisation météorologique mondiale considère que la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique est un descripteur, parmi d'autres (tels que l'acidification des océans et le niveau des mers qui apparaissent sur la figure 1 ci-après), qui contribuent à étudier les changements du climat.

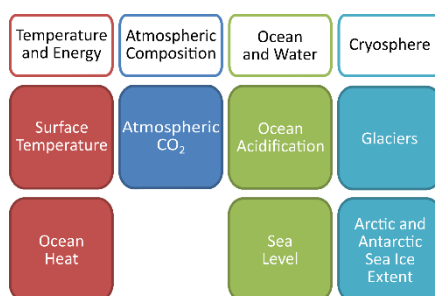


Figure 1. Sept paramètres décrivent le changement climatique (source : <https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators>)

Aussi la planète Terre est-elle considérée comme un système dont l'état varie et qui est compartimenté en atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère et biosphère. Les interactions entre compartiments du système sont étudiées pour comprendre le climat. Un outil de quantification utilisé par la communauté scientifique consiste à s'appuyer sur le cycle biochimique d'un élément (par exemple le carbone) pour en dresser des bilans souvent exprimés en milliard de tonnes (Gt/an) et pour en identifier les sources et puits.

Le bilan carbone

A partir des années 50, plusieurs équipes de recherche ont contribué à mettre en évidence les échanges de dioxyde de carbone pour mieux évaluer l'impact des émissions anthropiques de ce gaz dans l'atmosphère. Déjà en 1956 une équipe de chercheurs travaillait sur un modèle du cycle de

l'élément carbone pour comprendre l'impact des émissions du gaz carbonique dans l'atmosphère par rapport aux échanges entre des réservoirs de carbone comme la biosphère terrestre ou les océans :

“Erikson and Welander (1956) have discussed a mathematical model of carbon cycle between the atmosphere, the land biosphere and dead organic matter, and the ocean, in which it is assumed that the rate of input of carbon to the biosphere is directly proportional, not only to the total size of the biosphere but also to the amount of CO₂ in the atmosphere.” (Revelle et Suess, 1957, p.26)

L'utilisation de tels modèles, corroborée à des mesures et estimations statistiques, permet d'analyser les sources et les puits de carbone. Chaque année, un bilan carbone est établi par la communauté scientifique. Le but est de pouvoir mener ensuite des politiques adaptatives qui limiteraient le réchauffement climatique. Il consiste aussi à apporter des données actualisées avec transparence et robustesse qui visent à comprendre comment une atténuation du changement climatique est possible. Aujourd'hui, il est prouvé que pour la période 1959-2017, plus des 4/5èmes des émissions anthropiques de dioxyde de carbone sont issues des combustions fossiles (source principale). 45 % restent dans l'atmosphère. Les puits océaniques absorbent 24 % de ces émissions et les puits terrestres 30 % (Le Quéré et al., 2018, p.160). Les effets d'une augmentation de la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère est étudiée tant par les modèles du cycle du carbone que par des comparaisons avec des valeurs déterminées en paléoclimatologie. Ainsi, la concentration en dioxyde de carbone actuelle (supérieure à 400 parties par million ; 415 ppm en 2018) est équivalente à celle du Pliocène, il y a 3 millions d'années où la température moyenne à la surface de la Terre pouvait être de 2 à 4 °C supérieure à la température moyenne de surface à la fin du XIXe siècle. Le niveau des mers était alors plus élevé de 10 à 20 mètres (Masson-Delmotte, 2018). Le cycle du carbone est associé au dioxyde de carbone en toute rigueur à 99 % mais le 1 % restant concerne le méthane et les composés organiques volatiles (COV).

L'augmentation de température moyenne à la surface terrestre est alors corrélée au bilan carbone. Cette relation entre augmentation de température et émissions de CO₂ est appréhendée par la notion de « réponse transitoire du climat aux émissions cumulées de carbone (RTCE) ». Elle se quantifie grâce aux observations et à l'utilisation de modèles. Pour 1000 Gt de carbone émis sous forme de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, celle-ci serait « probablement comprise » entre 0,8 °C et 2,5 °C (GIEC, 2014b, p.84). Ces émissions cumulées de carbone sont déterminées en identifiant les sources anthropiques et il est avéré que :

« Le réchauffement provoqué par les émissions de CO₂ est réellement irréversible à des échelles couvrant plusieurs siècles, sauf si des mesures sont prises pour éliminer le CO₂ de l'atmosphère. » (*ibid.*, p.84).

Les activités humaines ont aussi une influence sur la teneur d'autres espèces chimiques, comme par exemple, la concentration de la vapeur d'eau atmosphérique. L'étude du cycle de l'eau qui utilise

plusieurs méthodes de mesures (stations réparties à la surface du globe, sondes radios, satellites...) permet de mettre en relation l'augmentation de température de 0,5 °C avec l'augmentation de vapeur d'eau dans la troposphère d'environ 3,5 % durant les quarante dernières années et à grande échelle spatiale. Les résultats indiquent qu'avec un niveau de confiance moyen, l'action de l'homme a une influence sur l'évolution de la vapeur d'eau (GIEC, 2014). L'impact des activités humaines sur le climat est alors estimé dans son ensemble à travers la notion de forçage anthropique. Plusieurs types de forçages sont estimés avec les modèles du climat pour mieux comprendre le changement climatique.

Forçage externe et forçage radiatif, gaz à effet de serre

Lorsque l'état du système climatique varie sous l'effet d'un facteur extérieur au système, la cause du changement est appelée forçage externe (*external forcing*). Ainsi le forçage anthropique, impliquant une modification de la composition de l'atmosphère ou des sols est un forçage externe, au même titre que les éruptions volcaniques ou le forçage orbital (modification de l'insolation due aux variations de paramètres de l'orbite terrestre tels que l'excentricité, l'obliquité ou la précession des équinoxes). Le forçage radiatif (*radiative forcing*) est défini comme suit :

« Force des facteurs en jeu, quantifiée sous forme d'un forçage radiatif (FR) en watts par mètre carré ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), comme dans les précédentes évaluations du GIEC. Le forçage radiatif est la variation de flux énergétique causée par un facteur ; il est calculé à la tropopause ou au sommet de l'atmosphère. {GT I} » (GIEC, 2014a, p.137)

Forçage externe et forçage radiatif peuvent donc être liés. Par exemple, la modification de la composition de l'atmosphère par forçage anthropique induit une modification du forçage radiatif du mélange homogène de gaz à effet de serre atmosphériques (*well-mixed greenhouse gas (WMGHG)*), constitué de dioxyde de carbone CO_2 , de méthane CH_4 , d'hydrocarbures halogénés et d'oxyde nitreux N_2O . Ce forçage radiatif a été estimé avec un niveau de confiance élevé à $2.83 [2.54 \text{ à } 3.12] \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ en 2011. Le fait d'évaluer les forçages radiatifs permet d'identifier les facteurs qui contribuent majoritairement au réchauffement climatique. Ainsi, une première distinction peut être réalisée entre les différents gaz à effet de serre atmosphériques, selon leur force, chiffrée en termes de forçage radiatif :

« Ce gaz [le méthane] est en effet responsable de 32,3 % du forçage radiatif de l'ensemble des GES [gaz à effet de serre] en mélange homogène entre 1750 et 2011, derrière le CO_2 qui reste avec 56 % du total, le premier responsable du forçage, mais très loin devant le N_2O (5,7 %) et les HFC et ozone non lié au CH_4 (6 %). » (Dessus et Laponge, 2014, p.69)

Le cas de l'ozone permet de rappeler que ce gaz peut jouer le rôle d'effet de serre dans certaines conditions. En effet, les changements de concentration de l'ozone induisent aussi un forçage radiatif : l'ozone troposphérique est responsable d'un forçage radiatif positif $0.40 [0.20 \text{ à } 0.60] \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ tandis

que l'ozone stratosphérique implique un forçage radiatif négatif $- 0.05 [- 0.15 \text{ à } + 0.05] \text{ W.m}^{-2}$. En effet, l'ozone n'est pas directement émis dans l'atmosphère mais résulte de réactions photochimiques. Par exemple dans la troposphère les sources naturelles ou anthropogéniques de composants qui réagissent et conduisent à la formation d'ozone sont le méthane, le monoxyde de carbone, des composés organiques volatiles, des oxydes nitreux. Ainsi le forçage radiatif de l'ozone troposphérique est dû à l'augmentation de la concentration de ces composants et de ces gaz dans la troposphère tandis que le forçage radiatif stratosphérique est dû à la diminution d'ozone à partir de composés halogénocarbonés de nature anthropogénique (IPCC, 2013, p.55). L'ozone troposphérique conduisant à un forçage radiatif positif contribue à l'effet de serre.

Dans certaines situations, le forçage externe anthropique peut conduire à un forçage radiatif négatif. L'émission d'aérosols génère un forçage radiatif négatif $(-0.35 [-0.85 \text{ à } +0.15] \text{ W.m}^{-2})$ (niveau de confiance élevé). De même la déforestation conduit à un forçage radiatif négatif estimé à $-0.15 [-0.25 \text{ à } -0.05] \text{ W.m}^{-2}$ car elle induit un changement d'albédo (« Fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée sous forme de pourcentage. » (GIEC, 2014a)). De plus, le rapport de l'IPCC de 2013 fait remarquer que d'autres conséquences de la déforestation sont estimées mais difficilement quantifiables. Il s'agit par exemple de la modification de la température de surface et de ses implications sur le flux de chaleur latente, les sécheresses des rivières...etc. Un lien est avéré entre la déforestation et l'évolution de la concentration du mélange homogène des gaz à effet de serre.

La relation entre forçages externes et forçage radiatif vaut pour les agents extérieurs naturels que sont les volcans et le soleil. Les observations par satellite permettent d'estimer les variations du flux radiatif incident solaire. Ces variations apparaissent comme cyclique dont la période du cycle est estimée à 11 années. Par exemple les derniers minima consécutifs connus datent de 1986 et de 2008. Durant cette période, le forçage radiatif solaire est estimé avoir varié de $- 0.04 [- 0.08 \text{ à } 0.00] \text{ W.m}^{-2}$ (IPCC, 2013, p.56). Concernant les éruptions volcaniques l'un des contributeurs majeurs du forçage radiatif est dû à une mission d'aérosols stratosphériques. Selon la nature de l'aérosol et la durée de vie de ce dernier, la contribution pour le forçage radiatif est plus ou moins importante. Ainsi le dioxyde de carbone émis lors d'une éruption volcanique a un impact radiatif moindre que les aérosols sulfatés ou les particules minérales. L'éruption du mont Pinatubo de 1991 a conduit au plus grand forçage radiatif annuel jusqu'à présent $(- 3.0 \text{ W.m}^{-2})$.

Finalement, l'estimation des différents forçages radiatifs intervient dans l'établissement du bilan radiatif de la Terre. Par exemple, la comparaison entre forçages radiatifs pour les gaz à effet de serre (GES), qui s'évalue également par le potentiel de réchauffement global (*Global Warming Potential*,

GWP) est directement reliée aux effets engendrés par les GES par rapport à la situation d'équilibre radiatif pour le système Terre :

« Pour faciliter les comparaisons entre les effets des différents GES, le GIEC a défini le « potentiel de réchauffement global », PRG. Le PRG est défini comme le rapport entre la perturbation du bilan radiatif de la Terre pendant une période déterminée qui suit l'émission ponctuelle d'un kilogramme d'un gaz (ici le CH₄) et la perturbation sur la même période qui suit l'émission ponctuelle au même instant d'un kilogramme de CO₂. » (Dessus et Laponge, 2014, p.70)

Les effets des gaz à effet de serre sont donc étudiés sur une durée. Par exemple, la convention prise avec le protocole de Kyoto est de 100 ans. Les modèles climatiques qui s'appuient sur les observations et les mesures effectuées contribuent à évaluer ces effets. La mise en relation entre « La perturbation du bilan radiatif », le forçage radiatif, la température moyenne à la surface de la Terre et la concentration du dioxyde de carbone atmosphérique est alors possible. Elle met notamment en jeu les notions de sensibilité du climat (*Climate sensitivity*) à l'équilibre ou sensibilité effective du climat. Les modèles climatiques pour l'estimer prennent en compte les interactions entre atmosphère et océans :

« La sensibilité effective du climat (unité : °C) est une estimation de la réponse de la température moyenne à la surface du globe à un doublement de la concentration de CO₂ obtenue à partir des résultats des modèles ou d'observations pour des conditions évolutives qui ne sont pas à l'équilibre. C'est une mesure de l'ampleur des rétroactions climatiques à un instant donné qui peut varier en fonction du forçage et de l'état du climat, pouvant donc être différente de la sensibilité du climat à l'équilibre. » (GIEC, 2014a, p.142)

Cette réponse de la température moyenne à la surface de la Terre à un doublement de concentration de CO₂ dans l'atmosphère en tant qu'augmentation de température est déjà connue depuis la fin du XIXe siècle. La mise en relation entre bilan radiatif, forçage radiatif, équilibre et état du climat caractérise les recherches en sciences climatiques depuis la première moitié du XXe siècle. La mise au point de modèles climatiques est essentielle. Ainsi la Terre est considérée comme un système dans sa globalité. Son réchauffement est global : il est avéré avec un niveau de confiance élevé que l'énergie de la Terre a augmenté entre 1971 et 2010 avec un taux d'accroissement annuel de 213×10^{12} W (IPCC, 2013, p.39). Il est possible de détailler la part de chaque compartiment du système Terre : le réchauffement concerne les océans dont l'énergie augmente pour 93 % de l'augmentation totale, les glaces et les continents, pour 3 % chacun, et l'atmosphère pour 1 %. Si le réchauffement de la planète a bien lieu, l'enjeu actuel est de le limiter. Le communiqué de presse du GIEC du 8 octobre 2018 reprend les propos suivants de Jim Skea, coprésident du troisième groupe de travail du GIEC : « Du point de vue des lois de la physique et de la chimie, la limitation du réchauffement planétaire à 1,5 °C est possible, mais il faudrait, pour la réaliser, des changements sans précédent ».

Annexe du chapitre II.2.2b - données actuelles sur le réchauffement climatique (Contenus de physique pour le réchauffement climatique)

Les modèles climatiques utilisés par les équipes de recherche sur le climat permettent d'expliquer les fluctuations du climat passé et de prévoir les fluctuations climatiques dans le futur. Ces modèles sont des simulations numériques des processus physiques, chimiques et biologiques du système climatique. Il en existe pour l'atmosphère, pour les océans ou pour la surface terrestre. Ils tiennent compte des interactions et rétroactions au sein du système climatique. Certains sont plus aboutis que d'autres qui doivent encore être développés :

« Les modèles de circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) fournissent une représentation d'ensemble du système climatique, qui est une des plus complètes du spectre actuellement disponible. Une évolution se dessine vers des modèles plus complexes à chimie et biologie interactives. » (GIEC, 2018)

Par exemple, pour rendre un modèle climatique opérationnel, quatre grandes étapes peuvent être mises en place. La première consiste à implémenter les lois de la physique, c'est-à-dire à poser les équations qui représentent l'évolution temporelle et/ou spatiale de variables à prendre en compte dans les simulations : c'est le cas des équations de Navier-Stokes, utiles pour l'étude des mouvements des fluides comme l'atmosphère ou de la relation de Clausius-Clapeyron pour les modèles simulant les variations des précipitations à différentes latitudes. La deuxième étape est celle de la discrétisation des équations ou paramétrisation : la planète est découpée en mailles (cubes) pour rendre le modèle numérique. Les choix d'échelle et de paramétrisation pour ce maillage en trois dimensions génèrent des incertitudes et des erreurs sur lesquelles travaillent les équipes de recherche pour améliorer les modèles. La modélisation informatique constitue alors la troisième étape. Il s'agit d'un codage, en langage informatique, des paramètres et des équations utilisés dans le modèle. Enfin, la dernière étape consiste en une comparaison entre résultats produits par les modèles et observations instrumentées. Cette activité de modélisation au cœur des recherches sur le climat est à distinguer de la construction d'un modèle simplifié qui repose sur les transferts radiatifs pour expliquer le lien entre effet de serre et réchauffement climatique.

En effet, le climat sur Terre tient au fait que la planète reçoit un rayonnement solaire dont l'énergie permet de la chauffer et en émet vers l'espace. La présence d'une atmosphère confère à la Terre une température supérieure à celle qu'elle aurait sans cette atmosphère. Cette différence de température est caractéristique de l'effet de serre. Comprendre le réchauffement climatique nécessite alors de comprendre ce phénomène d'effet de serre naturel. Dans certains ouvrages universitaires sur le changement climatique (Kump et al., 2010 ; Dessler, 2016) les mécanismes physiques qui sont présentés comme « l'essentiel » de la compréhension du climat (*the important physics required to understand the climate*, Dessler, 2016, p.38) concernent les flux de rayonnements (ou flux d'énergie),

l'interaction entre le rayonnement et la matière (en particulier, l'absorption et l'émission de rayonnement électromagnétique par les gaz à effet de serre ou la surface terrestre) et les bilans radiatifs de flux. Ces faits de physique sont abordés dans ce qui suit :

- Rayonnement solaire
- Absorption et émission de rayonnement par les gaz à effet de serre
- Bilan radiatif et effet de serre naturel : le rayonnement du corps noir
- Bilan radiatif sans atmosphère

Rayonnement solaire

Le rayonnement émis par le Soleil et reçu par la Terre est un rayonnement électromagnétique. Il peut être envisagé comme une onde électromagnétique c'est-à-dire comme une oscillation des champs électrique et magnétique, perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, qui se propage dans une direction orthogonale. Cette onde ne nécessite pas de milieu matériel pour se propager. Elle est périodique et se caractérise par sa fréquence ν , qui peut être reliée à la vitesse de propagation de l'onde (c), égale à 3.10^8 m.s^{-1} dans le vide, par la longueur d'onde λ telle que $\nu = \frac{c}{\lambda}$. Le rayonnement électromagnétique peut d'autre part être décrit par un flux de particules appelées photons. L'énergie d'un photon transportée lors du rayonnement électromagnétique de fréquence ν est définie par $E = h\nu$ où h est la constante de Planck ($6,625.10^{-34} \text{ J.s}$). Le spectre électromagnétique est une représentation de l'ensemble des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence ou de leur longueur d'onde dans le vide. De la longueur d'onde la plus faible à la plus élevée, les ondes électromagnétiques sont appelées rayons gamma, rayons X, ultra-violets, lumière visible, infrarouges, ondes radar ou hyperfréquences, ondes radio. Le rayonnement émis par le Soleil vers la Terre a un rôle primordial dans l'explication du climat pour lequel les phénomènes mis en jeu font intervenir la notion de flux de rayonnement.

Le flux de rayonnement électromagnétique surfacique, exprimé en Watt par mètre carré (W.m^{-2}) correspond à la quantité d'énergie ou au nombre de photons d'une onde électromagnétique qui passe perpendiculairement à travers une unité de surface en une seconde. Il est nécessaire de considérer la distance de propagation du rayonnement entre la source et le lieu où la mesure est effectuée. Par exemple, la Terre reçoit du Soleil un flux solaire dont la valeur mesurée par satellite au niveau de l'orbite terrestre (R_0 distance moyenne entre la Terre et le Soleil soit 149 600 000 km ou une unité astronomique) est égale à $S_0 = 1366 \text{ W.m}^{-2}$. La loi du carré inverse permet d'évaluer le flux solaire S reçu par la surface d'une planète à une distance R du Soleil :

$$4\pi R_0^2 S_0 = 4\pi R^2 S \quad \text{soit } S = \frac{R_0^2}{R^2} S_0$$

Cette loi permet notamment de prendre en compte les petites variations de forme de l'orbite terrestre au cours du temps et est utilisée pour l'étude du climat dans les régions polaires et notamment pour l'étude des couvertures neigeuses. Comme la Terre possède une atmosphère, tout le flux solaire incident qui arrive sur Terre n'atteint pas sa surface. D'un point de vue simplifié, environ 30 % sont réfléchis vers l'espace (par les nuages, la surface terrestre, les composants de l'atmosphère), 51 % sont absorbés par la surface terrestre et 19 % sont absorbés par l'atmosphère et les nuages. Cette répartition du flux solaire incident est due aux phénomènes d'interaction entre le rayonnement électromagnétique et la matière. Pour comprendre le réchauffement climatique, il faut donc s'intéresser au processus d'absorption et d'émission des gaz atmosphériques qui jouent un rôle dans l'effet de serre.

Absorption et émission de rayonnement par les gaz à effet de serre

Une définition des gaz à effet de serre est proposée par Edouard Bard, dans Les dossiers de La Recherche (2004, p.10) :

« Ce sont des gaz dont la particularité est d'être transparents à la lumière visible, mais opaques pour une majeure partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre. Le taux d'absorption dépend du gaz considéré, en raison de la structure électronique des molécules qui le composent. Le rayonnement absorbé induit des vibrations ou des rotations des liaisons chimiques. Ce phénomène dépend de la nature des liaisons, de la géométrie des molécules et des masses relatives de leurs atomes. »

La définition donnée par l'IPCC (2013, p.1455) liste les espèces considérées comme gaz à effet de serre. La vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), l'oxyde nitreux (N_2O), le méthane (CH_4) et l'ozone (O_3) sont les principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre. Les activités humaines engendrent aussi des halocarbones, des dérivés du chlore et du brome. Un gaz à effet de serre interagit au niveau moléculaire avec le rayonnement infrarouge par l'intermédiaire des phénomènes d'absorption et d'émission. Selon la mécanique quantique, une molécule possède une énergie quantifiée (qui ne prend que certaines valeurs) et qui dépend de nombres quantiques. L'approximation de Born-Oppenheimer permet de décomposer cette énergie de la molécule en trois termes qui s'ajoutent : l'énergie des électrons des atomes de la molécule, l'énergie de vibration des noyaux et l'énergie de rotation de la molécule. Lorsque l'énergie du photon incident $h\nu_0$ (ν_0 fréquence du rayonnement incident, h constante de Planck) correspond à la différence d'énergie ΔE entre deux niveaux d'énergie de la molécule (de nombres quantiques différents), la molécule peut absorber ce photon. L'absorption est effective dans le cas où les règles de sélection (polarisation et fréquence du rayonnement incident) sont respectées. La molécule passe alors d'un état d'un niveau d'énergie à un autre état d'un niveau d'énergie supérieure. La structure de la molécule a une influence sur la

fréquence du rayonnement absorbé ou émis. Ainsi, les molécules de gaz à effet de serre telles que CO₂, H₂O, CH₄, N₂O absorbent le rayonnement infrarouge thermique émis par la Terre et réémettent des photons sans changement de longueur d'onde : « La gamme de longueurs d'ondes s'étend entre 4 et 40 micromètres, intervalle dans lequel se situe l'essentiel du rayonnement infrarouge émis par la Terre. » (Dufresne et Treiner, 2011, p.34). L'intervalle de longueur d'onde pour lequel une molécule absorbe un rayonnement est appelée bande d'absorption de la molécule. Par exemple pour la molécule d'eau les radiations absorbées sont caractérisées par une longueur d'onde dans le domaine infrarouge proche autour de 2 μm (vibration d'élongation), 6 μm (vibration de déformation) et infrarouge lointain (transition de rotation entre 20 et 100 μm). La bande d'absorption principale est celle autour de 6 μm pour la vapeur d'eau. Les fenêtres atmosphériques sont les régions du spectre électromagnétique où l'atmosphère est transparente au rayonnement solaire. Pour l'infrarouge moyen et l'infrarouge lointain, l'atmosphère est opaque à ce rayonnement, cela est notamment dû aux gaz à effet de serre. La figure suivante illustre l'interaction rayonnement-gaz atmosphérique ; elle représente en pourcentage l'intensité du rayonnement solaire transmis par l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde du rayonnement. Les formules chimiques des espèces qui apparaissent sur le spectre sont celles des gaz qui absorbent le rayonnement solaire pour une longueur d'onde donnée.

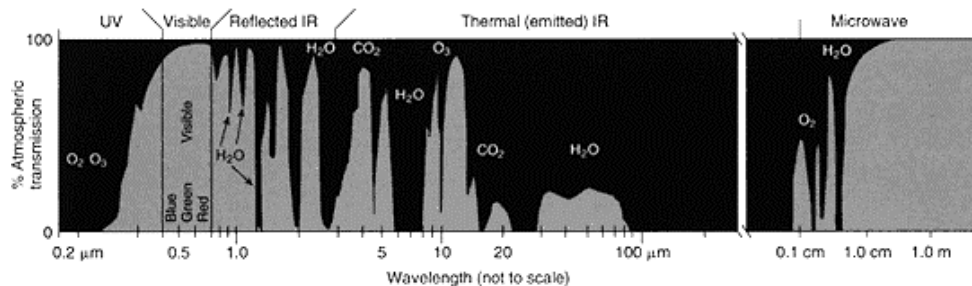


Figure 2. Une représentation des fenêtres atmosphériques. «Diagram of atmospheric windows—wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere. Chemical notation (CO₂, O₃) indicates the gas responsible for blocking sunlight at a particular wavelength. ».¹

Il est possible d'évaluer l'absorption du rayonnement par la molécule. Un échantillon d'une espèce chimique, homogène et d'épaisseur l , absorbe une partie du rayonnement incident d'intensité I_0 et en transmet avec une intensité I_t selon la relation suivante :

$$I_t = I_0 e^{-Kl}$$

K est le coefficient d'atténuation qui dépend de l'espèce absorbante, de sa concentration et de la longueur d'onde du rayonnement incident. L'intensité du rayonnement qui interagit avec l'échantillon décroît exponentiellement avec l'épaisseur traversée.

L'absorbance de l'espèce est définie par $A(\lambda) = \log\left(\frac{I_0}{I_t}\right)$; elle est l'inverse de la transmittance T . La loi de Bouguer-Beer-Lambert indique que le coefficient d'atténuation (ou coefficient d'absorption dans ce

¹ https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing/remote_04.php

cas) est proportionnel à la concentration de l'espèce absorbante, dans certaines conditions, notamment pour de « faibles » concentrations. La question qui peut alors se poser est celle de la relation entre augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et augmentation du phénomène d'absorption de rayonnement par ces gaz. En fait, il existe une « saturation à l'absorption ». Pour des concentrations en dioxyde de carbone atmosphérique inférieures à quelques parties par million (ppm) et en l'absence de vapeur d'eau atmosphérique, l'absorptivité du gaz augmente avec la concentration (Dufresne et Treiner, 2011, p.36)². Mais cela n'est plus vérifié à partir des valeurs de concentrations pour lesquelles ce gaz n'absorbe plus de rayonnement de longueur d'onde proche de 15 μm (saturation de la bande d'absorption) : même si le gaz est plus concentré, il n'absorbe pratiquement pas davantage. En présence de vapeur d'eau atmosphérique, cette saturation se produit pour des concentrations de CO_2 bien plus petites. La vapeur d'eau en revanche peut absorber de plus en plus de rayonnement lorsque sa concentration augmente : cela est due à la bande d'absorption intense autour de 6 μm et de la présence des bandes d'absorptions moins intenses entre 8 et 20 μm .

Lorsqu'il y a saturation de l'absorption, l'impact d'une augmentation de concentration de ces gaz sur le rayonnement absorbé s'explique par la notion d'altitude d'émission et de zone aveugle. Il s'agit de considérer que la concentration de ces gaz diminue avec l'altitude et que le rayonnement infrarouge émis par le gaz à effet de serre à une altitude donnée est absorbé par les molécules de gaz présentes dans les couches atmosphériques d'altitudes inférieures et supérieures (émission / absorption de proche en proche). Ainsi à partir de l'altitude d'émission, le rayonnement infrarouge émis par le gaz à effet de serre vers les couches supérieures n'est plus absorbé et se propage vers l'espace. La couche atmosphérique aveugle est celle pour laquelle le rayonnement émis par le gaz à effet de serre ne se propage pas vers l'espace car il est absorbé par les couches au-dessus. Dans ce modèle, l'atmosphère n'est pas homogène en concentration de gaz à effet de serre et la longueur d'onde du rayonnement infrarouge est un facteur à prendre en compte : en dehors du domaine spectral entre 8 et 13 μm (fenêtre atmosphérique), la couche entre 3 et 8 km d'altitude peut être considérée comme la couche aveugle (pour les domaines spectraux de CO_2 et H_2O). Cela signifie que vu de l'espace, le rayonnement infrarouge est émis par les couches au-dessus de cette couche aveugle (Dufresne et Treiner, 2011, p.37).

Par conséquent, quand la teneur en dioxyde de carbone ou en vapeur d'eau atmosphérique augmente, l'altitude d'émission augmente. Un modèle de l'atmosphère à une vitre ou à une couche permet de

² « On appelle absorptivité de l'atmosphère l'absorption du rayonnement sur toute la hauteur de l'atmosphère. Lorsque l'absorptivité vaut 1 pour une certaine longueur d'onde, tout le rayonnement émis par le sol est absorbé par l'atmosphère avant d'atteindre l'espace. » (Dufresne et Treiner, 2011, p.36).

comprendre en quoi l'émission de rayonnement infrarouge par la vapeur d'eau atmosphérique, d'une part vers la surface terrestre et d'autre part vers l'espace, peut influencer sur le bilan radiatif de la Terre et donc sur la température moyenne à la surface terrestre. Dans le cas du dioxyde de carbone, il faut tenir compte également du gradient de température (la température du gaz atmosphérique diminue avec l'altitude) et donc des mouvements atmosphériques par convection. L'augmentation en dioxyde de carbone conduit alors à un réchauffement de l'atmosphère. Utiliser ce modèle de l'atmosphère à une couche (ou à plusieurs couches) et établir un bilan radiatif permet alors d'expliquer de manière simplificatrice l'effet de serre naturel et la relation entre effet de serre anthropique et réchauffement climatique. Un tel bilan repose sur les lois du rayonnement d'émission d'un corps à une température donnée.

Bilan radiatif et effet de serre naturel : le rayonnement du corps noir

Le corps noir est un corps opaque, absorbeur intégral sur la totalité du spectre électromagnétique : tout rayonnement incident est absorbé quelle que soit sa longueur d'onde et quelle que soit sa direction incidente. Tous les corps noirs de même température émettent le même rayonnement quel que soit le matériau dont ils sont constitués. Un corps noir en équilibre radiatif avec le rayonnement et d'autres corps opaques présents émet un rayonnement qui se caractérise par un profil de longueur d'onde qui dépend de sa température. Cette distribution est décrite par une fonction mathématique exprimée par la loi de Planck, établie en mécanique statistique quantique :

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

φ est la densité spectrale en longueur d'onde du flux surfacique émis par le corps noir c'est-à-dire la puissance émise par unité de surface émettrice et par unité de longueur d'onde émise par le corps noir de température T ; elle s'exprime en $W \cdot m^{-2} \cdot m^{-1}$. k est la constante de Boltzmann, h la constante de Planck, c la vitesse de la lumière dans le vide.

La fonction correspondant à la loi de Planck présente un maximum pour une longueur d'onde dite maximale notée λ_{max} . La loi du déplacement de Wien est retrouvée. Pour une température T du corps noir exprimée en Kelvin, la fonction de Planck est maximale pour la longueur d'onde maximale, exprimée en micromètres, telle que $\lambda_{max} = \frac{2898}{T}$. Ainsi :

- pour la surface de la Terre à la température $T = 300$ K, $\lambda_{max} = 9,7 \mu m$ (infrarouge)
- pour le sommet de la troposphère à 255 K, $\lambda_{max} = 11 \mu m$ (infrarouge)
- et pour la surface du Soleil à 5770 K, $\lambda_{max} = 0,50 \mu m$ (visible)

La comparaison des spectres du corps noir terrestre et solaire montre que les domaines spectraux sont disjoints :

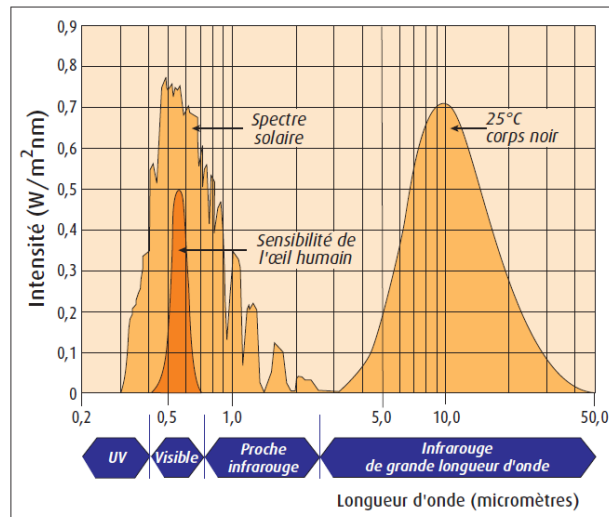


Figure 3. « À gauche : spectre de rayonnement reçu du Soleil par mètre-carré de surface terrestre, compte tenu de l'absorption atmosphérique. À droite : spectre de rayonnement émis par mètre carré de sol. »³

Le rayonnement solaire propage de l'énergie. Environ 40 % de l'énergie du soleil est émise dans un domaine de longueur d'onde supérieure à 700 nm correspondant à une région du spectre électromagnétique infrarouge. Environ 10 % de l'énergie du soleil sont émis à des longueurs d'onde plus courtes que celles correspondant à la lumière visible : ce sont les ultraviolets (environ 10 nm à 400 nm). Ainsi, l'étude du climat s'intéresse particulièrement au domaine du visible et de l'infrarouge pour le rayonnement solaire et au seul domaine infrarouge pour l'émission par la Terre. Le rayonnement ultraviolet émis par le soleil affecte également le système Terre d'un point de vue de la chimie de l'atmosphère et des conséquences sur les organismes vivants dues à son interaction avec le dioxygène et l'ozone présents dans l'atmosphère terrestre. C'est par intégration sur une demi-sphère de la loi de Planck que l'expression du flux radiatif émis par un corps noir (flux surfacique de rayonnement d'équilibre) en fonction de la température du corps noir est obtenue par la relation : $\varphi(T) = T^4$ où $5,67010^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ est la constante de Stefan.

Bilan radiatif sans atmosphère

Trois facteurs ont une influence sur la température de surface de la Terre : le flux solaire qui dépend de la distance de la Terre au Soleil et donc de sa position sur son orbite, la réflexivité de la Terre dont l'albédo permet d'en avoir une mesure, et la quantité de flux émis par l'atmosphère notamment par le phénomène d'effet de serre. Dans le cas d'un bilan de flux à l'équilibre pour le système Terre, considéré comme un corps noir émetteur d'un rayonnement d'équilibre, l'énergie émise par rayonnement par la Terre est égale à celle qu'elle absorbe. La Terre émet une énergie égale à $4\pi R_T^2 \cdot \sigma T_e^4$ où T_e est la

³ Dufresne et Treiner, 2011, p.33, Figure 3

température radiative effective de la Terre qui émet à travers toute sa surface sphérique un flux selon la loi de Stefan-Boltzmann. L'énergie que la Terre absorbe correspond à la différence d'énergie entre l'énergie correspondant au flux solaire reçu par la Terre et l'énergie qu'elle réfléchit : $\pi R_T^2 S - \pi R_T^2 SA$ où $S = 1366 \text{ W.m}^{-2}$ et $A = 0,3$ (valeur moyenne de l'albédo, c'est-à-dire de la fraction du rayonnement solaire réfléchi). Ainsi le bilan radiatif d'énergie pour la Terre s'écrit :

$$4\pi R_T^2 \cdot \sigma T_e^4 = \pi R_T^2 S - \pi R_T^2 SA$$

$$\text{Soit } \sigma T_e^4 = \frac{S}{4}(1 - A)$$

L'expression de la température radiative effective de la Terre sans atmosphère est alors :

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{S}{4\sigma}(1 - A)} = 255 \text{ K } (-18 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Il existe donc une différence de température avec la température de surface T_s actuelle égale à environ 288 K soit 15 °C. Ces deux valeurs de température pour T_e et T_s sont souvent présentées dans les ouvrages scolaires, universitaires et de vulgarisation scientifique pour illustrer l'effet de serre.

L'effet de serre est en effet défini par la grandeur $\Delta T = T_s - T_e = 33^\circ\text{C}$. Il vaut 33°C dans le cas qui vient d'être proposé. Ce résultat est discutable puisque l'absence supposée d'atmosphère implique l'absence de gaz à effet de serre. Ainsi, la valeur usuelle de l'albédo pour une Terre pourvue d'atmosphère devrait être adaptée, par exemple à $A = 0,1$. Pour cette valeur d'albédo, la température T_e serait alors plus grande, égale à 271 K soit -2 °C (Dufresne et Treiner, 2011, p.33). Cette discussion s'appuie sur une autre formulation de définition de l'effet de serre. L'effet de serre est aussi défini (IPCC, 2014, p.1455) comme un effet radiatif dans le domaine de l'infrarouge, dû à tout constituant de l'atmosphère qui absorbe, dans ce domaine spectral, le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre (gaz à effet de serre, certains aérosols, nuages) et qui en émet dans toutes les directions. Par conséquent, même en l'absence d'atmosphère, l'absorption et l'émission de rayonnement par les nuages explique la présence d'un effet de serre. La définition proposée par l'IPCC mentionne le gradient négatif de température atmosphérique en fonction de l'altitude (*decline of temperature with altitude*) et le fait que la quantité de rayonnement émis vers l'espace serait plus faible en l'absence des constituants atmosphériques à effet de serre :

"These substances emit infrared radiation in all directions, but, everything else being equal, the net amount emitted to space is normally less than would have been emitted in the absence of these absorbers because of the decline of temperature with altitude in the troposphere and the consequent weakening of emission." (IPCC, 2014, p.1455)

Etablir un bilan radiatif permet donc de mettre en évidence le rôle des constituants atmosphériques à effet de serre même dans un modèle radiatif sans atmosphère : la température de surface de la Terre

T_s est supérieure à sa température radiative effective T_e . Pour tenir compte des gaz à effet de serre, une vitre modélisant l'atmosphère peut être ajoutée au modèle précédent.

Annexe du chapitre II.2.3.1 - climat, changement, action humaine : évolution des idées

Des éléments d'histoire climatique contribuent à montrer comment les idées de climat et de changement climatique, ainsi que les sens de ces termes ont évolué au cours du temps. Comment l'idée du changement climatique s'est-elle concrétisée à travers l'histoire ? L'ouvrage d'Emmanuel Le Roy Ladurie, Histoire du climat depuis l'an mil, datant de 1967, est l'un des premiers ouvrages de climatologie historique où l'influence du climat sur la société est analysée (Mouhot, 2012). D'autres études ont été menées sur la découverte des mécanismes de l'effet de serre puis sur la naissance des sciences climatiques où la relation entre fait scientifique et action politique a été précisée.

L'origine étymologique grecque du mot climat renvoie à l'idée d'inclinaison : le climat est alors défini comme l'inclinaison de l'axe de la Terre vers les pôles. Cette « idée purement thermique du climat qui était conçu comme une zone de latitude comprise entre deux parallèles raisonnablement proches, selon l'enseignement des astronomes grecs » (Pinna, 1989, cité par Mouhot, 2012, p.22) a évolué au cours des siècles jusqu'à représenter le concept proposé en climatologie moderne au XIXe siècle et prendre la signification actuelle. Initialement le climat fait donc référence à un concept géométrique grec et correspond à des bandes à la surface du globe, séparées par des lignes parallèles à l'équateur. On parle de climat torride pour des bandes parallèles à l'équateur et près de l'équateur, de climat glacé pour celles près des pôles.

Les occurrences du mot climat dans les écrits depuis le XIIIe siècle jusqu'à la première moitié du XIXe siècle révèlent qu'un glissement est opéré vers la géographie. Les êtres humains ont toujours cherché à s'adapter au lieu où ils vivaient, à en modifier les contraintes. Par exemple, dans l'Antiquité, on cherchait à modifier localement le climat pour favoriser les courants et les vents en creusant des digues ou en construisant des ports. Cette relation entre climat et société prend différents aspects au cours de l'histoire. Coray (1800, p.2) rappelle dans ses notes sur le traité d'Hippocrate Airs, Eaux, Lieux l'importance pour le médecin de prendre en compte les habitudes alimentaires lors de son examen médical, « du genre de vie », plutôt que des considérations sur le climat et ses effets sur la santé :

« L'influence du régime sur le physique et le moral de l'homme est telle qu'elle surpasse souvent celle de toutes les autres causes, telles que l'air qu'on respire, le sol qu'on habite, en un mot, qu'elle masque les caractères du climat ». (Coray, 1800, p.2)

Le traité hippocratique permet de soulever la question de la modification de l'influence du climat sur la société par le biais des institutions politiques. « C'est sans doute la nature du climat qui rend les Européens plus belliqueux que les Asiatiques, mais la forme du gouvernement y contribue aussi. » (Hippocrate, CXVII, traduit par Coray, 1800). Ce rôle donné au climat, quant à ses effets sur la société,

est aussi présent au Moyen-Age : on parle du « climat de Bordeaux » pour une bande qui passe par Bordeaux.

Néanmoins, le mot climat commence à désigner le caractère d'un lieu : est-ce un lieu humide, chaud, fertile ? C'est le soubassement de la « théorie des climats » qui défend l'idée que le climat peut expliquer les différences entre les êtres humains et les sociétés, en particulier pour des considérations sur les capacités intellectuelles et les qualités morales des hommes. Cette potentialité conférée au climat existe dans les écrits depuis le IIIe siècle avant notre Ere (Mouhot, 2012) et a été fortement reprise au XVIIIe siècle avec Montesquieu qui tend vers un déterminisme climatique :

« L'étude des œuvres portant sur la même question avant L'Esprit des lois montre que l'originalité de Montesquieu vient de ce qu'il étend l'influence du climat à l'ensemble des institutions humaines (religieuses, juridiques et politiques ; voir Ehrard, p. 691-736). » (De Casabianca, 2013).

En effet, l'idée qui est développée est que chaque lieu (pensé en termes de bande) a une caractéristique. Le climat devient propice, clément ; il est apprécié dans certaines bandes. Le climat a donc d'abord un sens local voire régional. Le climat au XVIIIe siècle est un terme complexe, cartographié dans l'espace social : « le climat des agronomes », « des administrateurs », « de la monarchie ». Il est également associé à tout ce qui caractérise la spécificité thermique en se demandant si on y trouve des manifestations électriques, si le sol est fécond, fertile. Par exemple, le climat d'un lieu pour un médecin, c'était la terre, le ciel, l'atmosphère, la nature du sol, le fait d'être dans une plaine ou un vallon, le fait qu'une usine produit dans l'air de la pollution, etc. Ainsi,

« À partir de la fin du XVIIIe siècle, il convient de faire une distinction entre l'histoire de cette « théorie des climats » (qui concerne l'influence du climat sur les hommes), et l'histoire de la (re)découverte de l'influence des hommes sur le climat, car ces deux paradigmes vont connaître des évolutions assez distinctes, avant de se télescoper à nouveau à la fin du XXe siècle. » (Mouhot, 2012, p.25)

Le changement de climat est donc pensé sous différentes formes mais toujours lié à l'action humaine et de la société. Dans *L'essai sur l'origine des langues*, Rousseau propose une autre cause à ce changement. Il évoque d'abord l'existence d'un printemps perpétuel où les hommes peuvent vivre dispersés sur des terres fécondes qui leur procurent tout ce dont ils ont besoin. Puis, pour expliquer le rassemblement des hommes en société, il interprète les migrations de ces derniers par l'existence d'un geste de La Providence qui engendre un changement de climat :

« Supposez un printemps perpétuel sur la terre ; [...]. Celui qui voulut que l'homme fût sociable toucha du doigt l'axe du globe et l'inclina sur l'axe de l'univers. A ce léger mouvement, je vois changer la face de la Terre et décider de la vocation du genre humain [...] ». (Rousseau, 1990)

Rousseau associe la migration des hommes à la rigueur du climat ou à la présence de sols peu fertiles. Ainsi, les sociétés agraires vivent par une dépendance étroite avec le climat, qui évolue naturellement (température très différentes, précipitations). Ces évolutions ne sont pas dues à l'action humaine, et il existe une succession de saisons très différentes avec une succession de périodes rudes suivies de périodes d'accalmie.

Ces quelques éléments issus de l'histoire climatique esquissent les premières lignes de la réflexion sur l'épistémologie du concept //réchauffement climatique//. Le concept de climat a été appréhendé selon différentes dimensions au cours de l'histoire. Même si la signification du terme climat et de changement climatique a évolué, la relation entre l'activité humaine et le climat est omniprésente dans la construction des représentations sur le climat. L'ensemble de ces représentations, mêlées à des considérations sociétales, montre qu'il n'y a pas de « point d'origine » pour l'expression de changement climatique dont la signification dépend de la relation entre climat et société. Un point saillant est qu'avant le XVIIIe siècle, il ne s'agit pas du climat de la planète mais d'un climat au sens local, tant au niveau spatial que temporel. Une conséquence en est que l'être humain a essayé d'induire ce changement climatique à son échelle, pour en tirer un profit lié à l'activité humaine. Un autre point remarquable est que la recherche d'explications aux causes d'un changement de climat s'appuie sur des hypothèses variées où connaissances et croyances s'enchevêtrent.

Deux théories ont contribué à développer l'idée de changement climatique de la planète, associée à l'idée de refroidissement ou de réchauffement.

Deux exemples de théories du changement climatique : thèse de Buffon et de Théodore Augustin Mann

Au XVIIIe siècle, Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) pense que la mort thermique de la Terre est programmée par un refroidissement universel. Il remet en question la chronologie biblique en proposant une théorie de la Terre formée à partir du Soleil en collision avec des comètes. A l'aide de calculs, il explique que la Terre était initialement très chaude et que sa température n'a pas cessé de diminuer depuis sa formation. Pour Buffon, ce refroidissement finira par la rendre inhabitable, notamment lorsqu'elle sera complètement refroidie, d'ici 93291 ans (Buffon, ed.1935, p.284). Buffon indique dans les Epoques de la nature (*ibid.*, p.326) « le deuxième fait » selon lequel « Le globe terrestre a une chaleur intérieure qui lui est propre, et qui est indépendante de celle que les rayons du soleil peuvent lui communiquer ». Mais il pense que l'homme peut lutter contre le refroidissement, qu'il y a un agir humain positif envisageable :

« Je donnerois aisément plusieurs autres exemples, qui tous concourent à démontrer que l'homme peut modifier les influences du climat qu'il habite, et en fixer pour ainsi dire la température au point qui lui convient. » (Buffon, ed.1935, p.538-539)

Pour Buffon, il est plus facile de réchauffer la Terre que de la refroidir. En effet, dans sa théorie, la chaleur est associée à une substance manipulable, le feu, alors que le froid consiste en « une simple privation », en « une diminution de chaleur ». De plus, le froid se situe à distance de la Terre, dans les hauteurs car l'intensité des « émanations de la chaleur » varie de manière inversement proportionnelle au carré de l'altitude ; l'homme devrait aller chercher le froid en altitude s'il voulait refroidir la Terre, ce qui n'est pas aisé.

Membre de différentes sociétés et notamment de l'Académie impériale et royale des sciences et des belles-lettres de Bruxelles, Théodore Augustin Man (1735-1809) défend en 1777, devant les autres membres de l'Académie de Bruxelles, l'idée d'un réchauffement climatique global de la Terre. A cette époque, il s'oppose donc à la théorie de refroidissement de Buffon. Mann a consacré la majorité de son activité scientifique à étudier les climats lors de missions parfois officielles : « L'abbé Mann ne s'est pas contenté de faire des observations, il a également essayé d'en déduire un aperçu du climat de notre pays, ou, plus exactement, du climat de certaines régions de la Belgique. » (Dufour, 1948, p.9). C'est dans ses *Mémoires sur les grandes gelées et leurs effets* de 1792 que Mann s'appuie sur une comparaison de données actuelles (du XVIIIe siècle) avec de nombreuses données plus anciennes :

« Avant de rechercher les causes physiques d'un changement de la température et du terroir des différents pays dans une longue suite de siècles, il paraît convenable, et même nécessaire, de prouver par des autorités non suspectes, que ce changement soit réellement arrivé. » (Mann, 1792, p.2)

Mann s'appuie sur l'hypothèse de périodicité des événements liés au climat (sens local) et sur la relation entre les effets de température produits antérieurement à son époque et ceux observés à son époque pour « parvenir par-là à une espèce de comparaison de ces anciennes saisons avec celles de notre temps » (*ibid.*, p.40). Il cherche à savoir si le fait d'utiliser les données passées pourrait contribuer à faire des prévisions sur le climat futur, en particulier si de « grandes gelées » seraient prévisibles (préoccupations liées aux cultures notamment) :

« Un autre objet, non moins intéressant pour le physicien, qui pourrait s'éclaircir jusqu'à un certain point par la comparaison des effets des grandes Gelées des siècles reculés avec ceux des grandes Gelées de notre temps, ce seroit de déterminer si la quantité de chaleur dans notre globe augmente ou diminue graduellement, ou si elle reste toujours à-peu-près la même. » (Mann, 1792, p.41-42)

Mann dresse une « notice chronologique des hivers extraordinaires » à partir de l'étude de nombreux ouvrages depuis l'année 558 jusqu'à son époque (p.43-108). Il propose ensuite une explication « au

temps et aux saisons » à l'issue de l'étude de l'ensemble des témoignages, relevés et observations documentés, dès que l'instrumentation au début du XVIIe puis du XVIIIe le permet, par des mesures avec baromètres, thermomètres, hygromètres en complémentarité de l'étude des vents et de l'humidité (et de l'électricité de l'atmosphère) :

« Ce n'est que depuis un siècle environ que l'on a commencé à tenir des registres de l'état du temps & à se servir d'instruments météorologiques plus ou moins capables de déterminer les degrés de chaleur & de froid, de sécheresse et d'humidité [...]. » (Mann, 1792, p.40)

Sans mettre de côté des considérations sur les effets que le Soleil et la Lune pourraient avoir sur l'atmosphère terrestre (p.111), il cherche à interpréter les effets produits par des causes plus « locales & accidentelles, telles qu'une plus grande ou moindre émanation du fluide électrique & de la chaleur interne de la terre, qui se répandent dans l'Atmosphère [...] ». Il évoque également le phénomène d'évaporation au sein de l'atmosphère et ses conséquences sur les pluies et les vents. Il indique que ces phénomènes n'ont pas d'influence sur « le degré de chaleur & le froid ». Il conclut sur un principe qui prend en compte l'influence constante du Soleil et de la Lune sur le temps et les saisons ainsi que les causes accidentelles : ce principe de « combinaison de toutes les causes constantes & accidentelles ensemble » pourrait expliquer les modifications observées au cours des siècles. Pour défendre l'opinion contraire à Buffon, celle d'un réchauffement de la Terre, Mann s'appuie sur des observations climatiques qui ne sont plus liées au local ; s'il parle de réchauffement, il est bien global. La relation entre climat et société est également étudiée. Selon lui, des considérations sur l'histoire agraire montrent que ce qui est cultivé a changé et qu'à certains endroits, la culture a cessé parce que le climat ne le permettait plus. La cause n'est pas principalement anthropique mais l'est partiellement. L'agriculture intensive, l'assèchement des zones humides ou le fait que le vent passe plus à travers une zone déboisée, peut contribuer à faire augmenter la température. Le fait que cela se produise partout en Europe et que dans certains endroits où la culture est arrêtée, le climat ne parvient pas à retrouver son état antérieur, conduit Mann vers l'idée de réchauffement global. Il est dû, selon lui, à un feu central au centre de la Terre qui développe le phlogistique. Ce fluide se détache et réchauffe la Terre de l'intérieur. L'agriculture intensive (à l'époque) avec le déboisement favorise la sortie de cette chaleur depuis l'intérieur de la Terre et depuis l'extérieur :

« Les grands bois empêchent les rayons du soleil de pénétrer & de chauffer la terre ; ils empêchent aussi la libre évaporation de la chaleur intérieure, parce que les feuilles & les branches tombées à terre & pourries, forment une croûte humide de tourbe, que la chaleur, soit interne, soit externe, a de la peine à traverser. » (*ibid.*, p.19).

Ainsi, sans négliger le rôle du facteur anthropique dans le processus de réchauffement de la Terre, Mann le juge insuffisant pour expliquer à lui seul le réchauffement. Tout réside dans « la combinaison de deux principes opposés, l'humidité et le phlogistique » (*ibid.*, p.17).

Les deux théories sur le changement climatique, l'une développée par Buffon et l'autre par Mann, proposent des explications à l'échelle de la planète. Elles mettent en jeu les notions de chaleur, de rayons du Soleil, de mouvement de fluide en lien avec l'idée de réchauffement ou de refroidissement à une échelle globale. La mobilisation de concepts scientifiques par Buffon et Mann contribue à affirmer l'idée de température de la Terre. Cette approche systémique permet de faire évoluer le sens de changement climatique, qu'il soit pris comme un refroidissement de la Terre (Buffon) ou un réchauffement (Mann). La différence entre météorologie et climatologie devient perceptible à travers les raisonnements proposés. L'idée d'interaction entre la Terre et le Soleil est présente dans les deux théories : Buffon relie l'absence d'interaction à la capacité de la Terre à se refroidir alors que Mann en fait un argument en faveur d'un réchauffement de la planète.

Ces deux théories sont qualifiées de théorie « à cause naturelle » car elles s'appuient sur des faits scientifiques décrits à partir d'observations et d'activités de mesurage. La cause anthropique n'apparaît pas en tant que telle mais la relation entre changement du climat et activité humaine est toujours prise en compte.

L'agir climatique « historique »

Comme mentionné ci-dessus, Mann expliquait les effets de l'agir humain sur l'augmentation de la température de la Terre. De même, selon Buffon, les hommes peuvent agir sur le climat, notamment en agissant sur les forêts. L'agir climatique au XVIIIe siècle consiste surtout à penser qu'en agissant sur les forêts, on agit sur le climat. Ce courant de pensée de « l'agir climatique » remonte à la conquête de l'Amérique du Nord au début du XVIIe siècle (Fressoz et Locher, 2015, p.58-61). Il est issu de récits de voyages, de traités naturalistes, de rapports administratifs produits par des voyages de colons. L'enjeu de la colonisation de l'Amérique du Nord repose sur l'idée de civilisation du climat. Pour les colons, il est possible d'utiliser les territoires conquis : couper les forêts pour y améliorer le climat. Proclamer que le climat des terres colonisées peut changer, c'est faire triompher un scénario de colonisation par rapport à un autre. Il faut attendre le XIXe siècle pour que la pensée d'agir humain sur le climat se nourrisse de considérations scientifiques. Ainsi la tradition intellectuelle qui valorise la déforestation pour engendrer une modification du climat, avantageuse pour l'humain, est remise en question. L'idée d'un climat planétaire émerge : l'atmosphère terrestre est envisagée comme un tout. Avec l'amélioration du transport et des échanges sur la planète, les archives des relevés

météorologiques pourront être mises en commun et classées le même jour avec l'établissement de l'horaire universel en 1884 :

« La multiplication de ces données conjuguée à l'intensification et à la globalisation des échanges, favorise l'établissement de la climatologie scientifique dans le courant du XIXe siècle ; le discours « impressionniste » des Lumières s'efface au profit de séries statistiques solides. » (Mouhot, 2012, p.26)

La statistique permet alors d'obtenir des descripteurs de l'atmosphère terrestre. Penser une atmosphère unique pour tous les êtres humains contribue à la dimension globale du changement climatique. Au XIXe siècle, des échanges controversés au sujet de l'influence de l'activité humaine sur le climat ont lieu, mais les données sur les périodes glaciaires dédouanent l'être humain de toute responsabilité sur le réchauffement climatique.

Les explications sur le climat et son changement prennent un tournant au XIXe siècle. L'émergence des sciences climatiques s'expliquent par l'utilisation de données issues d'instruments de mesures et par des considérations scientifiques des phénomènes observés au niveau « international ». La prise en compte du facteur anthropique sur l'évolution du climat à une échelle locale (par les interventions de l'être humain sur les forêts notamment) perd de son importance au profit du rôle que joue l'atmosphère terrestre à une échelle globale. L'influence de l'activité humaine sur le climat reste peu connue à l'échelle de la planète.

Annexe du chapitre II.2.3.2 - des articles fondateurs sur le réchauffement climatique

L'héliomètre de Saussure (1740-1799) ou la relation entre température et rayonnement

Dans sa lettre publiée au supplément n°108 du Journal de Paris du 30 Avril 1784, Horace-Bénédict de Saussure explique comment il a fait évoluer un dispositif fermé, dans le but d'obtenir une température d'équilibre à l'intérieur, la plus élevée possible, à partir des rayons du soleil. Sa démarche prend en compte les phénomènes d'interaction entre le rayonnement (du Soleil) et la matière (le verre de vitres), ainsi que sur les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur de son dispositif. Saussure part du constat suivant :

« C'est un fait connu, & sans doute depuis longtemps, qu'une chambre, un carrosse, une couche, sont plus fortement chauffés par le soleil, lorsque ses rayons passent au travers de verre ou de chassis fermés, que quand ces mêmes rayons entrent dans les mêmes lieux ouverts & dénués de vitrage. On sait même que la chaleur est plus grande dans les chambres dont les fenêtres ont un double châssis. » (Saussure, 1784, p.475).

Ainsi la première expérience effectuée en 1767 par Saussure et publiée par Buffon dans le premier volume de ses suppléments, consiste en la fabrication d'un emboîtement de « cinq caisses carrées de verre plat » régulièrement espacées, pour lequel il obtient une température de 70°C avec le thermomètre de Réaumur (80 graduations). Il améliore plusieurs fois le dispositif dans le but d'atteindre, dans un premier temps, la température d'ébullition de l'eau. Il parvient à obtenir une température de 8°C supérieure à cette-dernière en plaçant trois vitres dans une caisse en liège, en s'assurant que les rayons solaires arrivent perpendiculairement à la surface du dispositif et en retournant régulièrement le dispositif pour que les rayons solaires chauffent autant les vitres que le fond de la caisse. Il indique que cette idée provient de l'expérience décrite par M. Senéquier « dans ses mémoires sur la lumière ». Il cherche ensuite à limiter les pertes de chaleur au niveau des parois qui ne sont pas éclairées directement par le soleil. Il isole le dispositif avec de la laine et le place dans une source de chaleur (« je réchauffois graduellement le poêle, afin que la boîte eu toujours par dehors une chaleur qui ne fût que de peu de degrés inférieure à celle que le Soleil lui imprimoit par dedans. » (*ibid.*, p.476). La température maximale atteinte est 160°C (128° Réaumur).

Des recherches étayées par des résultats obtenus par d'autres scientifiques le conduisent à réfléchir à l'influence du nombre de vitres sur la température relevée par des thermomètres placés successivement entre deux vitres, et aux effets de l'absorption de rayonnement par un corps sur la température de celui-ci. Par exemple, il cite M. Ducarla qui obtient un maximum de température, plus élevé que celui qu'il a obtenu, en ayant augmenté le nombre de vitres. Il précise que ce maximum de température n'est pas mesuré par le thermomètre placé au fond du dispositif mais à un niveau intermédiaire (« 47 degrés de latitude »). Il propose une explication par un rappel du résultat obtenu

par Newton qui attribue l'augmentation de température d'un corps à l'absorption et non à la transmission ou à la réflexion du rayonnement par ce corps. Puis il poursuit le raisonnement pour expliquer que multiplier le nombre de vitres ne permet pas d'obtenir une augmentation de température infinie. Il expérimente l'influence du nombre de vitres et la perte de rayonnement incident : chaque vitre réfléchit, disperse et absorbe la lumière incidente. Il s'appuie sur les résultats de deux autres scientifiques, Bouguer et Lambert.

Ces considérations conduisent à la mise au point d'un nouveau dispositif « une cage vitrée, entre les verres de laquelle l'air pouvoit librement circuler ». Saussure compare la température des « verres intérieurs » et des « verres extérieurs » : la différence de température est nettement plus petite (quelques degrés) que celle pour la caisse fermée. Il conclut alors « que c'est au seul emprisonnement de la chaleur qu'est dû l'effet de cette machine ». Une autre expérience réalisée par Saussure et qu'il explique dans cette lettre, consiste à avoir placé son dispositif à la lumière du feu de cheminée. Il obtient un résultat inverse : « le verre extérieur a paru le plus chaud ». Au fond de la caisse, le verre est le plus froid car, pour Saussure, ce verre est le plus éloigné du feu de cheminée : « Ce résultat n'étonnera nullement ceux qui connoissent la différence entre la propagation de la chaleur proprement dite & celle de la lumière ». Il précise que Bouguer et Lambert ont apporté une preuve à ce résultat et termine par nommer son dispositif « héliothermomètre ou thermomètre solaire ».

Les expériences et résultats proposés par Saussure mettent en évidence sa prise de conscience des phénomènes relatifs non seulement à l'absorption de chaleur et à sa relation avec une augmentation de température du corps absorbant, mais aussi à l'influence du confinement d'un fluide sur sa température et au transfert de la chaleur pour les fluides :

« Sans décider si les rayons du soleil sont eux-mêmes du feu, ou s'ils ne font qu'imprimer au feu contenu dans les corps un degré de mouvement qui produit la chaleur, c'est un fait qu'ils les réchauffent. C'est un fait tout aussi certain, que quand le corps sur lequel ils agissent est exposé en plein air, la chaleur dont ils le pénètrent lui est en grande partie dérobée par les courans qui règnent dans l'air, & par ceux que cette chaleur produit elle-même. Mais si ce corps est situé de manière à recevoir ses rayons sans être accessible à l'air, il conserve une plus grande portion de la chaleur qui lui est imprimée. » (*ibid.*, p.476-477).

L'explication de Fourier (1768-1830) sur la température de la Terre

Dans *Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*, Joseph Fourier (1824) propose d'étudier « trois sources » qui expliqueraient la « chaleur du globe » : les rayons solaires, les astres du système solaire qui « l'irradient » et la « chaleur primitive » issue de la formation du globe. Il considère que la Terre est baignée dans un univers à température constante, légèrement inférieure à celle des pôles du globe et que sans les effets des rayons solaires, la température de la

planète serait donc égale à celle de l'univers. Cette température est identique pour toutes les planètes :

« qui participent toutes également à la température commune, qui est plus ou moins augmentée, pour chacune d'elles, par l'impression des rayons du soleil, selon la distance de la planète à cet astre. » (Fourier, 1824, p.151).

Fourier expose un raisonnement pour justifier la température de la Terre. Selon lui, la « chaleur propre » de la Terre lui confère une température supérieure à la température « froide » de l'univers. Puis, Fourier prend en compte la présence de l'atmosphère et des océans pour étudier le rôle des fluides dans la répartition de la chaleur : « Les liquides conduisent très difficilement la chaleur ; [...] », « L'interposition de l'air modifie beaucoup les effets de la chaleur à la surface du globe » (Fourier, 1824, p.140). Il s'appuie sur un modèle en couches atmosphériques « condensées sous leur propre poids » pour interpréter un gradient de température de l'atmosphère en termes d'absorption de rayons (« elles éteignent et absorbent une moindre partie de ces rayons »). Le changement de la nature du rayonnement lors de son interaction avec les gaz atmosphériques est explicité par des considérations sur la chaleur : « Cette distinction de la chaleur lumineuse et de la chaleur obscure explique l'élévation de température causée par les corps transparents. » (*ibid.*, p.140). La différence entre océans, atmosphère et surface terrestre concernant leur rôle dans ce processus d'interaction avec les rayons du Soleil est également mentionnée. De même, « La présence des nuages qui interceptent ces rayons tempère le froid des nuits. » (*ibid.*, p.141).

D'après Fourier, la présence d'atmosphère pour une planète influence sa température, tout comme « l'état de la surface ». Par exemple, il étudie les variations de température à la surface de la Terre en fonction de la profondeur et de la latitude de sorte que « L'analyse fait connaître les routes que suit la chaleur solaire dans l'intérieur du globe » (Fourier, 1824, p.144). D'après lui, il est possible de déterminer la « température fixe des lieux profonds » qui correspond à « la température moyenne annuelle d'un point quelconque de la verticale », les mesures étant effectuées sur une année, à la même profondeur (*ibid.*, p.145).

Ainsi, la chaleur primitive du globe s'est « entièrement dissipée », et il faut prendre en compte, « la distance au soleil », « l'inclinaison de l'axe de rotation sur l'orbite » et « l'état de la superficie » de la planète pour interpréter le fait que la température de la planète est supérieure à la température commune de l'univers. Fourier s'appuie aussi sur sa théorie élaborée à partir de mesures et d'équations différentielles (sa théorie mathématique « du mouvement de la chaleur dans les solides et dans les liquides, des intégrales de ces premières équations, et des théorèmes relatifs à l'équilibre de la chaleur rayonnante. » (*ibid.*, p.145)) pour évoquer les valeurs des coefficients caractéristiques

des constituants du globe (« il est proportionnel à la racine carrée du produit de la capacité de chaleur rapportée à son volume et à la perméabilité. » (Fourier, 1824, p.147)).

Les réflexions que mène le scientifique dans cet ouvrage peuvent être rapprochées des processus mis en jeu pour l'étude du système climatique : prise en compte du rôle de l'atmosphère et de l'interaction rayonnement-matière (fluides et solides), interprétation des phénomènes en terme de chaleur, de température et de rayonnement, considérations dans le domaine de l'astronomie pour expliquer la température moyenne d'une planète et influence des capacités calorifiques des sous-systèmes dans les échanges de chaleur.

Fourier fait aussi référence à l'héliothermomètre de Saussure et synthétise les résultats expérimentaux (*ibid.*, p.154). Le confinement de l'air dans le dispositif contribue à en augmenter la température et la conversion de chaleur lumineuse en chaleur obscure a lieu par les vitres dont le verre est transparent au rayonnement solaire : « Les rayons de cet astre se transmettent en assez grand partie au-delà des verres [...]. ». Par conséquent, par analogie, Fourier revient à considérer ce qui se passe pour la température de la Terre ; l'idée de bilan d'énergie et de température à l'équilibre est sous-jacente : « La température s'élève jusqu'à ce que la chaleur affluente soit exactement compensée par celle qui se dissipe ». Fourier met en évidence le fait que l'atmosphère et son interaction avec le rayonnement joue un rôle dans l'établissement de la température du sol :

« Tous les effets terrestres de la chaleur du soleil sont modifiés par l'interposition de l'atmosphère et par la présence des eaux. Les grands mouvements de ces fluides rendent la distribution plus uniforme. La transparence des eaux et celle de l'air paraissent concourir à augmenter le degré de chaleur acquise, parce que la chaleur lumineuse affluente pénètre assez facilement dans l'intérieur de la masse, et que la chaleur obscure sort plus difficilement suivant une route contraire. » (*ibid.*, p.165).

Ainsi, l'idée de Fourier revient à dire que la température de la surface terrestre s'explique par le fait que l'atmosphère est transparente au rayonnement solaire qu'elle reçoit et est opaque au rayonnement thermique qui en sortirait. L'étude du rôle des gaz atmosphériques sera menée par Foote et Tyndall. Pouillet reprendra des éléments de la démarche de Fourier pour évaluer la chaleur lumineuse du Soleil et la température de l'atmosphère.

Chaleur solaire et température moyenne de l'atmosphère, Pouillet (1791-1868)

Claude-Servais-Matthias Pouillet a mené un travail sur le pouvoir absorbant de l'atmosphère et le pouvoir rayonnant de la surface terrestre en tenant compte de la chaleur issue du soleil. Grâce à des instruments de mesure tels que le pyréliomètre qu'il met au point, il obtient des données qu'il utilise dans des équations pour déterminer quelques grandeurs caractéristiques du Soleil et de l'atmosphère, relatives à leur capacité à émettre ou absorber de la chaleur :

« A est donc, dans la formule, la constante solaire ou celle qui contient, comme élément essentiel, la puissance calorifique constante du Soleil, tandis que p est la constante atmosphérique, ou celle qui contient, comme élément essentiel, le pouvoir de transmission variable dont se trouve douée l'atmosphère pour laisser arriver jusqu'à la surface de la Terre des proportions plus ou moins grandes de la chaleur solaire incidente. » (Pouillet, 1838, p.6)

Pouillet réalise des calculs pour étudier les relations entre différentes grandeurs telles que température d'un corps, pouvoir rayonnant, quantité de chaleur du corps et capacité ou quantité de chaleur perdue par le corps et émissivité. Il s'appuie notamment sur la loi de refroidissement dans le vide de Dulong et Petit et établit, pour diverses situations, les équations qui définissent les conditions d'équilibre de température d'un corps. « Les expériences de refroidissement » lui ont fourni les valeurs numériques de ces grandeurs. Ainsi la température du Soleil dépend de la loi du rayonnement de la chaleur et du pouvoir émissif de la surface du Soleil ou de son atmosphère. Pouillet en donne une valeur, en précisant les limites de validité : 1421 °C (*ibid.*, p.13). Il s'intéresse ensuite à la température de l'atmosphère :

« Le théorème relatif à l'émission de la chaleur permet de déterminer les conditions d'équilibre de température de l'atmosphère ; pour cela nous allons considérer d'une manière générale les conditions d'équilibre de température d'un globe protégé par une enveloppe diathermane et suspendu avec son enveloppe au milieu d'une enceinte sphérique. » (Pouillet, 1838, p.18-19)

Pouillet extrapole les résultats expérimentaux obtenus sur l'émission et l'absorption de chaleur de corps solides et liquides pour expliquer le fait que l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique émis par la surface terrestre que le rayonnement provenant du Soleil : « [...] elle exerce sur les rayons terrestres une plus grande absorption que les rayons solaires » (*ibid.*, p.24). De plus, il défend l'idée qu'il n'existe pas deux chaleurs, l'une « lumineuse » (qui serait associée au Soleil) et l'autre « obscure » (pour la surface terrestre), mais que « les rayons de chaleur et de lumière peuvent prendre leur origine à la même source, être émis en même temps et coexister dans le même faisceau [...] ». Ainsi, selon lui, le phénomène d'absorption de rayons thermiques par l'atmosphère résulte dans l'existence des propriétés des rayons de chaleur émis par une source :

« [...] ces propriétés ne font que de se soutenir ou peut-être de se développer davantage, lorsque la température des sources est assez élevée pour qu'elles émettent, comme le Soleil, de la lumière en même temps que de la chaleur » (Pouillet, 1838, p.24)

Le raisonnement de Pouillet met donc en relation température du corps et nature du rayonnement émis par ce corps. Ce scientifique développe aussi une démarche par laquelle l'atmosphère est modélisée par une centaine de couches atmosphériques concentriques, chacune contribuant à la température de l'atmosphère et à sa capacité à absorber ou émettre un rayonnement. Il propose équations et valeurs numériques en s'appuyant sur les travaux d'autres physiciens tels que Poisson,

Laplace, Humboldt (p.28-31). Il poursuit son exposé en mentionnant les réalisations d'Herschell à l'aide de son « actinomètre » et les mesures des « effets du rayonnement ». Pouillet prend quelques précautions oratoires quant à l'utilisation des instruments de mesures et des résultats établis sur le rayonnement terrestre, le rayonnement de l'espace (il a cité notamment le travail de Fourier sur les effets des corps célestes sur la Terre) et le rôle de l'atmosphère :

« On ne peut assez faire remarquer l'importance du rôle que joue dans l'ensemble des phénomènes terrestres l'inégalité des pouvoirs absorbants de l'air atmosphérique, et, par suite, tous les soins qu'il faudra prendre pour les déterminer avec exactitude. On parviendra sans doute à imaginer, dans ce but, d'autres appareils et d'autres méthodes d'expérimentation, au moyen desquels il sera possible de démêler à chaque instant les influences complexes du rayonnement de l'espace et du rayonnement atmosphérique. »
(Pouillet, 1838, p.39)

Il présente néanmoins un tableau où apparaissent « les températures moyennes de l'atmosphère » (*ibid.*, p.41) obtenues via l'actinomètre et pour différentes périodes. Cette notion de moyenne vaut pour l'ensemble des couches du modèle et pour une latitude donnée. Pouillet précise bien dans les pages suivantes que les résultats sont provisoires : il faudrait au moins reproduire les mesures dans « d'autres régions ». Il privilégie ici un raisonnement en termes de température plutôt que de « quantité de chaleur » car quand il établit un bilan en termes de chaleur reçue par la Terre (par l'intermédiaire d'une analogie avec l'épaisseur, en mètres, d'une couche de glace fondue équivalente à la quantité de chaleur proprement dite), il conclut que globalement, la moitié de la totalité de chaleur reçue vient de l'espace et l'autre moitié du Soleil. Ces résultats en quantité de chaleur « paraissent inadmissibles » et Pouillet ne parvient pas à raisonner en termes de réémission vers la surface terrestre du rayonnement thermique par l'atmosphère. Le rôle du dioxyde de carbone atmosphérique dans l'émission de ce type de rayonnement n'est pas encore mis en évidence.

Le rôle du gaz carbonique dans l'atmosphère, Foote (1819-1888)

Le 23 Août 1856, devant l'American Association, est lu l'article d'Eunice Foote où sont présentés les résultats expérimentaux pour expliquer le réchauffement de l'atmosphère par le rayonnement solaire. Dans son article, Foote cherche en fait à mettre en évidence l'effet thermique du rayonnement solaire. A l'aide de thermomètres et de deux tubes cylindriques identiques, l'un « dépourvu » d'air et l'autre contenant de l'air, elle parvient à montrer que la température de l'air contenu dans le tube exposé au rayonnement solaire augmente davantage que celle pour le tube qui contient très peu d'air (pratiquement vide). Elle obtient des résultats analogues dans le cas de l'air humide par rapport à un air plus sec puis dans le cas du dioxyde de carbone pur par rapport à de l'air. Elle prouve donc que le dioxyde de carbone a une capacité à « retenir » la chaleur issue du rayonnement solaire: « *The receiver containing the gas became itself much heated—very sensibly more so than the other—and on being*

removed, it was many times as long in cooling. » (Foote, 1856, p.383). Foote apporte un élément qui permet d'interpréter l'idée de Fourier sur la conversion de la « chaleur lumineuse » en « chaleur obscure ». Le processus d'absorption du rayonnement par le gaz n'est pas mentionné dans son article. Elle conclut en indiquant le lien entre la température de la Terre et la présence du dioxyde de carbone atmosphérique :

”An atmosphere of that gas would give to our earth a high temperature; and if as some suppose, at one period of its history the air had mixed with it a larger proportion than at present, an increased temperature from its own action as well as from increased weight must have necessarily resulted.” (*ibid.*, 1856, p.383).

La mise en évidence du rôle du dioxyde de carbone comme gaz atmosphérique capable de réchauffer l'atmosphère est un précurseur à celle de l'absorption du rayonnement solaire par ce gaz. Il faut attendre Tyndall pour que le phénomène appelé effet de serre soit identifié.

Le pouvoir absorbant et rayonnant des gaz atmosphériques, Tyndall (1820-1893)

C'est dans un article écrit par Tyndall et publié en 1861 que la capacité d'absorption et d'émission d'un gaz est étudiée, tant d'un point de vue expérimental que d'un point de vue théorique. En s'appuyant sur les écrits de Saussure, Fourier, Pouillet et Hopkins ainsi que sur les résultats expérimentaux d'autres scientifiques tels que Melloni, Tyndall cherche à montrer par l'expérience que certains gaz absorbent le rayonnement thermique. Il met au point, après de nombreux essais et modifications, un dispositif qui lui permet de déterminer le pouvoir absorbant de différents gaz :

”I am unable at the present moment to range with certainty oxygen, hydrogen, nitrogen, and atmospheric air in order of their absorptive powers, though I have made several hundred experiments with the view of doing so.” (Tyndall, 1861a, p.177-178)

Le dispositif contient notamment une source émettrice de rayonnement infrarouge (*a Leslie's cube containing hot water*) dirigé dans un tube où peut être injecté le gaz étudié. Le tube est connecté à une photopile (*thermo-electric pile*), elle-même reliée à un galvanomètre. Tyndall associe la déviation de l'aiguille du galvanomètre à l'absorption du rayonnement infrarouge par le gaz placé dans le tube (*[...] the absorptions are merely the record of the deflections*). Dans un premier temps, il montre que certains gaz transparents à la lumière peuvent être opaques au rayonnement infrarouge (*calorific rays*) :

”I was indeed slow to believe it possible that a body so constituted, and so transparent to light as olefiant gas, could be so densely opaque to any kind of calorific rays; and to secure myself against error, I made several hundred experiments with this single substance.” (*ibid.*, p.181)

Ensuite, il cherche à valider son hypothèse selon laquelle l'absorption du rayonnement par un gaz est proportionnelle à sa densité. Selon le gaz étudié, les calculs et les mesures conduisent à des valeurs

semblables d'absorption, jusqu'à une certaine concentration de gaz dans le tube : "[...]for small quantities of gas the absorption is exactly proportional to the density". Pour quatre gaz (*carbone oxide, carbone acid, sulphuretted hydrogen and nitrous oxide*, Tyndall modifie le protocole à cause de leur faible pouvoir absorbant (Tyndall, 1861b). Il reprend les travaux de Dr Franz, Pouillet et Melloni et les adapte à l'étude des gaz atmosphériques. Ainsi, il quantifie de manière relative la capacité d'un gaz à absorber le rayonnement thermique, dans des conditions semblables à l'atmosphère : "for atmospheric tensions, carbonic acid probably absorbs nearly 100 times as much as oxygen." (*ibid.*, p.275). En effet, il exprime sa volonté de se pencher sur l'interaction entre l'atmosphère et les rayonnements terrestre et solaire : « I have now to refer briefly to a point of considerable interest as regards as the effect of our atmosphere on solar and terrestrial heat. » (*ibid.*, p.276). Il conclut que le gaz carbonique absorbe bien plus que le dioxygène et poursuit les expériences pour montrer que la vapeur d'eau absorbe treize fois plus que l'atmosphère, qu'elle est transparente à la lumière et qu'elle contribue à augmenter l'écart entre la chaleur entrante dans l'atmosphère, issue du Soleil et celle qui est émise par la Terre vers l'espace :

"Hence the differential action, as regards the heat coming from the sun to the earth and the radiated from the earth into space, is vastly augmented by the aqueous vapour of the atmosphere." (Tyndall, 1861b, p.276)

Tyndall rappelle que Saussure, Pouillet, Fourier et Hopkins avaient déjà évoqué le rôle de l'interaction entre l'atmosphère et les rayonnements (*this interception of the terrestrial rays*) dans les variations climatiques (*change of climate*). Il insiste sur le fait que la nature et la proportion relative des gaz atmosphériques est un paramètre fortement influençant sur le changement climatique, plus influençant que celui qui consiste à considérer uniquement la densité ou l'épaisseur de l'atmosphère. Tyndall fait donc le lien entre le changement de climat et la composition de l'atmosphère: « *Such changes in fact may have produced all the mutations of climate which the researches of geologists reveal.* » (*ibid.*, p.277). Ce scientifique a mené une démarche qui prouve que l'atmosphère joue un rôle dans les échanges radiatifs (*radiant heat*) et que le processus a lieu au niveau moléculaire (*molecular action*).

Enfin Tyndall cherche à relier absorption et émission de rayonnement par un même gaz. Il adapte en partie le dispositif utilisé pour l'absorption et montre que les gaz qui absorbent le plus le rayonnement thermique sont également ceux qui en émettent le plus : « *Their radiative powers follow precisely the same order as their powers of absorption* » (Tyndall, 1861b, p.280). Il augmente la précision des mesures en faisant évoluer le dispositif et parvient à expliquer que les phénomènes d'absorption et d'émission correspondent à des transferts de chaleur par rayonnement (*radiant heat*) qui ont lieu dans les deux sens (*reverse*) et qui sont transitoires (*transient*). Un gaz est à certains moments (en lien avec

les étapes du protocole expérimental et de l'action de l'opérateur) soit receveur de chaleur soit source de chaleur ; il gagne ou perd de la chaleur :

“The heat generated by the air on its entrance is communicated to the vapour, which thus becomes a temporary source of radiant heat [...] The reverse occurs when the tube is exhausted; [...]. In both cases, however, the action is transient; the vapour soon loses the heat communicated to it and soon gains the heat which it has lost, and matters then take their normal course.” (Tyndall, 1861b, p.281)

Tyndall explique pourquoi la vapeur d'eau (*compound gases*) absorbe le rayonnement thermique alors que le dihydrogène et le dioxygène (*elementary gases*) sont transparents à ce rayonnement. Il raisonne d'abord en termes de composés simples et de mélanges puis de formation de la molécule d'eau d'un point de vue chimique, en s'appuyant sur la théorie atomique de Dalton : « *Thus oxygen and hydrogen, which, when mixed in their electrolytic proportions, show a scarcely sensible action, when chemically combined to form aqueous vapour exert a powerful action.* » (*ibid.*, p.283). Il consacre quelques pages de son article à interpréter les processus d'absorption et d'émission, à l'échelle microscopique, soit au niveau de l'atome soit à celui de la molécule. Pour lui, les gaz transparents à la lumière sont ceux qui laissent passer les ondes dans le domaine du visible et la capacité d'absorption d'un gaz est liée à la période des ondes qui interagissent : « *Hence, it is plain that their absorptive power depends on the periodicity of the undulations which strike them* » (Tyndall, 1861b, p.284). Il indique qu'il rapproche ses résultats expérimentaux de ceux issus des travaux de Niepce, Foucault, Angström, Stokes, Thomson, Kirchoff, Bunsen: l'atome vibre à la même période que l'onde qu'il absorbe, un groupe d'atomes en fait donc autant pour absorber des ondes synchrones correspondant à la « chaleur obscure » ; cela permet de comprendre pourquoi la vapeur d'eau peut absorber un tel rayonnement thermique (*such rays*) alors que ses constituants seuls, en tant que gaz hydrogène ou oxygène sont transparents pour ce rayonnement.

L'absorption au niveau de la molécule est expliquée par des considérations en lien avec les oscillations mécaniques : la molécule est un système oscillant. Mais Tyndall veut différencier ce phénomène de celui de la conduction et clarifie ce qui oscille, vibre. Selon lui, un matériau (*rock salt, alum*) initialement chauffé, met d'autant plus de temps à se refroidir que les molécules qui le constituent prennent plus de temps à se mettre à vibrer et peuvent rester en mouvement plus longtemps. Cette résistance au refroidissement est diminuée lorsque la surface de contact avec l'éther est grande car dans ce cas, le transfert de chaleur s'effectue facilement grâce aux molécules du matériau qui communiquent leur mouvement, c'est-à-dire de la chaleur, à celles de l'éther. Tyndall précise alors que lors du processus d'absorption, absorber de la chaleur se fait indépendamment de la présence d'éther et conclut qu'il faut s'appuyer sur la théorie atomique (*atomic theory, chemical union*) et les principes mécaniques en référence à la vibration des atomes et des molécules (*the simplest mechanical principles*).

Le travail de Tyndall sur l'absorption des gaz l'a conduit à expérimenter l'émission de rayonnement thermique par un corps chaud à l'état liquide, solide ou gazeux. Son interprétation à l'échelle microscopique illustre l'interaction rayonnement-matière et est un précurseur à la spectroscopie moléculaire.

Le bolomètre de Samuel Pierpont Langley (1834-1906)

L'ingénieur en génie civil et en architecture Langley commence à s'intéresser au rayonnement du soleil et mène des expériences dès 1870 en utilisant le même type de thermopile dont Melloni et Tyndall se sont également servis. Il y trouve des limites et met au point entre 1878 et 1880 un instrument de mesure, le bolomètre qui lui permet d'analyser, entre autres, le spectre du rayonnement solaire, l'absorption du rayonnement solaire par l'atmosphère et la constante solaire. Langley conduit son travail de recherche en se demandant si le rayonnement solaire reçu par la Terre est constant ou si une quelconque variabilité pouvait être mise en évidence afin d'en étudier une éventuelle influence sur le climat de la Terre. Dans son questionnement, il prend en compte l'influence de l'atmosphère sur le rayonnement solaire et sur la température de la Terre :

“ If the observation of the amount of heat the sun sends the earth is among the most important and difficult in astronomical physics, it may be termed the fundamental problem of meteorology, nearly all whose phenomena would become predictable if we knew both the original quantity and kind of this heat; how it affects the constituents of the atmosphere on its passage earthward; how much of it reaches the soil; how, through the aid of the atmosphere, it maintains the surface temperature of this planet; and how, in diminished quantity and altered kind, it is finally returned to outer space.” (Langley, 1884, cité par Walcott, 1912, p.250)

Langley parvient à prouver expérimentalement que le soleil émet un rayonnement comprenant des rayons infrarouges, hors du domaine visible :

“He was enabled by this powerful instrument to carefully map the infra-red energy spectrum of the sun from wave-length 0.76 micron to wave-length 5.3 microns, revealing about 700 absorption lines and bands in this invisible region.” (Walcott, 1912, p.251).

Il utilise les résultats sur le Soleil et également sur la Lune pour mettre en correspondance la température de surface de la Terre avec la capacité de son atmosphère à absorber le rayonnement infrarouge. Mais c'est Arrhénius qui expliquera le rôle de certains gaz atmosphériques dans l'absorption et l'émission de rayonnement infrarouge, justifiant ainsi la température d'équilibre de la surface terrestre.

Rayonnement infrarouge, gaz atmosphériques et surface terrestre, Arrhénius (1859– 1927)

Svante Arrhénius s'appuie sur les écrits de nombreux scientifiques tels que Tyndall, Angström, Langley, Pouillet pour rappeler les résultats au sujet de l'absorption atmosphérique : la capacité de

l'atmosphère à rendre la Terre plus chaude est liée non seulement à l'absorption des rayons solaires selon certaines bandes d'absorption (*selective diffusion*) mais aussi à l'absorption du rayonnement thermique émis par la surface terrestre :

“The air retains heat (light or dark) in two different ways. On the one hand, the heat suffers a selective diffusion on this passage through the air; on the other hand, some of atmospheric gases absorb considerable quantities of heat. These two actions are very different”. (Arrhénius, 1896, p.238)

La vapeur d'eau (*water-vapor*) et le gaz carbonique (*carbonic acid*) atmosphériques jouent un rôle important dans ce processus d'absorption. Arrhénius cherche à déterminer la relation entre la quantité de ces gaz absorbants et le rayonnement absorbé. Il fonde sa démarche sur celle de Langley, qui a mis en œuvre des mesures du rayonnement émis par la Lune et le Soleil, et parvient à déterminer les coefficients d'absorption (*absorption-coefficients*) du gaz carbonique et de la vapeur d'eau selon l'angle d'incidence du rayonnement (équivalent à une longueur d'onde du rayonnement) envoyés sur des échantillons de ces gaz de concentration variable et pour des conditions atmosphériques données. Il analyse les résultats obtenus en tenant compte de l'hétérogénéité de l'atmosphère pour les gaz. Il se réfère aussi aux études de Paschen et Angström pour comparer les valeurs des coefficients d'absorption, qu'eux ont observés, et qu'il calcule pour la vapeur d'eau et le gaz carbonique. Ainsi Arrhénius reconstruit un spectre représentant l'intensité du rayonnement absorbé pour une concentration donnée de gaz étudié, en fonction de la longueur d'onde d'une radiation (*ray, radiation*). Ce spectre présente des intervalles d'absorption continue, deux bandes pour la vapeur d'eau puis deux autres pour le dioxyde de carbone atmosphérique : « *This seems to indicate that the first two absorption-bands are due to the action of water-vapour, the last two to that of carbonic acid.* » (Arrhénius, 1896, p.248-249). Arrhénius s'interroge sur le fait que bien que le rayonnement infrarouge issu du soleil soit de plus en plus absorbé par l'atmosphère dans une certaine région du spectre, la quantité de chaleur de l'atmosphère ne semble pas diminuer :

” The first parts of the atmosphere exert without doubt a selective absorption of some ultra-rays, but as soon as these are extinguished the heat seems not to diminish as it traverses new quantities of the gases under the discussion.” (Arrhénius, 1896, p.251)

Arrhénius est alors amené à développer le travail de Pouillet sur le bilan thermique de la Terre (*Thermal equilibrium on the Surface and in the Atmosphere on the Earth*). Il explique l'existence d'un équilibre de température (*equilibrium in the temperature of*) de la Terre et de son atmosphère ; son raisonnement repose sur l'absorption et l'émission du rayonnement par la surface et par l'atmosphère terrestres :

“The atmosphere must, therefore, radiate as much heat to space as it gains partly through the absorption of the sun's rays, partly through the radiation from the hotter surface of the earth and by means of ascending currents of air heated by contact with the ground.

On the other hand, the earth loses just as much heat by radiation to space and to the atmosphere as it gains by absorption of the sun's rays. If we consider a given place in the atmosphere or on the ground, we must also take into consideration the quantities of heat that are carried to this place by means of oceanic or atmospheric currents." (Arrhénius, 1896, p.254)

Arrhénius établit un bilan pour une colonne d'air de 1 cm^2 en considérant le rayonnement solaire absorbé (*sun's radiation absorbed*), le rayonnement émis par la surface terrestre vers l'atmosphère (*heat radiated from the soil to the air*). Selon, lui les phénomènes conductifs (*quantities obtained by conduction*) équilibrent le rayonnement émis vers l'espace (*heat radiated from the air to space*). Il parvient à fournir une expression algébrique de la température de l'air et de celle de la surface terrestre. En effet, le bilan pour la surface terrestre (*Earth's surface*) lui permet d'obtenir une expression de la puissance quatrième de sa température où apparaît l'albédo (fraction de rayonnement réfléchi par rapport au rayonnement incident) pour la surface terrestre et pour les nuages (p.257). Arrhénius s'appuie sur les travaux de Zenker et Langley pour prendre en compte la valeur des coefficients d'absorption et les implémenter dans son équation. De même, en référence à Langley et Pouillet, il estime les pourcentages de rayonnement émis et absorbé par l'air. Les premières considérations entre émission et absorption avec l'estimation de la température moyenne de surface sont réalisées.

Arrhénius cherche enfin à déterminer quantitativement le changement de la température de la planète pour une variation de gaz carbonique dans l'atmosphère « *Calculation on the Variation of Temperature that would ensue in consequence of a given Variation of the carbonic Acid in the Air* » (p.263). Il s'appuie sur des relevés de température qu'il a effectués à différentes latitudes, pour différents taux d'humidité atmosphérique et pour les quatre saisons. Il parvient à établir que la quantité de gaz carbonique influe globalement de la même manière qu'elle que soit la région du globe même si un effet minimal est calculé pour les zones équatoriales comparativement aux zones de plus grandes latitudes. Le fait que les nuages soient plus présents dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord augmenterait la variation de température due à la variation de gaz carbonique. De même, Arrhénius montre que l'albédo influe sur la corrélation entre température et quantité de gaz : si la couverture neigeuse au sol diminue ou augmente, l'albédo évolue dans le même sens et l'impact du gaz carbonique sur la température s'intensifie. Il évoque aussi l'effet sur la température diurne ou nocturne: "*An increase in the quantity of carbonic acid will of course diminish the difference in temperature between day and night.*" (Arrhénius, 1896, p.265).

Il termine en indiquant la relation entre les variations de température et de quantité de gaz carbonique, évolution arithmétique pour la première grandeur et géométrique pour la quantité de gaz : "*Thus if the quantity of carbonic acid increases in geometric progression, the augmentation of the*

temperature will increase nearly in arithmetic progression." (*ibid.*, p.267). Cette conclusion lui permet d'étayer les propos qui terminent son article au sujet du recul et de l'avancée des périodes glaciaires déjà étudiées à son époque par plusieurs scientifiques.

Emission anthropique du CO₂ et augmentation de température, Callendar (1898-1964)

Dans son article *The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature*, Callendar cherche à prouver que l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone atmosphérique engendrée par l'activité humaine liée à l'industrialisation contribue à faire augmenter la température de la planète. Callendar s'appuie sur de nombreux travaux pour présenter sa démarche : il utilise les coefficients d'absorption des gaz atmosphériques (Arrhénius), prend en compte la relation entre l'acidité des océans et la concentration en dioxyde de carbone dissous, s'appuie sur l'interaction entre rayonnement et gaz atmosphérique mise en évidence par Angström en 1918 et sur le spectre d'absorption de la vapeur d'eau atmosphérique observé par Fowle la même année. Il rappelle l'existence des trois bandes spectrales d'absorption du dioxyde de carbone atmosphérique (2.4 à 3 μm, 4 à 4.6 μm et 13 à 16 μm) en se référant aux travaux de Rubens et Aschkinass publiés en 1898.

Il communique la relation entre l'absorbance $A(\lambda)$ de ce gaz, sa concentration l et le coefficient d'absorption k , qui dépend de la longueur d'onde du rayonnement absorbé : $A(\lambda)=1-e^{-(kl)}$ (Callendar, 1938, p.226). Il cherche à relier l'émission de rayonnement par l'atmosphère vers la surface terrestre (*sky radiation*) à la température de cette surface. Il tient compte des pouvoirs absorbants du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau pour des couches successives de l'atmosphère et de l'énergie émise par la surface terrestre :

"The method used to calculate the sky radiation from the absorption coefficients of water vapour and carbon dioxide is simple but laborious. It consists of dividing the air into horizontal layers of known mean temperature, water vapour, and carbon dioxide content, and summing the absorbing power of these layers on the different wave bands, in conjunction with the spectrum distribution of energy at the surface temperature. In this way the perpendicular component of sky radiation is obtained." (Callendar, 1938, p.228)

Callendar parvient à déterminer l'influence de la concentration du gaz atmosphérique sur l'émission de rayonnement par l'atmosphère en utilisant la notion de corps noir et la relation $H=\sigma T^4(1-S)$ où H est l'énergie rayonnée par la surface (*radiation heat loss from the surface*), $\sigma=1,8.10^{-7}$ cal/cm²/jour est la constante solaire (*radiation constant*), T la température (*absolute temperature*) de surface et S la proportion d'énergie (*sky radiation*) émise par l'atmosphère par rapport à celle de la surface. Il considère que les transferts d'énergie sont exclusivement de nature radiative même si la relation précédente n'est pas obtenue à partir d'un raisonnement qui repose explicitement sur l'établissement d'un bilan radiatif d'énergie. Callendar propose alors une courbe représentant la variation de la

température de surface en fonction de la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique en supposant que H et σ sont constantes dans la relation écrite ci-dessus. Il justifie que la vapeur d'eau n'a pas d'influence sur la température moyenne de surface par le fait que des variations concomitantes de plusieurs facteurs permettent de garder un équilibre (*balance reached*) et de maintenir la température moyenne (*mean temperature*) de la surface terrestre :

“Thus a change of water vapour, sky radiation and temperature is corrected by a change of cloudiness and atmospheric circulation, the former increasing the reflection loss and thus reducing the effective sun heat”. (Callendar, 1938, p.230)

Puis, à partir de relevés de températures obtenus par une recherche documentaire importante, Callendar montre, à l'aide de courbes correspondant à la figure 4 de son article, que la période entre 1901 et 1930 révèle une augmentation particulière de la température de la surface terrestre par comparaison avec l'évolution de cette température depuis 1880 :

“To return to the world temperature curve, Fig. 4, the dotted line shows the displacement of the mean due to increasing atmospheric carbon dioxide, and it is evident that present temperatures, particularly in the northern hemisphere, are running above the calculated values. The course of world temperatures during the next twenty years should afford valuable evidence as to the accuracy of the calculated effect of atmospheric carbon dioxide.” (*ibid.*, p.236)

Les centaines de données utilisées sont issues de stations réparties dans le monde entier, ce qui permet à Callendar de montrer qu'une tendance au réchauffement de la surface terrestre est en train de se produire. Il prend la précaution de mentionner l'effet d'augmentation de température dans les centres ville par rapport aux zones périphériques et conclut sur les avantages d'un tel réchauffement pour l'agriculture ainsi que sur les réserves en combustibles fossiles qui pourront contribuer à multiplier par dix la teneur en dioxyde de carbone atmosphérique par rapport à la valeur actuelle à son époque.

La discussion des résultats publiée à la fin de l'article de Callendar par C. S. Durst et R. C. Sutcliffe met en évidence que d'autres types de transferts d'énergie devraient être pris en compte pour étudier l'évolution de la température terrestre, que certaines régions telles que les zones arctiques et antarctiques n'ont pas été prises en compte de même que le rôle de la végétation dans l'absorption du dioxyde de carbone par photosynthèse. D'autres chercheurs de l'époque s'interrogent sur la preuve apportée par Callendar pour conclure à une augmentation de température de la surface terrestre due à l'augmentation de la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique : ils soulèvent la question de la précision des méthodes de mesure de température sur les quatre décennies précédentes et la validité de la comparaison de ses valeurs entre 1880 et 1930.

Annexe du chapitre II.2.4 - rapport au réchauffement climatique : public profane, d'apprenant.e.s, d'enseignant.e.s

Cette annexe présente des résultats de travaux de recherche en lien avec les représentations sociales, les modes de pensées et les propositions pédagogiques et didactiques autour du réchauffement climatique pour différents groupes sociaux. Ils sont abordés selon les thématiques suivantes :

- Représentations sur le réchauffement climatique
- Impact de la médiatisation
- Un problème environnemental ?
- Association entre effet de serre et réchauffement climatique
- Explications fournies pour justifier le réchauffement climatique
- Connaissances sur les gaz à effet de serre
- Rayonnement et interaction avec les gaz à effet de serre
- Transferts radiatifs
- L'enseignement-apprentissage de l'effet de serre et du réchauffement climatique

Représentations sur le réchauffement climatique

Bien que la très grande majorité des scientifiques affirment depuis des décennies que ce sont les activités humaines qui causent le réchauffement climatique (Schneider, 2011), le grand public comprend difficilement ce phénomène qui se produit sur une longue échelle de temps, ne cesse d'évoluer et n'a pas toujours montré de signes visibles (Doyle, 2007, p. 129). Comment sont perçus aujourd'hui les mécanismes du réchauffement climatique par le public profane, les enseignant.e.s et les apprenant.e.s ? Les notions évoquées précédemment font-elles partie de leurs connaissances et raisonnements ?

Une représentation peut être définie comme

« un phénomène mental qui correspond à un ensemble plus ou moins conscient, organisé et cohérent, d'éléments cognitifs, affectifs et du domaine des valeurs concernant un objet particulier appréhendé par un sujet : cela peut être pour un enfant, sa mère, son chat ou la noirceur ; ou encore, pour une personne, le quartier où elle habite, la nature ou la démocratie par exemple. On y retrouve des éléments conceptuels, des attitudes, des valeurs, des images mentales, des connotations, des associations, etc. C'est un univers symbolique, culturellement déterminé, où se forgent les théories spontanées, les opinions, les préjugés, les décisions d'action, etc. » (Garnier et Sauvé, 1999, p.66).

Les représentations de sujets interrogés appartenant à un même groupe social sont alors qualifiées de sociales. Sans développer des éléments de la théorie des représentations sociales initiée par Moscovici au début des années 60, une représentation sociale peut être appréhendée comme un produit ou un processus de type sociocognitif. Elle est évolutive et est construite par un groupe social au sujet d'objet

social tel que l'environnement. Une représentation sociale est aussi une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, qui permet à chacun de s'inscrire dans son environnement, de lui donner du sens, pour s'orienter et guider ses actes (Jodelet, 1989). Elle peut conduire à un sens commun, comme une sorte de connaissance liée à la vie quotidienne et selon laquelle un groupe d'individus va organiser la vie sociale. Elle peut être à la croisée de savoirs, croyances et comportements. Cette connaissance obéit souvent « à une logique propre, distincte de la pensée savante » (Peretti-Watel et Hammer, 2006, p.356). Le réchauffement climatique est un objet d'étude dont les représentations sociales sont fortement liées à la médiatisation.

Impact de la médiatisation

La communication du climatologue James Hansen devant le Sénat américain en Juin 1988 a contribué à faire du réchauffement climatique un sujet d'actualité puisque le scientifique, relayé par les médias, avait assuré à 99 % que le réchauffement climatique avait lieu. Plusieurs études dans les deux dernières décennies montrent que le grand public construit ses connaissances sur le changement climatique majoritairement à travers les médias. Ceux-ci servent en effet à communiquer au plus grand nombre un contenu sous différents aspects (article de presse, programme télévisé ou de radio...), grâce à des moyens techniques : *“Media are means of communication that distribute content—such as text, pictures, and sound—to an anonymous and spatially diverse public via technical means”* (Schäfer et Schlichting, 2014, p.144). Ils sont la principale source d'informations pour un public profane. Les mots employés et la manière de présenter les faits scientifiques sont transformés par les médias qui adaptent le discours scientifique à ce public : *“Increasingly it is media's responsibility to translate complex, scientific concepts to the 'lay audience'”* (Wilson, 2013, p.201). Une des conséquences de cette médiatisation est alors de fournir un message, une image, peu fidèles à ce qu'est réellement le réchauffement climatique et à ce que sont ses causes et ses effets.

Wilson (2013) montre à quel point les discours des politiques, des journalistes et des scientifiques entre communautés ou au sein de leur même communauté a pu engendrer l'incrédulité du grand public sur les risques du réchauffement climatique ou sur le fait même que la Terre se réchauffe. Depuis l'an 2000, les enquêtes de l'ADEME, l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, ont également conclu dans ce sens :

« Les polémiques autour des propos du GIEC, et plus généralement le « climatoscepticisme » qui a marqué le paysage médiatique au début de l'année 2010, a vraisemblablement contribué à jeter un trouble dans l'opinion sur la fiabilité des informations délivrées sur ce sujet » (ADEME, 2011, p.6)

La médiatisation exerce une influence sur les représentations sociales du réchauffement climatique à travers le lexique employé. Les mots qui font référence à la probabilité révèlent que le climat n'est pas stable mais dynamique (Wilson, 2013), et les sciences climatiques fournissent des prévisions sur

l'évolution du climat. Ces mots sont pris pour cible afin de susciter les débats et controverses. De même, les métaphores et comparaisons (comme celle du changement climatique avec une guerre nucléaire) favorisent l'émergence de doutes relatifs aux projections futures que communiquent les équipes de recherche sur le climat. Cet effet négatif généré par les médias sur la prise de conscience du réchauffement climatique, sur le fait qu'il existe bel et bien, est alimenté par les visions dramatiques et catastrophistes véhiculées auprès du public profane. Selon Demeritt (2001), le caractère menaçant du réchauffement climatique a démesurément été mis en avant avec une approche alarmiste liée à des enjeux financiers. L'aspect controversé du sujet a ainsi été corrélé au rôle des médias dont les messages confus, assortis d'un lexique probabiliste sur les événements du réchauffement climatique ont laissé place à des opinions contradictoires.

Le rôle de la communication médiatique sur le réchauffement climatique est primordial pour que le message véhiculé soit clair et compris par le plus grand nombre. L'étude qu'Ereaut et Segnit ont menée en 2006 au Royaume-Uni pour l'Institute for Public Policy Research est fondée sur la notion de répertoire issue de l'analyse de discours : "Répertoires are systems of language that are routinely used for describing and evaluating actions, events and people." (Ereaut et Segnit, 2006, p.7). Ainsi, l'analyse de 600 articles de la presse quotidienne, de 40 programmes et publicités de télévision et radio et de 30 publicités de journaux a été synthétisée en trois répertoires du réchauffement climatique : alarmiste (regard pessimiste sur le réchauffement climatique), optimiste (absence d'inquiétude à avoir) et pragmatique (agir pour le climat). Les auteurs ont alors conclu à l'existence d'une tension entre les éléments de chacun de ces répertoires qui génère un message confus pour le public profane voire contradictoire.

Un problème environnemental ?

En 1997, grâce à une enquête par questionnaire envoyé en courrier postal dans 48 états des Etats-Unis d'Amérique (Bord, 1998), il a été mis en évidence que sur les 1125 personnes interrogées (majoritairement des hommes et des personnes de plus de 66 ans), seule une minorité montre avoir conscience de la nécessité d'agir pour ralentir le réchauffement du climat. Leur préoccupation est plus centrée sur des problématiques personnelles et familiales (mariage, amis) ou sociétales en lien avec la vie de quartier (violences, criminalité). Les sujets concernant la pollution de l'air et la préservation d'espaces verts sont plus présents à leur esprit que celles sur le réchauffement climatique. D'autre part, 34 % de l'échantillon répondent qu'ils ne sont pas informés sur le réchauffement climatique (« global warming »). Même si 26 % pensent être bien informés, des sujets telles que les maladies, la pollution de l'eau et de l'air affichent des taux qui indiquent que l'information sur ces sujets est mieux diffusée et reçue que celle sur le réchauffement climatique. Les causes majeures à ce réchauffement

proposées à travers cette enquête (taux supérieur à 60 % pour chacune d'entre elles) sont la pollution et les émissions liées au monde du travail et aux industries, la destruction des forêts tropicales, le trou de la couche d'ozone. Enfin, très peu des sujets interrogés associent le réchauffement climatique à l'idée de menace (22 %). Dans le cas contraire, cette menace est associée au fait qu'ils pensent pouvoir être directement touchés par le phénomène dans leur vie quotidienne, en particulier à cause de conséquences économiques défavorables. A la fin des années 1990, le réchauffement climatique est considéré comme un problème à caractère environnemental dont la place à accorder reste minime.

La perception du réchauffement climatique à travers l'évaluation des risques est mise en exergue par l'analyse de revue de littérature de Leiserowitz (2004) : elle fait partie des représentations de type « risques cachés » ("hidden hazards"). En effet, tout se passe comme si la société ne pouvait se rendre compte des dangers liés à l'évolution du climat que lorsque celle-ci conduit à des événements d'une extrême violence. Les enquêtes auprès de publics profanes dans les années 90 et au début des années 2000 révèlent ce manque de prise de conscience des conséquences climatiques bien que le discours des scientifiques les présente : "Public opinion polls and academic studies consistently show that Americans regard climate change as a relatively low national priority, despite decades of scientific warnings." (*ibid.*, 2004, p.25).

Le rapport d'analyse sur « les représentations sociales du changement climatique » de l'ADEME paru en 2018 indique également que la place consacrée au réchauffement climatique reste faible (6 % en moyenne depuis 2011). L'emploi et l'impôt apparaissent comme des questions plus importantes aux yeux des personnes interrogées. En revanche, l'effet de serre et le réchauffement du climat sont davantage considérés comme des sujets préoccupants, comparativement à d'autres sujets liés à l'environnement. En fait, historiquement, les deux enjeux environnementaux majeurs cités par les sujets interrogés des enquêtes de l'ADEME concernaient la pollution de l'air et de l'eau. Cela peut questionner sur le niveau de compréhension des problèmes environnementaux car les confusions et imbrications entre phénomènes sont fréquentes. Une raison est souvent invoquée par le paradigme psychométrique (Fischhoff et al., 1978, cité par Peretti-Watel et Hammer, 2006, p.354) selon lequel « un risque est d'autant plus craint lorsque ses conséquences sont différées et irréversibles, lorsqu'il est méconnu des profanes, mal évalué par les scientifiques... ». Cela devrait être le cas pour les risques climatiques mais les enquêtes de l'ADEME avant 2006 montrent que les risques liés à la pollution de l'air et des eaux sont davantage craints. Ce constat s'explique en considérant les catégories sociales : les moins diplômés et ceux issus de milieux populaires adoptent un positionnement fataliste face au problème du réchauffement climatique et à l'effet de serre anthropique, tandis que les plus diplômés placent le risque climatique comme la préoccupation majeure.

Enfin, le réchauffement climatique est souvent confondu avec d'autres phénomènes environnementaux (Boyes et Stanisstreet, 1997a ; Anderson et Wallin, 2000) tels que le nucléaire ou les comburants polluants. Le public profane formule alors des propositions inadéquates pour limiter le réchauffement de la planète comme « utiliser de l'essence sans plomb ou réduire le nombre de bombes atomiques permet de réduire le réchauffement climatique » (Francis et al., 1993 ; Kilinc et al., 2008).

Association entre effet de serre et réchauffement climatique

La revue de littérature sur l'effet de serre et le réchauffement climatique, conséquente et qui concerne des travaux menés dans une grande variété de pays (García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira, 2012 ; Peretti-Wattel et Hammer, 2006 ; Ekborg et Areskoug, 2006 ; Anderson et Wallin, 2000 ; Koulaidis et Christidou, 1999) met en évidence une homogénéisation des confusions dégagées auprès des divers publics interrogés (public profane, enseignants, apprenants).

Dans une étude citée par Wilson (2013) auprès de 649 étudiants d'université, pour 48 % d'entre eux, effet de serre (*greenhouse effect*) et réchauffement climatique (*global warming*) sont des termes qui désignent le même phénomène. L'expression *global warming* est familière pour 49 % des sujets malgré une signification qui reste confuse et des conceptions erronées sur les phénomènes : "*These misconceptions may also be related to improper use of terminology [...]*" (Wilson, 2013, p.211). Les expressions « effet de serre » et « réchauffement climatique » désignent des phénomènes différents. De manière plus rigoureuse l'expression « effet de serre additionnel » ou « anthropique » (*enhanced geenhouse effect*) devrait être utilisée. De même choisir le terme de réchauffement planétaire (*global warming*) plutôt que de changement climatique planétaire (*global climate change*) peut être réducteur pour désigner le phénomène dans son ensemble. En effet, le premier terme est souvent associé à l'effet de serre additionnel dû à l'augmentation des gaz à effet de serre (Wilson, 2013). L'auteur préconise d'utiliser le mot « changement » (*fitting term*) plutôt que « réchauffement » afin d'être plus précis d'un point de vue scientifique pour désigner le phénomène dans sa globalité.

Dans la majorité des enquêtes, les sujets interrogés ne parviennent pas à justifier correctement les expressions employées pour désigner un phénomène en particulier. Par exemple l'effet de serre n'est pas bien défini par les étudiants (Andersson et Wallin, 2000). Considéré comme un problème environnemental (Koulaidis et Christidou, 1999), il est confondu avec le réchauffement climatique. La confusion entre effet de serre et réchauffement climatique est certainement due au fait que le sujet majeur traité par les médias est le réchauffement climatique alors que l'effet de serre est peu abordé (Ratinen, 2013). Il existe aussi des confusions entre effet de serre et problèmes environnementaux tels que la pollution, le stockage des déchets nucléaires, les espèces en danger. Des relations entre l'effet

de serre anthropique et l'augmentation des problèmes de santé (cancer de la peau, attaques cardiaques) sont également avancées (Jeffries et al., 2001).

Outre la médiatisation qui est invoquée pour expliquer la confusion entre effet de serre et réchauffement climatique, l'image de la nature qu'ont les enseignants et futurs enseignants (Michail et al., 2007) constitue un obstacle à la compréhension de l'effet de serre naturel car la nature est alors conçue comme un équilibre qui serait perturbé par l'activité humaine. Le travail mené par Ratinen (2013) auprès d'enseignants du primaire interrogés par questionnaire révèle que 94 % des réponses consistent à identifier l'augmentation de l'effet de serre comme la cause du réchauffement de la planète. La distinction entre effet de serre naturel et additionnel est visible. En revanche aucune explication des phénomènes n'est fournie, ce qui révèle des difficultés à les conceptualiser. Un résultat analogue est également mis en évidence dans l'étude menée par Papadimitriou en 2004 où 51 % des enseignants du primaire interrogés pensent que l'effet de serre (sans distinction entre naturel et additionnel) est la cause du réchauffement climatique. Ces relations effectuées entre effet de serre et réchauffement climatique ou effet de serre naturel et anthropogénique sont souvent dues majoritairement à un contexte social (ADEME, 2008 ; Peretti-Watel et Hammer, 2009 ; Urgelli, 2004).

Explications fournies pour justifier le réchauffement climatique

La dernière enquête de l'ADEME (2018), par l'analyse des réponses à la question portant sur les causes du réchauffement climatique, catégorise 9 % de la population interrogée comme sceptique sur le fait que les êtres humains sont responsables de ce réchauffement. Calixto (2018) conclut après une enquête auprès de 105 étudiant.e.s universitaires que « les représentations sociales identifiées montrent une prédominance des contenus liés aux effets du réchauffement climatique ».⁴ Les études révèlent qu'il existe autant chez les enseignants que chez les apprenants des difficultés à expliquer l'effet de serre et le réchauffement climatique (Jeffries et al., 2001 ; Andersson et Wallin, 2000 ; Dove, 1996). Dans de nombreuses enquêtes portant sur les représentations de l'effet de serre et du réchauffement climatique, les relations de cause à effet fournies par les sujets interrogés (public profane, étudiants, enseignants) sont très variées et souvent accompagnées d'un raisonnement où les propositions sont articulées logiquement entre elles. Il est possible de regrouper ces causes en différentes catégories telles que la couche d'ozone, l'emprisonnement des rayons du soleil et les activités humaines.

⁴ Notre traduction; Calixto (2018): «En las representaciones sociales identificadas se observa el predominio de contenidos relacionados con los efectos.»

Couche d'ozone : trou ou couverture

La revue de littérature sur les représentations du réchauffement climatique permet de mettre en évidence les confusions entre causes et conséquences de l'effet de serre et destruction de la couche d'ozone. En effet, le lien causal réversible est souvent établi, à tort, entre effet de serre et couche d'ozone (Boyes et Stanisstreet, 1992, 1993, 1997a, 1998 ; Dove, 1996 ; Rye et al., 1997 ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Andersson et Wallin, 2000 ; Jeffries et al., 2001 ; Papadimitriou, 2004 ; Österlind, 2005 ; Ekborg et Areskou, 2006 ; Boon, 2010 ; García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira, 2012). L'étude de Boyes et Stanisstreet de 1993 est l'une des premières à permettre d'accéder aux conceptions d'apprenants. Un résultat probant par exemple est qu'environ 70% des étudiants interrogés, indépendamment de leur âge, répondent que l'effet de serre est dû à l'augmentation du trou de la couche d'ozone. Ce trou est souvent expliqué en termes d'émissions causées par certains moyens de transports. L'état de l'art sur les représentations et les modèles de pensée au sujet du changement climatique que García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira (2012) ont effectué met en évidence que l'effet de serre est confondu avec la diminution de la couche d'ozone et que la couche d'ozone est source de réchauffement de la planète. Les travaux de recherche auprès d'enseignants conduit aux mêmes conclusions quant à la confusion entre effet de serre et destruction de la couche d'ozone ou au lien réciproque entre les deux. (Dove, 1996 ; Groves et Pugh, 1999 ; Summers et al., 2001 ; Khalid, 2003 ; Michail et al., 2007).

Un raisonnement fréquent, avec quelques variantes, est de justifier l'augmentation de l'effet de serre par la dégradation de la couche d'ozone due à des gaz ou à la pollution, de la manière suivante : à cause du trou dans la couche d'ozone qui s'agrandit, davantage de rayons du soleil passent et la température augmente. (Peretti-Wattel et Hammer, 2006, p.358). Le dioxyde de carbone est parfois identifié comme une cause à la destruction de la couche d'ozone (Boyes et Stanisstreet, 1997b). Cela peut aussi être le cas pour les CFC (Rye et Rubba, 1998). Dans le cas où le rapprochement est fait avec la pollution de l'air, l'idée d'accumulation de gaz (en particulier de dioxyde de carbone) dans la couche d'ozone elle-même, est avancée pour expliquer qu'il fasse plus chaud : les rayons du soleil peuvent ainsi rester plus longtemps entre la surface terrestre et la couche atmosphérique, ce qui fait augmenter la température. Dans les deux raisonnements précédents, le fait que les propositions s'enchaînent en mettant en jeu une variable qui produit un effet sur une autre est typique d'un raisonnement linéaire causal (Rozier, 1988). Les caractéristiques de ce raisonnement seront détaillées ultérieurement. La couche d'ozone est de moins en moins invoquée comme cause au réchauffement climatique (ADEME, 2018) alors que la pollution reste un agent causal fréquemment mentionné par les sujets interrogés.

Rayons du soleil piégés par la couche atmosphérique

Expliquer le réchauffement de la Terre par l'accumulation des rayons du soleil, piégés par l'atmosphère est très présent dans les enquêtes sur les conceptions d'apprenants et d'enseignants (Jeffries et al., 2001 ; Ratinen, 2013). Cette modélisation de l'atmosphère comme une couche de gaz contribue à développer l'idée d'un couvercle ou d'une couverture qui garde la chaleur des rayons du soleil et permet ainsi de chauffer la planète. Cet « emprisonnement » de la chaleur est souvent proposé comme explication au réchauffement climatique (Andersson et Wallin, 2000 ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Colin et Tran Tat, 2011). Les réponses recueillies dans les différentes études montrent que la couche atmosphérique est souvent constituée de polluants, d'aérosols et/ou de gaz à effet de serre. Celle-ci est aussi souvent associée à une vitre en verre dont le rôle est de conserver la chaleur : la vitre empêche les rayons du soleil qui se réfléchissent sur la surface terrestre de s'échapper vers l'espace. Elle a la fonction d'une barrière ou d'un toit qui retient les rayons solaires. Les gaz à effet de serre créent ce type de barrière ou une fine couche qui fait « rebondir » la chaleur ou l'énergie solaire vers la Terre (Anderson et Wallin, 2000). Un autre argument proposé comme cause du réchauffement de la planète est lié à la position de la Terre par rapport au Soleil : la planète se réchauffe car elle se rapproche du Soleil. Le phénomène de réchauffement est dans ce cas considéré au même plan que celui des saisons (Pruneau et al., 2003, 2001). Le fait que le Soleil émette plus de rayons qui chauffent davantage la Terre est aussi une cause proposée dans les enquêtes (Boyes et Stanistreet, 1993 ; Pruneau et al., 2003).

Activités humaines

Les premières enquêtes annuelles menées par l'ADEME présentent des résultats où le trou de la couche d'ozone, la pollution, la gestion des déchets sont considérés comme cause de l'effet de serre. En 2018, l'enquête de l'ADEME qui élargit l'échantillon à des groupes sociaux supplémentaires (agriculteurs, chefs d'entreprises, jeunes de 15 à 30 ans), produit la même conclusion : la réponse majeure (31 %) à la question « A quoi est dû le réchauffement climatique ? » est « la pollution » (ADEME, 2018, p.9). « Les activités humaines » est la catégorie de réponse qui arrive en deuxième place (26 %). L'idée de pollution est souvent associée à l'industrie puis aux transports. Elle est avancée comme cause du réchauffement climatique (Anderson et Wallin, 2000), qu'elle concerne les pluies acides, la poussière ou des gaz d'origine anthropique (Boyes et Stanisstreet, 1993 ; Pruneau et al., 2001).

La chaleur dégagée par les voitures est aussi proposée comme source de réchauffement climatique (Boyes et Stanisstreet, 1997b). Le fait que ce sont les activités humaines qui contribuent au réchauffement de la planète n'est avancé que par un échantillon d'environ 70 % de la population

interrogée dans les enquêtes de l'ADEME, sachant qu'environ 25 % se positionne pour l'assertion « Il s'agit d'un phénomène naturel qui a toujours existé » (ADEME, 2018, p.12). Les sujets interrogés entre 15 et 18 ans sont très majoritaires (89 %) à choisir la cause anthropique pour expliquer le réchauffement climatique alors que les deux tiers seulement des plus de 65 ans la choisissent. Cette dualité entre le caractère équilibré d'un phénomène naturel et le déséquilibre généré par les activités humaines a été formulé en termes de « double activité » par un apprenant au cours d'un entretien individuel (Colin et Tran Tat, 2011) : l'effet de serre est alors causé à la fois par le rayonnement solaire naturel et par l'émission supplémentaire de dioxyde de carbone, « excessive sur Terre ».

Dans le cas où les élèves de 13 et 14 ans (Acikalin, 2013) affirment que la Terre se réchauffe (pour 66 % d'entre eux), l'augmentation de l'effet de serre, qui explique ce réchauffement, est associée à l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère pour 39 %. Environ les deux tiers affirment que l'augmentation de l'effet de serre est due aux gaz émis par la décomposition des déchets et issus des engrais industriels.

Le rapport de l'ADEME de 2018 (p.10) indique que les confusions entre cause et conséquences du réchauffement climatique sont en forte baisse par rapport aux enquêtes menées depuis l'an 2000. Plus de la moitié des sujets interrogés associent correctement l'effet de serre anthropique lié aux activités humaines comme cause principale du réchauffement climatique.

Connaissances sur les gaz à effet de serre

Les enquêtes réalisées auprès du public profane, d'enseignants, d'apprenants permettent de dégager un manque de connaissances sur ce que sont les gaz à effet de serre (Fisher, 1998 ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Anderson et Wallin, 2000 ; Ekborg et Areskoug, 2006 ; Papadimitriou, 2004), sur leurs propriétés et leur rôle.

Quel que soit le type de public interrogé (public profane, enseignant, apprenant), les gaz à effet de serre sont associés à des polluants ou à des gaz provenant des engrais (Boyes et Stanistreet, 1993 ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Ratinen, 2013). Le dioxyde de carbone n'est pas toujours identifié comme un gaz à effet de serre (Boyes et Stanistreet, 1993 ; Wilson, 1993 ; ADEME, 2018) même s'il l'est de plus en plus dans les études les plus récentes : il est le gaz le plus cité parmi les gaz à effet de serre dans l'étude de Punter et al. (2011). Quant à la vapeur d'eau, c'est un gaz à effet de serre en général méconnu (Fisher, 1998). Le méthane est plus souvent nommé comme gaz à effet de serre, comparativement à la vapeur d'eau mais il est encore relativement ignoré en tant que gaz à effet de serre, au même titre que l'oxyde nitreux (Wilson, 2013, p.211). Les recherches menées auprès d'enseignants du primaire indiquent qu'une grande majorité considèrent les chlorofluorocarbones (CFC) comme gaz à effet de serre (Jeffries et al., 2001 ; Papadimitriou, 2004 ; Ratinen, 2013). L'ozone

peut être identifié à tort à un gaz à effet de serre lorsque la distinction entre ozone troposphérique et stratosphérique n'est pas établie (Fisher, 1998 ; Francis et al., 1993).

Les sources de gaz à effet de serre les plus citées dans les enquêtes sont les transports (à combustibles fossiles). L'émission des gaz par le bétail, les engrais et l'agriculture est peu présente dans les propositions des sujets interrogés (Wilson, 2013). Néanmoins, percevoir l'agriculture comme un enjeu climatique car elle est source de gaz à effet de serre est de plus en plus généralisé (ADEME, 2018, p.13). Lorsque des liens sont faits par les sujets interrogés dans les enquêtes entre un gaz et l'effet de serre nature ou anthropique ou entre un gaz et le réchauffement climatique, ce gaz peut être qualifié de « mauvais », de « destructeur » (Koulaidis et Christidou, 1999).

Rayonnement et interaction avec les gaz à effet de serre

Distinguer les différents rayonnements mis en jeu dans l'effet de serre et identifier leur rôle constitue souvent un obstacle à la compréhension de l'effet de serre (Boyes et Stanisstreet, 1997a ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Fisher 1998 ; Österlind, 2005 ; García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira, 2012). Les rayons du Soleil sont souvent les seuls impliqués dans les explications proposées par les sujets interrogés. La source de « rayons qui chauffent » ou « rayons thermiques » est souvent attribuée au Soleil. Il peut exister une confusion entre rayonnement ultra-violet et infrarouge : au premier est conférée la propriété thermique du second lorsque les rayons ultraviolets sont considérés comme puissants, chauds. Les termes de « rayons », « rayonnement », « lumière » et « chaleur » semblent utilisés sans distinction réfléchie (Ekborg et Areskoug, 2006). Une précision entre UVA et UVB est parfois fournie, ce qui peut s'expliquer par l'erreur de considérer le réchauffement climatique comme responsable de cancers de la peau (Boyes et Stanisstreet, 1993, 1998 ; Pruneau et al., 2003). Le rayonnement ultraviolet est souvent celui qui rebondit sur la surface de la Terre. L'ensemble de ces résultats qui ont permis de mettre en évidence des représentations erronées sur les mécanismes de l'effet de serre et du réchauffement climatique ont conduit à une catégorisation de modèles de raisonnement.

La conceptualisation de l'effet de serre a été analysée auprès d'enseignants du primaire (Ratinen, 2013). Une échelle à sept « niveaux » de compréhension a été utilisée pour évaluer les réponses des sujets interrogés par questionnaire. Les réponses proposées ont été catégorisées de manière à mettre en évidence sept descriptions du processus de l'effet de serre (*key processes*), répartis en trois groupes (*model, molecular, figurative*) :

“Concepts can consist of briefly presented forms of human experiment and the nodal points between the abstract and the concrete (Novak e Cañas, 2008). In the present study the conceptualization of the greenhouse effect is divided in three major entities: figurative, model and molecular (see Lin & Hu, 2003), which were

used to form a category framework for the understanding of the greenhouse effect.” (Ratinen, 2013, p.4).

Le niveau « modèle » est constitué du modèle ondulatoire P1 (où le Soleil émet un rayonnement visible et où la distinction entre courte longueur d'onde pour la réflexion et longue longueur d'onde pour l'émission est effectuée), du modèle particulaire P2 (où les photons ont une énergie quantifiée et sont émis ou absorbés par des particules chargées et du modèle du corps noir P3 (où la Terre émet un rayonnement infrarouge vers l'espace). Le niveau « modèle moléculaire » P4 comprend la vibration et la rotation des molécules de gaz à effet de serre et leur mise en relation avec l'absorption et l'émission de rayonnement infrarouge). Le niveau figuratif est composé de trois idées : l'atmosphère a une influence sur le rayonnement entrant et sortant (P5), les gaz atmosphériques possèdent des propriétés d'absorption et d'émission de rayonnement différentes (P6, parmi ces gaz, l'ozone joue le rôle de gaz à effet de serre au niveau de la basse troposphère mais pas au niveau de la stratosphère), l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre est influencée par les phénomènes radiatifs (P7).

Un résultat majeur est que le phénomène de l'effet de serre n'est pas compris au niveau particulaire (P2) et moléculaire (P4). Les interactions entre rayonnement et gaz atmosphérique ne sont pas connues. Il est aussi fait remarquer que 2 % des enseignants interrogés considèrent l'atmosphère comme une fine couche détruite par les émissions polluantes issues de l'industrie par exemple. La conceptualisation de l'effet de serre d'un point de vue des phénomènes radiatifs (P7, P1) est absente. L'émission de rayonnement infrarouge par la Terre n'est pas proposée dans les réponses étudiées (P7). Le lien entre augmentation des gaz à effet de serre et augmentation de l'effet de serre n'est pas établi (P4). Cela est dû au fait que le phénomène d'absorption et d'émission du rayonnement infrarouge par les gaz à effet de serre est occulté. Les études de cas auprès d'élèves de première scientifique (Colin et Tran Tat, 2011) ont permis de pointer cette absence du phénomène d'émission-absorption infrarouge dans l'explication d'une augmentation de température de la surface : le rayonnement infrarouge émis par les gaz à effet de serre vers la surface terrestre est compris comme de la « chaleur bloquée » à la limite supérieure de l'atmosphère.

La mise en œuvre d'un raisonnement qui repose sur l'interaction entre les gaz à effet de serre et le rayonnement infrarouge émise par la surface terrestre n'est pas spontanée. Les modèles de pensée qui émergent de différentes études sur la conceptualisation de l'effet de serre naturel pour ensuite viser une compréhension du réchauffement climatique mettent en jeu l'idée d'une couche de gaz, ou d'un ensemble de gaz à effet de serre. C'est comme si les raisonnements se construisaient uniquement à un niveau macroscopique. C'est en fait le rôle des gaz à effet de serre dont l'analyse est peu correcte.

Six modèles de raisonnement pour caractériser les gaz à effet de serre sont proposés par Koulaïdis et Christidou (1999) à partir d'entretiens individuels semi-dirigés d'élèves de 11-12 ans. Ils incluent les différents concepts utilisés par les sujets pour expliquer l'effet de serre : le rôle des rayonnements ultraviolet, infrarouge et solaire y est intégré ainsi que celui des gaz mentionnés. Les modèles reflètent les erreurs de raisonnement fréquemment identifiées : l'effet de serre résulte de la chaleur piégée entre l'atmosphère et la surface ; cette chaleur vient du rayonnement solaire et le piège est créé par les gaz à effet de serre qui retiennent la chaleur après réflexion des rayons du soleil sur la surface terrestre. L'augmentation de température de la planète est alors attribuée à la chaleur accumulée. Trois premiers modèles confèrent au dioxyde de carbone et au méthane le rôle de retenir la chaleur : ces deux gaz forment une couche qui piège la chaleur du soleil, ou qui piège celle du rayonnement ultraviolet entrant par le trou de la couche d'ozone, soit ces deux gaz sont uniformément répartis et emprisonnent la chaleur du soleil. Deux autres modèles font intervenir la couche d'ozone et le dernier associe l'effet de serre à la pollution atmosphérique. Bien que lors des entretiens, la nature des rayonnements mis en jeu dans l'effet de serre (UV, solaire, IR) soit au cœur de la discussion, l'interaction entre gaz et rayonnement n'est pas évoquée. Le rayonnement infrarouge est également absent dans les modèles de raisonnement catégorisés par les chercheurs.

Le travail de recherche de García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira (2012) auprès d'élèves de 14 et 15 ans permet d'établir d'autres modèles de pensée où l'absorption de chaleur peut être prise en compte. Le premier modèle décrit l'effet de serre en termes de formation de couche de gaz dont le rôle n'est pas explicitement défini. Les deux modèles suivants font émerger le rôle de la couche d'ozone dans l'augmentation de la planète. Le troisième modèle confère un rôle aux autres gaz que l'ozone, en particulier à des gaz polluants et aux CFC : ils se réchauffent et détruisent la couche d'ozone. Le modèle 4 explique que l'augmentation de la couche d'ozone à cause de la pollution génère une augmentation de température. Les deux derniers modèles sont ceux qui révèlent la capacité des gaz atmosphériques à absorber la chaleur soit en formant une couche soit en se diffusant dans l'atmosphère.

Le fait que l'émission de rayonnement infrarouge par la surface terrestre n'est jamais mentionnée constitue sans doute une source de difficulté car elle est corrélée aux mécanismes d'absorption et d'émission de rayonnement infrarouge par les gaz à effet de serre. Des termes comme « réfraction » et « réflexion » sont d'ailleurs souvent utilisés à tort pour évoquer l'interaction entre les gaz à effet de serre et le rayonnement (Colin et Tran Tat, 2011). La conversion de rayonnement solaire en rayonnement infrarouge au niveau de la surface terrestre est un obstacle non seulement à la compréhension du rôle des gaz à effet de serre mais aussi à l'établissement du bilan radiatif qui permet d'expliquer l'effet de serre et le réchauffement climatique (Ekborg et Areskou, 2006). La nécessité de travailler sur le lien entre augmentation du dioxyde de carbone atmosphérique et augmentation de

l'effet de serre implique d'inclure dans l'apprentissage des mécanismes du réchauffement climatique le rôle d'un gaz à effet de serre (Acikalin, 2013).

Transferts radiatifs

L'effet de serre est présenté comme un mécanisme statique, et non pas comme un processus dynamique résultant d'un équilibre. A partir d'une catégorisation en modèles (Andersson et Wallin, 2000) qui vise à identifier comment est compris l'effet de serre auprès d'élèves de 15 et 18 ans et quel est son lien avec le réchauffement climatique, la présence de bilan d'énergie pour la Terre est analysée. Très peu d'élèves de 18 ans (5 %) fournissent des réponses où le rayonnement entrant dans et sortant de l'atmosphère est mentionné pour expliquer l'effet de serre. L'interaction des gaz à effet de serre avec le rayonnement est davantage mise en évidence en fonction du type de rayonnement et du bilan radiatif pour la Terre. Les concepts de base (« key concepts ») qui expliquent l'effet de serre sont pris en compte dans cette catégorisation en huit catégories. Ils sont formulés sous forme de huit propositions. L'ensemble de celles-ci fournit une explication complète du phénomène d'effet de serre. En effet, les transferts d'énergie entre Terre, Soleil, espace sont explicités ainsi que la nature du rayonnement mis en jeu. Les phénomènes d'absorption et d'émission par les gaz atmosphériques et par la surface terrestre font aussi partie des propositions de même que les propriétés absorbantes des gaz à effet de serre et leur conséquence sur la température de l'atmosphérique. La relation entre augmentation de température et bilan d'énergie est également formulée. Les deux derniers énoncés que proposent Ekborg et Areskoug concernent l'impact de la combustion de ressources fossiles sur l'effet de serre naturel et sur l'augmentation de température de la planète.

En général, au cours des enquêtes, le réchauffement climatique n'est pas expliqué en termes de bilan radiatif (Koulaidis et Christidou, 1999 ; Anderson et Wallin, 2000 ; Ekborg et Areskoug, 2006). Dans la catégorisation *a priori* qu'Ekorg et Areskoug établit en prévision des réponses à la question « Qu'est-ce que l'effet de serre ? Explique le mieux possible. »⁵, est prévue l'explication complète avec les huit propositions mentionnées dans le paragraphe précédent. Aucune réponse fournie par les sujets interrogés n'évoque l'idée d'équilibre dynamique pour la Terre caractéristique de la huitième proposition :

“The temperature on earth is decided by a dynamic balance, where the point of balance is affected by among other things the absorption in the greenhouse gases?
No example available”. (Ekborg et Areskoug, 2006, p.23)

L'explication attendue pour l'effet de serre est fondée sur la description implicite d'un régime transitoire, lié à l'utilisation d'un raisonnement séquentiel (Viennot, 2006[1996]). En effet, il est

⁵ Notre traduction; Ekborg et Areskoug, 2006, p.21: “What is the greenhouse effect? Explain as well as you can”.

fréquent que lors d'une analyse d'une situation au cours de laquelle un système évolue, la structure utilisée pour décrire ou expliquer le phénomène soit celle d'une histoire. Des événements sont donc décrits successivement dans le temps. C'est pourquoi, les apprenant.e.s font des rayons émis par le soleil l'objet au centre de leur histoire, « un rayonnement incident auquel il advient des aventures (Viennot, 2006[1996], p.124). Il est alors prévisible que le régime transitoire corresponde ici pour l'effet de serre au fait que la température de la Terre augmente : la Terre gagne plus d'énergie qu'elle n'en perd. La difficulté consiste ici à prendre en compte, simultanément, les flux entrant et sortant d'énergie (ou de puissance surfacique) : « Tous les éléments du système sont informés en même temps de ce qui se passe » (*ibid.*).

L'effet de serre est un exemple où le régime permanent (ou stationnaire) est un régime de non-équilibre puisque des flux d'énergie entrent et sortent en permanence du système. Le régime transitoire pendant lequel la température de surface de la Terre augmente devient permanent à partir du moment où la quantité d'énergie émise vers l'espace est égale à celle reçue par le Soleil (les flux entrant et sortant se compensent). La température de surface de la planète finit alors par rester constante. Elle est alors appelée température d'équilibre.

Ce régime de non-équilibre peut être qualifié, plutôt que de permanent, de quasi-stationnaire. Dans ce cas, le préfixe « quasi » fait référence au fait que la propagation des rayonnements est négligée par rapport au temps caractéristique d'évolution du système. Pour expliquer l'effet de serre naturel, la difficulté est de considérer que le bilan radiatif soit établi à un instant t fixé. Un raisonnement à caractère local doublé d'une séquentialisation temporelle (Rozier, 1988) entrave la compréhension du phénomène et la mise en récit de son explication conduit à conclure à une augmentation de la température de la Terre. Toute la difficulté est de relier les notions de système, flux entrants et sortants, type de transfert, à celles de régimes transitoire et permanent pour pouvoir aboutir à l'établissement d'une température constante, appelée aussi température d'équilibre, même si le régime permanent est un régime de non-équilibre.

L'enseignement-apprentissage de l'effet de serre et du réchauffement climatique

Dans la littérature, est pointée l'importance de ce type d'apprentissage pour que le public profane puisse donner du sens aux actions possibles afin de réduire le changement climatique. Les scientifiques dès la fin des années 90 ont plaidé en faveur d'actions immédiates alors que le grand public n'avait pas conscience de l'importance du problème et de la nécessité d'agir tout de suite, de changer comportements et habitudes. L'étude de Sterman (2008) auprès de 212 étudiants du Massachusetts Institute of Technology (MIT) indique que 84 % d'entre eux pensent qu'il n'est pas nécessaire de réduire

les émissions de gaz à effet de serre ni de stopper l'augmentation du dioxyde de carbone atmosphérique. Ils ne font pas le lien entre gaz à effet de serre et réchauffement climatique. Une proposition d'analogie entre accumulation des gaz à effet de serre et débit d'eau qui arrive et sort d'une baignoire conduit les sujets interrogés à des erreurs : Sterman (2008, p.533) conclut qu'une mauvaise compréhension du phénomène d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère les pousse à croire qu'en stoppant l'augmentation des émissions, le climat va se stabiliser. Les notions de flux et de régime transitoire pourraient s'ajouter à cette analyse. Dans tous les cas, l'auteur semble défendre l'idée d'une éducation au changement climatique : pourquoi faire des efforts pour stopper les émissions de gaz à effet de serre si on n'est pas convaincu que ces mêmes gaz causent le réchauffement climatique ? L'enjeu de formation des individus aux mécanismes du changement climatique est de générer un changement d'attitude. Passer d'une posture attentiste (« attendons de voir ») à une posture active nécessite une forme de connaissances qui justifie l'action.

Mayer (1995) prône un enseignement du changement climatique au sein d'un curriculum de sciences de la Terre. Il présente un cadre pour une éducation aux systèmes terrestres en 7 points de compréhension qui incluent notamment l'étude de la planète, l'impact des activités humaines sur la planète, l'intérêt des sciences et technologies pour étudier la Terre et l'espace :

“We need to have a science that helps us understand global climate change and our contributions to it; [...] the new science curriculum, integrated and based on the earth system, can help to create a public knowledgeable about the challenges that lie ahead, and how science can assist in dealing with those challenges.” (Mayer, 1995, p.387-388).

Cette approche curriculaire focalisée sur le système Terre met en jeu plusieurs disciplines. Mayer défend l'idée d'un ancrage conceptuel dans un contexte d'enseignement qui vise à conférer les connaissances de base aux apprenants pour comprendre le changement climatique et savoir comment agir dans les années à venir.

Les propositions au sein du programme de formation auprès d'enseignants du primaire ou de futurs enseignants (Lambert et Lindgren, 2010) ont également pour but de leur faire développer les connaissances sur le changement climatique et de leur faire prendre conscience des attitudes à adopter face au phénomène. Des séances d'analyse de film, de sites internet et de diaporama dont les contenus scientifiques concernent le réchauffement climatique ont conduit les sujets participant.e.s à être davantage en capacité d'expliquer l'effet de serre, de distinguer météorologie et climat et d'identifier le dioxyde de carbone comme gaz à effet de serre. En revanche aucun ne peut expliquer à quoi est dû le réchauffement climatique : “No student expressed a complete understanding” (*ibid.*, 2010, p.6). Lambert et Lindgren suggèrent d'intégrer davantage l'enseignement de l'effet de serre naturel dans ce type de formation au réchauffement climatique : le thème du réchauffement

climatique dont la dimension est interdisciplinaire doit contribuer au développement de la capacité à modéliser les phénomènes scientifiques en réinvestissement des concepts fondamentaux issu de la physique et des sciences de la Terre.

Koulaidis et Christidou (1999) synthétisent les résultats issus de l'élaboration de modèles en formulant des propositions pour l'enseignement de l'effet de serre. Afin de favoriser la compréhension du phénomène par les élèves, il serait pertinent d'aborder la diffusion uniforme des gaz atmosphériques, de distinguer les ultra-violets des autres types de rayonnement issus du Soleil, de mettre en évidence la différence entre la lumière solaire et le rayonnement terrestre, et de différencier le rôle de l'ozone stratosphérique de celui des gaz à effet de serre. Enfin, viser l'explication de l'effet de serre naturel devrait précéder celle de l'effet de serre anthropique. Comme les différents concepts sont liés entre eux, une même approche d'enseignement peut générer des conditions favorables à l'acquisition de différentes notions. Par exemple, s'appuyer sur les fenêtres atmosphériques permet à la fois de mettre en évidence la distinction entre les types de rayonnement électromagnétique et celle entre le rayonnement émis par le Soleil et celui par la surface terrestre :

“For example, introducing the idea that different gases absorb at different regions of the electromagnetic spectrum can contribute to overcoming both the lack of a conceptual distinction between ultraviolet and other forms of solar radiation (teaching implication 2) and the lack of a conceptual distinction between sunlight and terrestrial radiation (teaching implication 3)” (Koulaidis et Christidou, 1999, p.575)

L'enjeu qui se dégage des différentes enquêtes est de faire comprendre aux apprenant.e.s l'importance des phénomènes d'absorption et d'émission du rayonnement au niveau de la surface terrestre et des gaz à effet de serre. L'explicitation des phénomènes radiatifs dans leur ensemble devraient contribuer à une meilleure appropriation de l'effet de serre et de son augmentation pour expliquer le réchauffement climatique (Ekborg et Areskoug, 2006). Le programme de formation auprès d'étudiant.e.s, futur.e.s enseignant.e.s, expérimenté par Ekborg et Areskoug (2006) semble avoir eu quelques effets. Ce programme de formation a duré vingt semaines : cinq semaines ont été consacrées à une discipline différente (physique, chimie, biologie humaine et technologie), ce qui a permis de traiter l'effet de serre d'un point de vue de la physique. Par exemple, des calculs de la température de surface de la Terre ont été réalisés, des expériences sur l'absorption et l'émission de rayonnement infrarouge ont été montrées et des travaux pratiques sur la combustion et les transferts d'énergie ont été mis en œuvre : une majorité a appris à distinguer effet de serre et destruction de la couche d'ozone. Tous les étudiant.e.s, enseignant.e.s en formation, appréhendent l'effet de serre comme un phénomène naturel, indispensable à la vie sur Terre. Ils.elles sont également bien plus nombreux.ses entre le début et la fin du programme, à décrire l'effet de serre en ayant recours au phénomène d'absorption et d'émission du rayonnement par les gaz à effet de serre. Par contre, à la fin du

programme, aucun.e ne parvient à fournir une description complète de l'effet de serre révélant une compréhension intégrale du phénomène. L'approche conceptuelle mise en œuvre pour un tiers de cette formation est d'après les auteurs un facteur qui a contribué à l'amélioration de la compréhension de l'effet de serre. Mais quelques réserves sont mentionnées. Par exemple, il semble que les étudiant.e.s ont été environ deux fois plus performant.e.s à distinguer pour la Terre les rayonnements entrant et sortant, juste après la première unité par rapport à la deuxième effectuée. Les contenus d'un cours influencent à très court terme les réponses des sujets interrogés. Le modèle de pensée mis en œuvre par chaque étudiant.e interrogé.e pour expliquer l'effet de serre est plus complet après instruction hormis la quasi-totalité de l'échantillon de population interrogée. Néanmoins, malgré l'enseignement du bilan radiatif pour la Terre, aucun.e étudiant.e ne raisonne en ces termes pour expliquer l'effet de serre, même avec approche expérimentale.

Des enseignant.e.s en sciences auprès d'élèves de 14 à 16 ans ont été interrogés sur l'intérêt du thème du réchauffement climatique dans l'enseignement (Gayford, 2002). Ils.elles indiquent que le thème est intéressant pour réfléchir à la place de la science et aux relations entre connaissance scientifique et problème à caractère scientifique. Il permet une approche éducative au sens large, qui englobe plusieurs domaines d'étude et qui vise à faire évoluer les comportements. Le réchauffement climatique peut aussi avoir un rôle véhiculaire de connaissances scientifiques et contribuer au développement de la compréhension et de compétences. Ces enseignant.e.s formulent les proposent d'aborder en tant que fondements scientifiques du réchauffement climatique : la nature et la composition de l'atmosphère terrestre, les transferts d'énergie radiatifs, les propriétés des ondes, le cycle de l'eau, la croissance de la végétation et la photosynthèse. Des sujets indirectement liés au thème mettraient en jeu la pollution atmosphérique, la tectonique des plaques, les lois de comportement des gaz, les propriétés de la matière, la théorie cinétique et le système solaire. Gayford rappelle que plusieurs études des années 90 concluent qu'enseignant.e.s et jeune public aimeraient avoir davantage de connaissances sur le réchauffement climatique.

Effectivement, dans certaines études où est mise en évidence l'influence des médias sur les représentations du grand public à propos du changement climatique, les sujets interrogés indiquent que leurs connaissances avérées ont été construites lors de leurs parcours scolaire (Crowder, 2009). L'enseignement de l'effet de serre naturel et du réchauffement climatique devrait contribuer à faire évoluer les conceptions erronées des apprenants. L'école semble un lieu privilégié pour permettre l'instruction des faits scientifiques qui expliquent ces phénomènes. Même si Jeffries, Stanisstreet et Boyes (2001) ont mis en évidence dans une étude longitudinale sur dix ans que le nombre d'apprenants à expliquer correctement l'effet de serre naturel a diminué entre la fin et le début de leur cursus scientifique et même si Groves and Pugh (1999) concluent que l'instruction n'a pas beaucoup d'effet

sur l'amélioration des conceptions des apprenants concernant les causes du changement climatique, la littérature de revue fournit de nombreuses propositions de séquences d'enseignement-apprentissage spécifiques, centrées notamment sur l'explication de l'effet de serre et testées auprès d'élèves du secondaire et d'étudiants d'université.

En effet, la plupart des auteur.e.s cité.e.s dans les paragraphes précédents suggèrent de réfléchir à la mise en place de stratégies d'enseignement et de moyens éducatifs à partir des études menées sur les idées préconçues des apprenants et des enseignants (Francis et al., 1993 ; Khalid, 2003 ; Koulaidis et Christidou, 1999 ; Jeffries et al., 2001 ; Österlind, 2005 ; García-Rodeja Gayoso et Lima de Oliveira, 2012 ; Ratinen, 2013). L'argument principal est que le changement de comportements des élèves citoyens sera induit par un enseignement adapté, plutôt que par la seule médiatisation des problèmes environnementaux : l'approche de l'effet de serre d'un point de vue conceptuel et de l'activité scientifique est défendue par Ekborg et Areskoug (2006).

Annexes du chapitre III

Annexe du chapitre III.1.2 - description du projet à l'enseignant-complice par courriel

Monsieur ...,

Je vous remercie de m'avoir fait part de votre éventuelle participation à une expérimentation dans le cadre de ma thèse. Voici quelques détails pour mieux vous figurer de quoi il s'agit.

- Le projet repose sur l'idée d'une « recherche – action » c'est-à-dire une collaboration entre enseignants et chercheurs pour que théorie et pratique puissent contribuer à faire évoluer les méthodes d'enseignement et favoriser l'apprentissage.
- Ainsi le but est d'élaborer une séquence d'enseignement- apprentissage autour d'un fil rouge (le changement climatique et en particulier le rôle de l'effet de serre) conformément aux recommandations du programme de physique chimie de TS. La séquence intégrera l'anglais car l'objectif est d'étudier l'impact de la langue étrangère sur l'appropriation des savoirs disciplinaires par les élèves.
- L'idée est de faire en sorte que la séquence proposée puisse être testée auprès de vos élèves. Cela impliquera d'éventuels ajustements au fur et à mesure en fonction de ce qui aura eu lieu dans les classes.

Le travail collaboratif sera réparti sur deux années.

Pour cette année 2015-16 :

- il sera prévu que j'assiste à **quelques-unes de vos séances de DNL** (deux-trois si possible) pour mieux comprendre votre manière d'enseigner en classe et vous proposer par la suite une séquence proche de vos pratiques. Je prévois d'utiliser l'**outil vidéo** pour vous demander d'**commenter quelques extraits afin d'avoir votre point de vue sur la séance enregistrée.**
=>Les observations en classe puis notre entrevue (deux à trois heures) pourront avoir lieu entre janvier et avril 2016.
- je vous propose ensuite une ébauche de séquence d'enseignement-apprentissage et nous essayons de nous réunir pour voir dans quelle mesure elle serait testable en 2016-2017 auprès de vos élèves.

L'idée est de se **mettre d'accord sur une séquence commune, pratiquement « clé en main »**, qui vous donne envie de la réaliser en classe et qui permette d'étudier l'impact de l'anglais sur l'appropriation de certains concepts de physique au programme de TS.

=>La lecture de la proposition de séquence puis une concertation (deux demi-journées) auront lieu entre avril et juillet.

Pour 2016-2017 :

- la séquence **co-construite** est pensée pour être testée dans les classes avec l'idée de la réaliser en utilisant uniquement le français auprès d'un groupe d'élèves de TS (groupe témoin) et en utilisant le français et l'anglais auprès d'un autre groupe de TS.
- il est plutôt souhaité de réaliser la séquence auprès d'élèves qui ne sont pas en classe de DNL : par exemple, vous pouvez avoir une classe de TS à qui la séquence est faite en français et une autre classe de TS en accompagnement personnalisé où la séquence est réalisée avec les deux langues. Il faudra juste veiller à ce que l'enseignant de physique de ce groupe d'AP n'ait pas encore enseigné les concepts intégrés dans la séquence afin d'éviter les biais...
- => on peut prévoir une séquence sur 7/8 semaines (de vacances à vacances, au premier trimestre), soit 7/8 heures – à modifier éventuellement selon vos envies, disponibilités et conditions matérielles. Il est prévu de recueillir des données pendant ces séances (vidéos,

travaux d'élèves...) et d'autres réalisées hors temps de classe (devoir maison par exemple).
=> il faudra envisager, entre chaque séance, un temps d'échanges pour un bilan et un éventuel ajustement.

Cette recherche action est pensée pour être valorisée et diffusée auprès d'autres enseignants de DNL.

Elle demande, par sa nature-même, un investissement sans doute un peu plus important que d'habitude, dû à la nécessité de nous rencontrer à certains moments clés et d'avoir des échanges réguliers pour assurer un ajustement entre chaque séance mais elle a l'intérêt de pouvoir proposer une séquence pré-construite (et innovante, du moins je l'espère...) et de nous permettre de partager nos expériences, nos points de vue et de porter un nouveau regard sur l'enseignement de la physique en langue étrangère.

En espérant sincèrement que vous adhérerez à ce projet, je vous remercie de bien vouloir m'indiquer, à la lecture de ces informations plus détaillées, si vous seriez d'accord pour sa mise en œuvre.

Bien cordialement,
Noémie

Annexe du chapitre III.2.1a - énoncés des activités, séance DNL1

L'activité Comparing strong and weak acids présente:

- un texte d'environ quatre lignes qui explique ce qu'est un acide fort dans l'eau et un acide faible - l'acide fort (respectivement faible) se dissocie complètement (resp. partiellement) en ions hydrogène dans l'eau,
- un encadré « Method » composé d'une liste de matériel de chimie dont les produits chimiques à utiliser, suivie du protocole expérimental en six étapes numérotées et d'une règle de sécurité lié à la manipulation du ruban de magnésium,
- une partie « Results » avec trois questions numérotées

L'image suivante (sous copyright) en montre l'architecture.



L'activité sur le chou rouge « lab session » est composée de cinq parties sur trois pages (pages ci-après).

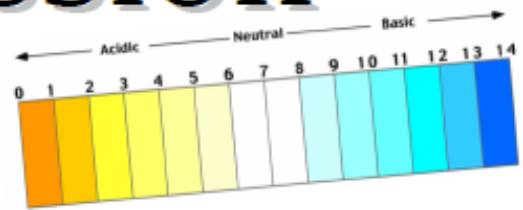
L'activité Naturally occurring acids (sous copyright) présente une phrase d'introduction qui explicite le titre, trois rubriques descriptives « Ethanoic acid », « Citric acid » et « Methanoic acid » et sept questions.



Lab Session

OBJECTIVE:

- Discover how we can measure pH with red cabbage.



I. Introduction



Red cabbage is vegetable full of dietary fiber and vitamins. We can eat it as salad or cooked. Red cabbage contains a pigment which can change color during cooking session...

Cooking red cabbage is surprising! When we cook it in water, the red cabbage juice becomes quickly blue. If we add a bit of vinegar or lemon, juice is pink and if we decide to pour some white wine, it's now purple. Then, if you drain the cabbage, the last color is surprising: pour the red cabbage juice in a sink which contained detergent, juice is now green...

➤ **How can we use red cabbage as a pH indicator?**

II. What is pH

Last week, we measured pH of some solutions :

Solution					
pH					
Solution					
pH					

1. What does pH tell us about a solution?

2. Why does the red cabbage juice color is changing in contact with water, vinegar, lemon, white wine or detergent?

3. Sometime, we call the red cabbage juice: "pH indicator". Explain why.

III. What is the red cabbage juice color at different pH.

Instruction:

- Measure with a measuring cylinder 20 mL of Britton-Robinson solution.
- Pour it in an erlenmeyer.
- Use a pipette to measure 4 mL of red cabbage juice.
- Add it the erlenmeyer.
- Test the pH of your solution with pH paper. Write the pH is the chart below (first square).
- Add sodium hydroxide solution in the erlenmeyer. First amount (colored in the chart).
- Test the pH of your solution with pH paper. Write the pH is the chart below. Write the color of your solution.
- Add sodium hydroxide solution in the erlenmeyer. Second amount (colored in the chart).
- Test the pH of your solution with pH paper. Write the pH is the chart below. Write the color of your solution.
- Go to the teacher desk and complete the chart on white board.

Volume of sodium hydroxide poured (mL)	0	2	3	5	6	7	8	9	10	Excess
pH										
Color of red cabbage juice										

➤ Complete the chart below:

pH zone					
Color of red cabbage juice					

4. Explain how to use red cabbage juice as pH indicator now.

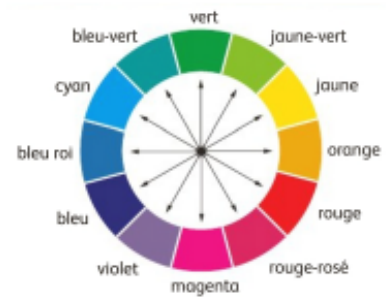
IV. Utilisation d'une solution de chou rouge en indicateur coloré acido-basique

On dispose de 5 solutions de la vie courante (voir tableau ci-dessous).

- Verser environ 5 mL de solution dans un tube à essais, et ajouter 20 gouttes de la solution de chou rouge.
- Compléter le tableau ci-dessous et indiquer la nature acido-basique des solutions proposées.

	Jus de citron	Vinaigre	Vin blanc	Eau du robinet	Eau savonneuse (détergent)
Teinte obtenue					
Zone de pH					
Nature acido-basique					

- Les résultats obtenus sont-ils conformes aux valeurs de pH données à l'introduction ?



V. Conclusion

- 1. Donner la couleur du jus de chou rouge lorsque $\text{pH} = 1$, $\text{pH} = 4$ et $\text{pH} = 8$.

$\text{pH} = 1$:

$\text{pH} = 4$:

$\text{pH} = 8$:

- 2. En déduire les radiations colorées absorbées à ces différentes valeurs de pH.

$\text{pH} = 1$:

$\text{pH} = 4$:

$\text{pH} = 8$:

Annexe du chapitre III.2.1b - séance de DNL1, classe de seconde, jeudi 28 janvier 2016, 12h35 - 13h30

Conventions de transcription :

- E et El sont les locuteurs : E est l'enseignant qui met en œuvre la séance et El représente un ou une élève. « E (autre) » signifie que c'est un.e autre élève que celui.celle qui a la réplique précédente.
- Les numéros de vidéos de type VX, le minutage font référence aux extraits de l'enregistrement vidéo de la séance et permettent un repérage dans le cas d'extrait cité dans le corps du texte de ce manuscrit.
- Pour les extraits retranscrits, les marques de transcription sont celles présentées dans Dister et Simon (2008) :
 - / pause brève
 - // pause longue
 - ? question de forme déclarative à contour intonatif montant
 - () commentaires para-verbaux » ()
 - (x) passage incompréhensible d'une syllabe
 - (xx) passage incompréhensible de plusieurs syllabes
 - (xxx) passage incompréhensible relativement long
 - |- début de chevauchement
 - | fin de chevauchement.

L'enregistrement vidéographique débute lorsque les élèves finissent de s'installer en classe. L'enseignant complice est face au groupe, adossé à la paillasse-bureau située devant le tableau blanc. Il mentionne la présence d'une caméra et d'une observatrice au fond de la classe puis il démarre le cours. Un tableau interactif relié à un ordinateur est présent à gauche du tableau blanc. Le film de la séance est découpé en sept vidéos (pour des raisons pratiques de taille des fichiers et de leur gestion).

Vidéo 1 (durée : 8 min 09)

V1 1'01 (12h39) - Début de la séance, **rappel de ce qui a été fait la semaine précédente** (activité expérimentale sur le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse de chou rouge : mesure de pH et identification de la couleur de la solution).



L'enseignant E s'adresse aux élèves : "OK take your note book". Il attend quelques secondes puis dit : "Hurry up please last time" et se dirige vers l'élève du deuxième rang : « c'est bon ». Il demande "What did you do last time ?". Il revient au centre de la classe devant la paillasse-bureau : "What's the topic ? The main topic ?".

Un élève au premier rang répond et l'enseignant répète plus fort "pH yes". Un autre dit "red cabbage" et l'enseignant répète également plus fort puis "red cabbage is chou rouge".

Il pose une première question :

- E: what is interesting with the red cabbage? // What did we saw / did we see? / what's going on with the red cabbage juice? // If I 've got some acid or
El: or a base
E: a base yes / what's going on with the color? //
El (autre): it's change
E: changing yes
El (autre): it can change its pH

E: yes we can use it as a color indicator because it will change with the pH / If it's acid what's gonna be the color of the red cabbage / acidic

EI: euh yellow

E: yellow ?

EI: euh non non pink

E: Pink and if it's / if there's a lot of base / it's gonna be?

EI (autre): green

E: green then / at the end very basic

E(autre): yellow

E: yellow ok

L'enseignant poursuit en anglais et rappelle les couleurs que prend la solution de chou rouge en fonction de l'acidité de la solution. Des élèves participent en s'appuyant sur les résultats expérimentaux de l'activité photocopiée : "yellow", "green"...

E: so that's we saw last week and we're gonna correct this thing we did two weeks ago about weak and strong acids

L'enseignant utilise l'énoncé photocopié d'un élève au premier rang pour montrer de quoi il s'agit.

V1 2'50 - Correction de l'activité expérimentale qui a été réalisée deux semaines auparavant : "Comparing strong and weak acids"



L'enseignant explique en anglais que l'activité va être corrigée et demande : "Who can explain what we did two weeks ago ?" Aucun.e élève ne répond, certain.e.s sortent la feuille d'activité. Cette phase de cours se déroule principalement par interaction entre l'enseignant et un.e élève qui participe (volontairement ou parce qu'interrogé.e).

E: It was with marble, remember

EI: We tested the pH of marble

V1 3'37 – L'enseignant prend le cahier de l'élève au premier rang pour le montrer à la classe : "We tested this thing".

V1 4'03 - Le cours est interrompu à cause de l'entrée de deux élèves puis de la sortie d'une élève pour des raisons personnelles (une personne extérieure à la classe récupère ses affaires).

V1 5'08 - Reprise du cours et relecture de la correction de la question 1 (tableau de comparaison déjà rempli) :

E: what's going on with ethanoic acid and magnesium? // what's going on when we add hydrochloric acid on magnesium?

Un élève répond (inaudible) puis l'enseignant rappelle en anglais le comportement des deux acides qui a été observé et interprété lors de la séance (par exemple : "Hydrochloric acid react a lot with magnesium.")

V1 5'37 - Correction de la question 2 suivant les mêmes modalités d'interaction entre l'enseignant et un.e élève. L'enseignant annonce la suite de la correction, s'interrompt pour demander à deux élèves de se taire ("Girls be quiet"...) et lit :

E: question two / Did you obtain the results that you expected? Explain your answer /

Un élève est interrogé et peine à répondre. L'enseignant reprend alors la parole :

E: which one is the strong acid? / which one is the weak acid? // which one of the two hydrochloric and ethanoic acid / which one is the strongest one?

EI: hydrochloric

E: hydrochloric yes / I'm gonna write that"

V1 7'55 - L'enseignant écrit au tableau blanc : "2. Hydrochloric acid is the strong acid".

Vidéo 2 (durée : 5 min 07)

La correction se poursuit, l'enseignant interroge un.e élève et écrit au tableau la réponse : "Ethanoic acid is the weak acid". Il demande à la classe des précisions sur l'acide éthanoïque :

E: where can we find ethanoic acid / at home // when you smell it how does it smell? / what is acid in your food?

Des élèves prononcent à la volée les mots "fish" ou "vinegar".

V2 1'31 – L'enseignant conclut : "So that is the molecule of the vinegar" ; "Vinegar" est écrit au tableau en dessous d'"ethanoic acid", avec une accolade.

V2 2' 08 (12h48) –

L'enseignant lit la question 3.

E: "so we compared two acids / but some variables change / we just compared // girls (il s'adresse à deux jeunes filles qui bavardent) / two acids / ok // one and two / I got one on magnesium / one on marble and we compared (il fait le geste avec un feutre rouge dans une main et bleu dans l'autre pour comparer) // what variable / what's the variable that makes something stronger // and the other weaker? // like the sirup // that's the word? // if I drink sirup like this (il mime) / it's gonna be strong

El (Une élève indique à voix haute en français) : « dilution »

L'enseignant poursuit (ce n'est pas la réponse attendue).

E: dilute yes / it's gonna be weak

El (autre élève): the density

E: not the other / the other one

El (le même élève): "concentration"

E: "concentration /ok? // if it's strongly concentrate or if it's not concentrate / if I'm taking ethanoic acid very concentrate / it's gonna be stronger than hydrochloric acid / not concentrate / one drop in one liter of water it's gonna be weak / ok? // so question three // who wants to write this to the board? / it's the magic board //

Un élève lève la main et va au tableau numérique interactif ; il choisit la couleur du feutre numérique et demande à l'enseignant ce qu'il doit écrire.

V2 4'30 - Celui-ci dicte :

E: so / one of the variable is the concentration of the solution

Vidéo 3 (durée : 5 min 03)



E: what do we have in the solution? / in French / who can explain to me? /

El: il y a une solution aqueuse

E: oui / solution aqueuse c'est quoi ?

El (autre): de l'eau

E: l'eau oui donc ça c'est le solvant / et on a dissous quoi dedans ?

El (plusieurs): soluté

E: le soluté / donc ici (il s'adresse à l'élève qui est au tableau) / concentration of the two acids needs to be the same

L'enseignant prononce bien la terminaison du verbe "needs" pour que l'élève se corrige.

E: who can explain to me in French / this? / and explain why we need to keep the same concentration? // in French easy /

EI: si c'est pas la même concentration, les résultats sont faussés.

E: voilà

V3 1'47 – L'enseignant s'adresse à la classe en anglais pour identifier d'autre variable. Sur la proposition d'une élève qui propose "quantity" et la participation d'un autre élève au tableau, l'enseignant dicte à cet élève qui écrit au tableau, d'une autre couleur : "We need the same amounts quantitie of acid".

V3 3'30 (12h55) – Les élèves prennent la correction. L'enseignant poursuit.

E: another variable? // so we fix the variable of acid, what is the other reactants? // what's a reactant?

EI (à mi-voix) : le réactif

E: le réactif // what's the other reactif? / We've got/

EI (une autre): marble

EI (une autre): water

E: not water, this one

EI (une autre): magnesium

E: yes magnesium / if we compare the two, what do we need to do? / it's not the concentration because it's solid // So we need the same

EI (un autre): quantity

E: yes same quantity / same surface // so write it on the board we need the same surface of the solids.

Vidéo 4 (durée : 3 min 36)

Un troisième élève écrit la dernière phrase dictée au tableau et l'enseignant ajoute : "You can precise marble and magnesium in brakets."

Des échanges informels ont lieu sur le nouveau manteau de l'enseignant qui exige de parler en anglais.

V4 1'15 – L'enseignant demande à la classe en anglais s'il y a des questions et relit la dernière phrase écrite au tableau.

E: what do we need to know after this? / experiment / we've got strong and weak acids ok? / so we have classified after the strongest and the weakest acids / ok? / the most dangerous and the less dangerous // some of them are not dangerous at all / like vinegar it's not very dangerous / yes?

EI: monsieur, ça veut dire quoi weak ?

E: weak ? / faible comme le maillon faible / the weak link

EI (autre, à mi-voix avec l'enseignant) : ben on avait ça à la télé

E: yes it's from England at the beginning / the English show

EI: Ah ok /

E (s'adresse à la classe, à voix-haute): ok / carry on with the red cabbage

V4 2'35 (12h58) – Correction de l'activité sur le chou rouge (red cabbage).

Les élèves cherchent leur feuille polycopiée. L'enseignant montre à la classe la feuille de l'activité d'un élève au premier rang. Il s'aperçoit qu'elle n'a pas été complétée et dit à voix haute en regardant l'élève EI avec le sourire puis en regardant la classe : "So EI did the very good job / It isn't filled anything at the front". Il s'adresse alors à deux autres élèves au fond de la classe : "Girls you are the best / I remember you filled up everything". Un élève prend la parole : "I am the best". L'enseignant répond "Show me" puis se dirige vers quelques élèves pour vérifier qu'ils sont prêts et vers l'ordinateur : "So we gonna correct this". Il pense à leur dire : "Next week don't forget your lab coat". Un élève sort sa blouse de son sac et la montre à l'enseignant. Une autre dit à voix haute « Ça sert à rien aujourd'hui ! » et l'enseignant intervient en souriant : "It's not useful today".

Vidéo 5 (durée : 8 min 38)

Des échanges informels ont lieu entre élèves, le temps que l'enseignant finisse ce qu'il est en train de faire sur l'ordinateur. Celui-ci revient auprès des élèves.

V5 0'43 (13h) - Les élèves ont sorti leur feuille.

E : Ok question / one // What does pH tell us about a solution?

EI (prend la parole): If it is basic or if it is acidic

E: If it's acid or // acidic sorry or /

EI: basic

E: or basic yes / so it tells us about the acidity of the solution / so question one / pH // you can correct /

L'enseignant se déplace vers les élèves des premiers rangs pour vérifier ce qu'ils.elles écrivent. Il reprend :

E : pH // tells us if it's acidic //

EI (E pointe sa main vers l'élève en face de lui) : or basic

EI (autre, assise à côté) : neutral

E (se déplace dans la classe) : pH tells it if it's acidic, neutral or basic

L'enseignant remarque qu'une élève n'orthographe pas correctement un mot sur sa feuille et va au tableau : "so they're the same words / easy". L'enseignant écrit "neutral" au tableau blanc. Il regarde l'écran d'ordinateur puis revient auprès des élèves : "Ok last question".

V5 2'05 – L'enseignant lit la question 2.

E: Why does the red cabbage juice color is changing in contact with water, vinegar, lemon, white wine or detergent? [Why is the color of red cabbage juice is changing...]

EI: because they don't have the same pH

E: yes / because / yes / so all those liquids have the same pH // And what's happen / happening with this red cabbage juice? / What's the property of this?

EI (autre, a levé la main): the juice of the red cabbage change of color

E: yes because we've got different solutions with different pH and/ the red cabbage juice is changing color regarding the pH // ok? // Who wants to write on the board?

L'enseignant désigne un élève qui se déplace vers le tableau interactif.

V5 3'40 – L'enseignant relit la question 2 :

E: the question was / why does the red cabbage juice color is changing in contact with water / vinegar / lemon /white wine or detergent?

L'élève ne répond pas spontanément, l'enseignant lui dicte la réponse :

E: because / first of all /because / so it's changing color / solutions do not have the save pH/ be quick

L'élève n'a pas encore écrit, il ne maîtrise pas très bien le tableau numérique. Quelques élèves chuchotent. Après quelques secondes l'élève écrit et énonce : "because". L'enseignant poursuit la dictée :

E: because the different solutions don't have the save pH / and finish the sentence by yourself // don't have the same pH and / pH with a little p / big H // what does it mean/ pH? // what does the p and the H?

EI (plusieurs en même temps) : paper / power hydrogen

E (avec un ton marquant l'étonnement) : paper ?

EI : non / power

E: power / power of hydrogen // I told you / hydrogen / H plus / it's the index of something acid

L'enseignant lit ce que l'élève a écrit au tableau et complète la phrase :

E: because the different solutions don't have the save pH and / red cabbage juice // color / is // what does it do / the red cabbage juice // the color?

EI (autre que EI au tableau) : it's changing

E: changing // or it's depending

L'élève au tableau complète la phrase.

E: depending / of[on] what?

EI (au tableau): of the pH

E: of the pH // ok question three //

V5 6'40 – L'enseignant lit la question, l'élève qui a corrigé la question deux termine d'écrire la correction au tableau :

E: sometime we call the red cabbage juice pH indicator / explain why / easy

EI (autre que EI au tableau): it changes of color

E: yes because it changes the color of pH and / with this color / because it changes the color of the pH and we can consider this color as the pH / so it indicates the pH // ok ? / so anyone wants to go to the board to write this?

L'élève qui était au tableau revient à sa place : la réponse écrite à la question deux est "because the different solutions don't have the save pH and red cabbage color is changing and depending of[on] the pH." L'enseignant se dirige vers le tableau interactif pour faire la correction de la dernière question : "I'm gonna be quick".

V5 7'20 (13h07) – L'enseignant écrit la correction de la question 3 en parlant à voix haute :

E: so what did I say? / it changes its color / it changes its color with the pH of the solution // it changes its color with the pH of the solution so we can translate this color as pH //

L'enseignant a fini d'écrire et s'adresse à la classe. Il est placé entre le tableau et la paillasse-bureau :

E: because we know when it's pink / it's one to three / when it's yellow it's gonna be fourteen / et cetera ok? // questions? // easy? // easy easy?

EI: easy easy

Vidéo 6 (durée : 13 min 49)

V6 0'00 (13h09) – Les élèves prennent quelques secondes pour terminer de prendre la correction et l'enseignant lit la question 4 :

E: question four / explain how to use red cabbage juice as pH indicator now / easy //

EI: perfect

E: perfect yes / so write down this question (il pointe du doigt le tableau numérique) / down the question three / so how to use it? / if I've got red cabbage juice / easy / to check the pH / what am I going to do? /

EI: take different solutions /

E: and (fait le geste avec les deux mains de mettre ensemble deux choses) //

EI (même élève): and fill up

E: yes / fill up / or drop some red cabbage juice inside of the solution

EI (autre): or flush?

E: flush / euh no / it's a flow of lots of things which are going quickly (fait le geste avec les deux bras de quelque chose qui arrive en grand quantité et le bruit d'un écoulement d'un grand débit)

EI: (xx)

E: do you want flush? / lots of red cabbage juice?

EI (autre) : ouais une grosse bouffe

E: question four / it's gonna be // how to use? / just brought some red cabbage juice / inside of the solutions and check the color /

V6 0'59 – Une élève est désignée pour aller corriger la question 4. L'enseignant utilise l'ordinateur pour faire défiler la feuille de correction affichée au tableau numérique et permettre à l'élève d'écrire. Il lui

montre rapidement comment utiliser les fonctions du tableau (sélection du stylo et de la couleur). L'élève prend le stylo. L'enseignant sort quelques secondes de la salle par la porte qui donne au laboratoire de physique-chimie. Des élèves parlent (commentaires inaudibles) et l'élève au tableau dit : « J'écris quoi ? ». Un élève lui dit de commencer mais elle répète : « Mais je ne sais pas quoi écrire ». Quelques échanges ont lieu en français entre l'élève au tableau et certains autres assis à leur place (propos inaudibles). L'enseignant revient avec des feuilles polycopiées qu'il va ensuite distribuer à chaque élève pendant la correction :

E: does anyone spoke French when I wasn't here? // I thought I was hearing some French

E1 (au tableau): et du coup j'écris quoi ?

E: the answer / just drop some // we just need to drop some red cabbage juice in a solution // we just need to drop //

E1: comme ça drop?

E: we just need to drop some

E1 (autre): drops

E (au fond de la classe): no drop / to drop / drop without the s / remove this s

Lorsque l'enseignant distribue une feuille polycopiée à une élève, celle-ci lui demande en anglais ce que signifie drop. L'enseignant lui répond (conversation peu audible). L'enseignant se tourne vers le tableau et lit ce qui est écrit ("we just need to draught") :

E: so listen to me / we just need to drop // drop with o like orange

L'élève au tableau rit, un autre lui dit : "it's really bad". L'enseignant se dirige vers le tableau.

E1: c'est o - a ?

E1 (un autre): c'est juste o

E (efface l'erreur et dit en anglais) : o p

E1 (écrit drops)

E: without the s // drop some red cabbage juice // red cabbage juice in the solution // and / what do we do after/

E1 (autre): check it

E: yes shake it / s h a k e/ shake it and what do we do?

E1 (reprend en prononçant mieux): check /

E: ah yes check / and shake it and check // what do we check?

E1 (plusieurs en même temps, inaudible) : (xx)

E: the color // and check the color // it's complicated

L'enseignant efface "shake it" et y substitue une virgule puis il reprend (l'élève termine d'écrire) :

E: to check the pH // ok? / any question? // no question? // thank you

L'élève au tableau retourne s'asseoir. La phrase écrite est : "We just need to drop the red cabbage juice in the solution, and check the color to find the pH".

V6 5'23 (13h14) – L'enseignant propose de poursuivre avec l'activité présentée sur la feuille polycopiée distribuée ("Naturally occurring acids")

E: so to finish this lesson / we're gonna do this / it's when the acid is finding in the food ok? // so I give you five minutes and we're gonna correct together / If you finish before the end you can leave before the end

E1 (plusieurs en même temps, commentaires confus) : oh mon dieu / (en anglais) impossible

E (se déplace vers l'élève qui a dit "impossible"): impossible is not French // French as French people // so we've got ethanoic acid // yes?

E1 (a levé la main) : ça veut dire quoi amount ?

E : amount c'est une quantité //

V6 6'20 – L'enseignant lit l'énoncé du polycopié.

E: so many food taste sour because they contain naturally occurring acids called carboxylic acids // what's sour? / taste sour / fourth word / many food taste sour

E1: saveur?

E: no it's like this (il montre l'image du paquet de chips sur l'énoncé) / when you read crisps with vinegar / vinegar crisps /

E1 (plusieurs) : amer / c'est amer non ?

E: and this (il montre l'image du pot avec l'étiquette beetroot) is like a / a kind of cornichon (il fait le geste de manger avec la main vers la bouche) / what do you say in French ? /

E1 (plusieurs en même temps) : manger / croquer

E: it's a word we know and we talked a lot with this word // acide / les anglais pour dire quand ça a un goût acide ils disent pas acid ils disent / ils réservent ça à la chimie / ils disent sour ok ? // donc many food taste sour because they contain naturally occurring acids called carboxylic acids / (s'adresse à un élève E) mister E/ read this/ I've got the feeling you wanna talk / talk loud /

E1 (interrogé, lit): This is the best-known carboxylic acid /

E: which one?

E1: euh salt and vinegar

E: no / the title ("Ethanoic acid" est le titre du paragraphe que l'élève vient de commencer à lire)

E1: Ah

E1 (autre): ethanoic acid

E: ethanoic acid / when do we find this?

E1 (plusieurs): in the vinegar

E: in the vinegar yes / carry on

E1 (poursuit la lecture): it is found in vinegar/ many types of vinegar are made by the oxidation of alcohol / white wine vinegar has more ethanoic acid than cider vinegar does / as white wine has more alcohol than cider / malt vinegar is made from malt that contains very little alcohol / cheap vinegar may also be made as a by-product of the chemical industry / vinegar is used as flavouring and also as a preservative

E: ok / any vocab question? // what's preservative?

E1 (autre que celui qui a lu): préservateur

E1 (autre): conservateur

E: oui / conservateur / préservatif en vinaigre euh non (des élèves rient)

E1 (celle qui a dit préservateur): j'invente des mots

E: vocab question? / malt? what's malt?

E1: where ?

E: it's the same word actually

E1: où ça?

E (en anglais puis en français): malt / du malt

E1 (échanges à voix basse, inaudibles)

E: comme du blé / une céréale / ok ?

E1: amount ?

E: amount ? / c'est quantité

E1: ah oui c'est vrai

V6 9'14 – L'enseignant poursuit en interrogeant un élève. Il est devant la paillasse-bureau.

E: if I take wine ok / it contains alcohol / if I leave the wine like this a long time opened / what's going on?

E1 (avec accent anglais): maceration

E: no it's not that / oxidation / with the oxygene of the air / girls (à deux élèves qui parlent entre elles) / and what's gonna be the wine? / if I leave it on the side? / and drink it's good / after weeks and weeks it's gonna be?

E1: better

E: better? / opened?

E1: ah opened / better if it's not opened

E: no not opened / so when it's opened and lots of oxygene going on?

El (autre): oxidation

E: yes oxidation makes it very sour / it's how we create vinegar / it's written on this (il montre l'énoncé) / and about the citric acid? / where do we find citric acid?

El (autre): in lemon

E: yes in lemon / citric is the same

El: je lis?

E: yes please

El (lit): citric acid / this is a much more complicated molecule than ethanoic acid / it is found in citrus fruits and is an essential part of many of the reactions that occur in our cells

E: vocab question?

El: cells?

E: cells c'est les cellules humaines / ou les cellules en règle générale mais là ce sont les cellules humaines // occur / what does it mean ? / occur (il prononce le u comme en français) // non / qui prennent place / ont lieu / ok ? // and the last one methanoic acid / we call it formic acid / where do we find them ? / formic ?

El (plusieurs proposent une réponse, inaudible)

E: formic? / in French? // Formic? / it's a little animal / insect

El: fourmi

E: fourmi / how do we say fourmi in English?

El: ant

E: ants / ant ok?

El: antman

E: yes antman /ok?

El (plusieurs en même temps) : ah oui / ah antman oui comme batman

E (lit): this used to be called formic acid / it is found in bee / ant and nettle stings / so please answer the questions

V6 11'33 (13h21) - L'enseignant passe dans les rangs. Un élève demande en français la signification de 'stings'. L'enseignant répond en français « piqure je pense, je vais vérifier ». Il va chercher son téléphone portable puis revient vers les élèves, devant la paillasse-bureau :

E: yes / stings is les piqures et nettle c'est les orties / les piqures d'ortie.

El : ah c'est horrible ça

El (autre) : faut mettre du vinaigre dessus // recette de mamie //

E: if you are bitten by a bee or a wasp (il fait le geste d'être piqué à l'avant-bras)/ what do you put on this?

El: vinegar?

E: not vinegar / gives you lots of acids /next the feeling bad felling // if you go in USA for example / they are not gonna give you anything / they're gonna give you something that we eat to put on this / if it's acid we're gonna neutralize [it] with what? / if the pH it's very low what should I add to (il fait le geste avec les deux mains, l'une plus haute que l'autre) // to make it neutral (il met les mains au même niveau)?

El: basic

E: yes basic / so we're gonna add baking soda / you know that? / we're gonna see that next week

Une élève au premier rang a posé la tête sur sa table ; l'enseignant intervient :

E (à l'élève): El, wake up / wake up

El (autre, chante): wake me up

E (à la classe): answer the question

Vidéo 7 (durée : 8 min 51)

Les élèves sont sensés répondre aux questions. L'enseignant circule parmi les élèves. Une élève l'appelle et demande en quelque chose en lien avec un prêt de matériel (mine de crayon) à un autre élève placé dans une autre rangée, qui finit par se déplacer (conversation peu audible). L'enseignant leur demande de parler en anglais puis invite l'élève à retourner à sa place. L'élève vérifie l'avancée du travail pour l'élève qui l'a appelé.

E: question 2a / by-product? / and by-product of the chemical industry? / (à l'ensemble des élèves) So what does it mean? // what's the difference between the vinegar from wine the vinegar from cider the vinegar from chemical industry?

El: y a plus d'acide

E: no

El (autre) : ils ont tous de l'alcool

E (il revient près de la paillasse-bureau): one is from a synthesis // one is because we just wait for this / it's creating by itself / and the other one we need chemical industry to make this / so it's the answer to this question

V7 1'40 - L'enseignant se dirige vers la paillasse-bureau pour regarder l'heure sur son téléphone puis circule parmi les élèves et se place devant les deux élèves qui ont déjà été reprises pour des bavardages et à qui il s'adresse :

E: you're very quick to answer to the question and very quick to speak together as well / (propos inaudible) / you talked a lot (échanges inaudibles) / look from cider /from wine / from chemical industry // what's the difference between malt cider wine / chemical industry? //

El : au niveau de l'alcool ?

E: no / those gonna made from wine cider and vinegar / and the other wine you just go in a lab you're making it / you're creating it // you're creating it in the lab / people create it in it / and wine and cider // make it by itself / so what is the main difference?

Les élèves ne parviennent pas à répondre. L'enseignant circule de nouveau parmi les élèves. Il s'adresse à un autre binôme :

E: so answer the question one / please / quickly / you can answer in the back

V7 3'44 - L'enseignant revient vers la paillasse-bureau, regarde l'heure et s'adresse à la classe tout en circulant de nouveau :

E: write down the answer / I think I'm gonna watch the first answer // (propos inaudible)

L'enseignant répond à la question de vocabulaire ('nettle stings') à laquelle il répond en traduisant par piqure d'ortie : "nettle ortie and stings piqures". Il ajoute : "the same for piqure de médecin"

V7 4'29 - L'enseignant circule parmi les élèves ; il s'adresse à l'un d'entre eux ("you're working?") puis s'assoit à côté de l'élève (celle qui avait la tête sur la table précédemment au cours de la séance), seule à une table. Il lit la première question puis la traduit en français. Puis il retourne vers le binôme des jeunes filles qui ne parvenaient pas à répondre à la première question. L'une demande ce que veut dire la question. L'enseignant répond :

E: qu'est-ce que ça veut dire ? // quelle est la différence entre le vinaigre qui est produit du vin et du cidre / et tous ces composés / par rapport au vinaigre qui est produit / qui est créé en laboratoire ? / la différence entre les deux molécules c'est quoi ?

El : c'est écologique

E: non pensez pas à ça / y en a un qui vient de // (il montre l'arbre qu'on aperçoit par la fenêtre) des feuilles / du raisin

El: de la nature

E: voilà // just have to think/ write it down

V7 5'57 L'enseignant se déplace vers la paillasse-bureau. Une élève lève la main pour demander une précision pour la question 4 sur "alkaline".

E: yes question 4? alkaline / what's alkaline? / the other word is

E1 (plusieurs à la fois): alcalin / alkaline

E: yes it's the other word for basic // ok so alkaline substances is basic substances ok / so why do we use basic substances? it's what I said because / something acid / il faut / wanna control it neutralise it / we add some basic thing (il fait le geste des deux mains qui s'équilibrent à la même hauteur) / some alkaline thing

E1: itching c'est le dard?

E: where?

E1: euh in the same question / four / itching of bee

E: yeah /

E1: le dard?

E: yes

V7 6'56 – L'enseignant met fin au cours et donne les devoirs à faire.

E: Take your diary // For next week / bring up your lab coat / and answer question one / two

B / two A two B // any question? // Bye // enjoy your meal

Les élèves sortent et saluent l'enseignant (bye)

Annexe du chapitre III.2.1c - entretien d'auto-confrontation (séance DNL1)

Conventions de transcription :

- N et E sont les deux locuteurs : N est l'autrice de ce manuscrit, mène l'entretien et fait visionner les extraits de l'enregistrement vidéo de la séance observée, E est l'enseignant complice.
- Les numéros de ligne, le minutage et la référence de l'extrait de l'entretien d'auto-confrontation (AC1-X) servent au repérage dans le cas d'extrait cité dans le corps de texte du manuscrit.
- Les marques de transcription sont celles présentées dans Dister et Simon (2008) :
 - / pause brève
 - // pause longue
 - ? question de forme déclarative à contour intonatif montant
 - () commentaires para-verbaux »
 - (x) passage incompréhensible d'une syllabe
 - (xx) passage incompréhensible de plusieurs syllabes
 - (xxx) passage incompréhensible relativement long
 - | - début de chevauchement
 - | fin de chevauchement.

1	0'23 (AC1-0 : présentation du principe de l'entretien d'auto-confrontation et découverte par l'enseignant de la vidéo/confrontation à son image)
2	N : tu vois là sur le cours il y a
3	E : tu as coupé des séquences
4	N : oui il y a un deux trois quatre cinq six sept vidéos / dans chaque vidéo j'ai j'ai repéré des extraits qui durent de deux à trois minutes / donc le but c'est que je te laisse visionner les extraits // et dès que tu as envie de prendre la parole pour commenter ce que tu fais pour le décrire pour m'apporter des précisions / Ben tu le fais et si j'ai besoin d'avoir des précisions et que de ton propre chef tu ne le fais pas je te demanderai quoi
5	E : d'accord
6	N : le but ce n'est pas trop d'analyser c'est plus d'essayer de / ouais d'expliquer ce que tu fais d'essayer de me dire ce que tu cherches à faire avec les élèves quelles étaient des intentions ou éventuellement ce que tu as ressenti euh / euh à tel moment / si tu / par rapport à ce que tu prévoyais ce n'était pas ce que tu voulais
7	E : d'accord
8	N : tu peux expliquer pourquoi / C'est plus du commentaire que vraiment de l'analyse / Et en fait le but c'est que moi je me rende un peu mieux compte euh de ce que j'ai vu / que je ne sois pas trop dans l'interprétation personnelle mais que du coup j'ai des faits objectifs pour ensuite analyser
9	E : bon ben je vais essayer mais c'est un peu à l'instinct tu sais
10	N : oui oui c'est tout à fait à l'instinct / Alors le premier est à une minute un // tu t'es déjà vu en classe filmé ?
11	E : non j'aime pas trop on va dire (rire)
12	N : bah tu vas être habitué du coup / alors je vais laisser quelques secondes dérouler comme ça on va voir si le son fonctionne aussi
13	E : ça va tu arrivais à voir à peu près
14	N : oui le champ de la caméra c'était bon // tu entends bien là
15	E : oui //

1	2'15 (AC1-1 : visionnage des premières secondes d'enregistrement avec l'entrée des élèves et le début du cours pour savoir comment l'enseignant décrit sa pratique et ses intentions pour cette phase de « rappel ») Que fais-tu là ? Quelles sont tes intentions ?
2	E : je parle fort (rire) les élèves me le disent
3	N : ben c'est bien au moins ils t'entendent
4	E : oui surtout ceux qui sont au premier rang (rire) // Donc ils se sont tous retournés donc ils sont filmés de face (rire) // c'est le bruit de ton portable ?
5	N : non j'ai tiré la table
6	E : l'accent ça va / tu n'as pas trouvé que c'était trop
7	N : non je comprends / les élèves aussi non ?
8	E : oui (rire)
9	N : de toute façon moi je ne suis pas vraiment bilingue / à l'aise en anglais
10	E : ok
11	N : alors du coup je vais me positionner à une minute une jusqu'à trois minutes cinquante-neuf // et donc soit tu arrêtes sinon tu prends la parole spontanément
12	E : ok
13	3'22 (suite de la visualisation du premier extrait)
14	E : Donc là je lançais euh / je leur demande ce qu'on a fait la dernière fois comme je les vois qu'une seule fois par semaine / et le temps qu'ils s'installent pour leur remettre les idées au clair sur ce qu'on a fait / savoir quel était le sujet euh parce que souvent ils oublient d'une semaine sur l'autre / et encore là c'est des bons élèves / mais je fais ça souvent / au collège aussi je le fais pour les mettre un peu tu vois lui il n'est pas prêt elle enlève encore son manteau / donc ça permet de meubler le temps un peu / que tout le monde s'installe / de remettre les idées
15	N : ok //
16	E : Donc là je pose des questions simples / c'est sur les couleurs pour qu'ils s'habituent à prendre la parole / là tout le monde était capable de répondre parce qu'ils avaient tous marqué les couleurs sur leur / leur grille et c'est assez facile de répondre un peu à ce genre de questions un peu collège quoi / pour que / pour instaurer la prise de parole c'est plus simple c'est des questions hyper simples / et c'est aussi pour ça que / ils savent de quoi on parle normalement
17	N : et c'est toujours les mêmes élèves qui participent ou euh
18	E : non ça tourne un peu / les deux premiers là normalement ils ne participent pas beaucoup
19	N : d'accord
20	E : après euh il y en a qui participent souvent mais là les deux du premier rang normalement ne participent quasiment pas / ils ne sont pas à l'aise en anglais / mais là je ne sais pas / ils étaient en forme (rire)
21	6'10 (suite de la visualisation du premier extrait)
22	E : donc là je leur montre la feuille pour qui
23	N : ça c'est la feuille ?
24	E : la feuille d'il y a deux semaines enfin deux trois semaines même / du coup je leur montre / pour qu'ils la reconnaissent dans leur cahier / comme je fais surtout les activités dans le cahier / enfin je ne fais pas vraiment de cours /
25	N : c'est un cahier où ils collent les feuilles ?
26	E : oui / ou ils ont un trieur je n'impose rien moi
27	N : d'accord
28	E : y en a pour qui c'est des trieurs d'autres pour qui c'est des cahiers / donc je leur montre la feuille pour qu'il la retrouve facilement
29	7'06 (suite de la visualisation du premier extrait)

30	E : Là les deux elles sont très fortes mais elles ne participent quasiment pas tu vois
31	N : Les deux élèves du fond
32	E : ouais je pense qu'elles sont contentes de se retrouver mais quand il y a des trucs à faire à l'écrit tu vois à la fin on a terminé l'activité elles avaient déjà fini
33	N : donc elles sont fortes en anglais et en physique aussi
34	E : oui peut-être pas à l'oral mais oui je pense qu'elles sont à l'aise en anglais et en physique mais elles sont plutôt bavardes
35	N : oui ça va peut-être pas assez vite ou si
36	E : ouais je ne sais pas si elles sont dans la même classe en temps normal il faut que je me renseigne / parfois ce qui arrive c'est qu'ils se connaissent d'avance / et ils se retrouvent qu' en section euro
37	N : ok / est-ce que tu as d'autres choses à dire par rapport à cet extrait ?
38	E : non
39	N : donc là par rapport aux intentions c'est une mise en situation / un rappel ?
40	E : recontextualiser ce qu'on fait que chacun se souvienne de ce qu'on a fait et pour les absents / je crois qu'il y avait un absent / non là il n'y avait pas d'absent sur les séances dont on parlait mais parfois ça arrive / je redonne une feuille et ça permet d'intégrer un peu
41	N : donc tout le monde avait fait l'activité là
42	E : oui
1	9'04 (AC1-2 : visionnage de l'extrait 2 ; V2 - 2'13 à 5'03 ; lecture des questions par l'enseignant, correction collective) Que fais-tu ? Qu'attends-tu des élèves ?
2	N : donc on va voir la deuxième vidéo de deux minutes treize jusqu'à cinq minutes trois/ donc là je te passe rapidement pour que tu vois la continuité de la leçon //
3	E : là tu vois ces deux-là ne se connaissent pas normalement / ils ne se connaissent que de la section euro / c'est pour ça que je te dis qu'il y a plusieurs classes et qu'ils commencent à créer des liens un peu / ou ils commencent à se parler un peu plus parce qu'en seconde ce n'est pas évident
4	N : ils apprennent à se connaître
5	E : c'est pour ça que je vais les avoir jusqu'en terminale et petit à petit ils vont se connaître de plus en plus
6	N : là qu'est-ce que tu fais en fait ? Miss X [nom d'une personne] c'est le nom de la jeune fille ?
7	E : non c'est la / la prof / en fait je sais que la prof a fait la concentration moi je ne le l'ai pas fait en classe et je voulais leur faire/ dire que ça dépendait de la concentration des deux acides/ fallait pas / fallait pas qu'il soit dilué / quelles sont les variables qui sont fixées / pour ne pas changer plusieurs variables à la fois/ parce que ça peut-être ça aurait pu être l'acide chlorhydrique qui était concentré l'acide éthanoïque qui aurait été très dilué et là du coup je savais que [E nomme une collègue] venait de faire ça en classe/ euh en tronc commun/ c'est pour ça que je disais les élèves de [E nomme une collègue] savent / c'est pour ça qu'elle a levé la tête/ et a dit de quoi/ elle sait que je parlais d'elle /
8	N : d'accord / et là quels sont les élèves qui ont eu [nom de la collègue]
9	E : euh elle, les deux garçons au premier rang, elle il me semble
10	N : donc certains
11	E : euh oui plus de la moitié peut être
12	N : une bonne partie
13	E : (14'39) et là ils attendent que je dicte / ils aiment pas écrire par eux-mêmes /ils ont pris l'habitude que je les aide à écrire / donc ça faut que je travaille pour que ce soit eux qui fassent leur / quand ils ont préparé vraiment à la maison et qu'ils ont bon ils vont écrire leur phrase

	avec leur cahier / mais ils aiment pas sinon euh / tu vois là ils ne sont pas forcément à l'aise pour écrire euh / pour écrire euh / créer une phrase au tableau en direct /
14	N : donc ils sont habitués à aller au tableau pour écrire la réponse
15	E : ouais
16	N : à la question de l'activité
17	E : s'ils ont leur cahier avec eux / mais comme c'est en anglais je pense qu'ils ne sont pas très à l'aise pour créer leur propre phrase/ et ils ont peur de faire des fautes / et c'est aussi parce qu'ils ne se connaissent pas tous je pense
18	N : donc ils attendent absolument à chaque fois quelques
19	E : ben je les aide tu vois / et ils le font / on le fait ensemble
20	15'15 (sur la vidéo, un élève va au tableau)
21	E : il est content de venir au tableau mais il est pas à l'aise / là je parlais du tableau parce qu'il parlait en anglais donc du coup / du moment qu'ils parlent en anglais on peut parler d'autre chose / enfin tu sais / ça ne me gêne pas de parler un autre sujet / là je lui demande les avantages du tableau en anglais/ donc euh je parle en anglais comme ça on a une petite discussion en anglais ça //
22	N : c'est les élèves qui sont à côté de toi qui posent la question
23	E: ouais ils disaient qu'il me demandait quel était l'intérêt
24	N : ouais ça tu vois par exemple je ne pouvais savoir ce qui se passait
25	E : donc du coup on parle du tableau parce que c'est en anglais et puis du moment qu'on parle en anglais ça / c'est le but de la section euro aussi c'est de participer en anglais // donc là il est un peu perturbé parce qu'il attend sa réponse à copier / je lui parle du tableau [E rit] //
26	N : c'est pour ça qu'il attend et qu'il se retourne d'accord//
27	N : après c'était le deuxième extrait / donc l'élève était volontaire pour aller au tableau ?
28	E : oui là il a levé la main /
29	N : donc il est assez à l'aise en anglais ?
30	E : ben pas forcément / ils savent qu'en allant au tableau ils ne vont pas se trouver tous seuls bloqués / faut pas que ce soit gênant comme ils sont volontaires pour y aller
31	N : et après ils ont le temps de recopier la phrase qu'ils ont écrite au tableau ?
32	E : oui ça reste au tableau // comme il y a beaucoup de dialogue et d'interaction il a le temps de recopier sa phrase
1	17'30 (AC1-3 : visionnage extrait 3 : V3 - 0'00 à 2'10 ; utilisation du français autour de la notion de solution, interaction prof-élève dans la classe et prof-élève au tableau) Que fais-tu là ? A quoi fais-tu attention ?
2	N : Alors l'extrait numéro trois il commence tout de suite à la vidéo trois [visionnage de l'extrait 3]
3	E : donc ça c'est des choses que les miens n'ont pas vu par exemple/ c'est pour ça que je passe en français parce que / moi je n'ai pas fait la solution encore / ils ne savent pas ce que c'est qu'un soluté / enfin ils l'ont vu normalement au collège c'est au collège ?
4	N : oui je pense que c'est vu en cinquième
5	E : enfin ce ne sont pas des notions / donc c'est pour ça que je demande en français à ceux qui savent / pour remettre un peu / pour que tout le monde sache de quoi on parle / et puis en plus ils ne connaissent pas le vocabulaire de soluté solvant / même si c'est les mêmes mots
6	N : ceux qui l'ont donné sont ceux qui l'ont vu avec leur prof de physique en tronc commun ?
7	E : ouais
8	N : Et ça t'étais déjà au courant ça veut dire que tu t'étais

9	E : oui je me renseigne un peu de savoir / je sais que les miens ne l'ont pas fait / enfin ceux que j'ai / oui je me renseigne avec [E nomme la collègue] / je lui demande où à peu près où est-ce qu'elle en est / je lui demande si elle a fait la mole <i>et cetera</i> pour qu'on puisse / et tu vois / pour que beaucoup plus de monde participe quand c'est en français / ça prend plus la parole [commentaires de l'enseignant sur les bavardages de deux élèves qu'il justifie par leur très bon niveau en physique-chimie et en anglais]
10	N : (20'08) il se retourne pourquoi là
11	L : parce qu'il est/ il est perdu / il voit que je parle en français / il se retourne pour savoir : il ne comprend pas ce qui se passe / il est concentré sur son écriture et du coup ça je demande aussi en français parce que c'est la notion c'est pareil qui n'est pas / la concentration / donc quand c'est quelque chose de compliqué euh je demande à un élève de traduire ou d'expliquer en français ou d'expliquer aux autres / quand c'est quelque chose qui n'est pas / dont ils n'ont pas l'habitude
12	N : et là l'élève qui a participé c'est une élève de [autre enseignant.e du lycée] aussi
13	L : oui je pense
14	N : et là tu es intervenu au tableau et as parlé avec l'élève
15	E : oui je lui montrais comment utiliser la gomme tu tableau numérique parce que lui expliquer en anglais c'est trop compliqué pour lui
16	N : d'accord // ok donc là c'était l'élève qui écrivait au tableau / est-ce que tu as d'autre chose à rajouter ou pas ?
17	E : non
18	N : donc on passe à l'extrait numéro quatre //
1	22'25 (AC1-4 : visionnage extrait 4 : V4 - 1'14 à 2'43 ; relecture par l'enseignant de la dernière phrase écrit au tableau pour l'activité sur les acides forts et faibles, espace de parole offert aux élèves avant de passer à la correction de l'activité sur le chou rouge) Que fais-tu à ce moment-là ?
2	E : donc là je fais un récapitulatif de la correction
3	N : donc là c'était la question trois toujours ?
4	E : ouais et je pense que là je récapitule ce qu'il vient d'écrire il me semble // là je corrige deux trois petites fautes d'orthographe
5	N : donc quand tu dictes ils écrivent comme ils pensent / et après
6	E : ou pendant / si je les vois pendant / je lui dis de corriger les fautes /
7	N : d'accord
8	E : et après je relis quand même pour voir si ou s'il y a des lettres mal formées / euh pour que ce soit clair pour tout le monde / pour que tout le monde ait euh la bonne phrase euh / et en plus avec le TBI s'ils n'appuient pas assez c'est
9	N : ça écrit mal
10	E : ouais ils ne sont pas forcément habitués en plus cette classe là
11	23'28 (visionnage de la suite de l'extrait 4)
12	E : donc là c'est surtout ce qui se fait en Angleterre à la fin / on fait euh qu'est-ce qui qu'on doit savoir à l'issue de cette activité / on fait un récapitulatif de ce qu'on a appris dans l'activité
13	N : d'accord
14	E : et ce qui se fait aussi en Angleterre et que je fais parfois mais j'ai pas fait là / c'est les learning objectives tu mets au départ/ en fait en Angleterre sur le tableau tu as deux fiches c'est les LOLOS / alors il y a learning objectives et // les objectifs et en gros ce que tu dois savoir avant la fin de l'heure / ça veut dire qu'il y a une différence entre les deux / et tu dois l'indiquer à chaque début d'heure en fait / pendant l'heure les objectifs c'est ça ça ça et à la fin de l'heure je dois savoir ça ça ça // donc ça normalement j'essaie de le faire mais là je n'y avais

	pas pensé et je fais un récapitulatif / par exemple à la fin de l'heure comme on a fait une activité je demande qu'est-ce qu'on a appris?
15	N : et tu t'appuies sur l'objectif de l'activité ? / parce qu'il me semble que sur leur feuille les élèves les ont au début/
16	E : oui mais sur les feuilles anglais aussi ?
17	N : euh non sur les feuilles anglaises ils n'y sont pas
18	E : oui c'est ça non c'est sur les TP et les énoncés que je fais moi-même /en français aussi je mets les objectifs de la séance /
19	N : d'accord et là quand tu fais le récapitulatif tu attends quelque chose?
20	E : euh je sais plus là // [E visionne de nouveau l'extrait quelques secondes] oui donc là en fait je fais le résumé moi-même et s'ils ont des questions / je pense que je termine par est-ce qu'il y a des questions ? // [E poursuit le visionnage] donc là j'ai fait le lieu avec le jeu du maillon faible en Angleterre mais il ne connaissait pas weak link (rire) donc après ça dérive un peu / donc je passe à l'autre activité / je leur remonte encore la feuille qu'ils ont dans leur cahier /
1	26'26 (AC1-5 : visionnage extrait 5 ; V5 - 6'36 à 8'28 ; fin de correction de la question 2 sur le chou rouge par l'élève au tableau et correction par l'enseignant de la troisième et dernière question) Que fais-tu là ? Qu'attends-tu des élèves ?
2	N : Donc ça c'est l'autre activité / je te montre quelques images pour que tu repères [quelques arrêts sur image du début de la vidéo 5 puis visionnage de l'extrait 5]
3	E : là je reprends les questions // et là avec l'ordi je profite d'avoir le TBI je peux enregistrer ce qui a été écrit
4	N : ok
5	E : voilà là c'est moi qui écris parce que ça traîne un peu trop et je veux gagner du temps
6	N : donc c'est toi qui donnes la réponse ? [question sur l'indicateur de pH]
7	E : non non un élève propose et c'est moi qui écris pour éviter les aller-retours et aller plus vite
8	N : pour éviter qu'un élève aille au tableau ?
9	E : c'est ça pour donner plus de rythme parce que je commençais c'était un peu / et puis faire une heure de correction c'est euh / et puis il y avait plein de trucs à corriger et j'avais pris pas mal de retard dans les corrections / la séance d'avant j'avais les espagnols qui venaient et la séance de TP devaient durer une heure donc je n'avais pas le temps de corriger //
10	28'32 (suite du visionnage : fin de l'extrait 5)
11	N : donc là c'est la fin de la vidéo / donc là tu as corrigé toute l'activité ou euh il restait encore des questions ?
12	E : je pense que c'est la fin
13	N : c'est les changements de couleur là avec le pH
14	E : ouais voilà / comment utiliser le jus du chou rouge en indicateur de pH ? / d'ailleurs dans ce que j'ai envoyé il y avait une partie en français à la fin
15	N : oui j'ai vu
16	E : en fait c'est que j'ai reconverti un tp de première L-ES que j'avais converti en anglais / un tp qui traînait et il y avait la fin en français /
17	N : et tu l'as laissé volontairement ?
18	E : euh non je ne l'ai pas donné aux élèves en fait mais je l'ai laissé à la fin de la feuille français et je me suis dit que je leur donnerai peut-être un jour ou l'autre alors je l'ai laissé en français / et je me suis dit que la traduirais si besoin
19	N : oui donc ils ont eu que l'activité

20	E : recto-verso
21	N : oui avec le tableau en anglais où ils doivent mettre les résultats en fonction de la solution et de sa couleur//et là tu t'attends à ce que les élèves fassent quelque chose de particulier ou juste la correction ?
22	E: bah normalement ils l'avaient fait / ils devaient finir le tableau à la maison / c'était préparé / parce qu'on avait fait les manip en classe / c'est pour ça que je suis allé un peu vite/ les questions de ressemblent / faut dire pourquoi on a un indicateur coloré et ensuite il faut utiliser le jus de chou rouge comme indicateur coloré / la méthode / donc c'est juste mettre quelques gouttes de jus / y a quelqu'un qui avait proposé je me rappelle de mettre la solution de jus de chou rouge/ et après je leur avais dit de faire l'inverse
23	N : d'accord c'est par rapport au protocole en fait ?
24	E : voilà
1	31'25 (AC1-6 : visionnage extrait 6 ; V6 - 5'40 à 8'28 ; début de l'activité "Naturally occurring acids", lecture de l'énoncé par l'enseignant et place aux « vocab questions ») Que fais-tu là ?
2	E : donc là je leur rappelle que le tableau avait été fait par tout le monde / tout le monde avait bon / j'avais vérifié en TP
3	N : ok j'avance un peu
4	E : là je leur dis que ceux qui terminent en avance pourront aller manger plus tôt / y en a qui aiment bien la compétition et finir les premiers // là on fait les vocab questions parce que c'est une nouvelle activité / c'est s'il y a des mots de vocabulaire qui les gênent / là ils ont le droit de poser autant de questions qu'ils veulent / de vocabulaire
5	N : oui donc là ils lisent le nouveau poly / ils lèvent la main /
6	E : oui ils lisent / enfin je sais plus oui / soit ils lisent tout seuls soit je fais lire un élève / j'ai fait lire un élève il me semble / et à la fin de chaque paragraphe / ils lèvent la main pour savoir / on voit quels sont les mots // en principe / au collège je les écris au tableau / mais là je ne les écris pas / je ne sais pas s'il faudrait faire une liste de vocabulaire
7	N : tu appelles ça vocab?
8	E: oui vocab question comme vocabulary // [suite du visionnage] les élèves ne connaissaient pas le mot acide pour les aliments c'était "sour" dans l'activité / j'essaie de leur faire découvrir en leur posant des questions / je leur dis pas / je sais que c'est un mot de la vocab question / je ne veux pas qu'ils posent des questions pour leur donner tout de suite la réponse / mais parfois aussi c'est pareil le vocabulaire / je leur parle pour qu'ils essaient de trouver le mot par eux-mêmes / je n'aime pas leur donner / là "amount" j'ai donné parce qu'on en avait parlé avant // [suite du visionnage]
9	N : là tu interrogés l'élève ? (35'17)
10	E : oui je l'interroge avec l'accent anglais pour l'appeler parce qu'il bavardait et ça commençait à m'agacer / donc je l'ai interrogé [commentaires de l'enseignant sur les bavardages]
11	N : et tu as quand même dû / euh il y a un moment où tu as parlé en français avant
12	E : oui pour l'histoire de l'acide / parce que je sais qu'ils n'allaient pas comprendre /enfin je leur ai expliqué en anglais / et je leur ai dit qu'en Angleterre enfin qu'en anglais il y avait deux mots pour dire acide
13	N : pour être sûr qu'ils comprennent
14	E: oui parce que c'est un mot en plus clé je crois dans l'activité / autant s'il y a des mots // euh qui ne sont pas trop/ qui ne comprennent / qui / enfin qui n'empêchent pas la compréhension de l'activité j'insiste pas vraiment / les mots clés comme ça je voudrais qu'ils sachent // parce que comme weak je n'avais pas trop précisé au départ / mais un moment dans l'activité il y a une élève qui m'a demandé ça veut dire quoi weak et du coup
15	N : oui donc là c'était gênant

16	E : oui / donc weak j'aurais dû / à refaire / je réexpliquerai / je reposerai la question avant l'activité
17	N : en français ou en anglais ?
18	E : ben en anglais je pense que je redemanderai aux autres et puis je demanderai ensuite en français //
19	N : là la deuxième question de vocabulaire (37'09) c'est toi qui la poses ou c'est quelqu'un ?
20	E : non là c'est une élève qui lève la main / pour "malt" ils pensent en fait à Malte / l'île de Malte et pas au malt // donc là comment expliquer le malt déjà en français ? / je suis pas très à l'aise alors j'explique en français parce que je me dit qu'en anglais ils vont rien comprendre / là le malt
21	N : oui c'est pas évident
22	E : en plus c'est un mot transparent donc euh / finalement c'est pas l'anglais qui pose problème parce qu'ils ne connaissent pas le mot en français non plus //
23	39'37 (suite du visionnage de l'extrait 6 : V6 - 9'14 à 10'12)
24	N : là ce mot de vocabulaire (cells) c'est toi qui le
25	E : oui parce que j'étais sûr que ça posait problème et personne n'a posé la question / je pense qu'ils avaient du mal / c'est pas évident à prononcer / là on sent qu'ils sont fatigués c'est la cinquième heure de la journée et puis la séance n'est pas palpitante ce n'est que de la correction
26	N : oui c'est vrai
27	E : là pour "antman", l'élève était content de connaître // pour "nettle" je ne connaissais pas / je ne savais pas que ça voulait dire ortie alors quand un élève m'a posé la question je suis allé vérifier / j'ai mon téléphone / c'est pas bien / mais sur mon téléphone j'ai l'application wordreference c'est plus simple pour aller vérifier
28	N : et cette application tu ne l'as pas sur l'ordi?
29	E : euh non / ça va plus vite / et puis ils sont habitués à ce que j'ai le téléphone / je m'en sers pour d'autres choses / chronométrer des choses comme ça
30	N : ok donc là par rapport à cet extrait / il y a de la lecture de l'énoncé / ensuite des questions de vocabulaire
31	E : on lit l'énoncé tous ensemble /alors euh / euh c'est surtout pour le vocabulaire / sinon ça peut être aussi pour qu'ils lisent / ça c'est plutôt dans le tronc commun / sinon ils préfèrent discuter mais bon enfin là c'est des bons élèves / donc souvent quand ils lisent c'est pour que tout le monde écoute et ait entendu le texte / mais là c'est plutôt pour le vocabulaire et //
32	N : ok // et puis après c'est la dernière vidéo
1	(AC1-7 : visionnage de l'extrait 7 ; V7 à partir de 2'23 ; les élèves répondent aux questions à l'écrit de l'activité sur les acides présents dans l'alimentation) Que fais-tu là ? Qu'attends-tu des élèves ?
2	E: donc là je passe dans les rangs pour voir ceux qui sont en difficulté ou ceux qui patientent // là la question était justement quelle est la différence entre euh // les alcools ou euh nan les / les acides en fin je sais plus mais ceux qui sont des produits naturels de l'oxydation comme le vinaigre et ceux qui sont créés par l'industrie / l'acide éthanoïque créé par l'industrie / et elles n'avaient pas compris la différence mais elles l'avaient vite fait pour terminer plus tôt et quand j'ai vérifié il y avait une question qu'elles n'avaient pas faite / c'est pour ça que j'ai insisté // oui voilà il fallait faire la différence entre synthèse et réaction chimique naturelle // donc là elles étaient aussi hyper en avance / aussi elles étaient trop // je voulais qu'elles réfléchissent c'est pour ça que je les aides mais je les aide sans trop les aiguiller c'est pour ça je leur donne les grandes lignes // donc là elle était complètement endormie / d'habitude c'est pas le genre / elle vient d'Afrique et ils l'ont mis en Anglais parce qu'elle devait avoir un bon niveau //
3	N : mais là tu l'as aidée ? en anglais ? en français ?

4	E : oui je pense que je lui ai parlé en français / comme elle est complètement bloquée et toute seule / elle est fatiguée / donc je lui ai traduit la question en français / je lui donne des pistes pour qu'elle réponde toute seule
5	N : elle est toujours toute seule ?
6	E : euh non ça dépend / et là c'est pas la configuration de classe qu'os ont habituellement /
7	N : mais là la configuration c'est dû à la salle ou c'est dû
8	E : euh non parce qu'avant on a fait pas mal de travaux de groupes ou TP / là je pense qu'elle a faim qu'elle est fatiguée //
9	N : ah ok
10	E : (48'10) Là elles n'ont toujours pas trouvé / j'ai eu le temps de faire le tour et je reviens / elles n'ont toujours pas trouvé / elles n'ont pas compris ce que je leur ai expliqué en anglais / on relit / par contre elles ont essayé de mettre une autre réponse mais qui était fausse aussi /
11	N : elles ont répondu en anglais
12	E : oui toutes les réponses sont en anglais / je vois qu'elles n'ont toujours pas compris / elles reprennent des mots / souvent elles prennent des morceaux de phrases / donc là je leur explique en français mais je vois que c'est la fin de l'heure donc euh /
13	N : elles prennent des morceaux de phrases / du texte ?
14	E : oui souvent ils font / pour répondre aux questions / ils prennent des / tu sais c'est ce qu'ils font en anglais / ils paraphrasent le texte
15	N : d'accord
16	E: donc là elles ont compris et elles le font en anglais / parce que j'ai expliqué en français dont leur ai dit bon là écrivez en anglais maintenant / elles ont compris / [visionnage accéléré: extrait de V7 à 6'56] là les deux sont sorties tout de suite / elles n'ont pas noté les devoirs parce qu'elles ont fait les questions / je ne vérifie pas les agendas par contre / là ils savent qu'avant la sortie ils passent avant à la cantine / mais ça fait tard pour eux 13h30 pour aller manger [commentaires sur le rythme scolaire et l'organisation de la cantine dans le lycée]
17	N : voilà / on a fini le visionnage / est-ce que tu as d'autres commentaires à faire ?
18	E : euh non / c'est bizarre de commenter parce que je fais les choses sans réfléchir en classe
19	N : est-ce que tu fais comme ça aussi en tronc commun ?
20	E : non en tronc commun à trente-cinq j'aurais pas fait une heure de correction comme ça
21	N : oui mais là à la fin il y a eu une nouvelle activité
22	E : oui mais ça reste une activité sur papier

Annexe du chapitre III.2.1d - retour sur la séance observée DNL1

Retour sur la séance observée le jeudi 28 janvier 2016 – 12h30
(strong and weak acids, red cabbage...)

Quelques pistes de réflexion proposées pour les objectifs « élèves » suivants :

1. S'exprimer à l'oral en anglais, en continu
2. Communiquer ses résultats
3. S'approprier les savoirs disciplinaires

Quelques pistes de réflexion proposées pour les objectifs « élèves » suivants :

1. S'exprimer à l'oral en anglais, en continu

- En début de séance, les élèves sont sollicités pour rappeler ce qui a été fait la semaine précédente. Certains proposent quelques réponses en anglais au questionnement de l'enseignant.

=> Un document vidéo-projeté (photos de chou rouge, tubes à essais avec jus de différentes couleurs, substances basiques/acides, pictogrammes... ; vocabulaire, structure de phrases en anglais) rappelant ce qui a été fait la séance précédente pourrait initier le questionnement et permettre aux élèves de **retrouver du vocabulaire**, d'**utiliser des expressions qui figureraient sur le document**, de **travailler la phonologie** (par exemple, utilisation de l'application en ligne *acapela*). Les élèves pourraient s'appuyer sur leurs énoncés et y repérer les expressions spécifiques ou les réinvestir si ce repérage a déjà été fait la séance précédente. *C'est effectivement une bonne idée que de prévoir un PPT récapitulatif de la séance précédente afin de créer de l'interactivité en début d'heure et de raccrocher les élèves.*

=> Cette phase se rapprocherait de l'idée d'un « **échauffement** » en anglais pour mettre les élèves au contact avec la langue, les faire entrer dans la séance et favoriser la prise de parole en langue cible en s'appuyant sur les 'aides' proposées/vidéo-projetées. *Tout à fait d'accord, c'est d'ailleurs ce que je faisais en Angleterre, on prévoyait souvent un « warm up » chose que je fais plus souvent à l'oral en France, pour des raisons de temps.*

- La séance repose sur des corrections d'activité, des phrases sont écrites au tableau en anglais.

=> Les élèves pourraient être systématiquement interrogés pour **lire la question** de l'énoncé et lire la réponse rédigée au tableau (possibilité d'utiliser l'application *acapela* pour travailler la phonologie avant lecture) *Je viens de tester l'application Acapela et c'est une bonne idée*

- L'élève qui est au tableau, lors de la correction, écrit souvent la phrase sous la dictée de l'enseignant.

=> Il peut être envisagé de **laisser du temps aux élèves pour rédiger leur réponse**, la lire à la classe (interroger quelques élèves) et aller l'écrire au tableau pour certains d'entre eux.

Je pense que je vais à la facilité en dictant la phrase afin de gagner du temps et donner du rythme. Tu proposes que chaque élève aille écrire sa phrase au tableau ? Ou juste un seul ? Lors de cette séance, les réponses avaient normalement été rédigées lors de la séance précédente. Dans tous les cas, il faut effectivement que je revois cette façon d'aborder la correction des questions.

2. Communiquer ses résultats

- Les activités ont été réalisées aux séances précédentes, mais certains élèves n'ont pas répondu à toutes les questions.

=> Un **travail en groupe** pourrait être proposé en début de séance (continuité de ce qui a été fait) pour

que les élèves répondent aux questions (mise en commun si une réponse a déjà été écrite). Puis il serait demandé à plusieurs groupes de rédiger leur réponse au tableau (**trois élèves en simultané au tableau** divisé en trois parties : gain de temps et meilleure confrontation/comparaison des réponses). Les propositions seraient corrigées (diversité des formulations d'une réponse à une question). *Ok.*

- Les élèves ne sont sans doute pas encore assez outillés en anglais pour rédiger, présenter leur résultat en étant à l'aise et en donnant envie aux autres élèves de les écouter. Lors de la séance, plusieurs élèves ont demandé ce que signifiait le mot « amount » à différents moments. *Peut-être garder un morceau de tableau « vocab » pour noter chaque mot de vocabulaire donné.*

=> Les mots dont ils ont besoin leur seraient communiqués lors du passage dans les groupes. **Un lexique pourrait être constitué** (utilisation des synonymes en anglais, de la paraphrase, de la traduction. Il faudrait penser à **créer un espace dédié au lexique** : un classeur/cahier spécifique, une feuille à joindre à l'activité (lexique selon l'activité) ou une feuille par thème, ou lexique en ligne (ressource en ligne : padlet). Pour le lexique, comme les mots ne se prononcent pas de la même manière qu'ils s'écrivent, une ressource en ligne peut être utilisée (par exemple 'acapela') et la phonologie peut apparaître dans le lexique. *Il faudra tester les différentes options proposées.*

=> Pour inciter les élèves à communiquer en anglais, des phases où la **règle du « no french »** est respectée seraient anticipées lors de la préparation de la séance : ainsi, il serait indiqué aux élèves les moments où l'anglais est exclusif et ceux où le français peut être utilisé. *Ok.*

3. S'appropriier les savoirs disciplinaires

- Le français est régulièrement utilisé pour s'assurer que tout le monde comprend ce qui se dit en anglais.

=> Il est possible d'**anticiper les phases** de cours où les élèves ne peuvent qu'utiliser l'anglais, celles où il y a **alternance entre les langues** et celles où le français permet de **reformuler** une consigne, d'**explicitier** une idée au moment d'un bilan...etc.

=> En s'appuyant sur le lexique constitué, les élèves peuvent s'appropriier les notions scientifiques en utilisant le **langage scientifique adéquat** (en français notamment).

- Les contenus disciplinaires mis en évidence sont liés :

- à la notion de variable et paramètre fixe
- au concept de concentration d'une solution (solvant, soluté)
- à la notion de réactif (réaction d'un acide dans l'eau)
- à la notion d'acide fort/faible
- au rôle du pH, de sa mesure, de l'indicateur coloré

Les activités présentent des informations contextualisées, que les élèves pourront utiliser pour répondre aux questions.

=> Les contenus de l'épreuve écrite et des ECE du bac pourraient servir à organiser l'activité : des documents en anglais avec des éléments de connaissances pourraient être proposés afin que les élèves aient la possibilité de **mettre en œuvre une démarche scientifique pour répondre à un problème.**

=> Les documents anglais, authentiques, utilisés lors de la séance observée, pourraient être utilisés et ré-agencés autour d'une **question de recherche** afin que l'élève donne du sens aux tâches à réaliser (démarche différente de celle qui consiste à répondre à plusieurs questions sans cibler d'objectif en particulier). *D'accord pour cette partie.*

Annexe du chapitre III.2.2a - séance de DNL2, classe de seconde, jeudi 24 mars 2016, 12h35 - 13h30

Les conventions de transcription sont identiques à celles utilisées pour la séance de DNL1.

L'enregistrement vidéo démarre lorsque l'enseignant accueille au niveau de l'entrée de la salle de classe le premier élève. Par habitude, chaque élève tire au sort un papier qui indique son numéro de place. C'est l'enseignant qui tient le récipient dans lequel se trouvent les papiers numérotés. La salle est dédiée aux travaux pratiques de chimie car elle est composée de deux rangées de deux paillasses accolées à un évier central. Sur chaque paillasse est posé un bac bleu avec du matériel et des produits chimiques. Un bureau-paillasse est devant un tableau blanc mural à trois volets et à droite du tableau blanc, un écran sert à la vidéoprojection. Un ordinateur est installé à la paillasse-bureau. Des produits chimiques sont alignés face aux élèves sur la paillasse-bureau. La caméra-appareil photo est posée sur une table au fond de la salle.

Pour des raisons pratiques de taille de fichier, la séance est enregistrée en quatre vidéos.

L'énoncé distribué au cours de la séance, imprimé en format « livret » est sous copyright (Royal Society of Chemistry). Il contient huit pages. Les deux premières sont étudiées lors de la séance. Elles présentent une introduction de l'activité, une présentation de l'enjeu de la synthèse et des espèces chimiques mises en jeu (« Making a plastic from corn starch »), un protocole (« What to do ») et le début de la partie avec les questions « Making a plastic from corn starch - examining your plastic ».



V1 0'00 (12h35) - L'entrée des élèves se fait de manière échelonnée (sortie tardive du cours précédent). Les élèves s'installent sans se presser et se vêtissent de leur blouse.

V1 5'29 - L'enseignant prend la parole en anglais, précise que la séance est filmée pour voir comment les élèves vont travailler. Il rappelle que deux thèmes du programme de seconde ont été abordés (Univers et Santé) et indique que la séance porte sur un nouveau thème, le Sport. Il se dirige vers l'ordinateur et démarre une vidéo vidéoprojetée à l'écran.



V1 5'40 (12h41) - **Le visionnage de la vidéo débute.** Au bout de quinze secondes, l'enseignant met la vidéo sur pause, il est derrière la paillasse-bureau :

E: polymers // you know some polymers / poly? / poly something?

EI: plusieurs / plusieurs matières

E (en français): polyester/ poly ?

EI(autre) : polystyrène

E : polystyrène / ok / carry on

V1 6'18 - L'enseignant fait visionner la suite de la vidéo ; il interrompt le visionnage car deux élèves en retard frappent à la porte. Des échanges ont lieu en anglais pour que les élèves présentent leurs excuses et expliquent la raison de leur retard. Le visionnage reprend.

V1 8'13 - Le mot anglais « polymerisation » est prononcé dans la vidéo, l'enseignant la met en pause.

E: so / how can we create polymer? /

El (lève la main): euh / put the carbon together

E: yes but it's not only the carbon

El: carbon to make a chain

E: yes / but we're using a little molecule

L'échange est interrompu car une autre élève en retard frappe à la porte et entre. De même, de courts échanges en anglais ont lieu entre l'enseignant et l'élève à propos du retard.

E: so I'm going to finish this video / finally // so when you see a molecule / a small one / which is monomer / and we stick [them] together to be a polymer / ok/

L'enseignant s'adresse en anglais à la dernière élève qui est arrivée en retard et met du temps à s'installer : il lui demande de s'asseoir rapidement et commente la lenteur de son action.

V1 9'33 - Il fait visionner pendant 13 secondes la suite de la vidéo :

E: so / if we are using a small molecule / we call ethene / what's gonna be the polymers? //

El: euh

E: poly?

El: polyethene

E: polyethene yes

V1 9'58 - Le visionnage reprend pendant 35 secondes ; l'enseignant fait une « micro-pause » lorsqu'il fait deviner polystyrène aux élèves à partir de l'image de la vidéo qui affiche le passage de l'éthène au polyéthène avec une flèche (termes écrits) et affiche le styrène et la flèche qui suit, sans proposer polystyrène.

V1 10'43 - L'arrêt du visionnage permet un nouvel échange :

E: what's the property of this one?

El: plastic bottle

E: no / listen to it //

L'enseignant fait visionner de nouveau les dernières secondes de la vidéo :

El: rigid and strong /

E: rigid and strong // to make plastic bottles // Do we want always [always want] rigid and strong plastic?

El: euh non / le plastique qu'on tort

E: it could be flexible

V1 11'13 - Un nouvel extrait de 30 secondes est visionné :

E: so if we've got very strong forces between the molecules (E joint les doigts des mains en les accrochant entre eux et exerce une force de poussée ou de répulsion entre les mains) // is it gonna be flexible or rigid?

El: rigid

E: yes rigid because all the molecules are stick together / ok? / like this one (image d'une plaque de plastique rigide à l'écran puis qui se casse en deux)

V1 11'58 - Le visionnage reprend pendant 20 secondes :

E: so we can add molecule to make a plastic [make plastic] /

El: stronger

E: stronger

El (autre): rigider
E: more rigid / and / resistant to?
El (autre): water
E: no // high temperature /
El (autre): ah voilà
E: for using plastic in / you can use plastic / (xxx)

V1 12'44 - Quelques secondes de la vidéo sont visionnées au sujet d'additif dans du plastique.

E: so I'm gonna add inside / plasticiser / like this / listen to it //

Un deuxième visionnage est proposé :

E: so / something we add inside the plastic to make it? // listen to it again

Un troisième visionnage a lieu :

E : bend / what is bend (E tend et fléchit le bras droit à l'horizontal) / flexible / coudé / donc ça rend plus flexible / et comment ça rend plus flexible ?

El : ben euh ceux qui sont en train de se battre ben on les écarte /

E : voilà / les forces qui font que tout ça ça se maintient (E joint une nouvelle fois les doigts des mains en exerçant une force) / on va ajouter quelque chose pour diminuer les forces entre les molécules / du coup elles vont être moins rigides et ça va rendre plus flexible / c'est représenté ici regardez //

V1 13'52 - Le visionnage se poursuit pendant 12 secondes à propos de la durée de vie d'une matière plastique :

E: how long?

El: fifteen years?

E: fifteen?

El: fifty

E: fifty?

Plusieurs élèves prennent la parole ce qui rend les propos inaudibles. L'enseignant initie un deuxième visionnage.

E: one hundred and fifty years / cent cinquante ans /

V1 14'40 - L'enseignant arrête la vidéoprojection et se dirige vers les élèves.

E: ok today we're gonna make plastic / the new plastic we like / what's the fashion plastic right now? // what's the main problem with plastic? // yes? // if you leave it in the nature [in nature] / what's going on?

El: petrol

E: petrol [oil] and // if you leave it in the nature [in nature] it will stay for years and years /

El: it's not biodégradable

E: yes so / what's the fashion plastic now? / biological degradable plastic / so we're gonna make a bioplastic [make bioplastic] today

V1 15'24 - L'enseignant prend une feuille photocopiée avec l'énoncé d'activité expérimentale qu'il présente aux élèves :

E: so we've got a protocol / read it / and we've got some questions / ten questions after / it's two pages //

L'enseignant distribue les feuilles aux élèves.

V1 16'39 (13h51) - **L'enseignant lit la première phrase introductive de l'énoncé dont le titre est Making a plastic from corn starch**

E: so / in this activity / you're going to use starch / to make a plastic [make plastic] // this is corn starch (il prend le paquet de fécule de maïs sur la paillasse-bureau et le montre aux élèves) // what's the other name?

EI: de la farine?

E: no / *starch* is amidon / amidon de maïs / fécule de maïs / and if you look at the ingredients / ingrédients / amidon de maïs / voilà c'est tout / c'est que de l'amidon de maïs / donc les nouveaux plastiques qu'on achète en supermarché sont faits à partir de maïzena / c'est ce qu'on va faire aujourd'hui /

V2 (12h52) 0'35 - L'enseignant poursuit la lecture des deux autres phrases introductives et commente :

E : donc on va faire un sac plastique à partir de ça /

V2 0'58 - Il demande aux élèves si quelqu'un veut lire. Une élève poursuit la lecture de la partie qui s'intitule « Making a plastic from corn starch ». Les premières lignes lues détaillent l'objectif de l'activité, présentent ce qu'est l'amidon d'un point de vue de la chimie (un polymère constitué d'amylose et d'amylopectine) et le rôle de l'amylopectine puis indiquent que de l'acide chlorhydrique va être utilisé pour changer la structure et les propriétés du polymère.

E : So amylopectin / it makes this (E montre le paquet de fécule de maïs) to not become a plastic [this does not become plastic] / so what we're gonna do with this molecule?

EI: on va le transformer

E : yes / we're gonna destroy it because it's annoying for us / ok? / so we've got two molecules inside (E repose le paquet sur la paillasse-bureau) / we'll not want to be / want not be plastic ok? / so we need to break it and we're gonna break it with?

EI: fire

E: no / it's written "you will use" /

EI: hydrochloric acid

E: hydrochloric acid (E montre le flacon d'acide présent dans le bas bleu sur la paillasse du premier rang) / what's the name in French ?

EI (interrogé) : acide chlorhydrique

E : acide chlorhydrique / so we're gonna break this molecule / then after?

V2 2'33 - L'élève poursuit la lecture du dernier paragraphe. La deuxième phrase termine par « plasticiser », l'enseignant interrompt la lecture.

E: yes plasticiser / remind to us[remind us] what's this? // it makes the plastic? (E fléchit et tend le bras)

EI: bending

E: yes bending and flexible / so you're gonna create two plastics / one with glycerol / which is here (E prend la bouteille posée sur la paillasse-bureau et la montre aux élèves) / we've already used it / in 206 / what did you create with it? /

EI: euh / ce qu'on a reçu ce matin / là

E: yes sanitizer / gel hydroalcoolique / so it's quite dense and it's gonna make the plastic softer // and flexible ok? / so we're gonna create plastics with this (E montre le paquet de fécule de maïs) and with or without this (E montre la bouteille de glycerol) / so with or without plasticiser / and finish

V2 3'34 - L'élève reprend la lecture : elle lit la dernière phrase. L'enseignant commence à lire la liste de matériel « Making the corn plastic You will need » et attire rapidement l'attention des élèves sur la consigne de sécurité en bas de la page « Health and safety » sur le port de lunettes de protection lors de la manipulation d'un produit chimique à utiliser.

V2 4'52 - L'enseignant invite les élèves à regarder la page 2 qui commence par une nouvelle partie « What to do », constituée du protocole expérimental à mettre en œuvre en sept étapes. Lors de la lecture du protocole, l'enseignant s'assure auprès des élèves que les produits et le matériel de chimie (verrerie) à utiliser sont bien identifiés : il montre chaque produit chimique ou verrerie à utiliser en en prélevant un exemplaire dans le bac bleu sur la paillasse du premier rang ou sur la paillasse-bureau.

Pour « watch glass » il précise en français qu'il s'agit d'un verre de montre mais qu'en classe les élèves ont un creuset. Pour les précautions à prendre lors de la manipulation du bec bunsen, l'enseignant passe en français (V2 6'15 : « J'explique en français pour ceux qui ne s'en souviennent plus ou qui n'ont jamais utilisé le gaz »)

V3 0'0 (12h57) - L'enseignant parle toujours en français pour expliquer comment utiliser le bec bunsen et le creuset.

V3 0'38 - L'enseignant poursuit la lecture et questionne parfois les élèves sur un mot présent dans le protocole :

E: what's boil?

EI: le bol

E: or? / boil the verb?

EI (autre) : bouillir

E: oui bouillir donc vous laissez bouillir pendant 15minutes / 15 minutes ça suffit / (E lit) Make sure it does not boil dry / ça veut dire quoi ?

EI: faut pas qu'il soit trop sec

E: voilà c'est ça / il ne faut pas que ça devienne sec et que ça colle au fond / si ça ressemble à ça vous arrêtez le chauffage / then (E lit) dip the glass rod into the mixture / what's glass rod ?

EI: ben le verre

E: l'agitateur en verre / on mélange / on fait un test de pH / (E lit) do it onto the indicator paper to measure the pH

L'enseignant poursuit la lecture avec commentaires et questions pour préciser le vocabulaire et reformuler en français les actions décrites dans le protocole. A partir de l'étape 4, il traduit directement chaque phrase en anglais et reformule aussi en utilisant le pronom personnel « je ».

V3 3'24 – L'emble du protocole a été lu avec explication en anglais et français. L'enseignant reprend en français :

E : Je répète // vous mélangez dans le creuset / vingt-cinq millilitres d'eau / j'ajoute deux virgules cinq grammes / de fécule et j'ajoute / grâce à l'éprouvette graduée / measuring cylinder / c'est le verbe / le nom pardon / l'acide chlorhydrique / je mélange / je mets à chauffer / je vérifie / que ça ne sèche pas / faut pas que ce soit trop déshydraté / je fais chauffer et après / j'ajoute / au gouttes à gouttes / et on va jusqu'à trois millilitres / de la solution de soude / c'est très basique / pour neutraliser l'acide qu'on avait au départ / pour avoir un pH de sept / c'est bon ? / une fois que c'est fait / vous pouvez ajouter quelques gouttes de colorants alimentaires / et après on va placer dans une boîte de Pétri / c'est ça (il montre la boîte) // et en fait votre plastique il fera la taille de la boîte et vous pourrez gérer l'épaisseur / c'est bon ? / une fois qu'on a fait ça s'il nous reste du temps / on fera pareil sans le glycérol sinon on le fera la semaine d'après // any question ? / so you can go //

V3 4'45 (13h02) - **L'enseignant donne l'autorisation aux élèves de commencer la mise en œuvre du protocole.**



L'enseignant circule parmi les élèves et s'adresse parfois à un.e élève, aux élèves :

E (5'54): you manage to be clean (l'élève prélève de la fécule de maïs pour la peser)

E (7'54): why do we use this one (E montre aux élèves une petite éprouvette graduée de 10 mL) / to be more precise

E (8'23): read the protocol

E (8'43): posez les creusets sur la céramique

E (9'00) : mélange un petit peu quand même / vous avez tout mis ? / (aux élèves) il y a quatre choses à mettre dans le creuset attention ce n'est pas quatre étapes

L'enseignant passe auprès de tous les binômes pour contrôler si le mélange a été réalisé et la manière d'utiliser le bec bunsen.

V3 12'09 - L'enseignant s'adresse en français à l'ensemble des élèves car ça sent le gaz dans la salle de classe : il cherche à savoir quel binôme n'a pas coupé le gaz et rappelle les règles de sécurité et la manière d'utiliser le bec bunsen. Il demande à une élève de s'attacher les cheveux par précaution. Les élèves parlent en français lors du travail en binômes ou entre binômes.

V3 20'03 - La majorité des binômes est à l'étape du 4 du protocole.



E : oui on prend le pH / tu as l'agitateur / je rappelle pour mesurer le pH on prend un petit morceau de papier pH et on pose dessus une goutte avec l'agitateur/

E (20'26): vous / vous pouvez éteindre c'est bon /

E (21'44): you switch off the gas

Suite à plusieurs questions de la part d'élèves sur l'utilisation de l'hydroxyde de sodium (solution basique) dans l'étape 4, l'enseignant s'adresse aux élèves :

E (22'50): we need to neutralize [it] so you have to test / green with the indicator pH (E montre le papier pH)

Un binôme a terminé l'étape 4 du protocole :

E (25'36): c'est bon là vous êtes à la fin / ensuite on lit

L'enseignant se réfère à l'étape 5 et à l'étape 6 du protocole : un colorant alimentaire peut être ajouté dans le plastique obtenu et celui-ci doit être mis dans une boîte de Petri pour être séché pendant une journée.

E(27'27) : everyone / listening / just I'm saying something / when your solution is neutral / pH is seven / chut / El (E nomme une élève) / El (E nomme une autre élève) / when it's neutralised / we add coloring if you want / and after / when it's like this (E prend le creuset du binôme au premier rang) / use this (E montre l'agitateur) / to pour it in the Petri / be close because it falls down /

La majorité des élèves est à l'étape 6 :

E (29'02) : Appelez-moi avant de verser dans la boîte de Petri parce que je vois // voilà là c'est une bonne technique / prenez-le / pincez-le fort / comme ça (E montre comment faire avec la pince et le creuset) / pour pas vous brûler

V4 (13h27) - Les élèves ont terminé. L'enseignant passe auprès de tous les binômes pour vérifier que le plastique formé est bien dans la boîte de Pétri. La séance se termine : les élèves doivent nettoyer le matériel et ranger leur paillasse. Conformément à la dernière étape du protocole, le nom doit être indiqué sur chaque boîte de Pétri.

E (0'03): and remember which one is yours

E (1'14): une fois que c'est fait vous posez les boîtes de Pétri au bureau et vous rincez le creuset au maximum / et vous nettoyez tout

E (2'08) : vous vous souviendrez bien la semaine prochaine lequel est le vôtre

La sonnerie de fin de cours retentit, des élèves retirent leur blouse, d'autres terminent de nettoyer et ranger leur paillasse :

E (5'23) : allez / vous pouvez y aller / vérifier bien que le gaz est bien fermé et on continuera à la rentrée /

Annexe du chapitre III.2.2b - entretien d'auto-confrontation (séance DNL2)

Les conventions de transcription (42' : fin du visionnage du film de la séance) sont les mêmes que celles utilisées pour le premier entretien d'auto-confrontation. Les mots en anglais sont écrits en italique.

		2'21 (AC2-0 : visionnage des premières secondes d'enregistrement avec l'entrée des élèves et le début du cours)
1	N :	voilà donc là tu te rappelles la séance il y avait plein de retards
2	E :	euh oui les élèves sont arrivés au compte-goutte / Oui donc là ce sont les élèves de la classe dont je suis PP (prof principal) /tu sais / tu te rappelles ? / ils viennent de trois classes différentes
3	N :	tu avais beaucoup d'élèves là en classe de TP ?
4	E :	dix-huit au max oui en section euro pour les TP // ouais il y avait beaucoup de retard là
5	N :	tu fonctionnes toujours comme ça avec les numéros tirés au sort ? / ils se placent comme ça ?
6	E :	oui / comme ils viennent de trois classes ils ne se connaissent pas forcément / ça permet de se mélanger là et de se connaître / de travailler avec d'autres / je fais aussi ça avec mes terminales // là ils devaient être en contrôle avant c'est pour ça qu'ils arrivent en retard / de toute façon le créneau n'est pas idéal / 12h30 /

		4'20 (AC2-1 : visionnage de l'extrait 1 ; V1 5'29-5'40 ; prise de parole de l'enseignant en début de cours ; préparation de la vidéoprojection pour la compréhension orale de la vidéo sur les polymères)
1	E :	donc là j'ai un peu / comme il y avait du retard et que je voulais te / comme je voulais montrer la vidéo avant le TP / si tu n'avais pas été là / j'aurais pas passé la vidéo / j'aurais pris tout le temps pour le TP et j'aurais gardé éventuellement la vidéo pour la fin / s'il me restait du temps
2	N :	ok / et là comment tu as choisi la vidéo ? / le choix de la vidéo a reposé sur quoi ?
3	E :	je vais sur youtube / après je l'enregistre et euh / j'en regarde plusieurs / enfin je tape le thème / là <i>polymer</i> / et j'en regarde plusieurs et euh / je m'arrange pour que les images aident à la compréhension / pour que les mots de vocabulaire soient sur les images et que ça colle
4	N :	y avait pas de sous-titres là?
5	E :	non je ne mets pas les sous-titres en principe / donc je m'arrange pour que les images collent au son / je choisis des vidéos récentes et assez modernes / avec des mots clés / quand même assez simples / après ben des fois ça parle vite /
6	N :	ce sujet-là avait déjà été traité en tronc commun ou avec toi en DNL ?
7	E :	nan /non je ne pense pas / enfin les miens non / non je ne pense pas qu'ils ont vu les polymères / en plus les polymères c'est plutôt en fin d'année

		6'21 (AC2-2 : visionnage de l'extrait 2 ; V1 5'40-6'18 ; début de la vidéoprojection avec pauses de la vidéo sur les polymères, questions de l'enseignant sur les contenus de la vidéo)
1	E :	il parle bien lentement en plus /
2	N :	les élèves / ils sont habitués à travailler en / sur des vidéos comme ça à l'oral ?
3	E :	en principe il y a des questions à l'écrit mais euh / oui euh / nan ils sont pas trop habitués / ils sont habitués à travailler sur vidéo / mais s'ils ont les questions à l'écrit ça permet aussi de prendre des notes / en principe je fais la vidéo une fois en entier / et après je la / je fais des parties de vidéo et ils répondent aux questions / donc on la regarde deux trois fois / et s'ils sont en difficulté je leur dis bon ben là question 1 c'est maintenant /
4	N :	ouais / et là ils n'avaient pas de questions auxquelles répondre ?
5	E :	non là non / je m'étais dit qu'on n'aurait pas / ça prend du temps / ça prend / faut bien compter vingt / vingt trente minutes si tu expliques la vidéo / le temps de passer trois fois / de couper / qu'ils notent / donc là c'est juste une introduction à la partie sur le sport

		8'14 (AC2-3 : visionnage avec parfois défilement rapide de l'extrait 3 ; V1 8'13-13'52 ; la vidéo sur les polymères est toujours exploitée par des questions de l'enseignant qui orchestre les pauses : polymérisation, propriétés des polymères) Quelles sont tes intentions ?
1	N :	là tu poses des questions / quelle est ton intention là? / de poser des questions ? / par rapport à la vidéo ?
2	E :	euh voir s'ils ont bien compris que / on partait d'une petite molécule qu'on soudait / qu'on répétait / enfin / la notion de polymère en fait / de polymère et de monomère sans utiliser forcément le mot de monomère qu'ils ne connaissaient et qui / je préfère être simple comme c'est des secondes / leur dire une petite molécule on la répète plein de fois / on la soude et on obtient une grande molécule / parce que le terme monomère est pas utile // alors là avec la vidéo c'était mieux avec styrène et polystyrène parce que polyéthène ils ne connaissent pas / le mot // j'sais pas si tu as entendu au début mais quand je parlais de polymère / y en a qui disaient polymères plusieurs matières / et après ils ont compris polymères plusieurs molécules
3	N :	et là / la question sur les propriétés / c'est pareil / c'est comme tout à l'heure c'est pour voir s'ils ont compris la vidéo ?
4	E :	oui et pour les mettre en confiance aussi / ça semblait très simple / <i>rigid</i> / il donnait les trois propriétés lentement / il disait les trois propriétés très lentement / très / c'est pour qu'ils se disent bon ben j'ai compris quand même un peu / parce que euh / j'ai peur qu'ils décrochent / au bout d'un moment / tu sais ça fait beaucoup d'anglais / donc quand il y a des choses simples comme ça / j'aime bien arrêter pour qu'ils / mais j'aurais passé plus de temps si je l'avais fait en / compréhension orale
5	N :	là tu remets la vidéo parce qu'ils ne participent pas? / enfin
6	E :	oui ils n'ont pas compris les trois mots faciles / donc je me dis bon / il faut qu'ils se reconcentrent / tu sais parce que si tu laisses trop longtemps la vidéo au bout d'un moment ils décrochent / c'est pour ça que je fais des pauses /
7	N :	est-ce que ces propriétés / elles sont utiles pour le tp ?
8	E :	Euh oui / parce que / pour celui où t'étais là et celui de la semaine dernière / pour montrer que le plastique peut être rigide / après pour les avantages que comme c'est cassant là c'est plus solide / et pour le plastifiant / le glycérol justement / là la suite de la vidéo c'est première S
9	N :	Pourquoi c'est première S ?
10	E :	Ben avec les forces d'interactions / c'est pour ça que j'ai pas trop insisté
11	N :	Et l'élève là c'est toujours le même qui participe ?
12	E :	Oui c'est le plus à l'aise / il aime en plus participer / et puis / c'est vraiment un bon élève / s'il participe pas il se dissipe plus facilement / et il le sait / alors /

		13'35 (AC2-4 : visionnage avec parfois défilement rapide de l'extrait 4 ; V1 13'52-15'24 ; fin de la vidéo sur les polymères, l'enseignant prend l'initiative de commenter le passage avec "one hundred fifty years") et début de la présentation par l'enseignant de l'activité expérimentale photocopiée)
1	E :	(13'50) ouais je leur demande les années / parce qu'ils aiment bien en principe / ils sont contents de retrouver les années (E rit)

2	N :	oui et puis ils n'avaient pas tout à fait compris parce que quand ils ont fifteen tu as repris en faisant fifteen (N parle plus fort et insiste sur fifteen, comme dans l'extrait visionné; N et E rient)
3	E :	(14'05) ouais / bon ben là ils ne pensent pas trop au bioplastique
4	N :	oui tu voulais lancer sur le bioplastique / pour euh?
5	E :	pour dire que c'est à la mode
6	N :	mais ils savent pas?
7	E :	non mais j'essaie de leur faire trouver des inconvénients des plastiques pour leur faire penser au bioplastique / il aurait peut-être fallu que je trouve une vidéo sur euh / une loi anglaise qui a aboli les / mais ils ne le font pas en Angleterre / tu sais comme en France qu'on interdit les plastiques / les sacs plastiques / il aurait fallu que je trouve une vidéo en anglais qui dise euh / ça aurait pu introduire le bioplastique
8	N :	donc là cette partie-là / donc en fait / tout ce que tu dis / c'est / tu introduis la séance ?
9	E :	oui
10	N :	est-ce qu'ils auront la consigne de répondre aux questions ou pas ? / enfin c'est quoi tes intentions quand tu leur dis
11	E :	là je leur dis ça c'est le protocole / et il y a des questions / mais je savais qu'ils n'auraient pas le temps de faire les questions parce qu'on a déjà commencé en retard / je me suis dit jamais ils n'auront pas le temps de tester / de finir le protocole

		16'23 (AC2-5 : visionnage avec parfois défilement rapide de l'extrait 5 ; V1 13'52-15'24 ; après avoir distribué les feuilles photocopiées, l'enseignant lit la première phrase de l'énoncé)
1	E :	donc je savais très bien que <i>starch</i> ils ne savaient pas ce que c'était / j'ai essayé de leur faire deviner avec la maïzena et // au collège ils voient l'amidon un moment ou un autre / donc je leur dit d'abord corn qu'est-ce que c'est / ils savent que c'est maïs / ensuite ils font le lien avec la maïzena et ils essaient de trouver / comme en SVT ils ont des bases là-dessus / bon ben ils finissent pas dire amidon / je ne me rappelais plus comment on met en évidence l'amidon en SVT
2	N :	là tu passes en français pourquoi? (plastique biodégradable)
3	E :	pour être sûr / parce que là c'est quand même un peu la clé du TP / c'est que c'est fait à partir de l'amidon de maïs / donc je me suis dit si / enfin je voulais que ce soit clair pour tout le monde / pour raccrocher tout le monde // puis je lis le texte
4	N :	et là tu as commencé à lire et tu as fait lire une élève / tu fais toujours comme ça?
5	E :	euh oui là j'en avais marre / mais souvent je les fais lire / c'est eux qui lisent / ça me permet de voir comment ils lisent en anglais / je fais tourner la parole voir leur accent et corriger deux trois mots si besoin / mais on / en fait en section euro j'évite de trop les / les reprendre sur l'anglais / tu sais du moment qu'on comprend euh / sauf s'il y a de grosses erreurs de prononciation mais moi ce que je veux c'est qu'ils soient à l'aise / je veux pas qu'ils ont l'impression qu'ils fassent de l'anglais quoi / je ne veux pas les reprendre sur des euh / même quand ils parlent / s'ils font des erreurs d'anglais / qu'ils n'utilisent pas le bon temps qu'ils / pas les bons / qu'ils n'accordent pas les verbes c'est pas trop grave
6	N :	et un temps pour qu'ils lisent pour eux sans qu'il y ait quelqu'un qui lise à l'oral est-ce que ça tu le fais ?
7	E :	ben je me dis qu'ils ne le font pas et là il fallait avancer / je sais pas quelle heure il était / on n'avait pas encore commencé / il y avait le bec bunsen à utiliser // enfin // comme ça je suis sûr que tout le monde / à peu près / suivait en même temps / en classique je le fais aussi / parce que je me rends compte qu'il y en a plein qui lisent pas

		19'45 (AC2-6 : visionnage avec défilement rapide de l'extrait 6 ; V2 0'58 - 6'15 ; V3 ; lecture de la liste de matériel et du protocole avec commentaires, traduction, reformulation et questions de l'enseignant aux élèves, mise en œuvre du protocole par les binômes.)
1	E :	donc là je parle en français parce que sur les flacons qu'ils ont / c'est écrit acide chlorhydrique en français / pour être sûr qu'ils ne mélangent pas les produits // les réactifs
2	N :	là tu penses qu'ils ont compris ce qu'il fallait faire / le protocole?
3	E :	ils ont compris que l'amylopectine c'était euh / enfin j'espère / que ça empêchait de faire du plastique / qu'il fallait casser cette molécule avec de l'acide / donc je leur montre qu'on a de l'acide et que c'est ce qu'on va faire // et là je fais le lien avec la vidéo avec le plastifiant / pour comprendre à quoi ça va servir de mettre ça dedans // et oui le gel hydroalcoolique on l'a fait en classe quelques semaines avant et le matin du TP je leur avais donné s'ils voulaient l'utiliser // oui donc là avec la liste de matériel normalement ils connaissent tout / j'ai insisté sur les règles de sécurité / je lis le protocole /
4	N :	(23'38) tu fais toujours comme ça en chimie ?
5	E :	oui même en classe entière / je lis et je montre le matériel
6	N :	tu demandes <i>watch glass</i> / ils ne connaissent pas tout le vocabulaire?
7	E :	là nan c'est pas courant d'utiliser le verre de montre donc je leur explique <i>watch</i> montre et <i>glass</i> verre et je montre le creuset / les règles de sécurité je les fais aussi en français pour être sûr que tout le monde comprenne //
8	N :	(25'52) c'est toujours le même qui participe
9	E :	oui je crois que c'est une question de facilité pour moi / ça va vite comme ça // et là pour <i>neutralize</i> je peux comme ça rappeler la réaction entre l'acide et la base / quand ensuite je passe en français c'est parce que je me dis que je n'aurais pas le temps de finir / alors je termine le protocole en français
10	N :	là tu reprends tout le protocole depuis le début?
11	E :	oui dans les grandes lignes avec le matériel pour être sûr que c'est bon pour eux // là les cheveux ne sont pas attachés j'ai pas fait attention // et là ben forcément ceux qui n'ont jamais utilisé le bec bunsen ben j'ai dû expliquer plusieurs fois / en français / et de toute façon je ne peux pas tout faire en anglais c'est trop compliqué / surtout ceux qui sont en retard / ou en difficultés
12	N :	là tu intervies auprès de toute la classe? C'est parce que tu as vu qu'ils n'arrivaient pas ?
13	E :	nan c'est pour être sûr qu'ils n'oublient pas un réactif / et puis je ne voulais pas qu'ils confondent l'acide chlorhydrique et la soude / j'avais pas envie qu'il y ait d'erreur
14	N :	là ils pouvaient commencer à faire les questions?
15	E :	oui mais personne ne l'a fait parce que je pense qu'ils sont trop impatients de voir ce que ça va donner / moi je passe récupérer la maïzena qui reste et je contrôle que tout se passe bien / je demande en anglais de me donner la maïzena pour la récupérer
16	N :	(33'53) - là des élèves te demandent de venir voir / ils ne savent pas si c'est ça qu'ils doivent obtenir ? / tu avais déjà fait la manip toi ?
17	E :	oui mais l'année d'avant / je n'ai pas eu le temps de la refaire cette année / mais je me rappelais ce que ça devait donner / et quand ils ont un problème avec le protocole ils savent qu'ils peuvent venir me demander / c'est pareil en cours en français // après elle elle est forte en anglais alors je lui parle en anglais / elle est forte aussi en physique
18	N :	là tu as demandé l'attention de tous les élèves?
19	E :	oui par ce que c'était pas tout à fait clair / c'était avec la pince / je ne voulais pas qu'ils prennent avec les doigts et tout le monde n'était pas attentif / je voulais être sûr /

Annexes du chapitre IV

Annexe du chapitre IV.1.2a - module 1 de co-construction, propositions pour la séquence

Propositions de Noémie pour la séquence sur le réchauffement climatique

Finalité séquence : permettre aux élèves d'organiser un débat et d'y participer en français ou en anglais sur le réchauffement climatique ; Evaluer la capacité des élèves à mobiliser compétences et connaissances sur le réchauffement climatique lors du débat.

Objectifs :

Mobiliser ses connaissances sur les phénomènes mis en jeu dans le réchauffement climatique	Extraire des informations issues d'activités de recherche scientifique et de vulgarisation et développer son esprit critique. *	Mener des démarches expérimentales, raisonner par analogie pour expliquer les phénomènes mis en jeu dans le réchauffement climatique	S'entraîner à la résolution de problème et à la synthèse de docs. *	Développer les compétences langagières (en fr et en angl) - compétences du CECRL.
--	---	--	---	---

* <http://eduscol.education.fr/physique-chimie/se-former/regard-sur-lenseignement-de-physique-chimie/evolution-de-lenseignement-de-la-physique-et-de-la-chimie.html>

Architecture :

- 3h en classe entière par semaine, français avec anglais intégré à dose homéopathique : découverte et apprentissage des concepts, entraînement avec exercices et activités documentaires => construction *a priori* proche de ce que les enseignants ont l'habitude de faire.

- 2h de TP en demi-groupe (français pour un groupe et anglais très intégré pour l'autre groupe) : transfert de compétences et connaissances et prolongement contextualisés autour du réchauffement climatique => prise en compte des difficultés didactiques sur effet de serre et réchauffement climatique et des objectifs du programme de TS.

- 6 semaines prévues en Sept-Oct 2016 (jusqu'aux vacances de la Toussaint)

Semaine	Obstacles pour comprendre réchauffement climatique	Objectifs (liés au programme, permettant appréhender concepts et phénomènes dans compréhension effet de serre)	Exemple d'activités (Intégrer systématiquement : actualité scientifique, mesures incertitudes, CR des AE pour préparer au débat au niveau organisation et langage, synthèse de docs et résolution de pb pour former à l'argumentation)
1	Confusion sur nature des rayonnements : notamment entre UV et les autres Atmosphère piège les rayons solaires	- Accéder aux conceptions initiales sur le réchauffement climatique - Extraire infos sur rayonnement, absorption - Distinguer les différents	- Evaluation diagnostique par QCM papier-crayon, produire raisonnement, dessin ?? donner images/photos ? - Activité documentaire synthèse de docs :

		<p>rayonnements</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en évidence interaction rayonnement-matière. 	<p>rayonnement, ondes/particules, détection (ex : camera IR, rayonnement, nathan sirius2012 p30)</p> <ul style="list-style-type: none"> - AE, démarche expérimentale détecteur : matériau et nature rayonnement (lien transparence atmosphère – analogie) Evaluation formative
2	<p>Confusions GES et ozone, GES et polluants, concentration des GES uniforme ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. - Appréhender l'interaction rayonnement matière au niveau microscopique. - Exploiter des spectres UV-visible et IR pour déterminer des groupes caractéristiques - Mettre en relation spectres et structure molécule. 	<p>Evaluation diagnostique (photos, citations, une ou deux questions ouvertes=> GES, rôle)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Activité documentaire ? - AE TICE spectroscopie (lien GES – analogie) – ou carte identité espèce colorée ? Evaluation formative
3	<p>Atmosphère piège les rayons solaires Absence de prise en compte des transferts d'énergie au niveau microscopique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu (électronique, vibratoire) =>Prendre conscience de l'influence d'une augmentation de concentration de GES sur le rayonnement absorbé/émis. - Connaitre principe émission stimulée et principales propriétés laser 	<ul style="list-style-type: none"> - activités résolution pb (Ex :Molécule eau, fenetre d'absorption : Bordas p414) - Evaluation sommative (avec anglais) sur rôle GES, interaction matière, spectres – intégrer lien réchauffment climatique) AE : Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation ou pour transmettre de l'information. (analogie et lien recherche avec LIDAR pour sonder atmosphère) – Evaluation formative
4	<p>Confusions chaleur/température Difficultés sur énergie/transfert</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Savoir que l'énergie interne d'un système résulte d'une contribution macroscopique. - Interpréter les transferts thermiques à l'échelle micro. - Connaitre et exploiter relation entre ΔU et ΔT pour un système à état condensé. 	<p>Evaluation diagnostique sur chaleur, énergie, température. Transfert (photos, question ouverte).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Activité documentaire synthèse docs : loi de Wien pour lien émission de

		<ul style="list-style-type: none"> - Interpréter les transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement) dans la matière à l'échelle microscopique => poser les bases de la thermodynamique : système, transfert, énergie/température => régime permanent/transitoire à évoquer 	<p>rayonnement et T puis types transferts thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - lien avec convection et évaporation eau dans bilan d'énergie pour comprendre ES - - AE démarche expérimentale de calorimétrie pour l'eau (lien système Terre-atmosphère, analogie). <p>Evaluation diagnostique (Démarche d'investigation=> hypothèse avec prévision) et formative</p>
5	<p>Absence de bilan pour expliquer réchauffement climatique. Oubli de l'ES naturel. Absence de régime permanent/transitoire. Absence de système, T moyenne. Raisonnement incomplet : T augmente car Eentrante> Esortante</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir un bilan d'énergie faisant intervenir transfert thermique et travail -Exploiter relation entre flux thermique entre paroi et deux faces. - Associer un tableau de nombres à une image numérique (caractéristiques : pixellisation codage RVB, niveaux de gris) 	<p>Evaluation sommative courte sur bilan d'énergie et transfert thermique avec interaction rayonnement matière)</p> <ul style="list-style-type: none"> - activ doc résolution pb : habitat (analogie maison-igloo/planète?), graphique GIEC avec augmentation T -activité (jeu étiquettes « round number » pour retrouver le bilan, modèle vitre) - images satellites pour étude réchauffement climatique/ lien avec albédo/interaction rayonnement matière - AE : Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numérique) pr étudier un phénomène optique. ?? Evaluation formative
6	<p>Confusions cause/conséquence réchauffement climatique, médiatisation, controverses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir un bilan d'énergie faisant intervenir transfert thermique et travail - Exploiter relation entre flux thermique entre paroi et deux faces. 	<ul style="list-style-type: none"> - activité résolution pb. <p>AE : mener débat=> études doc, controverses, préparation à l'écrit avec argument prévus et contre-arguments Evaluation formative/sommative</p>

Annexe du chapitre IV.1.2b - module 1 de co-construction, synopsis des séances de DNL observées

Synopsis - Identification de quelques éléments présents dans les séances DNL observées et qui semblent intéressants à exploiter pour la séquence de physique-chimie intégrant l'anglais.

Séance DNL observée	Strong and weak acids - Red cabbage (2de)	Making a plastic from corn starch (2de)
Spécificités de la séance		
Objectif	Répondre aux / corriger les questions des activités expérimentales réalisées aux séances précédentes et poursuivre.	Fabriquer un polymère à partir d'amidon de maïs, en suivant un protocole .
Conditions de mise en œuvre	Classe entière avec participation d'élèves au tableau pour corriger à l'écrit ou participation à l'oral.	Travail expérimental en binômes. Phase collective pour découvrir le contexte (vidéo).
Activités langagières en anglais		
Compréhension orale ou audio-visuelle	« Warm-up ».	Vidéo sur les polymères (contextualiser séance et repérer mots spécifiques).
Compréhension écrite	Contextes de l'activité en anglais, repérage des mots qui posent ou peuvent poser problème. Énoncé en anglais.	Contextes de l'activité en anglais, repérage des mots qui posent ou peuvent poser problème. Énoncé en anglais.
Expression orale	Réponse aux questions de l'activité avec participation individuelle à l'oral .	
Expression écrite	Correction à l'écrit au tableau par un élève .	<i>Questions posées à l'écrit sur l'expérience et les polymères. Non traité</i>
Interaction en continu	Echanges prof / élève au cours de la séance.	Prof / élève pendant le visionnage de la vidéo (peu pendant la mise en œuvre expérimentale).
Enseignement bilingue – référence aux 4C de l'EMILE (enseignement d'une matière intégré à une langue étrangère)		
Communication <i>(Utilisation de la langue cible pour donner du sens)</i>	Langue outil de communication (énoncé et consignes en anglais) et d'apprentissage (mots spécifiques, expressions repérés dans un énoncé). Vigilance sur la langue (écrits au tableau, dictée). Alternance codique (fr/angl) pour assurer la compréhension.	Langue outil de communication (énoncé et consignes en anglais) et d'apprentissage (lexique spécifique). Alternance codique (fr/angl) pour assurer la compréhension.
Culture <i>(Différente liée à langue étrangère)</i>	Activités prises dans un manuel anglais ; références aux produits alimentaires, à la vie quotidienne	Cahier de laboratoire issu d'un support anglais. Vidéo en V.O.
Cognition <i>(Développer les capacités de réflexion)</i>	Faire le lien entre phénomène observé (par l'expérience ou dans les vie quotidienne) et les	S'approprier le protocole en anglais pour le mettre en œuvre.

	connaissances scientifiques pour fournir des explications.	
Contenus <i>(Acquérir savoirs, compétences, disciplinaires)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Savoirs mis en jeu : espèces chimiques, réaction chimiques, changement de couleur d'une espèce selon différents paramètres d'influence. - Compétence : interpréter des observations. 	<ul style="list-style-type: none"> - Savoirs mis en jeu : réaction chimique, polymérisation. - Compétence : suivre un protocole, le réaliser.
Structure de l'activité		
Passation des consignes	Tâches consistant à répondre aux questions.	Tâches dans l'énoncé : objectif explicite pour l'élève.
Supports fournis	Textes liés à vie quotidienne pour contexte et questionnement.	Contexte, liste de matériel, protocole à l'écrit, et questions d'exploitation.
Amélioration possible	<p>Articuler les questions autour d'un problème à résoudre.</p> <p>Développer stratégies en compréhension chez l'élève.</p> <p>Ecoute prononciation avant de lire une question/un texte (acapela.org).</p>	<p>Réorganiser l'énoncé sur le modèle des activités expérimentales types ECE.</p> <p>Permettre la mise en place des stratégies en compréhension audio-visuelle et écrite par les élèves.</p>

Annexe du chapitre IV.1.2c - module 1 de co-construction, cours et AE partagés par l'enseignant

Exemple de cours de l'enseignant complice partagé et commenté lors du module1 de co-construction.

Chapitre 1 : Ondes et particules

Objectifs :

- Comprendre la notion d'onde mécanique
- Mesurer sa vitesse
- Caractériser les rayonnements qui traversent l'atmosphère

I. Qu'est-ce qu'une onde ?

Une **perturbation** est une modification locale et temporaire des propriétés physiques d'un milieu.

Une **onde continue** est la propagation de cette perturbation dans un milieu.

L'onde est **transversale** si la déformation est perpendiculaire à la direction de propagation de la déformation. A l'inverse, l'onde est **longitudinale** si la déformation s'effectue dans la direction de propagation.

II. Qu'est-ce qu'une onde mécanique ?

Si la propagation de la perturbation se faisant de proche en proche nécessite un milieu matériel, l'onde est dite **mécanique**.

1. Exemples d'ondes mécaniques

La houle, les tremblements de Terre, les sons, proviennent être décrits par des ondes mécaniques. Ces phénomènes s'accompagnent de la déformation et la déformation a une amplitude maximale.

2. Détecteurs d'ondes mécaniques

AE 1 : Détection des ondes mécaniques

Un **sonomètre** (ou **sonographe**) sert à détecter les ondes sonores.

La **longueur maximale** λ_{max} d'un sonomètre est la plus grande valeur possible de λ . L'**échelle de Richter** classe les séismes par une grandeur sans unité, la **magnitude** M .

$$M = \log \left(\frac{E}{E_0} \right)$$

avec $E_0 = 10^{10} \text{ J}$

et E en J

et M sans unité

Remarque : les séismes de magnitude inférieure à 3 ne sont pas ressentis, ceux supérieurs à 5 engendrent des destructions.

III. Qu'est-ce que les ondes sonores ?

Le son est un cas particulier d'ondes mécaniques : il se caractérise par la propagation d'une perturbation qui admette temporairement la densité de particules constituant un fluide faisant varier sa pression.

L'onde sonore est **longitudinale**. La propagation de l'onde sonore se caractérise par un **transfert d'énergie de proche en proche**.

Remarque : les particules se déplacent autour d'une position d'équilibre. Il n'y a pas de transport de matière à grande échelle.

1. Le niveau d'intensité sonore

L'**intensité sonore** I définit en un point de l'espace et la puissance sonore par unité de surface. Elle s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Le **niveau d'intensité sonore** (ou **niveau sonore**) en décibel (dB) est :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

avec $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

et L en dB

2. Le détecteur d'ondes sonores

Comme l'oreille, un **microphone** est un détecteur d'ondes sonores. Le principe de ces capteurs est de transformer la vibration d'une membrane en signal électrique analogique.

IV. Qu'est-ce que les rayonnements ?

Les flux de particules dans l'univers sont regroupés sous les termes de **rayonnements**.

Parmi ces particules :

- Les **particules élémentaires** dont aucune structure interne n'est connue : électrons, neutrons, quarks...
- Des **assemblages de particules élémentaires** : neutrons, atomes...
- Des **photons**, particules associées aux ondes électromagnétiques.

Les **ondes électromagnétiques** se mélangent pas de milieu matériel pour se propager. Les sources des ondes électromagnétiques diffusent sous la forme de **photons associés** :

- Les **ondes infrarouges**, **visibles** et **ultraviolettes** ont pour principales sources des corps chauds (étoiles).
- Les **ondes radio** sont produites sur Terre par des antennes et dans l'espace par des étoiles (radio galaxie).
- Les **rayonnements ionisants** (X ou gamma) sont créés par des pulsars, sur Terre par des corps radioactifs.

3. Les détecteurs

a. Les ondes électromagnétiques

Les **détecteurs d'ondes électromagnétiques** (ou de photons) sont nombreux selon le domaine étudié.

Exemple : CCD (visible), antenne (radio), capteurs CCD (visible et IR), photomètre et bolomètre (IR)

b. Les particules

Les premiers détecteurs de particules permettaient de visualiser leur trajectoire fournissant des informations sur la charge et la masse des particules.

Exemple : <http://www.cern.ch/fr/visu/visu01>

Le **compteur Geiger** permet de détecter les particules radioactives.

c. Appropriation du rayonnement

L'absorption des rayonnements par l'atmosphère dépend de leur nature :

- La lumière visible et la plupart des ondes radio sont peu absorbées.
- Les rayons X, certains ultraviolets (UV-C) et les grandes ondes radio ne franchissent pas la haute atmosphère.
- Le rayonnement infrarouge est absorbé par les gaz à effet de serre contenus dans l'atmosphère.

Le **vent solaire** (flux de particules) est dévié vers les pôles par le champ magnétique terrestre, provoquant des aurores polaires.

Remarque : Pour détecter les rayonnements absorbés l'atmosphère, certains détecteurs sont embarqués dans des engins spatiaux (télescope Hubble).

Exemple d'énoncé activité expérimentale (6 pages) élaboré par l'enseignant complice, partagé et commenté lors du module1 de co-construction.

« Au-dessus des nuages, le ciel est toujours bleu »

Leslie Woltton

OBJECTIFS :

- Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.
- Préparer un échantillon expérimental pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par spectrophotométrie.

LE CONTEXTE

Vous travaillez pour l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits vétérinaires) et vous êtes chargés de contrôler le colorant utilisé dans un bain de bouche F'aldolact®.

L'objectif de cette activité expérimentale est de répondre aux questions suivantes :

- Quel est le colorant bleu présent dans la solution destinée Aldolact® ?
- Quelle est la concentration du colorant de ce bain de bouche ?

LES DOCUMENTS

Document 1 : Colorants alimentaires bleus usuels

Colorant	Bleu patent V	Indigotine	Bleu brillant
Code européen	E131	E132	E133
Dénomination colorant conservateur			
MS (mg/kg)	25	5	0,4

Document 2 : Spectrophotométrie

Le spectrophotomètre est un appareil qui affiche l'absorbance A d'une solution colorée (voir schéma). L'absorbance A mesure la proportion de lumière absorbée par une solution colorée, pour une longueur d'onde λ , et une concentration C donnée.

Document 3 : Spectre d'absorption de l'indigotine

Le spectre de l'indigotine (colorant et désodorisant naturel) est représenté ci-dessous.

La maximum d'absorption correspond à 615 nm : la solution la plus absorbante est dans le vert.

La couleur de la solution aqueuse d'indigotine est donc bien la couleur complémentaire : le rouge.

Document 4 : Deux modes d'utilisation du spectrophotomètre

- Mode manuel pour mesurer les absorbances à une longueur d'onde donnée.
- Mode piloté par ordinateur pour tracer des spectres d'absorption en variant l'épaisseur ou au cours du temps.

Document 5 : Spectre d'absorption dans le visible de quelques colorants bleus

Document 6 : Protocole expérimental pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par spectrophotométrie.

Compétence : COMMUNIQUER

Appel professeur : Validation du protocole. Ce protocole sera réalisé au bureau par le professeur.

Repondre à la première question du contexte en justifiant.

Document 7 : Protocole expérimental pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par spectrophotométrie.

LE MATERIEL

- Une solution de bain de bouche Aldolact®
- Une solution mère de concentration molaire $C_0 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 2 Bains jaugés de volume 20,0 et 20,0 mL
- 3 Pipettes jaugées de volume 20,0, 10,0 et 20,0 mL.

LE TRAVAIL A EFFECTUER

Partie 1 : L'identification du colorant

Compétence : ANALYSER

Appel professeur : Validation du protocole.

Repondre au protocole permettant d'identifier le colorant utilisé dans la solution destinée Aldolact®.

Partie 2 : La détermination de la concentration

On devra préparer par dilution des solutions filles à deux les concentrations molaires figurant dans le tableau ci-dessous à partir d'une solution mère C_0 de l'espèce chimique bleue identifiée dans la première partie. La concentration de la solution mère est $C_0 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La mesure de l'absorbance de ces solutions filles à une longueur d'onde précise va nous permettre de déterminer la concentration de la solution chimique bleue identifiée dans la solution commerciale.

Compétence : ANALYSER

Appel professeur : Validation du protocole.

Calculer le facteur de dilution $f_i = \frac{C_0}{C_i}$ de chaque solution à préparer. Compléter le tableau.

Nommer la grandeur qui se conserve au cours d'une dilution. En déduire la relation entre le volume de solution fille V_f à préparer et celui de solution mère V_m à prélever.

Compétence : REALISER

Appel professeur : Validation du protocole.

Réaliser les différentes solutions à préparer.

Après avoir mesuré l'absorbance de la solution mère en utilisant de l'eau distillée, mesurer les absorbances des solutions à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Tracer la courbe de la relation absorbance A des solutions en fonction de leur concentration molaire C en l'espèce colorée.

Compétence : VALIDER

Appel professeur : Validation du protocole.

Après avoir rapatrié la loi de Beer-Lambert, être elle est vérifiée ? En déduire la constante k en précisant ses unités.

Document 8 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 9 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 10 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 11 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 12 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 13 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 14 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 15 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 16 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 17 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 18 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 19 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Document 20 : Comment utiliser les résultats obtenus pour déterminer la concentration molaire en colorant dans la solution destinée ?

Annexe du chapitre IV.1.2d - module 1 de co-construction, déroulement, 14 juin 2016

1	0' : confirmation que l'enseignant complice a une classe de terminale scientifique avec deux groupes de travaux pratiques – élément de contexte sur la répartition des classes de terminale scientifique au sein de l'équipe de physique-chimie du lycée
2	1'15 : confirmation de la répartition horaire des cours hebdomadaires de physique-chimie (un créneau de deux heures et un d'une heure en classe entière, les travaux pratiques durent deux heures pour un groupe)
3	1'36 : place de la langue anglaise dans la séquence
4	N : en classe entière, on intègre de temps en temps l'anglais mais sans plus / enfin je veux dire / sans exiger que les élèves répondent en anglais / en TP y aura beaucoup plus de documents en anglais
5	E : 100% en anglais quand même ? / nan / un peu de français quand même ?
6	N : 100% en anglais / mais je pense qu'en fonction du niveau de classe on pourra aussi / réajuster
7	2'00 : constitution des groupes
8	E : ouais, toute façon on a dit qu'on faisait au hasard les groupes
9	N : oui au hasard mais peut être en répartissant les élèves de section euro de manière égale dans les groupes
10	2'20 : un créneau d'une heure pour de l'accompagnement personnalisé (AP) en demie classe a lieu par quinzaine et dépend de l'organisation en Sciences et Vie de la Terre - l'enseignant complice prévoit de commencer par les incertitudes et des activités type bac en AP.
11	3'29 : durée de la séquence – environ six semaines dès septembre – prise en compte du calendrier à la rentrée
12	4'15 : affichage du mur padlet - choix du thème du réchauffement climatique (article), l'enseignant indique avoir lu l'article déposé sur le mur padlet ; but du débat ; présentation du document partagé « propositions ... »)
13	E : c'est genre le truc qu'on peut faire en AP
14	5'16 : compétence « extraire des informations » déjà présente dans la pratique enseignante
15	5'59 : TP format type ECE déjà présent dans la pratique
16	N : est-ce que toi tu travailles déjà sur des activités documentaires en terminale ou est-ce que ça va changer beaucoup par rapport à ta pratique ?
17	E : euh // non je fais peu / en fin j'en fais mais ça dépend / j'en fais par une par semaine /
18	Affichage d'un énoncé d'AE proposée en TP en terminale S - clé USB sur ordinateur
19	E : moi je fais que type ECE / si tu veux regarder // moi je mets en fait / chaque compétence / je détaille / je décompose le TP en compétences / et ils s'autoévaluent A B C D / tu peux prendre un TP au hasard / et souvent comme on a un créneau de deux heures / j'aime bien décomposer en deux TP à la suite / tu vois j'aime bien genre / que ça dure une seule heure comme aux ECE
20	E : Tu vois je mets les objectifs / là il y a toujours un contexte / une problématique / enfin ce n'est pas toujours une problématique / une question / à laquelle ils vont répondre / les documents / donc c'est là qu'on aura les documents en anglais / donc du coup / à chaque TP ils extraient des documents quand même / par rapport à ce que tu disais tout à l'heure / je ne le fais pas souvent en cours mais / à chaque séance de TP il y a des documents / euh ça c'est pour utiliser le logiciel latispro donc je le mets dans les documents / ça c'est pour ceux qui vont vite / après je mets le matériel /

21	7'23 : discussions autour d'un exemple d'activité expérimentale utilisé par l'enseignant dans sa pratique
22	N : et ça c'est des TP où par exemple tu trouves la trame sur internet ou tu fais tout tout seul ?
23	E : ça je les ai pris / euh avec un autre collègue / il m'a fourni les bases et je les ai travaillés / les élèves répondent directement sur la feuille / après je fais tout le temps comme ça en TP / je photocopie en format livret / ça fait pas trop de feuilles / les élèves sont habitués // après ils s'autoévaluent à la fin / mais ils ne le font pas tout le temps / je fais aussi comme ça en seconde
24	9'32 - document partagé « propositions ... » - se mettre d'accord sur une programmation - pour les 2h de TP, selon le thème et les contenus, répartition des heures en deux pour avoirs deux AE d'une heure (habitude de l'enseignant) au lieu d'une seule qui dure deux heures.
25	10'49 : exemple de l'AE sur les transferts thermiques qui devrait plutôt durer 2h - l'enseignant montre une version non finalisée d'énoncé de TP réalisé en classe - 12'28' matériel didactique
26	N : tu fais donc de la calorimétrie ?
27	E : en fait / on a des petites maisons / qui contiennent / on a des petites maisons en bois / tu vois y en une qui contient de la laine de verre / polystyrène / liège / on met une résistance à l'intérieur / et on chauffe l'intérieur de la maison / et on regarde l'évolution de la température / et on voit que / s'il y a des pertes
28	N : et la température vous la mesurez comment ?
29	E : on a un petit thermomètre / qu'on met par une petite cheminée / donc c'est à peu près hermétique / et on voit que selon les matériaux ça / après on fait des calculs de / chaleur et compagnie /
30	N : d'accord donc faudrait que je vois le matériel parce que / c'est un matériel didactique déjà ?
31	E : ça avait été fait par un collègue / parce qu'avec les calorimètres / ça ne marche pas terrible / enfin / (xx) / donc là on voit qu'il y a des pertes quand même mais on voit / les différences euh / tu peux tracer / l'augmentation de la température / en fonction du temps et euh / on voit qu'il y a une température de (E fait un geste horizontal avec la main) //
32	N : pour le régime permanent ?
33	E : voilà / et qu'elle est différente en fonction des matériaux
34	N : et ça ça tient en une heure ? Ou deux ?
35	E : euh ça c'est une heure et l'autre heure / ah oui ça c'est pas mal / c'est un calorimètre enfin / comment je pourrai appeler ça / on a deux blocs de métal / deux blocs de fer / y en a un que tu trempe euh dans un bain marie et tu chauffes à 70 degrés et l'autre il est à température ambiante / tu les mets l'un sur l'autre / et tu les mets dans leur housse qui est en fait en polystyrène / qui fait calorimètre / et t'as deux trous pour mettre la sonde et mesurer la température / et tu vois le / l'échange thermique
36	N : le transfert thermique entre les deux/ d'accord
37	14'24 - cibler les TP et tenant compte de la durée : transferts thermiques par convection et conduction sur le même créneau ? tenir compte aussi de la version en anglais

38	E: parce que ce TP là en plus / ce qui est bien / c'est que tu peux calculer la capacité thermique de / si tu mets fer et aluminium / tu vois qu'il y en a un qui absorbe plus que l'autre / mais par contre il faut pas chômer / mais la maison tu la mets en fil rouge / comme ils doivent mesurer la température / tu fais donc / au début ils lancent leur maison / ils sont plusieurs par maison / et puis s'ils ratent / je crois que c'est toutes les trente secondes / donc ils peuvent mettre dans latispro trente-huit au lieu de trente secondes / et oui / la courbe est pas mal / ça marche bien / et oui s'ils ont le temps ils font fer-fer et fer-aluminium / pour mesurer la capacité / ouais ça marche bien aussi / parce que les calorimètres / enfin nous ils sont // c'est pas terrible
39	16'08 : document partagé « propositions ... », affiché à l'écran - AE détecteur
40	N : il faudrait qu'on puisse échanger les énoncés que tu as fait cette année /
41	E : euh pour les détecteurs moi je suis allé très vite / j'ai fait une activité documentaire à la maison /
42	N : d'accord et photodiode tu as fait ?
43	E : euh non
44	N : et un capteur d'un appareil photo avec le logiciel salsa?
45	E : euh non ça j'ai pas fait / je sais pas faire
46	16'42 : document partagé « propositions ... », affiché à l'écran et références à des exercices de manuels sur la nature du rayonnement (obstacle et difficultés)
47	16'48 : effet de serre - radiation
48	N : l'idée de / bien connaître ce qu'est un gaz à effet de serre /et de connaître / et qu'en fait il y a interaction rayonnement-matière / et que ça permet de dépasser l'idée de l'élève que le gaz à effet de serre piège les rayons / je prends le parti de travailler sur les spectres UV-visible et IR avec les molécules qui absorbent et faire une activité sur les spectres / alors je ne sais pas si tu fais le TP avec tracé de spectres d'espèces colorées avec l'absorbance en fonction de la longueur d'onde du rayonnement absorbé
49	E : euh oui ça on le fait / alors on le fait surtout en 1ere S mais oui en terminale on le reprend / je l'ai fait en début d'année plus tôt / alors qu'est-ce que je leur fais ? / je leur fais doser un colorant bleu / il détermine quel est le colorant bleu
50	N : il traite A en fonction de lambda ?
51	E : euh oui / y a une première étape avec une activité documentaire pour identifier le colorant et après je leur fais diluer pour la courbe d'étalonnage / ça on va vite parce que c'est fait en première S
52	N : et ça / ça tombe aux ECE non ?
53	E : oui euh/ oui mais nous on le fait pas parce qu'on n'a pas assez de spectrophotomètres / on en a deux donc on ne le propose pas
54	N : donc avec deux spectrophotomètres ça veut dire que les élèves passent au bureau pour l'utiliser ? / ils peuvent tous avoir un spectre en fonction de lambda ?
55	E : oui euh/ oui ils ont le spectre // mais de toute façon ils viennent relever leurs valeurs / et après ils tracent euh / ils rentrent leurs valeurs euh / parce qu'ils ont pas besoin de tracer tout le spectre / on met au lambda max pour / et avec les documents que j'ai donné ils peuvent déterminer le lambda max de toute façon /
56	N : d'accord ok / ils n'obtiennent pas l'absorbance en fonction de lambda pour une espèce donnée
57	E : non ça ils le font en première (E lit l'énoncé) / euh si pardon, c'est moi qui le fais au bureau comme ça les élèves identifient le colorant le diluent et déterminent la concentration d'après la courbe d'étalonnage // et après l'infra-rouge, je donne des documents / c'est une étude de docs / et après RMN / c'est pareil /
58	20'40 - analogie entre solutions colorées absorbantes de rayonnement et GES

59	N : là pour la séquence on va travailler sur UV visible et IR seulement / parce qu'en fait après l'analogie / l'idée c'est que les chercheurs pour étudier les propriétés des GES / ils utilisent la loi de Beer Lambert adaptée aux gaz / pour en fait / étudier les gaz et la concentration du gaz / en fonction de l'altitude sondée / et d'avoir le profil/ donc du coup je voulais proposer ça pour faire un dosage par étalonnage sur l'exemple d'une espèce colorée et contextualiser le TP avec le travail des chercheurs sur les gaz à effet de serre pour déterminer leur concentration / l'élève une fois qu'il a fait le TP avec une espèce colorée / il pourra faire l'analogie et conclure par rapport à la problématique
60	E : oui ça change de contexte et de thème /
61	21'40 – partage d'expériences enseignantes sur les AE de type « dosage par étalonnage avec mesure d'absence » puis troisième proposition d'AE discutée
62	N : après en troisième TP c'est sur l'atmosphère qui piège les rayons solaires / ce 'n'est pas juste un rayonnement mais il y a aussi des transferts d'énergie / donc là je voulais travailler sur le laser / ça change un peu la séquence / parce qu'en général le laser on l'étudie en fin d'année ?
63	E : mmh
64	N : euh / c'est pour montrer qu'on passe au niveau atomique et non pas moléculaire comme précédemment / et donc je voulais proposer de faire un lien avec le lidar / qui est en fait un faisceau laser qui est envoyé sur une cible et par réflexion du rayon laser / on arrive / à distinguer / à comparer les informations entre faisceau incident et réfléchi / c'est pour faire l'analogie
65	E : d'accord et du coup en TP qu'est-ce que tu ferais ?
66	N : euh là je ne sais pas ce qui est possible / parce que souvent le laser c'est pour le TP interférences et diffraction? / en tout cas pour le laser on peut faire une activité documentaire sur le passage d'un état de l'atome à un autre / je ne sais pas bien ce qui peut être fait / il faut voir si une activité expérimentale c'est jouable ?
67	E : et après / c'est sur le fonctionnement du laser ou seulement son utilisation ? / avec le chapitre sur la quantique / ils l'ont vu
68	N : je pense que la proposition c'est déjà de voir au niveau microscopique l'état fondamental / excité / et de parler des transitions électroniques et les niveaux d'énergie / réinvestir ensuite en fin d'année quand tu le fais avec le pompage optique / pour toi tu peux voir comme ça ce que les élèves auront retenu / juste sur le laser on s'éloigne un peu du thème
69	24'19 – atomes, molécules et émission, absorption de rayonnement
70	N : donc là c'est les transferts au niveau macroscopique / donc un TP type calorimétrie pour la relation $\Delta U / \Delta T$ et contextualiser avec le réchauffement climatique / les élèves vont pouvoir se dire / ben quand j'étudie les transferts d'énergie dans le cas du réchauffement climatique / le système c'est quoi ? / la Terre ? / est-ce que la Terre c'est la surface ? / l'atmosphère? / la Terre plus l'atmosphère ? / et après comment je fais un bilan d'énergie ? / il faudrait travailler sur le flux entrant et le flux sortant du système pour montrer qu'il y a un équilibre quand la température de la Terre reste constante / ou pas d'équilibre si la température du système varie
71	E : d'accord
72	N : c'est un enjeu fort de la séquence puisque si réchauffement il y a / c'est que la température de la Terre augmente / comment les élèves utilisent alors les bilans ?
73	E : d'accord / je réfléchis en même temps comment avec les chapitres que j'ai faits cette année ça pourrait euh / s'intégrer

74	N : donc ça c'est au niveau micro / donc j'avais mis quelques points / déjà faut voir ce qu'est un transfert par conduction / convection / rayonnement / le lien entre macro et micro / les trois premières séances c'est plutôt micro donc ça fait la transition / donc après /poser les bases de la thermo parce qu'après / comme le système Terre atmosphère c'est compliqué / il faut que les élèves puissent se dire bon ben ça on modélise par un système thermo / ça je sais faire pour la maison / donc l'intérieur de la maison c'est le système / l'extérieur c'est autre chose / et j'essaie d'identifier les transferts / donc c'est top si vous avez la manip où les élèves voient que la température stagne et qu'on atteint un régime permanent /
75	E : mmh
76	N : et là ça va vraiment les aider pour comprendre / on est toujours avec un système où le régime permanent n'est pas atteint vu que la température de la Terre augmente / donc ça faut voir
77	E : euh oui on l'a fait ça en première
78	N : oui et ce qui est important aussi / c'est qu'ils comprennent que quand un corps est chauffé il émet un rayonnement / et la loi de Wien permet aussi de le modéliser / ça c'est un obstacle assez fort pour comprendre le réchauffement climatique et c'est vu euh / la première semaine où on peut parler du rayonnement/ sa nature et les sources de rayonnement / si c'est des particules ou des ondes /on a des sources différentes et un rayonnement de nature qui varie en fonction / séance 5 / l'idée c'est de continuer avec les transferts en intégrant le flux thermique / c'est aussi au programme de terminale pour ensuite / parler non pas d'énergie entrant mais de flux entrant dans le système Terre atmosphère / car tout ce qui se fait avec les recherches sur le climat se fait en watt par mètre carré et pas avec des Joules /
79	E : mmh
80	N : donc voilà c'est pour insister sur régime permanent / transitoire qui est un obstacle / j'ai des idées pour la séquence mais je te laisserai voir / et pour la répartition/ on peut envisager une heure avec la maison et une heure avec les métaux
81	27'50 - activité documentaire sur les transferts thermiques et la résistance thermique année N-1 en lien avec le TP ; l'enseignant complice propose à chaque créneau de TP une activité à caractère expérimental ; la partie documentaire d'un énoncé d'activité expérimentale est parfois traitée par les élèves en amont, en devoirs à la maison
82	N : après / moi je me demande pour la recherche menée / en amont / si les élèves préparent l'exploitation des documents / certains en français et certains en anglais / je ne vais pas savoir comment ils s'y prennent / alors je sais pas / au niveau du timing / les laisser exploiter les documents pendant le TP / ils auront le temps ?
83	E : euh faudra voir comment on construit la séance
84	N : oui on peut peut-être réduire le nombre de documents ?
85	E : euh oui / et ça dépend quand ils ont le TP / le créneau dure 1h50 l'après-midi et 2h le matin
86	30'38 - séquence et mesure de température sur Terre (moyenne de température) : l'enseignant pourra-t-il proposer quelque chose ?
87	31'13 - débat évaluateur des connaissances des élèves - en français et en anglais - à partir de documents pour débattre - l'enseignant complice n'a jamais fait de débat - idées de faire un débat en jeu de rôle (ingénieur dans une grande multinationale, jeune activiste ...) ; évaluation avec synthèse de documents à laisser faire en classe par les élèves - l'enseignant propose de faire le débat en AP pour limiter les TP dédiés à la séquence (en TS, le programme est dense)

88	35' - étude de la programmation en termes de nombre de TP pour mettre le débat en AP - lien avec le tournoi de débat en LVE qui a lieu dans le lycée de l'enseignant complice - étude de la faisabilité du débat en fonction du nombre d'élèves et de l'organisation
89	38'55 - N : le but du débat serait de travailler sur les critères disciplinaires plutôt que linguistiques / est-ce que les élèves ont pu remobiliser des connaissances correctement ? / avec rigueur ? / j'ai remarqué dans son argument qu'il y a des erreurs ou pas d'erreurs scientifiques / je partirais sur huit élèves dans le jeu de rôle / d'autres prennent des notes / et on échange /
90	E : oui ça peut être fait en AP en demie classe
91	N : oui / après / si entre deux semaines ils en parlent entre eux / ça peut biaiser les contenus du deuxième débat / on peut prévoir 20 minutes de préparation / 15 minutes max de débat
92	E : 15 minutes c'est déjà long
93	N : oui tout à fait et en début d'année de terminale / faut pas être trop ambitieux
94	41'25 - l'enseignant est d'accord avec la proposition globale - pour les séances en classe entière, liberté pédagogique lui est laissée - référence à un manuel scolaire pour un exemple d'activité documentaire pour évaluer comment les élèves exploitent des informations, répondent à des questions et font le bilan de ce qu'ils retiennent de l'activité. L'enseignant complice présente des cours en français (rédigés en format numérique) et les traces écrites pré-construites.
95	45'25 - l'enseignant se questionne sur la programmation après la séquence réalisée - il regarde le cahier de texte de l'année N-1, il ne veut pas perdre trop de temps avec des activités documentaires sur des sujets au programme qui peuvent être traités rapidement. Il compare la progression de l'année N-1 avec l'ébauche de séquence proposée.
96	59'39 - évaluation des productions des élèves -
97	1'02'25 - évaluation sommative (contrôle à l'écrit) - habitudes de travail de l'enseignant qui prend souvent des sujets de bac. Intégrer un document en anglais est envisagé dans l'évaluation sommative en fin de séquence.
98	1'03'59 - modalités de l'observation des séances (caméra et observatrice au fond, sans intervention de sa part, micro-cravate à l'enseignant dans la mesure du possible, éventuellement présence de caméra ou de dictaphone sur les paillasse de deux binômes) - documents relatifs aux autorisations pour le droit à l'image et à la diffusion - courrier aux parents
99	1'08'50 - tous les travaux d'élèves qui intègrent une exploitation de supports en anglais sont relevés pour être scannés - l'enseignant complice évalue les élèves en TP et en contrôle
100	1'10'50 - tableau synopsis de DNL - supports vidéo - choix de situation de communication - explication du cadre de référence des 4C de l'EMILE (CLIL)
101	1'15'15 - bilan de ce qui a été dit sur l'utilisation du français et de l'anglais en cours (classe entière) et en TP (demie classe) ; l'anglais n'est pas exigé en production de la part des élèves
102	1'17'15 - anticipation des réactions des parents et réponses possibles à leur apporter
103	1'19'45 - répartition du travail pour la construction de la séquence - présentation du fonctionnement de la padlet -
104	1'25'05 - document retour de séance DNL2 - pour la phonétique, l'enseignant complice réaffirme que c'est compliqué de l'intégrer dans la séance (utilisation de l'internet pour chercher des exemples de transcriptions de mots en phonétique)

105	1'33'00 - document retour de séance - pour la lecture collective, explicitation de l'intérêt de laisser un temps de lecture silencieuse - l'enseignant ajoute qu'il pourrait faire des listes de vocabulaire pour la verrerie en début d'année pour faciliter la lecture des protocoles aux élèves - discussion sur les stratégies des élèves pour deviner un mot anglais désignant la verrerie: comment font-ils pour s'en sortir sans glossaire? - échanges sur la durée du TP de la séance DNL2 : d'un commun accord, le TP était ambitieux
106	1'36'01 - l'enseignant complice copie ses fichiers de cours et d'activités sur l'ordinateur pour les partager
107	1'44'04 - l'enseignant complice présente une vidéo qu'il utilise sur l'effet de serre en français - échanges sur l'intérêt d'intégrer cette vidéo dans la séquence pour évaluer les connaissances des élèves (évaluation diagnostique ou formative) - échanges informels / digressions
108	1'54 - répartition du travail collaboratif d'ici le module de co-construction, suivant utilisation du padlet possible : N affine la progression et la programmation, N construit le plan des activités expérimentales et une proposition de documents, E fait sa progression.

Annexe du chapitre IV.1.3a - module 2, programmation et progression pour la séquence

Programmation pour la séquence – une séance dure une heure

Séance 0	Présentation du projet à la classe. Evaluation diagnostique pour la recherche. Groupe pour les activités expérimentales.	
Séance	Notions et contenus au programme	Compétences exigibles au programme
Séance 1	<p>Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère.</p> <p><i>CHAPITRE 1 : Rayonnements et atmosphère terrestre : télédétection / UNIT 1 : Radiation and Earth's atmosphere: remote sensing Comment sonder l'atmosphère ? How to monitor the atmosphere?</i></p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.</p> <p>Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.</p>
Séance 2	<p>Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère.</p> <p>Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non).</p>	<p>Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection.</p>
Séance 3	<p>Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.</p> <p><i>CHAPITRE 2: Rayonnement et matière : spectroscopie / UNIT 2 : Radiation and matter : spectroscopy Comment caractériser une espèce chimique par spectroscopie ? How to characterise a chemical species by spectroscopy?</i></p>	Exploiter des spectres UV-visibles.
AE1	<p>Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère.</p> <p>Détecteurs d'ondes électromagnétiques.</p> <p><i>AE1 : Télédétection / Remote sensing</i></p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</i></p>
Séance 4	<p>Détermination de groupes caractéristiques. Mise en évidence de la liaison hydrogène.</p>	<p>Associer un groupe caractéristique à une fonction dans le cas des alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.</p> <p>Connaître les règles de nomenclature de ces composés ainsi que celles des alcanes et des alcènes.</p>

Séance 5	Spectres IR Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques. Mise en évidence de la liaison hydrogène.	Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels.
Séance 6	Du macroscopique au microscopique Constante d'Avogadro.	Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.
AE2	Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.	<i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i>
Séance 7	Transferts quantiques d'énergie Émission et absorption quantiques. Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires.	Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.
Séance 8	Transferts d'énergie entre systèmes Macroscopiques. Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique. Capacité thermique. Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.	Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques. Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.
Séance 9	Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité.	Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.
AE 3	Capacité thermique.	Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.
Séance 10	Bilans d'énergie.	Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.
Séance 11 ?	Ajustement	
Séance 12 ?	Défis du XXIème siècle	Extraire et exploiter des informations. En quoi la science permet-elle de répondre aux défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement tout en préservant la planète ?
AE 4	Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Bilans d'énergie.	Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.
TP5 (débat : voir programmation TP)		

Annexe du chapitre IV.1.3b - module 2, progression des TP et repères pour les AE

Programmation et progression des séances en groupes de TP (2h)

TP 1 : Télédétection et satellite - Le LIDAR pour sonder l'atmosphère	
<p>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo) pour étudier un phénomène optique ?</p>	<p>Analogie : détecteurs comme photodiode et caméra mis en relation avec le rôle d'un satellite pour obtenir le spectre d'absorption d'une espèce.</p> <p>Spectre de la lumière blanche observée à l'œil nu puis avec un capteur (=> nature du rayonnement).</p> <p>Spectre de la lumière transmise par une solution colorée.</p> <p>Principe du spectrophotomètre.</p>
TP2 : Déterminer la concentration d'un gaz à effet de serre	
<p>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</p> <p>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de courbe d'étalonnage en utilisant la spectrophotométrie dans le domaine de l'environnement.</p>	<p>Analogie : détermination concentration d'une espèce colorée (Loi Beer-Lambert) et d'un gaz à effet de serre (Loi de Beer -Lambert - Bauguer)</p>
TP3 : Transferts d'énergie pour le système Terre-atmosphère	
<p>Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p>	<p>Analogie : transferts thermiques dans une maison / capacités thermiques de matériaux, pour comprendre ceux entre le système {Terre-Atmosphère} et le Soleil (radiatifs)</p>
TP4 : L'atmosphère	
<p>Réinvestissement des transferts thermiques. Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.</p>	<p>Analogie entre double vitrage et atmosphère (modèles en couches, gradient de température selon l'altitude, flux net à retrouver)</p>
TP5 : débat (1H AP par groupe)	
<p>Mobiliser connaissances et compétences pour mener et participer à un débat.</p> <p>Extraire et utiliser des informations pour préparer ses arguments. Sélectionner des documents.</p>	<p>Evaluation sommative (réinvestissement des notions et contenus de la séquence)</p>

Repères pour les activités expérimentales

Enseignement bilingue

- Les objectifs disciplinaires et linguistiques sont proposés dans chaque énoncé en français : formation de l'élève pour qu'il développe des compétences en physique chimie et en langue étrangère ; références au synopsis des séances de DNL.
 - Les énoncés sont donnés en anglais à un groupe et en français à un autre groupe, en alternant la langue d'enseignement chaque semaine (méthodologie de l'expérimentation dans la cadre de la recherche). Dans le premier cas, l'enseignement reste bilingue : alternance entre les deux langues, étayage dans les deux langues, moments bilingues » prévus ...
 - Pour aider les élèves à s'approprier le vocabulaire en anglais, une marge plus importante à droite a été laissée pour construire le lexique : un travail écrit et oral, initié par l'élève, puis le binôme, puis la classe, devra être réalisé (traduction mot à mot, synonyme en anglais, paraphrase, questionnement pour aider à la mémorisation, au réinvestissement du vocabulaire, à la compréhension ...).
- ⇒ Je propose que **tu utilises la version en anglais pour construire la version en français en traduisant l'énoncé** : je pense que cela te permettra de mieux t'imprégner de l'activité et de repérer d'éventuelles erreurs ou points à éclaircir.

Approche par tâches et perspective actionnelle

- Le contexte suivi de la problématique/question de recherche permet de viser les objectifs.
 - La tâche finale qui consiste à répondre à la problématique/question de recherche est à réaliser en anglais pour la version anglaise. Elle permet de vérifier si les objectifs sont atteints. Les tâches intermédiaires permettent d'aider l'élève à réaliser la tâche finale : ils sont incités à utiliser l'anglais mais selon le temps imparti et le niveau de langue et de science de l'élève, le français pourra être utilisé.
 - Les élèves pourront être incités régulièrement à comparer leurs idées et à les mettre en commun au sein du binôme pour réaliser les tâches. La mise en commun entre binômes favorise l'expression orale et permet une correction de la tâche.
- ⇒ Un titre est proposé : libre à toi de le modifier et d'y ajouter une citation comme sur les énoncés que tu as élaborés.
- ⇒ Il faudrait vérifier que **le matériel** est bien disponible et que les **expériences** sont bien réalisables.

Annexe du chapitre IV.1.3c - module 2, proposition pour la semaine 1

Propositions pour la semaine 1 - Chapitre : Ondes et rayonnement / Unit : Waves and radiation

Séance 1 : Rayonnements dans l'Univers et atmosphère terrestre	
Problématique :	
Référence au programme	Observer Ondes et matière Les ondes et les particules sont supports d'informations. Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ? Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ? Ondes et particules
Notions et contenus	Rayonnements dans l'Univers Absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre.
Compétences exigibles	- Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. - Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.
Lien avec le fil rouge « réchauffement climatique »	- Accéder aux conceptions initiales sur le réchauffement climatique. - Mettre en évidence l'interaction rayonnement matière. - Distinguer les différents types de rayonnements.
Obstacles didactiques sur le réchauffement climatique	- Confusion sur nature des rayonnements : notamment entre UV et les autres. - Un rayonnement peut être une onde ou une particule (onde pour le thème étudié) - Idée erronée sur le fait que l'atmosphère piège les rayons solaires et/ou les infrarouges. - Phénomènes d'absorption, de réflexion et de transmission de rayonnement ne sont pas évoqués.
Evaluation diagnostique 1 (recherche)	En français, image et questionnaire pour avoir les idées des élèves sur le réchauffement climatique : notions abordées dans la séquence sont mobilisées dans le questionnaire

Activité documentaire, formation à la synthèse de docs : expliquer ce qu'on a compris des docs (niveau débutant)	L'activité intègre un très court document en anglais avec graphique ou image - lexique si besoin (<i>hachette act doc p20 -21 ; ex : camera IR, rayonnement, nathan sirius2012 p30</i>) - activités doc à modifier avec anglais : https://www.ac-strasbourg.fr/pedagogie/physiquechimie/terminale-s/observer/detection_IR ; doc NASA
Expérience bureau	Rappels seconde en anglais et français : spectres de bandes d'absorption d'une solution colorée, expérience avec prisme et solution de permanganate de potassium ou sulfate de cuivre (liens avec fenêtres atmosphériques)
Exercices d'entraînement	<i>Bordas 19 p26 (parties du spectre)</i>
Trace écrite / Bilan	

Séance 2 : Rayonnements dans l'Univers et atmosphère

Problématique :

Référence au programme	Observer Ondes et matière Les ondes et les particules sont supports d'informations. Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ? Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ? Ondes et particules
Notions et contenus	Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non)
Compétences exigibles	Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection.
Lien avec le fil rouge « réchauffement climatique »	- Mettre en évidence l'interaction rayonnement matière. - Distinguer les différents types de rayonnements. - Comprendre le lien entre nature du rayonnement et sa source : IR pour corps chaud/chauffé...

Obstacles didactiques sur le réchauffement climatique	- Confusion sur nature des rayonnements : notamment entre UV et les autres. - Idée erronée sur le fait que l'atmosphère piège les rayons solaires et/ou les infrarouges.
Evaluation diagnostique 2 (recherche)	A partir d'une image représentant l'effet de serre et les rayonnements de couleurs différentes : l'élève sait-il repérer les types de rayonnements ? Sait-il expliquer comment ils sont produits (sources) ?
Activités documentaires	L'activité intègre un très court document en anglais avec graphique ou image - lexique si besoin (<i>doc intéressant pour comprendre spectre obtenu par détecteur : Bordas fig1 act2p15</i>)
Exercices d'entraînement	Bordas n°20p26 (sources et rayonnements)
Bilan/ trace écrite	À partir d'une vidéo en anglais, « peu de texte » ?
Evaluation formative	Même image

Séance 3 : Spectroscopie et composition de l'atmosphère

Problématique :

Référence au programme	Observer Ondes et matière Les ondes et les particules sont supports d'informations. Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ? Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ? Analyse spectrale
Notions et contenus	Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques
Compétences exigibles	Exploiter des spectres UV-visibles
Lien avec le fil rouge « réchauffement climatique »	- spectre d'absorption caractéristique de l'espèce : identification des gaz à effet de serre ou polluants par leurs spectres - Opacité/transparence à un rayonnement pour un domaine spectral donné et une espèce donnée (polluants ou gaz à effet de serre)

Obstacles didactiques sur le réchauffement climatique	<ul style="list-style-type: none"> - Confusion entre gaz à effet de serre et/ou polluant et/ou ozone - Idée erronée que l'atmosphère est une couche homogène (gradient en concentration) - Idée erronée que tous les gaz à effet de serre piègent de la même façon les IR – « pouvoir réchauffant » des gaz à effet de serre
Evaluation diagnostique 3 (recherche)	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève sait-il ce qu'est un gaz à effet de serre, peut-il donner des exemples, les classer selon les plus importants en expliquant ce que signifie « importants » pour eux ? L'élève peut-il expliquer le rôle d'un gaz à effet de serre ? - diapositive (?) : gros titres en français et anglais d'un article de presse, questions
Activités documentaires	L'activité intègre un très court document en anglais avec graphique ou image – lexique si besoin <i>fig 5p 29 de la thèse en ligne sur spectro gaz effet serre http://www.youscribe.com/catalogue/rapports-et-theses/savoirs/spectroscopie-ultraviolet-visible-et-infrarouge-de-molecules-cles-683440</i>
Exercices d'entraînement	...
Bilan/ trace écrite	...

Activité expérimentale 1 : Télédétection et satellite

Référence au programme	<p>Observer</p> <p>Ondes et matière</p> <p>Les ondes et les particules sont supports d'informations.</p> <p>Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ?</p> <p>Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?</p>
Notions et contenus	Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non)
Compétences exigibles	Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.

<p>Lien avec le fil rouge « réchauffement climatique »</p>	<p>Analogie entre fonctionnement d'un détecteur d'ondes en classe utilisant une lumière monochromatique (celui d'un appareil photo, d'une caméra par exemple) et principe de la télédétection et son utilisation pour déterminer nature et concentration des gaz à effet de serre.</p> <p>Satellites en télédétection au-dessus de l'atmosphère car celle-ci n'est pas totalement transparente au rayonnement solaire et terrestre.</p>
<p>Obstacles didactiques sur le réchauffement climatique</p>	<p>Confusion entre les différents types de rayonnements.</p> <p>Idée absente de l'interaction rayonnement / matière, de changement de nature du rayonnement entre ce qui est absorbé par la matière et transmis</p> <p>Evaluation formative ?</p>
<p>Activité expérimentale</p>	<p>Doc de type bordas 12 p24</p> <p>Détecteur de mouvement avec capteur IR : différents matériaux sont opaques/transparents à l'IR</p> <p>puis utilisation photodiode pour obtention du profil spectral selon espèce qui interagit avec lumière</p>

Annexe du chapitre IV.1.3d - module 2, diaporama, semaine 1

1



2



3



4



5



6



7



8



9



5



6



7



8



9



10



III C1 Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.

III C2 Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.

III C3 Extraire et exploiter des informations sur :

- des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ;
- un dispositif de détection.

III CE1 Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection. (AE 1)

Annexe du chapitre IV.1.3e - module 2, proposition de supports en anglais

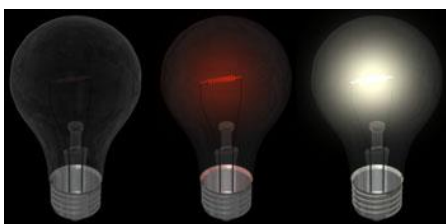
« Earth's atmosphere »

- Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.

Synthèse argumentée : Pourquoi a-t-il fallu attendre l'émergence des télescopes spatiaux et satellites pour avoir des informations sur la diversité des rayonnements ?

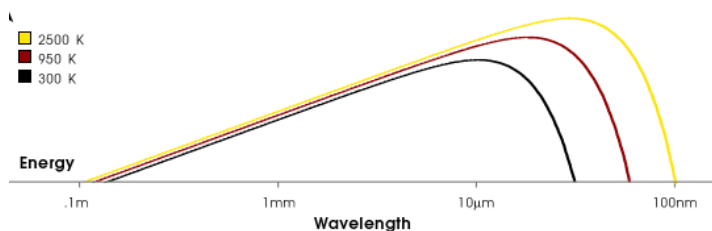
Doc 1. Radiation

Unless it has a temperature of absolute zero (-273°C) an object reflects, absorbs, and emits energy in a unique way, and at all times. This energy, called electromagnetic radiation, is emitted in waves* that are able to* transmit energy from one place to another. For example, this computer, trees, air, the Sun, the Earth, and all the stars and planets are reflecting and emitting a wide range of electromagnetic waves. These waves originate from billions of vibrating electrons, atoms, and molecules, which emit and absorb electromagnetic radiation in unique combinations of wavelengths. Objects emit more intense radiation at higher frequencies as they are heated. A burned-out lightbulb [at room temperature, 27°C (300 Kelvin)] emits no visible radiation, while a heat lamp [677°C (950 Kelvin)] emits most of its energy in the thermal infrared and a little low frequency (red) light. An incandescent bulb [2223°C (2500 Kelvin)] gives off orange-yellow light, although only ten percent of its emitted energy is visible light—the rest is heat.



(Images by Robert Simmon)

The amount of electromagnetic radiation an object emits depends primarily on its temperature. The higher the temperature of an object, the faster its electrons vibrate and the shorter its peak wavelength of emitted radiation. Conversely, the lower the temperature of an object, the slower its electrons vibrate, and the longer its peak wavelength of emitted radiation. This concept can be shown by gripping the end of a long rope and shaking it. Rapidly shaking the rope (high temperature) results in a series of short waves travelling along it, while shaking it slowly (low temperature) results in a series of longer waves

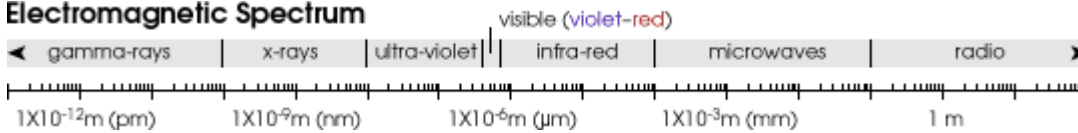


The curves above show the amount of energy an object will emit at 300, 950, and 2500 Kelvin.

Doc 2. Electromagnetic spectrum

The fundamental unit of electromagnetic phenomena is the photon, the smallest possible amount of electromagnetic energy of a particular wavelength. Photons, which are without mass, move at the speed of light—300,000 km/sec (186,000 miles/sec) in the form of waves analogous to the way waves propagate through the oceans. The energy of a photon determines the frequency (and wavelength) of light that is associated with it. The greater the energy of the photon, the greater the frequency of light and vice versa.

Electromagnetic Spectrum



Doc3. Absorption Bands and Atmospheric Windows

Some types of electromagnetic radiation easily pass through the atmosphere, while other types do not. The ability of the atmosphere to allow radiation to pass through it is referred to as its transmissivity, and varies with the wavelength/type of the radiation. The gases that comprise our atmosphere absorb radiation in certain wavelengths while allowing radiation with differing wavelengths to pass through.

The areas of the EM spectrum that are absorbed by atmospheric gases such as water vapor, carbon dioxide, and ozone are known as absorption bands. In the figure, absorption bands are represented by a low transmission value that is associated with a specific range of wavelengths.

In contrast to the absorption bands, there are areas of the electromagnetic spectrum where the atmosphere is transparent (little or no absorption of radiation) to specific wavelengths. These wavelength bands are known as atmospheric "windows" since they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface.

Most remote sensing instruments on aircraft or space-based platforms operate in one or more of these windows by making their measurements with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere. When a remote sensing instrument has a line-of-sight with an object that is reflecting sunlight or emitting heat, the instrument collects and records the radiant energy. While most remote sensing systems are designed to collect reflected radiation, some sensors, especially those on meteorological satellites, directly measure absorption phenomena, such as those associated with carbon dioxide (CO₂) and other gases. The atmosphere is nearly opaque to EM radiation in part of the mid-IR and all of the far-IR regions. In the microwave region, by contrast, most of this radiation moves through unimpeded, so radar waves reach the surface (although weather radars are able to detect clouds and precipitation because they are tuned to observe backscattered radiation from liquid and ice particles).

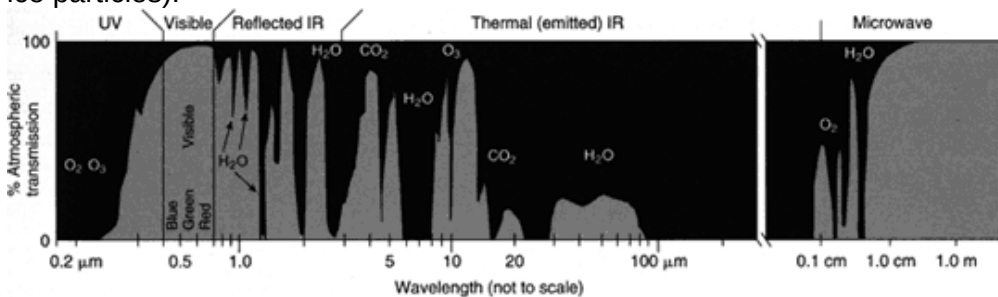


Diagram of atmospheric windows—wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere. [...]

Annexe du chapitre IV.1.3f - module 2, ébauche de l'AE1



Remote sensing

OBJECTIFS :

- **Extraire et exploiter** des informations sur un dispositif de détection
- **Pratiquer** une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.

THE CONTEXT

The term "remote sensing," first used in the United States in the 1950s by Ms. Evelyn Pruitt of the U.S. Office of Naval Research, is now commonly used to describe the science—and art—of identifying, observing, and measuring an object without coming into direct contact with it. This process involves the detection and measurement of radiation of different wavelengths reflected or emitted from distant objects or materials, by which they may be identified and categorized by class/type, substance, and spatial distribution.

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_08.php

Many remote sensing devices are onboard satellites that monitor the Earth from space. How is remote sensing helping us address planetary sustainability on Earth? Remote sensing allows mapping of vegetation, climate and atmospheric composition over large regions and to repeat the measurements consistently over many years.

<http://www.nasa.gov/content/remote-sensing/#.V5CCjKl18SQ>

- **How is the Earth's atmosphere monitored by optical sensors?**

THE DOCUMENTS

Doc.1 : GOMOS on Envisat: an overview *

The GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) instrument is a spectrometer on board the European Space Agency's Envisat satellite that was launched on March 1st 2002. GOMOS uses the stellar occultation measurement principle in monitoring ozone and other trace gases in the Earth's stratosphere (see Fig. 1). The main wavelength region is the ultraviolet-visible region and additional two channels are located in the near-infrared. The species covered by GOMOS are O₃, NO₂, NO₃, neutral

density, aerosols, H₂O, O₂, and in favourable conditions also OCIO and BrO. The two fast photometers in blue and red wavelengths allow investigations of atmospheric turbulence. Photometer data can also be used to derive high resolution temperature profiles. Measurements cover altitude region 5–100 km. [...]

The important advantage of any occultation measurement is the self-calibration. The reference spectrum of a radiation source is first measured when the source can be seen above the atmosphere. During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. When these occulted spectra are divided by the reference spectrum, nearly calibration-free horizontal transmission spectra are obtained. Transmissions provide the basis for retrieval of atmospheric constituent densities. The self-calibration means that occultation measurements can be used to create long time series which is necessary in monitoring the predicted slow recovery of the depleted ozone layer. [...]

*E. Kyrölä, J. Tamminen, G.W. Leppelmeier, V. Sofieva, S. Hassinen, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, C. Cot, O. Korablev, O. Fanton d Andon, G. Barrot, A. Mangin, B. Th eodore, M. Guirlet, F. Etanchaud, P. Snoeij, R. Koopman, L. Saavedra, R. Fraisse, D. Fussen, F. Vanhellemont, GOMOS on Envisat: an overview, *Advances in Space Research* 33 (2004) 1020–1028

Doc. 2 : Measurements provided by GOMOS

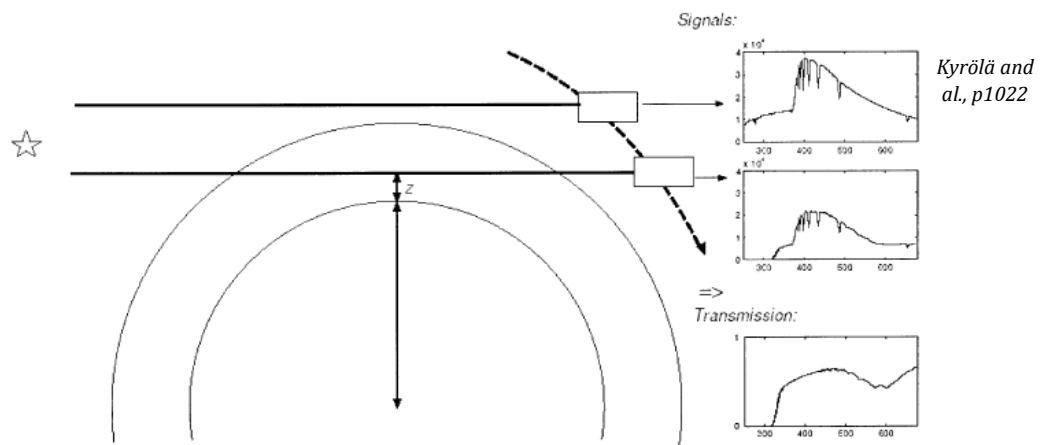
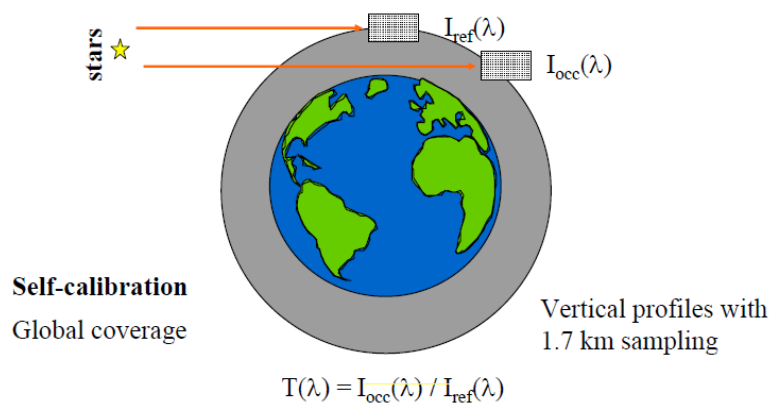


Fig. 1. The measurement principle of GOMOS.



https://earth.esa.int/dragon/D4_L1_Simon.pdf p14

Doc. 3 : Several detectors in GOMOS

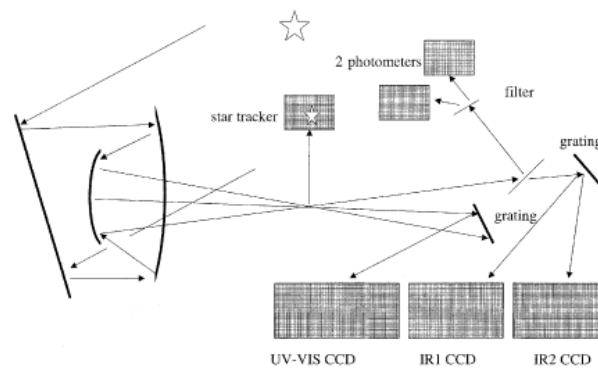


Fig. 2. The optical layout of GOMOS.

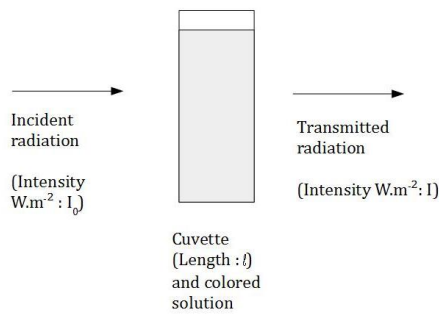
The incoming light is forwarded to several detectors. The first detector is the star tracker operating in 650–950 nm and working with 100 Hz to guide the pointing system. The remaining light is divided between the spectrometers and the two photometers. The photometers work in the blue and red wavelength regions with 1 kHz frequency. The spectrometers work in the ultraviolet-visible wavelengths 250–690 nm and two channels are in the near-infrared at 750–776 nm and at 916–956 nm. The CCD detectors make it possible to estimate radiation coming from extended sources and extract it from the stellar signal. *Kyrölä and al., p1022*

Doc. 4 : Couple-charges Device (CCD) comprise photodiodes

Silicon* photodiodes are semiconductor devices responsive to high-energy particles and photons. Photodiodes operate by absorption of photons or charged particles and generate a flow of current in an external circuit, proportional to the incident power. Photodiodes can be used to detect the presence or absence of minute quantities of light and can be calibrated for extremely accurate measurements from intensities below 1 pW/cm² to intensities above 100 mW/cm². Silicon photodiodes are utilized in such diverse applications as spectroscopy, photography, analytical instrumentation, optical position sensors, beam alignment, surface characterization, laser range finders, optical communications, and medical imaging instruments. (*silicium Si)

<http://www.osioptoelectronics.com/application-notes/AN-Photodiode-Parameters-Characteristics.pdf>

Doc.5 : Absorbance of aqueous colored solutions



The absorbance of a solution is related to its transmittance T :
 $A = \log (1 / T)$

Hence, $A = \log (I_0 / I)$

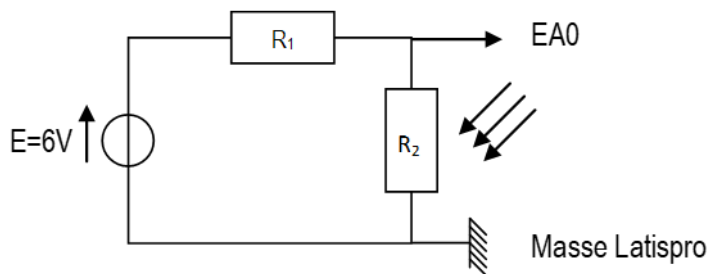
An absorbance value of 1 means that 10% of the incident radiation is detected.

Absorbance is function of the wavelength of incident radiation, the length of the cuvette, the substance that absorbs radiation and its concentration, the solvent and the temperature.

THE MATERIAL

Voir Montage circuit en série de l'activité ondes sismiques AE1 2015-16

- Un boîtier photorésistance et une résistance de 100Ω
- Un laser et son support



THE WORK TO DO


Part 1 : Remote sensing provide measurements

<u>APP</u> : Mettre en relation les informations extraites des documents.	A B C D	
---	---------	--


- ~~1~~ 1 – question sur le principe de mesure du satellite
- ~~2~~ 2- question sur les capteurs
- ~~3~~ 3 – question sur le fonctionnement global du sondage de l'atmosphère (reprendre 1 et 2)

Part 2 : Experimenting remote sensing in the lab

<u>ANA</u> : Proposer un protocole.	A B C D	
-------------------------------------	---------	--

 1- tableau pour l'analogie


Remote sensing by GOMOS	Remote sensing in the lab	Limits, differences
Star		
Atmosphere		
Photometers, spectrometers and CCD		
Signals, spectra		
Transmission $T(\lambda, z)$		
$I_{occ}(\lambda)$		
$I_{ref}(\lambda)$		

 2- Protocole avec la solution colorée et le montage du circuit en série




Appel professeur : Validation du protocole

<u>REA</u> : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole. Etablir un lien entre le modèle et le dispositif expérimental.	A B C D	
---	---------	--


 3- mesures

<u>VAL</u> : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.	A B C D	
---	---------	--

 4- commenter les résultats obtenus – valeur de A mesurée,

Part 3 : Role played by the satellites

<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	
--	---------	--

 5 – explication du sondage de l'atmosphère – interaction rayonnement-matière

Annexe IV eval diagnostique

NOM Prénom :

CE QUE JE PENSE...

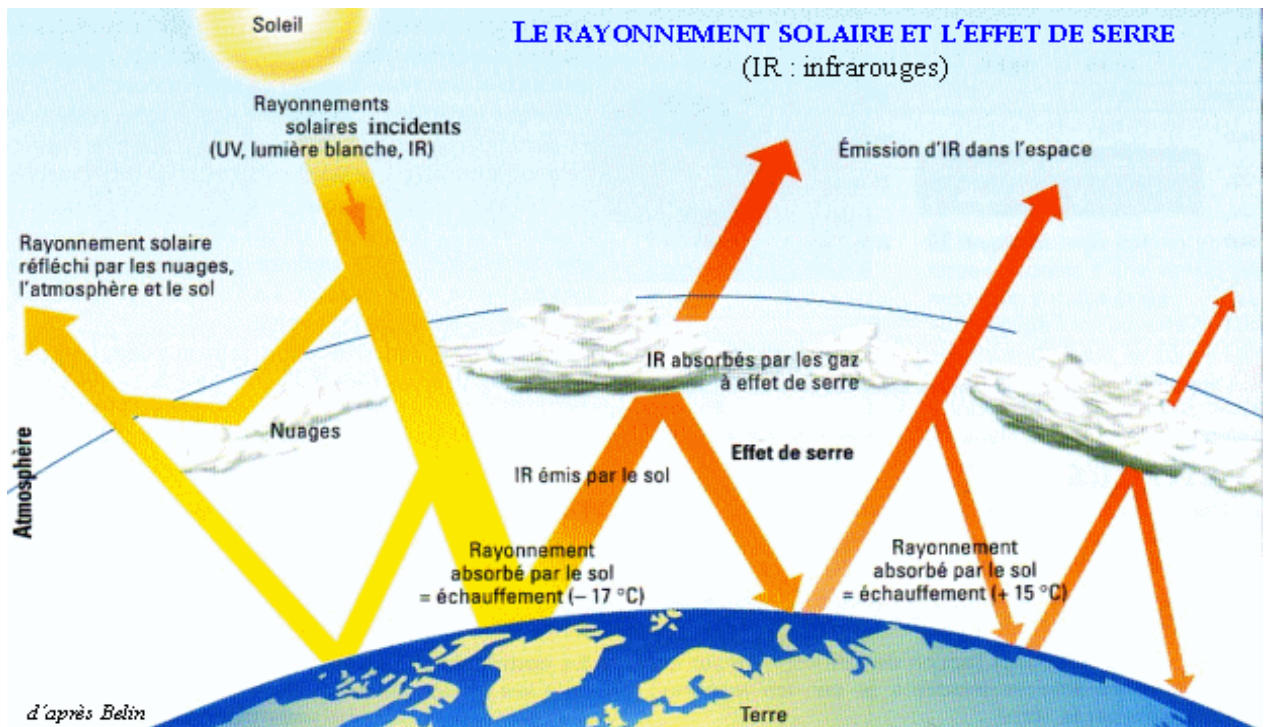
Situation 1 :



- 1.1- A quoi te fait penser l'image ? **Explique ton idée.**
- 1.2- **Légende, annote** l'image pour qu'on comprenne ce que représentent les flèches pour toi.
- 1.3- Que cherche à mettre en évidence l'image d'après toi? **Argmente tes propos.**
- 1.4- Apporterais-tu alors des modifications pour rendre l'image plus compréhensible ? **Lesquelles ? Pourquoi ?**
- 1.5- As-tu des commentaires à ajouter à propos de l'image ? **Ecris-les.**

CE QUE JE PENSE...

Situation 2 :



Un élève de première te demande quelques explications sur cette image.

2.1- Il ne comprend pas l'expression « rayonnement absorbé par le sol » : **que lui dis-tu pour l'aider ?**

2.2- Les annotations « IR absorbés par les gaz à effet de serre » et « Emission d' IR dans l'espace » le rendent perplexé : **quelles précisions lui fournis-tu ?**

2.3- Il s'interroge : pourquoi sont écrites deux informations différentes « -17°C » et « +15°C » sur l'image ? **Qu'en penses-tu ? Donne-lui ton avis.**

2.4- Les couleurs et l'épaisseur des flèches l'interpellent : **Que lui proposes-tu comme interprétation ?**

2.5- Il a envie de connaître ton avis général sur cette image. **Que lui réponds-tu ?**

CE QUE JE PENSE...

Comparaison des situations 1 et 2 :

3.1- Quelles sont les informations supplémentaires que l'image de la situation 2 t'a fournies par rapport aux modifications que tu as proposées d'ajouter à l'image de la situation 1 ?

3.2- Es-tu d'accord avec toutes les informations présentes sur les images? Développe tes idées.

Annexe du chapitre IV.1.3g - module 2, déroulement, 13 juillet 2016

Les passages en gras sont intégrés dans l'analyse du module 2.

1	0'01	Emploi du temps, répartition du volume horaire - liste des élèves, présence d'un élève autiste ; la classe sera constituée d'élèves ayant choisi au baccalauréat comme enseignement de spécialité, mathématiques ou informatique et sciences du numérique. Des élèves en section européenne histoire-géographie anglais seront aussi présents. Il faudra s'attendre alors à une certaine hétérogénéité du niveau des élèves. Il sera décidé à la rentrée de la constitution des groupes pour les séances de travaux pratiques.
2	5'15	Programmation et contenus avant la réalisation de la séquence : il est envisagé de commencer la séquence quinze jours après la rentrée pour avoir le temps d'informer les élèves, les connaître, constituer les groupes. L'enseignant propose de faire porter les premières séances de physique chimie sur la RMN (résonance magnétique nucléaire) ou sur la chimie organique et les mécanismes réactionnels en évoquant que "ce sera peut-être décousu". Il lui est alors proposé de commencer par les ondes mécaniques mais dans le cas où les travaux engagés dans le lycée auraient pris du retard, il manquerait probablement le matériel pour réaliser les expériences sur les ondes mécaniques, comme la cuve à ondes. L'enseignant décidera des contenus des premières séances avec les élèves vers le 20 août 2016, lorsqu'il en saura plus sur l'avancée des travaux et la possibilité d'utiliser le matériel du laboratoire de physique-chimie.
3	5'50	A partir du cahier de texte, proposition de séquence qui respecte le même volume horaire. Pour la partie sur l'énergie, comme l'enseignant a été absent l'année N-1 sur ce thème, il est impossible de comparer le volume horaire dédié à cette partie. Outils de médiation : programmation et progression des TP, progression pour la semaine 1 où une séance correspond à une heure.
4		Possibilité de trouver des titres aux chapitres en lien avec le thème pour l'annoncer aux élèves dès le début que le cours se fera à certains moments en anglais et en français.
5	8'08	Une évaluation diagnostique est prévue dans le cadre de la recherche : elle est présentée à l'enseignant.
6		N : le principe est qu'ils ont une image / trois questions en français // est-ce que tu vois un peu pourquoi j'ai choisi cette image dans la situation 1 ? //
7		E : donc celle-là c'est la plus simple / (E lit la première question) à quoi te fait penser l'image ? //
8		N : oui / donc par exemple / toi / tu dirais quoi ?
9		E : euh / ben à l'effet de serre / ça c'est vu en quatrième en plus / ça va ils devraient connaître
10		N : oui / effet de serre c'est ça que j'attends normalement / enfin je sais pas / comme ils doivent expliquer / y aura peut-être aussi l'atmosphère / les gaz à effet de serre / le rayonnement / ça ils connaissent en général / et pourquoi pas pour certains / le ciel étoilé / après pour la deuxième question / annoter et légènder / c'est plutôt ici pour savoir s'ils connaissent les différents rayonnements / est-ce qu'ils vont mettre solaire ? / IR ? UV ? / et cetera / à mon avis il y aura de tout
11		E : oui / et peut être là il y aura chaleur
12		N : euh / oui exactement / mais voilà est-ce qu'ils font le lien avec l'énergie ? / euh / à quoi peut servir l'image d'après-vous ? / bon ben là c'est sur l'effet de serre et le réchauffement climatique / je sais pas / en fait ce que je voudrais voir

		/ c'est s'ils parlent d'interaction ou pas / entre les gaz et le rayonnement / à mon avis nan / mais comme c'est l'enjeu de la séquence // est-ce qu'au niveau du vocabulaire et de la manière d'expliquer / les élèves vont l'utiliser ?
13	10'45	Outil de médiation : programmation et progression des TP avec « repères pour les AE » : communication sur la notion de tâche en LV (tâche finale et tâche intermédiaire) et en enseignement bilingue, cœur de la séance et structuration des séances
14	11'28	Outil de médiation pour la semaine 1 : réflexion sur l'exemple de problématique proposé pour chaque séance. Des photos peuvent générer le questionnement de l'enseignant aux élèves ? Quelle problématique ? Quelle contextualisation pour faire le lien avec le réchauffement climatique ? Les premières séances visent l'interaction rayonnement-matière.
15		E : la problématique / on leur donnerait au départ ?
16	13'43	Première image de l'évaluation diagnostique - L'enseignant propose de dire aux élèves que ce n'est pas noté et de le proposer au début de la séance. Utiliser l'expression "ce que je pense" fait consensus. Il pose des questions sur le temps que ça va prendre et la manière de leur faire passer l'évaluation. Il suggère de bien expliquer le but de l'évaluation diagnostique en lien avec le projet parce que les élèves ne sont pas habitués à ce type d'évaluation.
17	15'30	Expliquer aux élèves le projet, distribuer le courrier à faire signer aux parents et indiquer qu'une observatrice sera présente en classe pendant quelques semaines. Une heure de vie de classe avant la première séance de physique-chimie pourrait permettre de présenter le projet, faire l'évaluation diagnostique et préciser le rôle de l'observatrice.
18	16'50	Deuxième image de l'évaluation diagnostique : Est-ce que les élèves parlent d'absorption et d'émission de rayonnement par les gaz à effet de serre ? Quel est le processus par lequel le sol absorbe du rayonnement ? L'élève est-il capable d'expliquer ce qu'est l'effet de serre en termes d'interaction-rayonnement matière et de prendre en compte la nature du rayonnement ? Comment l'élève va-t-il interpréter les couleurs des flèches sur l'image ? Comment interprète-t-il les données de température ? L'enseignant indique que l'image est chargée (19'20 - E : « oui il y a beaucoup d'info là-dessus / il y a beaucoup de flèches ») Les réponses correctes à l'évaluation diagnostique sont les contenus abordés lors de la séquence. Utilisation éventuellement de mots-clés au cours de la séquence pour initier un chapitre.
19	20'08	Une heure décrochée de l'enseignement de physique-chimie pourrait permettre de faire passer l'évaluation diagnostique aux élèves après la présentation du projet.
20	21'16	Présentation de la première séance ; les documents en anglais seraient exploités en classe par les élèves. Outil de médiation : documents en anglais pour l'AD ; étude du document sur le spectre électromagnétique issu du site internet de la NASA. Pour comprendre les documents, ils vont pouvoir mobiliser des connaissances qu'ils ont déjà vu. Présentation du scan sur la nature du rayonnement et les fenêtres atmosphériques. L'enseignant n'a jamais enseigné la notion de fenêtres atmosphériques. La longueur du texte est questionnée. L'enseignant propose aussi de donner des documents en français à exploiter à la maison. N : Alors là j'ai trouvé sur le site de la NASA les documents sur la télédétection qui / euh / qui expliquent un peu ce qu'ils ont déjà vu en seconde ou première / le rayonnement du corps noir / plus il est chaud plus il émet dans tel domaine de longueur d'onde / après le spectre EM et ses différentes parties / ce qui est

		<p>nouveau serait l'absorption des fenêtres atmosphériques / mais tout mettre en anglais pour les trois docs ça fait peut-être beaucoup /</p> <p>E : oui c'est long</p> <p>N : ouais / donc / pour remobiliser les connaissances à partir des documents 1 et 2 / on peut garder</p> <p>E : oui / et le doc 3 / on le propose après</p> <p>N : oui / ou alors / on propose un des docs en français</p> <p>E : oui / ou en plusieurs fois en gardant l'anglais /</p>
21	23'51	<p>N : Comment tu penses fonctionner à chaque fois qu'on donne des documents / pour faire exploiter les documents aux élèves ? / est-ce qu'on propose un lexique complet avec des mots qui semblent difficiles à la compréhension ? / on donne d'office le lexique ? /</p> <p>E : en bas des documents ?</p> <p>N : oui / je te proposais de laisser une colonne pour la traduction de certains mots / s'ils veulent compléter avec des mots qui leur posent problème / ils le rajoutent / comme ça pour toute la séquence / ils auront un lexique /</p> <p>E : ah oui // un lexique complet pour toute la séquence / c'est bien s'ils ont le lexique par document / avec les mots de vocabulaire nouveau /</p> <p>N : on fait quoi alors ? / une note de bas de page avec les mots qu'on anticipe / qui posent problème ? /</p> <p>E : ouais / et on leur laisse de la place s'ils veulent rajouter des mots</p> <p>N : moi / les mots me semblent faciles parce que je les connais déjà / mais je ne suis pas sûre que les élèves / tu vois / wavelength / average to/ les élèves vont-ils connaître ces mots ? après y a des mots transparents /</p> <p>E : ouais y en a beaucoup quand même /</p> <p>N : oui mais par exemple wavelength / je pense qu'ils sauront pas et ils peuvent</p> <p>E : ouais // wave / ils penseront à vague / ils doivent connaître wave / vague / et onde</p> <p>N : ouais mais il faut qu'ils connaissent longueur d'onde / bulb par exemple / ils ont l'image / à mon avis ça ne vaut pas le coup de leur traduire / l'idée est de voir comment les élèves se débrouillent</p> <p>E : ouais c'est vrai</p> <p>N : et donc peut-être toi / s'ils te demandent ce que ça veut dire / peut-être ne pas leur traduire</p> <p>E : oui ils en déduisent le sens / bulb / ils vont savoir ce que c'est</p>
22	25'55	<p>Inutile selon l'enseignant de numéroter les lignes du texte. Comment fait-on pour corriger ce que font les élèves ?</p> <p>E : on va aller crescendo sur l'exploitation du documents / déjà on aura peut-être des surprises /</p> <p>Pour l'étude, ce sont les réponses aux questions qui sont analysées pour voir si les élèves ont exploité les documents en anglais (par exemple, relation entre température du corps noir et propriétés du rayonnement qu'il émet).</p> <p>E : "oui c'est de l'appropriation de documents".</p>
23	26'59	<p>N : là c'est à toi de voir / mais comme la compétence c'est extraire des informations d'un document et qu'elle reviendra tout le temps / je me dis que ça vaut le coup de passer un peu de temps au début sur la méthodologie / les laisser chercher et là finalement leur demander comment ils ont fait / est-ce qu'il y en a qui ont souligné ? est-ce que qu'ils ont écrit quelque chose à côté. ?</p>
24	27'02	<p>E : ouais alors là moi je suis pas fort là-dessus /</p>
25		<p>N : nan mais il n'y a pas une méthodo / mais en fait ça peut être euh / intéressant d'en discuter avec les élèves</p>

26		E : ouais / enfin je le fais un peu en AP / comme ça / en seconde /
27		N : ouais / c'est pour voir comment ils font en fait
28		E : ok / mais si tu me donnes des idées / de questions pour savoir comment ils ont fait / ouais c'est vrai / comment ils font fait pour euh
29		N : y a le fait qu'ils vont le faire tout le temps / donc ils vont être meilleurs s'ils peuvent verbaliser ce qui a été fait et leur donner une sorte de méthodo
30		E : oui je vois cette année j'avais énormément des difficultés à leur faire extraire des infos des documents
31		N : oui alors / par exemple / je trouve que surligner c'est pas terrible / parce qu'en fait les élèves surlignent tout /
32		E : ouais / après c'est bien quand tu as des données / tu sais pour les calculs /
33		N : oui / et peut être leur dire bon ben / vous lisez tout le paragraphe déjà / et vous mettez quelques mots clés qui permettent d'avoir l'idée / en fait je suis plutôt pour leur faire tout lire et leur dire de bien se concentrer / pour ensuite cacher ce qu'ils ont lu et donner des mots clés / voire faire un résumé / parce que sinon ils paraphrasent
34		E : oui c'est sûr ils recopient ce qu'ils ont lu / de toute façon là on leur demande en français / d'écrire en français ?
35		N : oui / la réponse est en français / après si certains veulent absolument répondre en anglais on peut leur dire que pour savoir ce qu'ils ont compris c'est mieux en français
36	28'56	Les réponses des élèves aux questions des activités documentaires peuvent aussi contribuer au chapitre du cours. Pour la synthèse du cours, il est possible de faire une liste de ce qu'il y a à savoir dans le chapitre et qui est au programme. Digressions avec un partage d'expériences d'enseignement, d'évaluation par compétences et de l'utilisation de l'espace numérique de travail.
37	33'35	Commentaires sur la trace écrite du cours : l'enseignant dicte tout avec quelques titres de paragraphes et mots au tableau.
38	34'30	Commentaires sur une notion présentée dans le chapitre 1 de l'enseignant : le rayonnement est défini en termes de particules et d'ondes : dans le cours de l'enseignant, une phrase va à l'encontre de cette dualité. L'idée d'un transfert d'énergie par rayonnement est utile pour la compréhension de l'effet de serre.
39		La relation entre fréquence et longueur d'onde d'une radiation peut être abordée dans le chapitre 1. Il est indiqué à l'enseignant que ce sont des propositions et qu'il choisira ce qu'il veut faire.
40	35'57	E : je ne suis pas figé sur ce cours-là / tu sais c'est la première fois que je l'ai fait /
41		Activité documentaire sur le rayonnement, sources de rayonnement électromagnétique ; quelques exemples d'activités issues de manuels scolaires illustrent les échanges en lien avec les documents en anglais présentés.
42	37'59	Evocation d'un schéma qui met en jeu nature du rayonnement, appareil de télédétection et fenêtres atmosphériques. Echanges sur l'utilisation de schémas dans un chapitre : à coller par les élèves ?
43	40'13	La deuxième activité permettra de faire le cours sur le détecteur d'onde.
44	42'50	Conclusion sur les notions mises en jeu et communiquées dans les outils intermédiaires. L'enseignant complice trouve que les documents proposés sont "pratiques". Echanges sur l'organisation du temps de travail des élèves en classe et hors de la classe, en français. Exploration d'exercices issus de manuels pour faire le lien entre nature de rayonnement et nature de la source émettrice de rayonnement.

45	46'40	Evaluation de la durée prévue pour aborder tous les contenus : prévoir trois séances plutôt que deux.
46	48'30	Proposition de l'activité expérimentale AE1 (Remote sensing) sur la télédétection et présentation de l'analogie entre solution colorée et gaz à effet de serre. L'enseignant indique que ce type de TP a déjà été fait par les élèves en classe de première. Le montage avec les boîtiers laser est présenté dans l'activité sur les sismographes que l'enseignant a déjà proposé l'année N-1. Des échanges sur le montage ont lieu : rôle de la photodiode laser, mesure d'absorbance. L'analogie concerne aussi le fonctionnement d'un satellite utilisé en télédétection. Le satellite se déplace autour de la Terre pour faire les mesures de transmission : il compare le rayonnement qui vient d'une étoile. En fonction de là où se situe l'atmosphère, le rayonnement qui parvient au satellite change. L'enseignant complice pense que l'analogie est à la portée des élèves. E : là ça ne me semble pas trop compliqué / après bien voir sur le schéma que le rectangle c'est le satellite /
47		La méthode de mesure par satellite sera présentée de manière simplifiée. L'enseignant indique qu'il parle plutôt d'intensité lumineuse que de flux lumineux pour le fonctionnement de la photodiode laser dont la tension est reliée au flux lumineux capté. Dans les documents, il faudra veiller à préciser ce point. Des échanges ont lieu autour de la fonction logarithme en base 10.
48	56'07	Autoévaluation des élèves : habitudes de l'enseignant. Les productions des élèves seront relevées. Lorsque la correction a lieu en classe, il faudra demander aux élèves de la prendre d'une autre couleur et de ne pas effacer leurs premiers écrits. Les élèves écrivent directement sur l'énoncé photocopié. Les mêmes modalités de travail seront conservées. Trois ou quatre compétences peuvent être annoncées sur l'énoncé. L'enseignant estime à au moins une heure trente pour la contextualisation, l'analogie, la réalisation du montage et son exploitation.
49	59'40	L'enseignant complice valide les propositions concernant les contenus et les modalités de travail. Il propose de donner l'activité documentaire en début de chapitre pour annoncer que cela fait partie du fil rouge de la séquence.
50	1'00'47	Concernant l'institutionnalisation des connaissances avec un bilan de ce qui a été vu, l'enseignant indique ne pas avoir l'habitude de le faire.
51	1'01'45	Place de l'évaluation sommative de la séquence : après enseignement. L'enseignant peut noter un TP parmi tous ceux qui sont proposés pour avoir une note de TP dans le trimestre. Pour la recherche, les notes des travaux d'élèves ne sont pas prises en compte. Après la séquence, il prévoit probablement de poursuivre sur l'effet doppler.
52	1'03'50	L'enseignant complice présente la version photocopiée de l'activité expérimentale sur les transferts thermiques (clé USB) - il n'a pas la version numérique finalisée. Il a mis en œuvre le TP l'année N-1. Il rappelle que la mesure de température à l'aide des maquettes de maison était en fil rouge.
53	1'07'	Il est réaffirmé à l'enseignant que l'utilisation des maquettes-maison est très pertinente pour étudier les notions de régimes permanents/transitoires, de transferts thermiques. E : La différence de conductivité / ils adorent // conduction / convection / à chaque fois / ils adorent / je sais pas pourquoi / ah ça monsieur c'est de la convection / ça c'est de la conduction / pour eux c'est facile quoi /
54		Chapitre sur les transferts thermiques : l'enseignant précise qu'il fait des exercices avec calculs de bilan.

		E : tu vois j'ai une expérience bureau / après c'est dur / les élèves ont du mal avec les formules des bilans thermiques et les schémas / c'est un chapitre pas facile
55	1'09'40	Echanges sur le thème des spectres et l'étude de l'interaction rayonnement-matière au niveau microscopique à partir des fichiers de cours et d'activité expérimentale de l'enseignant : l'activité expérimentale porterait sur le dosage par étalonnage ; à partir de l'énoncé d'activité expérimentale réalisée l'année N-1, est envisagé ce qui est adaptable pour faire l'analogie avec l'activité de scientifiques autour du réchauffement climatique. Dans le cahier de texte, l'activité expérimentale a été corrigée la séance d'après : elle intégrait les calculs sur la précision des mesures. Le contexte traiterait de l'absorption de rayonnement par les gaz à effet de serre. L'activité qui suivrait concernerait les spectres infra-rouges d'une molécule de gaz à effet de serre. Les échanges ont lieu autour du logiciel Spécamp (modélisation en 3D des molécules). En télédétection, les mesures s'opèrent en transmittance et en absorbance, ce que peut montrer le logiciel en simulation. L'enseignant complice propose de faire cette étude avec le logiciel en séance « type exercices » : discussion autour des contenus au programme de physique-chimie (liaisons et groupes caractéristiques des molécules telles que les alcènes, alcools ...). La contextualisation avec les gaz à effet de serre impliquerait l'étude de la molécule d'eau, le méthane, le dioxyde de carbone et des oxydes d'azote.
56	1'24'25	Le spectre UV-visible est traité rapidement par l'enseignant l'année N-1. L'enseignant complice indique que c'est facile pour les élèves. Il le traite en cours (chapitre). Il lui est suggéré de s'appuyer sur les contenus des activités documentaires et expérimentales pour réduire ce qui est écrit dans le cours : indiquer "voir AE ou AD" dans le chapitre. L'enseignant propose de faire des séances TP/cours. Des échanges ont lieu sur les aménagements possibles de la mise en forme du cours en français qui intègre les contenus proposés en anglais (numérotation des paragraphes, résumé de ce qui a été fait en activité documentaire ou expérimentale).
57	1'30'10	Récapitulatif des activités expérimentales : contenus, durée, enchaînement (utilisation du document avec la proposition de la séquence).
58	1'33'36	Le chapitre sur l'approche microscopique du fonctionnement du laser réalisé l'année N-1 peut être utilisé dans la séquence pour ce qui concerne l'étude microscopique des transferts d'énergie, en lien avec l'interaction gaz à effet de serre et rayonnement.
59		N : je te fais tout changer
60		E : nan mais ça va / après si ça ne me ralentit pas trop ma progression / c'est surtout ça qui me fait peur
61		N : nan nan / t'inquiète pas / j'ai vraiment essayé de prendre en compte ce que tu as fait cette année /
62	1'36'12	L'activité expérimentale sur les transferts thermiques sera proche de celle proposée l'année N-1. La « variable d'étude », l'anglais, sera la modification principale.
63		Une difficulté évoquée : trouver le lien avec l'effet de serre pour l'étude du flux thermique : analogie entre atmosphère et vitre ? L'enseignant propose de l'intégrer dans le TP. Les contenus sur les bilans d'énergie ont été enseignés l'année N-1. L'enseignant se souvient d'avoir fait travailler les élèves sur des exercices avec des calculs.
64	1'39'54	Quatre créneaux de TP sont donc prévus.

65	1'40'00	Les deux dernières séances, en AP, pourraient permettre d'évaluer la séquence : N : plutôt qu'un débat / ce serait un consensus / en jeu de rôle / pas de débat avec pour et contre / les élèves créent une exposition qui explique ce qu'est le réchauffement climatique et pourquoi la Terre se réchauffe / est-ce qu'on peut faire quelque chose pour stopper l'augmentation de température ? / vu qu'on est en régime transitoire / la température de la Terre va continuer à augmenter quelques années même si on arrête les émissions des gaz à effet de serre / pourquoi les gaz à effet de serre contribuent au réchauffement climatique ? / les élèves devraient mobiliser les savoirs de la séquence / dans les demies classes / on reproduit le même protocole / un temps de préparation est dédié avec deux ou trois documents avec des graphiques et des textes / quelques connaissances peuvent être nouvelles / ils préparent une argumentation pour choisir les documents à exposer / le consensus concerne les documents à choisir / pour le jeu de rôle / il y aurait huit rôles dédoublés pour que les élèves puissent s'entraider / pendant cinq à dix minutes / on leur propose la situation // c'est peut-être toi qui choisit les groupes ? / vingt minutes ils préparent leur argumentaire à partir des docs / on leur laisse présenter pendant quinze minutes / puis trois minutes pour leur laisser faire un récapitulatif et dire / euh voilà / du coup / vous prenez votre décision / puis les dix minutes qui restent / c'est pour qu'ils se positionnent sur les documents à exposer // si on a le temps / une autre séance / ils préparent l'expo / ça te semble jouable ?
66		E : euh oui // quinze-vingt minutes de présentation / je sais pas c'est court non ?
67		N : oui la réactivité // les documents / les élèves doivent se l'approprier assez vite / ils devraient avoir une méthodo en anglais / et des documents pourront être les mêmes que ceux de la séquence
68		E : mmm / d'accord
69		N : voilà toi / ben ton rôle c'est celui de prof // tu laisses les élèves débattre / t'as pas un rôle en particulier / si deux élèves sont commissaires de l'expo / ils peuvent guider les élèves qui doivent choisir les documents / ils auront un écrit / donc moi je pourrais prendre leurs notes pour voir comment ils sélectionnent les documents
70		E : oui d'accord / il faut voir avec la collègue d'anglais si elle veut préparer au débat
71		N : oui elle m'a dit qu'elle va préparer les élèves à travailler sur différents documents et à apprendre à débattre comme tâche finale / ils doivent défendre un pays / elle fera ça sur un autre thème
72		E : ah ouais pour moi en section euro ça pourrait le faire aussi
73		N : euh oui / là c'est un niveau de terminale
74		E : euh ouais / mais bon en section euro ils ont un bon niveau d'anglais normalement
75	1'46'29	Echanges à propos de la séquence que la collègue d'anglais a envie de préparer autour du changement climatique pour faire écho avec la séquence en physique-chimie.
76	1'53'33	Evaluation sommative avec un écrit en fin de séquence : prévoir le créneau à la fin, format avec des exercices type bac
77		Demande à l'enseignant s'il a des questions : il est d'accord pour faire les adaptations de la séquence et en particulier faire la transition quantique (vibration, déformation des molécules)
		1'57'02 - fin

Module 2 de co-construction - E et N, 13 Juillet 2016 Feuille de route personnelle

1° Programmation séances classe entière et TP

A partir de ton cahier de texte 15-16, je te propose l'organisation des enseignements suivante qui tient compte de la problématique de recherche (appropriation des savoirs disciplinaires sur les phénomènes physiques mis en jeu dans le réchauffement climatique et impact de l'utilisation de l'anglais) - (fichiers : programmation/progression TP, repères AE)

Qu'en penses-tu ?

Est-ce déjà envisageable, réalisable ?

La prise en compte des évaluations te convient-elle ?

La séance débat de deux heures en AP pourra-t-elle avoir lieu dans ces conditions ?

2° Propositions de documents génériques de travail collaboratif – illustration pour la semaine 1

(Dossier de fichiers : - séances pour la semaine 1

- scénario séance 1

- activité documentaire et compétences

- activité expérimentale AE1 et compétences

-évaluation diagnostique ; choix pour cette évaluation)

Répartition des séances pour la semaine 1

- commentaires sur la construction du document qui doit nous donner un cadre commun

Que penses-tu de la programmation et progression en termes d'objectifs d'apprentissages et de supports utilisés ?

As-tu en tête des exemples d'activités / exercices que tu proposeras aux élèves ?

Selon toi, quelles pistes vont être explorées pour que les élèves puissent expliquer les phénomènes mis en jeu dans le réchauffement climatique ?

Enjeux et scénario de séance

- référence aux programmes et aux compétences

- référence à l'approche par tâche dont une tâche principale

- conceptions initiales pour la problématique de recherche

- intégration de l'anglais (formaliser le lexique ?)

Qu'en penses-tu ?

As-tu une idée de problématique, de transition ? (Problématique : La terre est-elle un objet particulier de l'Univers ? Pourquoi l'observation par satellites est-elle nécessaire? transition : Terre objet particulier par son atmosphère. Elle se réchauffe. Essayons de comprendre le fonctionnement de ce réchauffement.)

Evaluation diagnostique

- accéder aux conceptions initiales

Qu'en penses-tu ? (Durée ? Forme ? Contenu ?)

Peut-on envisager ce « format » pour chaque séance, avec modalité à l'oral ou écrit selon séance ?

Activité documentaire et compétences

Expert en DNL, que dis-tu de cette activité documentaire en anglais ? Envisageable, ambitieuse ?

Proposition de lexique ? => je propose de laisser une marge plus grande à droite.

Numéro de ligne ?

Comment envisages-tu sa mise en œuvre ?

Les liens avec les compétences travaillées sont-ils visibles ?

Comment faire travailler la méthodologie de la compétence mobilisée ?

Activité expérimentale AE1 et compétences

Annexe du chapitre IV.1.4a - module 3, énoncé en anglais de l'AE1



Remote sensing

OBJECTIFS :

- **Extraire** et **exploiter** des informations sur un dispositif de détection
- **Pratiquer** une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.
- Compétence linguistique

THE CONTEXT

The term "remote sensing," first used in the United States in the 1950s by Ms. Evelyn Pruitt of the U.S. Office of Naval Research, is now commonly used to describe the science—and art—of identifying, observing, and measuring an object without coming into direct contact with it. This process involves the detection and measurement of radiation of different wavelengths reflected or emitted from distant objects or materials, by which they may be identified and categorized by class/type, substance, and spatial distribution.

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_08.php

Many remote sensing devices are onboard satellites that monitor the Earth from space. How is remote sensing helping us address planetary sustainability on Earth? Remote sensing allows mapping of vegetation, climate and atmospheric composition over large regions and to repeat the measurements consistently over many years.

<http://www.nasa.gov/content/remote-sensing/#.V5CCjKl18S0>

- **How is the Earth's atmosphere monitored by optical sensors?**

THE DOCUMENTS

Doc.1 : GOMOS on Envisat: an overview *

The GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) instrument is a spectrometer on board the European Space Agency's Envisat satellite that was launched on March 1st 2002. GOMOS uses the stellar occultation measurement principle in monitoring ozone and other trace gases in the Earth's stratosphere (see Fig. 1). The main wavelength region is the ultraviolet-visible region and additional two channels are located in the near-infrared. The species covered by GOMOS are O₃, NO₂, NO₃, neutral density, aerosols, H₂O, O₂, and in favourable conditions also OClO and BrO. The two fast photometers in blue and red wavelengths allow investigations of atmospheric turbulence. Photometer data can also be used to derive high resolution temperature profiles. Measurements cover altitude region 5–100 km. [...] The important advantage of any occultation measurement is the self-calibration.

The reference spectrum of a radiation source is first measured when the source can be seen above the atmosphere. During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. When these occulted spectra are divided by the reference spectrum, nearly calibration-free horizontal transmission spectra are obtained. Transmissions provide the basis for retrieval of atmospheric constituent densities. The self-calibration means that occultation measurements can be used to create long time series which is necessary in monitoring the predicted slow recovery of the depleted ozone layer. [...]

*E. Kyrölä, J. Tamminen, G.W. Leppelmeier, V. Sofieva, S. Hassinen, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, C. Cot, O. Korablev, O. Fanton d Andon, G. Barrot, A. Mangin, B. Th eodore, M. Guirlet, F. Etanchaud, P. Snoeij, R. Koopman, L. Saavedra, R. Fraisse, D. Fussen, F. Vanhellemont, GOMOS on Envisat: an overview, *Advances in Space Research* 33 (2004) 1020–1028

Doc. 2 : Measurements provided by GOMOS

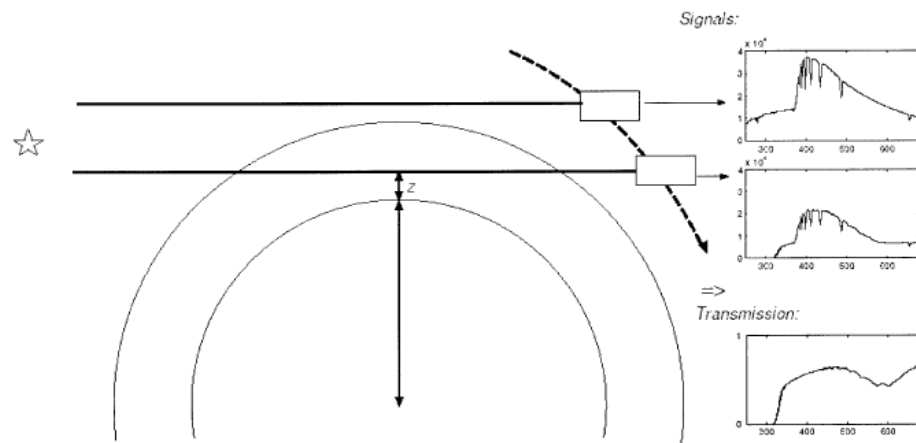
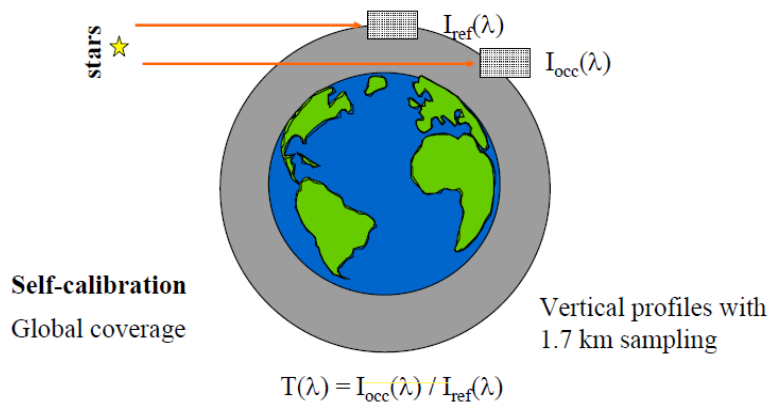


Fig. 1. The measurement principle of GOMOS.



Sources : Kyrölä and al., p1022 and https://earth.esa.int/dragon/D4_L1_Simon.pdf, p14

Doc. 3 : Several detectors in GOMOS

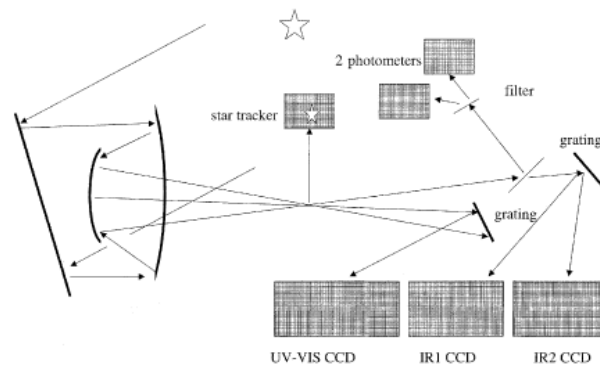


Fig. 2. The optical layout of GOMOS.

The incoming light is forwarded to several detectors. The first detector is the star tracker operating in 650–950 nm and working with 100 Hz to guide the pointing system. The remaining light is divided between the spectrometers and the two photometers. The photometers work in the blue and red wavelength regions with 1 kHz frequency. The spectrometers work in the ultraviolet-visible wavelengths 250–690 nm and two channels are in the near-infrared at 750–776 nm and at 916–956 nm. The CCD detectors make it possible to estimate radiation coming from extended sources and extract it from the stellar signal. *Kyrölä and al., p1022*

Doc. 4 : Couple-charges Device (CCD) comprise photodiodes

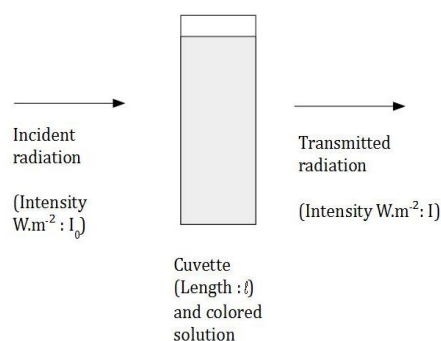
Silicon* photodiodes are semiconductor devices responsive to high-energy particles and photons. Photodiodes operate by absorption of photons or charged particles and generate a flow of current in an external circuit, proportional to the incident power. Photodiodes can be used to detect the presence or absence of minute quantities of light and can be calibrated for extremely accurate measurements from intensities below 1 pW/cm² to intensities above 100 mW/cm². Silicon photodiodes are utilized in such diverse applications as spectroscopy, photography, analytical instrumentation, optical position sensors, beam alignment, surface characterization, laser range finders, optical communications, and medical imaging instruments. (*silicium Si)

<http://www.osioptoelectronics.com/application-notes/AN-Photodiode-Parameters-Characteristics.pdf>

Doc.5 : Absorbance of aqueous colored solutions

The absorbance of a solution is related to its transmittance T : $A = \log (1 / T)$

Hence, $A = \log (I_0/I)$



An absorbance value of 1 means that 10% of the incident radiation is transmitted and detected.

Absorbance is function of the wavelength of incident radiation, the length of the cuvette, the substance that absorbs radiation and its concentration, the solvent and the temperature.

THE MATERIAL

- two cuvettes
- copper (II) sulfate solutions
- distilled water
- photodiode BPW34 (Spectral range : 400 to 1100 nm ; Wavelength of maximum sensitivity :850 nm)
- multimeter (voltmeter)- voltage generator – 6V
- resistor R= 10 k Ω
- electric wires
- laser diode



Nota Bene :

- The photodiode will be used in a series circuit with the resistor and the generator.
- In those conditions, the radiation intensity I received by the photodiode is proportional to the intensity i of the current in the circuit ($I = a \cdot i$).
- The drop of voltage UR measured between the ends of the resistor is proportional to the intensity i of the current through the resistor (Ohm's law).

THE WORK TO DO

Part 1 : Remote sensing provide measurements

<u>APP</u> : Mettre en relation les informations extraites des documents.	A B C D	
---	---------	--

~~1~~ 1 – « GOMOS uses the stellar occultation measurement principle » (Doc.1) : Explain this sentence and the formula $T(\lambda) = I_{occ}(\lambda) / I_{ref}(\lambda)$

Si rédaction en français, mots clés peuvent être fournis.

Si rédaction en anglais, structures linguistiques et verbes à fournir. Suggestions ?

Etoile : source de rayonnement (visible et IR) qui se propage en traversant l'atmosphère jusqu'au détecteur du satellite.

OR interaction atmosphère et rayonnement : comme selon altitude satellite, concentration de gaz différente alors absorption (occultation de la source) différente.

DONC possibilité de comparer deux intensités du rayonnement transmis à altitude donnée, avec deux signaux pour I_{occ} (absorption) et I_{ref} (pas d'absorption) et spectre final = transmission lien avec calcul de T.

~~2~~ 2- Why are there three CCD detectors ?

Trois détecteurs pour avoir des **sensibilités spectrales adéquates** ie pour étudier des domaines spectraux différents du rayonnement transmis arrivant jusqu'aux détecteurs : UV vis, IR proche, IR lointain.

~~3~~ 3 - « During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. » (Doc.1) : Draw a **diagrammatic representation of a 'remote sensing chain'** to explain how to provide these spectra.

(rôle CCD = convertisseur avec interaction ; rayonnement photons en électrons courant électrique, traitement signal électrique pour avoir spectre => caractéristique espèces)

tâche finale première partie : pré requis pour analogie partie 2

Source rayonnement → atmosphère/matière → Capteur → système traitement info

propagation

interaction R/M, transmission


convers OEM/cour élec

absorption photon


production électrons

Part 2 : Experimenting remote sensing in the lab

<u>ANA</u> : Proposer un protocole.	A B C D	
-------------------------------------	---------	--

 1- Look at the material list and fill the chart bellow using analogy.

Remote sensing by GOMOS	Remote sensing in the lab	Limits, differences
Star	Diode laser	Quasi monochromatique, directionnel
Atmosphere	solution	État physique, mélange à deux constituants
Photometers, spectrometers and CCD	photodiode	Un seul capteur et immobile
Signals, spectra	Current, voltage	Pas de traitement pour obtenir une image
Transmission $T(\lambda, z)$	Transmittance T	Peu de dépendance à λ et à z
$I_{occ}(\lambda)$	I	Peu de dépendance à λ et à z
$I_{ref}(\lambda)$	I_0	Peu de dépendance à λ et à z

 2- Propose a testing strategy to find out the absorbance of the copper sulfate solution.


Démarche expérimentale incluant expérience, mesure, calcul.

Pour déterminer l'absorbance A, besoin de montrer que $A = \log(U_R \text{ sans solution} / U_R \text{ avec solution})$



Appel professeur : Validation du protocole

<u>REA</u> : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole..	A B C D	
---	---------	--

 3- Do the experiment and determine the absorbance of the solution.

Le faisceau Laser pointe sur la surface sensible de la photodiode .


La cuve est placée à 3 cm environ de la photodiode.

U_R (Cuve avec eau distillée) = 2,55 V ;

U_R (Cuve avec solution diluée du sulfate de cuivre) = 1,19 V

On obtient une absorbance de l'espèce colorée de $A = \log(2,55/1,19) = 0,33$.

<u>VAL</u> : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.	A B C D	
---	---------	--

 4- Comment your results and precise the uncertainty sources.

- $A < 1$: à relier avec % de radiation transmise et concentration de la solution (doit être assez diluée pour que photodiode détecte rayonnement transmis) => doc 4 et 5.
- A pour domaine spectral proche de celui de la source=> voir liste matériel
- Cohérence des chiffres significatifs
- Sources d'erreurs : pointage laser et photodiode, mouvement, distance, mesure et lecture voltmètre.
- Eventuellement : commentaires sur sources erreurs et calcul incertitudes ; comparaison avec A de la solution dont concentration connue

Possibilité dans autre contexte de calculer l'incertitude absolue $U(A)$ en déterminant $U(\text{tension})$: voir séances d'AP ?

Part 3 : Role played by the satellites

<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	
--	---------	--

 5- Give an answer to your friend who has left a message for you :

Hi ! What's up ? I read this paper on the web « *Scientists anxious to watch space junk's plunge to Earth* », written by Traci Watson, *Special for USA TODAY 3:50 p.m. EDT June 22, 2016*. Have you heard of it? I know satellites are necessary for monitoring the Earth's atmosphere. In fact, I've just found information about it on the NASA's website : « Satellites also can see into space better than telescopes at Earth's surface. That's because satellites fly above the clouds, dust and molecules in the atmosphere that can block the view from ground level. »

<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-a-satellite-58.html>. **I don't understand how satellites can monitor the atmosphere if they are above it !** Need your help please ! See you !

Forme d' e-mail à améliorer ?

TIPS and PROMPTS : Build an argument

- Structure your speech « to begin with, however, moreover, to conclude »
- Support your point : quote authorities « As Mr/Mrs X , the author of...explains/claimed, use precise examples, give figures

KEY CONCEPTS/TERMS :

Compétences linguistiques ?

I can recognize words and expressions related to the content of the activity.

I can understand the most important information in the texts in the activity.

I can speak about different themes in the activity.

I can talk to my classmates about the lesson topics.

I can write short texts about the lesson topics.

Annexe du chapitre IV.1.4b - module 3, énoncé en anglais de l'AE2



Atmospheric gases

OBJECTIFS :

- **Mettre** en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.

- - **Pratiquer** une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par spectrophotométrie.
- - **Compétences linguistiques à ajouter**

THE CONTEXT

Carbon dioxide (CO₂) is an efficient greenhouse gas, whose atmospheric concentration has increased from 280 to 370 parts per million (ppm) since the beginning of the industrial age (Fig. 1(a); Cicerone et al., 2001). These rapid increases have raised concerns about global climate change. For more than 20 years, data collected from a global network of surface stations indicate only about half of the CO₂ that has been emitted into the atmosphere by fossil fuel combustion and biomass burning has remained there (Fig. 1(b); cf. Schnell et al., 2001; Etheridge et al., 1996). The terrestrial biosphere and oceans have apparently absorbed the rest. The nature and geographic distribution of these CO₂ sinks is not well understood.

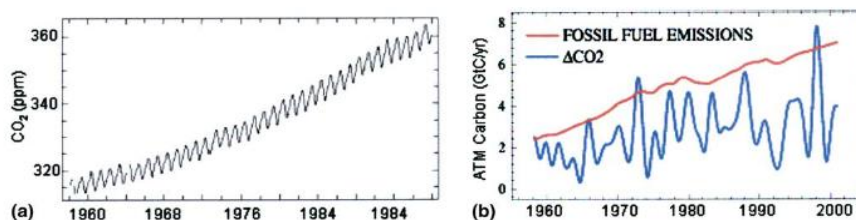


Fig. 1. (a) A 40-year history of atmospheric CO₂. (b) Observed variations in annual atmospheric CO₂ accumulation (Δ CO₂) compared with fossil fuel emissions (cf. Schnell et al., 2001; Houghton et al., 2001). Significant changes in carbon sequestration occur from year to year in the presence of uniform increases in fossil fuel emissions.

D. Crisp et al., The Orbiting Carbon Observatory (OCO) mission, Advances in Space Research 34 (2004) 700–709, p701

- **How do scientists identify carbon dioxide in the Earth's atmosphere, among the other atmospheric gases?**
- **How do they measure its atmospheric concentration to know more about its evolution?**

The aim of this activity is to make experiments with an aqueous colored solution (a bath antiseptic mouth) instead of atmospheric carbon dioxide to be able to answer the questions above more easily. **Commentaires: Vérification de la structure en anglais : Le but de l'activité est de faire des expériences avec une solution aqueuse colorée (un bain de bouche désinfectant), au lieu d'utiliser du dioxyde de carbone atmosphérique pour répondre aux questions ci-dessus plus aisément.**

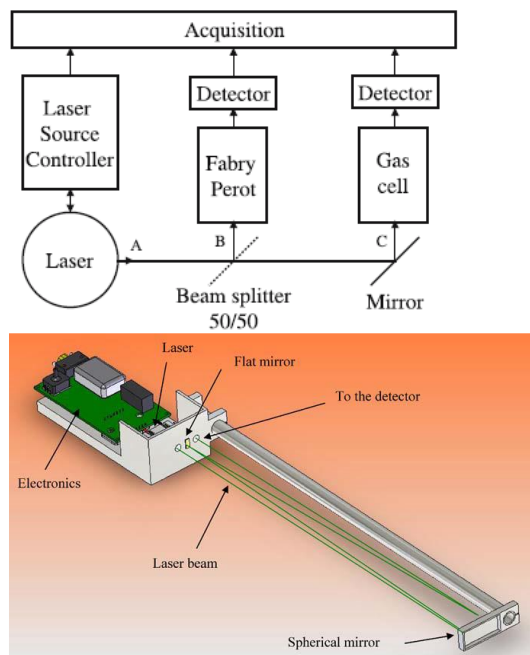
THE DOCUMENTS

Doc. 1 : Concentration of atmospheric carbon dioxide measurements

This paper * reports the laboratory spectroscopic calibration of near- and mid-infrared tunable laser spectrometers used to determine in situ trace gases in the middle atmosphere of the Earth or in development for the investigation of the Martian atmosphere. The use of infrared absorption spectroscopy to measure gas concentrations requires a proper knowledge of the rotation–vibration spectra of the targeted molecules as well as a proper investigation of the tunable laser spectral emission properties. [...] [...] The schematic representation of the TDLAS instrument is presented in Fig. 5. The absorption path length of 1.2m in the open atmosphere is achieved by combining a spherical mirror (focal length of 30 cm) with a flat mirror. The amount of absorbed laser energy is related to the molecular concentrations with the Beer–Lambert law. At the low Martian pressures, the collisional pressure broadening effect is almost negligible. The molecular profiles are essentially driven by the Doppler effect and the concentration is directly related to the absorption depth and to the line strength parameter. The TDLAS** may use two distributed-feedback diode lasers emitting, respectively, at 1.88 μm (H_2O and CO_2) and 2.04 μm (CO_2 isotopologues) to record in situ atmospheric spectra of H_2O and CO_2 . In the selected spectral regions, molecules are detected simultaneously with a single laser scan. ** *Tunable Diode Laser Absorption Spectrometer-TDLAS is balloon-borne*

FIGURE 1 Schematic laboratory experimental set-up

FIGURE 5 Schematic illustration of the TDLAS



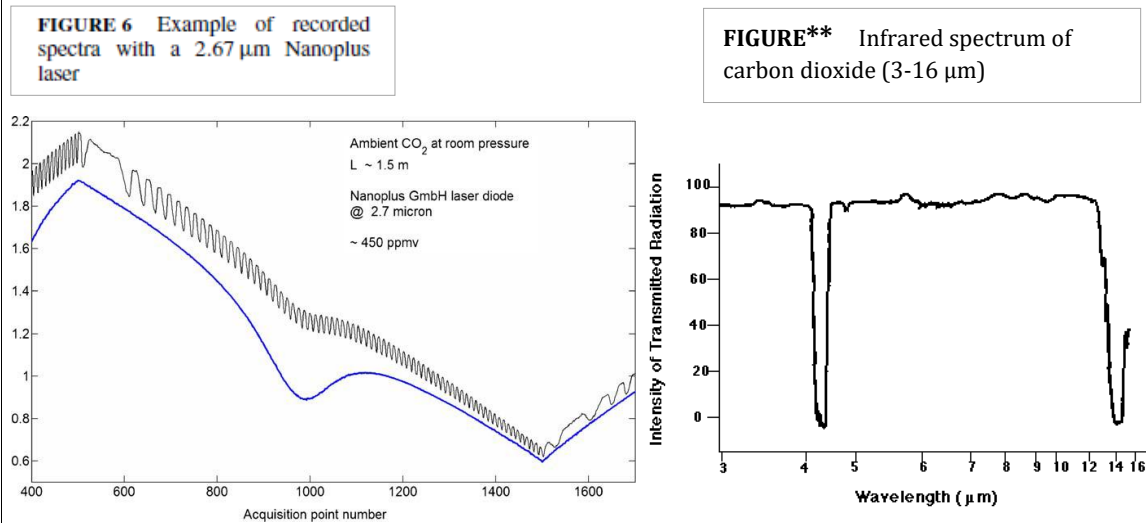
*Source : V. Zeninari¹, B. Parvitte¹, L. Joly¹, T. Le Barbu^{1,2}, N. Amarouche³, G. Durry^{1,2}, Laboratory spectroscopic calibration of infrared tunable laser spectrometers for the in situ sensing of the Earth and Martian atmospheres, *Applied Physics B* 85, 265–272 (2006) - ¹ Groupe de Spectrométrie Moléculaire et Atmosphérique, UMR CNRS 6089, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Moulin de la Housse, BP 1039, 51687 Reims CEDEX 2, France ; ² IPSL, Service d'Aéronomie, UMR CNRS 7620, 91371 Verrières-le-Buisson CEDEX, France ; ³ Division Technique de l'INSU, UPS 855, 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon CEDEX, France

Doc. 2 : Atmospheric carbon dioxide spectra

Figure 6 presents an example of recorded spectra at 2.67 μm with this kind of new generation laser purchased from Nanoplus. These spectra show the possibility of detecting CO_2 on Earth. The SFP* signal is used for frequency calibration. The absorption spectrum is the sum of 10 individual spectra recorded in 5ms. These results permit obtaining a gas concentration every 0.1 s

demonstrating the capabilities of this type of laser for in situ measurements. * spherical Fabry-Pérot

V. Zeninari and al, *Applied Physics B* 85, 265–272 (2006), p271



**General Chemistry (Lecture 1996) ; Collection of Supporting, Sites [Department of Chemistry, Seoul National University, Korea](http://www.wag.caltech.edu/home/jang/genchem/infrared.htm), <http://www.wag.caltech.edu/home/jang/genchem/infrared.htm>;

Doc. 3 : Spectrophotometers and Beer-Lambert's law

A spectrophotometer is used to obtain the absorbance of a substance at a series of wavelengths λ . A UV/visible spectrophotometer is composed of two devices : a spectrometer to produce « light » at any wavelength (monochromatic radiation) in the UV-visible region of the spectrum and a photometer to measure the intensity of the radiation transmitted through the test solution (chemical specie, solvent) which is placed in a cuvette between the spectrometer beam and the photometer. The wavelength of the radiation at which absorbance is maximum is the maximum wavelength λ_{max} . The spectrophotometer is more sensitive to absorbance changes at this wavelength λ_{max} .

The Beer-Lambert Law states that absorbance A of a chemical specie (molecules, ions) is proportional to its concentration c in units of mol.L⁻¹ ($c < 10^{-2}$ mol.L⁻¹):

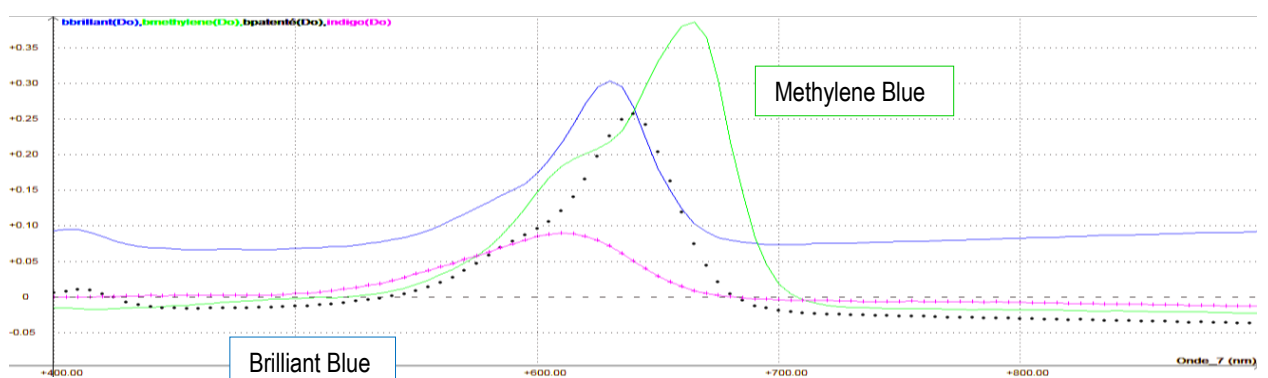
$A_{(\lambda, T, solvent)} = \epsilon \cdot l \cdot c$ where ϵ is the molar extinction coefficient for the absorbing chemical specie at wavelength in units of L.mol⁻¹.cm⁻¹, l is the path length of the radiation through the solution in unit of cm, λ is the wavelength of the radiation, T is the temperature of the solution.

If the molar extinction coefficient and the path length are constant, the absorbance is proportional to the concentration (in molarity) of the absorbing chemical specie :

$A_{(\lambda, T, solvent)} = K \cdot c$ where K is a proportional constant (L.mol⁻¹).

A calibration curve (straight line) can be graphed measuring the absorbance of several solutions of known concentration and used to determine the concentration of the unknown.

Doc. 4: Visible absorption spectra of blue compounds (unknown concentrations, T=21°C)



Doc.5 : Usual food blue additive

Additive	Patent Blue V	Indigo Carmine	Brilliant Blue
European code	E131	E132	E133
Use	coloring	coloring	conservative
ADI* (mg/kg bw/day) *Acceptable Daily Intake ; bw : body weigh	5	5	6
<i>Year of publication by European Food Safety Authority (EFSA)</i>	2013	2014	2010


THE MATERIAL

- spectrophotometer
- cuvettes
- **bath antiseptic mouth « Alodont » (containing only one coloring)**
- **stock (blue colored) aqueous solution containing the same coloring chemical compound as « Alodont », dissolved in water,** molar concentration $C_0 = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ (nature de cette solution mère ?)
- 20,0 mL volumetric flask
- 25,0 mL volumetric flask
- 5,00 mL, 10,0 mL and 20,0 mL volumetric pipette
- distilled water
- Latispro and utilisation notice

THE WORK TO DO

Part 1 : Using spectroscopy for sensing (20min)

<i>APP: Utiliser les informations et reformuler un objectif</i>	A B C D	
---	---------	--

 1 – Note down expressions or sentences from the two first documents to prove that scientists use on the one hand, a qualitative analysis and on the other hand a quantitative analysis to provide results about the atmospheric carbon dioxide. Use the chart bellow.

	Expressions or sentences	Scientists' aims Reformulation des objectifs du scientifique pour étudier le CO2 atmosphérique
--	--------------------------	---

Qualitative analysis	<p>« spectrometers used to determine in situ trace gases</p> <p>« laboratory spectroscopic calibration »</p> <p>« to record in situ atmospheric spectra of H₂O and CO₂ »</p> <p>« In the selected spectral regions, molecules are detected simultaneously »</p> <p>« These spectra show the possibility of detecting CO₂ on Earth » doc2</p>	<p>identifier la présence de CO₂ dans l'atmosphère</p> <p>caractériser les gaz dans l'atmosphère en obtenant leur spectre à l'aide d'un spectrophotomètre</p>
Quantitative analysis	<p>« infrared absorption spectroscopy to measure gas concentrations »</p> <p>« The amount of absorbed laser <u>energy</u>* is related to the molecular concentrations with the Beer-Lambert law »</p> <p>« These results permit obtaining a gas concentration » doc2</p>	<p>utiliser la spectrophotométrie pour déterminer la concentration en gaz en appliquant la loi de B-L</p> <p>*(rappel : rayonnement et énergie)</p>

Aider à mettre en relation les documents et les questions de recherches selon contexte proposé. Facilite appropriation doc 1 et 2. *lien rayonnement /énergie à rappeler

Travail individuel puis mise en commun avec vidéoprojection pour gain de temps. Se donner une durée et faire le bilan de ce qui a été relevé par la classe.

La question 1 permet de cibler l'objectif et de favoriser l'analogie avec le travail en classe : voir question 2 puis 3.

2 - In the school lab, you will use aqueous solutions rather than atmospheric gases. With the help of the documents and the material at your disposal, complete the chart below

	In situ sensing of atmospheric carbon dioxide in Earth's atmosphere	Quality-control test of blue coloring in bath Alodont antiseptic mouth
Questions : rewrite in your own way the two inquiry questions you will answer (you will not use carbon dioxide in the school lab)	<p><u>How do scientists identify carbon dioxide in the Earth's atmosphere, among the other atmospheric gases?</u></p> <p><u>How do they measure its atmospheric concentration to know more about its evolution?</u></p>	<p>Part A : How to identify the coloring substance in Alodont ?</p> <p>Part B : How to determine the concentration of this identified chemical specie measuring absorbance and using spectrophotometry ?</p>
Studied substance (name, colour, physics state)	Atmospheric CO ₂ , colorless gas, gas mixture	Blue coloring chemical compound, dissolved, solution
Interest and concerns	Evolution of its concentration and concerns about climate change	Amount of blue coloring compared to ADI and concerns about health and medicine quality.

Used methodologies and theory (quantity, unit, law)	IR spectroscopy Beer Lambert Law, concentration, absorbance, absorption coefficient ; no calibration curve ppm	UV-visible spectroscopy Beer Lambert Law for dilute solutions (proportionality, calibration curve), concentration, absorbance mol/L
Technics	Spectrophotometer With mirror for path length of 1m	Spectrophotometer With cuvette, path length of 1cm
Lack of information	Dilute gas ?	

Facilite l'analogie et montre l'intérêt du doc 4 et 5.

Le contrôle de qualité permet de vérifier l'identité du colorant bleu dans l'Alodont et de vérifier que la Dose Journalière Admissible n'est pas dépassée.


Cela revient à reformuler les questions pour vérifier que les objectifs de l'activité expérimentale sont ciblés.

NB : possibilité de montrer calculs complexes pour utiliser loi Beer Lambert dans le cas des gaz (voir article source, p3/8) : pas de courbe d'étalonnage

Part 2 : Experimenting laboratory spectrophotometry (1h20)

Part 2. A : identifier l'espèce dont la concentration est à déterminer)

<u>ANA</u> : Proposer un protocole.	A B C D	
-------------------------------------	---------	--

 3- Propose a testing strategy to identify the chemical compound responsible for coloring bath Alodont antiseptic mouth. (5 min)


Alodont solution bleu : présence d'un seul colorant qui absorbe dans le visible. Voir liste matériel

- Obtenir spectre de la solution d'adolont pour identifier ce colorant.
- Diluer éventuellement la solution si saturation spectrophotomètre (donner concentration pour le doc 4 pour que l'élève ait un ordre de rfandeur des concentrations à utiliser avec si possible, en plus, les solutions visibles sur le ureau professeur pour faire le lien couleur et concentration et favoriser l'idée de devoir dilouer ou non la solution d'Alodont).
- Repérer la longueur d'onde maximum .
- Comparer avec le doc 4.
- Identifier le colorant.



Appel professeur : Validation du protocole
Ce protocole sera réalisé au bureau par le professeur.


<u>VAL</u> : Interpréter un résultat expérimental.	A B C D	
--	---------	--

 4- Give your results concluding about the colour of bath Alodont antiseptic mouth. (5min)

Identification du E131 bleu patenté, Amax et λ_{max} caractéristiques doc 4.

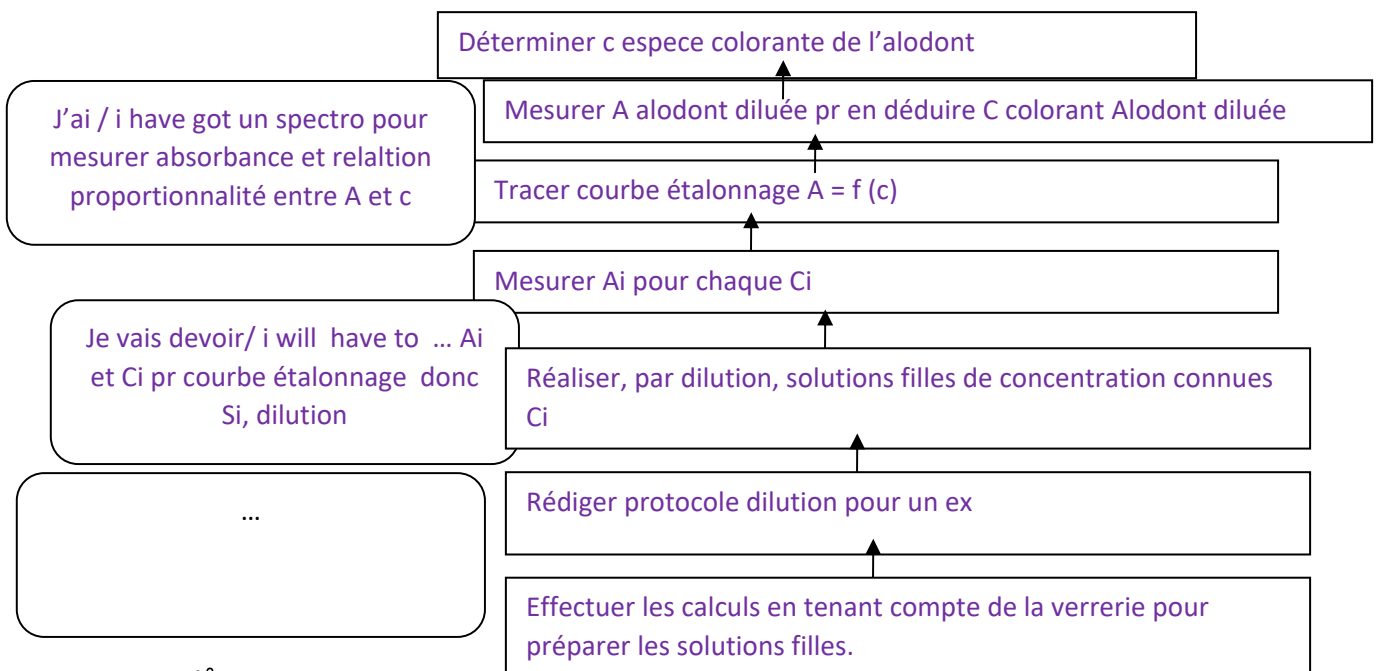
Part 2. B : doser (=déterminer la concentration) l'espèce identifiée par étalonnage (signification dosage en français)

<u>ANA</u> : Mettre en œuvre une démarche expérimentale.	A B C D	
--	---------	--

 5- Propose a testing strategy to determine the concentration of the chemical specie responsible for coloring bath Alodont antiseptic mouth. (15 min)


Commentaires : Objectifs linguistiques vont apparaître au début de la séquence. Comment donner le lexique indispensable pour pouvoir réaliser la tâche et interpréter les résultats ? Sur l'énoncé, au tableau, selon la demande des élèves, en joker sur une autre feuille ?

Aider au raisonnement (colonne de gauche) pour établir étapes de stratégie (rectangles à droite). Partir de la finalité, tenir compte des connaissances, infos, matériel et dérouler les étapes. Au final la stratégie correspond à Dosage par étalonnage, avec spectrophotométrie :



Appel professeur : Validation de la démarche expérimentale


<u>REA</u> : Réaliser un dosage utilisant la spectrophotométrie.	A B C D	
--	---------	--

 6- Realise the different steps of your testing strategy. (30 min)

Aides à mise en place des calculs de dilution, à l'utilisation d'un tableau, à la réflexion sur la verrerie.

S'assurer que signification de diluer (diminuer concentration par ajout solvant ici) permet à l'élève de réaliser les différentes tâches.

<u>VAL</u> : Interpréter un résultat.	A B C D	
---------------------------------------	---------	--

 7- Give your concluding results about the concentration of the coloring in the bath antiseptic mouth : don't forget to deal with the uncertainty sources. *Is it useful to indicate on the medicine instructions advices concerning the administrated quantity of the blue coloring for a 200 mL bath Alodont antiseptic mouth bottle?* (10 min)

Détermination de C (colorant dans Alodont) avec courbe d'étalonnage tracée et éventuellement le facteur de dilution de la solution commerciale.

Le calcul utilisant la DJA pourra être fait en séance de classe entière (manque de temps pour l'activité expérimentale) : l'idée est que l'élève voit l'intérêt de doser le colorant bleu dans la solution de bain de bouche (doc 5).

masse de bleu patenté V contenu dans une bouteille d'Alodont de volume V


$m = cVM$

D.J.A. en bleu patenté V (E131) qu'un adulte (65 kg) peut ingérer

nombre N de bouteille qui peuvent être bues chaque jour sans dépasser la DJA du bleu patenté V est tel que $N < m/DJA$

Part 3 : Describing the scientists' work on Laboratory spectroscopy for in situ sensing on Earth's atmosphere

<u>COM</u> : Diffuser ses résultats expérimentaux.	A B C D	
--	---------	--

 8 – You will participate in the « Science Open Doors Party » at your school and you will reproduce the testing strategy and lab experiments at lab you've just conducted : imagine an introductory speech, before your scientific demonstration, **to explain to the visitors how the scientists could monitor the atmospheric dioxyde carbon** and to make them aware of the importance of measuring its concentration . You should support your explanations with references to the methodology used in the school lab.

Commentaires: L'idée est de vérifier si l'élève est capable de synthétiser son travail , en réinvestissant la démarche scientifique, l'analogie entre le travail des scientifiques et le travail réalisé en classe et le vocabulaire : il doit aussi répondre aux questions initiales de l'activité. La consigne est trop longue, l'activité aussi : travail à faire chez soi ? Autre idée pour la question finale ?

Tâche finale

Réponse aux questions de recherche en un résumé présentant les deux étapes de la démarche (identification, dosage) et quelques éléments d'analogie avec le travail de classe.

- Caractérisation du dioxyde de carbone par spectro IR: absorption maximale de rayonnement pour domaine de longueur d'onde dans l'IR (voir doc 2 si besoin) : fenêtre d'absorption (utilisation d'un spectrophotomètre en IR)

- Concentration par mesure in situ de transmittance/absorbance puis utilisation de la loi de Beer-Lambert qui à partir d'une mesure d'absorbance permet de déterminer la concentration.

Références éventuelles à la multiplicité des mesures et spectres pour le CO2 (doc 2) et à l'idée de simplification pour le colorant bleu (proportionnalité).

Lien étude du CO₂ de l'atmosphère avec réchauffement climatique et rôle de gaz à effet de serre : transmettre dans l'IR.

Commentaires : Je ne sais pas quand ni comment donner les mots et expressions clés ...

TIPS and PROMPTS :

absorbance spectrum

unknown compounds

qualitative analysis

the λ_{max} of a compound

use an absorbance spectrum

identify a chemical species

use the Beer-Lambert Law

determine the concentration of compounds in solution

prepare and graph

standard or calibration curves

quantitative analysis

using colorimetry

ajouter les structures linguistiques pour l'argumentation et la comparaison (analogie)

Annexe du chapitre IV.1.4c - module 3, déroulement, 1er septembre 2016

Les passages en gras sont intégrés dans l'analyse du module 3. L'enseignante d'anglais qui participe aux échanges est référencée par Ea dans les transcriptions.

1	0'00	Liste des élèves, groupes de TP en anglais et en physique-chimie
2	1'45	Groupes de TP alternent en fonction de la langue utilisée pour les activités expérimentales ; chacun.e donne son avis sur la constitution des groupes, imagine quel type d'élèves va mieux y arriver en L1, en L2. Une contrainte pour les groupes : répartir les élèves de section européenne. L'enseignante d'anglais pourra rester en contact pendant la séquence et exercer un regard sur le niveau en langue requis pour exploiter les énoncés proposés et celui des élèves.
3	9'50	Vérification des emplois du temps.
4	11'00	Prise de connaissance (lecture) du courrier aux familles : explicitation de la déontologie en recherche aux enseignants qui suggèrent de bien préciser que la diffusion du travail sera restreinte au projet de recherche. Organisation pour la gestion du courrier (distribution, récupération).
5	16'00	Organisation de la présentation du projet à la classe, planification en fonction de l'emploi du temps.
6	18'16	Organisation des séances d'une durée d'une heure chacune en classe entière et de deux heures dans le cas d'un TP en groupe.
7	20'01	Activité expérimentale 1, partie 1 avec l'exploitation des supports : remarque sur la forme (identique à ce que propose l'enseignant l'année N-1 et type bac), sur longueur des textes (importante ; à réduire ?), diversité des supports (graphiques, vidéos).
8	21'08	N : L'idée c'est de savoir / comment aider les élèves à exploiter et s'approprier les documents en anglais / donc première possibilité / on leur donne déjà le lexique et quelques mots clés à traduire / ou alors on leur demande de lire / y a un travail fait en classe individuel puis collectif / ou les élèves notent le lexique / auquel cas ils demandent quand ils ne comprennent pas / ou est-ce qu'on donne des structures aussi ? / comment tu fais-toi en anglais ? / tu donnes le vocabulaire / tu les fais travailler comment ?
9		Ea : alors quand on fait de la compréhension écrite / il y a toujours des activités d'anticipation / euh par exemple / à l'oral / ça permet de démarrer avec des mots de vocabulaire que les élèves connaissent / souvent c'est des compréhensions orales où des images permettent de déclencher la parole et dire ce qu'ils connaissent / souvent ils sont obligés de parler en fait / et du coup on a le vocabulaire
10		N : ouais / donc là / ils auront vu un peu de vocabulaire en classe entière
11		E : euh oui avant
12		Ea : donc là il y a du vocabulaire connu ?
13		E : ouais mais euh ça se sera fait majoritairement en séance / y aura des documents /
14		N : bon / à l'écrit y a quelques mots transparents
15		E : c'est l'avantage des sciences
16		N : par exemple / document 5 / tu as dit / ils ont déjà fait ça en première donc je ne pense pas que ce soit trop compliqué
17		E : euh oui / y a que les log / mais bon ça / je leur expliquerai peut-être en français du coup

18		N : oui / de toute façon tu peux utiliser le français et eux aussi / après / le document 4 / je peux le mettre en français si besoin / ça fait peut-être trop de documents en anglais / c'est pour expliquer ce qu'est le capteur de la photodiode
19		E : euh ouais
20	23'03	Ea : à mon avis c'est l'intérêt des deux groupes / je sais pas euh / mais bon faut peut-être voir comment ils sont / là dès lundi euh / mais faudrait peut-être voir de laisser les euros / et à la demande ben du coup / s'il y a des mots qui reviennent ben ils les notent dans la marge et toi tu peux les écrire au tableau
21		N : parce que je pense aussi que ça va être le gros de ton travail / ça veut dire que à chaque fois que tu vas être là pour donner tous les moyens pour qu'ils comprennent / donc faire beaucoup d'oral aussi / qu'est-ce que vous avez retenu de ce que vous avez lu ?
22		Ea : c'est ça / est-ce que c'est très différent de ce que tu fais en DNL ? / la DNL c'est de l'oral ? / enfin euh
23		E : ouais mais c'est que / tu sais en deux heures on a beaucoup de choses à faire / ben le programme euh bon voilà / comme je suis obligé de suivre le tempo imposé par le programme / en DNL je prends mon temps
24		N : oui et en TP il y a les manip
25		Ea : en DNL t'as plus le temps ?
26		E : ben je fais ce que je veux / y a pas de programme / je prends / donc tu vois un truc comme ça je prendrais quatre heures pour le faire / si j'ai le temps / je fais faire d'abord les documents / l'expérience la séance d'après / parce que là c'est deux heures / avec des TP imposés / faut suivre le rythme
27		Ea : d'accord
28		N: parce que là rien que de lire les documents / ça va prendre vingt minutes / pour pouvoir ensuite partir sur le protocole / après / pour avoir la structure pour que tu te rendes compte / la partie 1 c'est l'exploitation des documents / donc là c'est pareil / y a plein de consignes / ce sera pas possible qu'ils fassent tout à l'écrit et encore moins en anglais / donc ils doivent répondre en français en fait // comment // mais la première question c'est pour savoir s'ils ont bien compris que le satellite détecte le rayonnement / et le fait que l'atmosphère absorbe le rayonnement / et du coup / on a cette formule qui nous calcule en fait la proportion de rayonnement absorbé par l'atmosphère par rapport à celle non absorbée par l'atmosphère / ça c'est l'enjeu du TP mais on peut le présenter différent si c'est compliqué / pareil / pourquoi il y a trois détecteurs / ben là aussi c'est une connaissance de physique / le détecteur travaille dans un domaine spectral particulier / là c'est l'UV visible et l'infrarouge / donc là dans le document 2 y a rien à dire à part une phrase / et en fait c'est le document 3 / ils voient qu'il y a trois détecteurs parce que UV visible et IR
29		Ea : et si tu précises dans la question 2 / document 2 et 3 / ça leur permet d'être guidés
30		N : euh oui c'est une bonne idée
31		E : ouais au moins pour la première activité parce que ce sera nouveau
32		N : ok je ferai le changement / après la question suivante c'est pour le doc 1 / les élèves sont-ils capables de comprendre et réexpliquer en langage naturel c'est - à- dire en langue française rédigée / structurée / ou sous forme d'un <i>diagram</i> / donc le document / cette question 3 au niveau de la recherche est un peu complémentaire pour valider que l'élève a bien compris la question 1 et 2 /

33		E : et le diagramme c'est quoi ?
34		N : oui donc là c'est la <i>remote sensing chain</i> / tu sais c'est comme pour la chaîne d'énergie / là il y a que les flèches mais on peut mettre aussi des carrés / il y a une source de rayonnement qui se propage / qui arrive à l'atmosphère/ et cetera
35		Ea : et si tu leur donnes la structure complète ? / tu leur donnes les cases vides avec les flèches
36		N : oui c'est une super idée
37		E : ouais / on fait ça en première S avec l'énergie / donc ils sauront reconnaître
38		Ea : quitte à mettre un mot quelque part
39		N : ok/ et je me demandais pour répondre / on leur propose des mots clés ou des structures ?
40		Ea : ben ça dirige beaucoup
41		E : ouais mais en français ça ira / là c'est parce que c'est pas ton domaine mais en fait c'est pas trop dur
42		Ea : oui c'est vrai / ils répondent en français de toute façon
43	27'20	Activité expérimentale 1, partie 2
44		N : la première question c'est pour qu'ils fassent la comparaison / au laboratoire on utilise une solution colorée absorbante /
45		E : c'est pour qu'ils comprennent l'analogie
46		N : euh oui / c'est pour les aider / si la question n'est pas bien traitée peu importe pour la suite / c'est mieux s'ils font le lien mais c'est la question d'après où ils doivent répondre à la problématique / le deux c'est le cœur du programme de terminale / proposer une démarche scientifique / ça prend plus de temps / il faut leur faire faire en français
47		E : euh oui
48		N : oui sinon ça va être difficile / en plus au bac ils le font en français
49		E : en première ils le font un peu / ils proposent un protocole pour expliquer ce qu'ils ont fait
50		N : alors moi je fais la différence entre la démarche et le protocole / s'il y a des calculs je le place plutôt dans la démarche / le protocole consiste pour moi à faire les mesures ici / à réaliser la manip
51	28'45	Echanges interrompus. La conseillère principale d'éducation vient se présenter et se montre intéressée pour prendre davantage connaissance du projet.
52	31'58	Reprise des discussions sur le montage proposé sur l'énoncé de l'activité expérimentale 1, partie 2 : section <i>material et</i> Nota Bene en lien avec les questions 2 et 3
53		N : donc c'est bon pour toi E ? / ça te semble pas trop compliqué pour les élèves ?
54		E : euh / non / c'est bien comme ça / de toute façon le protocole ils l'ont déjà fait en première / il est pas très difficile
55		N : oui / c'est prendre la tension aux bornes du capteur /
56		E : faudrait peut-être que le montage capteur soit fait / tu pensais avec l'oscillo ?
57		N : euh ben pas forcément / un circuit série et un voltmètre
58		E : oui avec la résistance de protection / ok
59		N : et ça de toute façon / faut les tester les TP
60		E : ouais parce que l'utilisation du voltmètre / ils voient au collège / et juste en terminale / faut pas perdre de temps avec ça
61		N : oui et tu vois c'est écrit dans l'énoncé de TP (N lit)

62	33'25	Echanges sur la signification des notations utilisées sur l'énoncé, section « <i>material</i> » : I = a.i ; puis échanges sur ce que les élèves doivent réaliser à travers les question 3 et 4 de la partie 2.
63		N : donc ils font le protocole et en soit la manipulation c'est deux mesures à faire et un calcul / ça prend juste quelques minutes
64		E : ouais deux mesures / une sans rien et l'autre avec la cuve et la solution
65		N : et à la fin c'est pour voir s'ils donnent du sens à la manip / ce qui est important c'est vraiment le raisonnement et l'appropriation des docs
66		E : oui y a pas de calculs d'incertitude là
67		N : non non [...]
68	34'52	Echanges sur la formulation des consignes en général : Ea et E pensent qu'elles conviennent (courtes et académiques)
69	36'10	Partie 3 de l'AE1, question 5 : préparation pour s'exprimer à l'oral sous la forme d'un argumentaire ; il est envisagé d'utiliser les dictaphones pour que les élèves produisent à l'oral. Ea indique qu'elle cible la séquence en anglais sur l'entraînement à la production orale.
70	38'32	Ea : je demande à un élève de récapituler ce qu'on a fait le dernier cours / <i>first we did that / after we did that / vous en physique ça va être un peu plus spécifique / as a result / on peut les injecter en anglais après / faut les habituer à prendre la parole en continu</i>
71		Idée de faire un message vocal pour inciter les élèves à répondre à l'oral en anglais en fin d'activité expérimentale. Difficultés envisagées par rapport aux expressions à réinvestir
72		Ea : est-ce que / après / dans un message téléphonique / c'est aussi crédible d'avoir quelque chose de précis ?
73		N : ah bah là non / ce qui est proposé c'est pour de l'écrit
74		E : ouais il faudrait changer la référence
75		Ea: donc ce serait un truc du genre / enfin un peu plus familier / <i>hey what's up? / I read an article on the web / euh about / faut pas forcément le titre entier / have you read about this phenomenon / I know satellites are used to monitor the atmosphere but I don't understand / tu vois ? on peut / can you help me? /</i>
76		E : ouais si tu peux t'enregistrer mais pas très longtemps pour pas que ça leur fasse peur / ceux qui sont en difficultés on peut leur donner le texte / et ils écoutent en même temps
77		N : je pense qu'en deux heures cette activité est réalisable / par contre la deuxième faut la reprendre
78		E : ouais je suis d'accord / pour la première l'expérience n'est pas longue
79		N : du coup le lexique t'es d'accord c'est toi qui vois avec les élèves ?
80		E : euh oui et je ferai la mise en forme des TP
81		Ea : et pour la compétence linguistique / ben sur la première activité / pour la compréhension écrite / c'est le niveau qu'on vise /
82	43'10	L'enseignant propose que l'activité AE2 soit proposée en anglais au groupe avec plus d'élèves en section euro.
83	44'05	Echanges sur l'autoévaluation par compétences : format, pratique de classe. L'enseignant complice l'a déjà fait faire à des classes. Ea donne des précisions sur le niveau en langue du CECRL à l'aide de descripteurs : elle propose de tout positionner au niveau B1.
84	47'15	Choix de documents authentiques en anglais traduits ensuite en français : extraits d'article de recherche pour permettre la contextualisation et l'analogie.

		L'enseignant complice fera les traductions mais il précise que s'il manque de temps il ne le fera pas en entier.
85	48'40	Deuxième activité AE2 : elle paraît longue.
86		N : Le contexte / alors j'ai laissé les graphiques / on peut s'attendre que les élèves ne connaissent pas la notion de puits de CO₂ / je préfère le laisser car c'est en lien avec le réchauffement climatique
87		E : alors on peut mettre une note en bas de page ou à côté ?
88		N : ok / est-ce que l'objectif est bon pour toi ? / au niveau de la formulation ? //
89		Ea : oui c'est clair / tu veux faire l'expérience avec une cuve remplie de solution plutôt qu'avec des gaz
90		E : au niveau de <i>the context</i> je mettrais plutôt <i>documents</i> et <i>material</i> avec un s ?
91		Ea : euh <i>materials</i> c'est plutôt les matériaux / <i>material</i> / le matériel / et tu peux enlever l'article <i>the</i> / <i>context</i> / <i>documents</i>
92		N : ok merci / alors / le document 1 est long et au niveau cognitif / disciplinaire / c'est un peu compliqué / ça explique comment la mesure est effectuée // et d'un côté / j'ai déjà beaucoup réduit / puisque c'est un article de recherche à la base
93		Ea : oui / et pour la cohérence du texte parfois c'est difficile de réduire
94		N : oui et là / en réduisant trop / on ne comprend plus vraiment / et l'idée c'est qu'ils retiennent les idées essentielles en s'appuyant sur certaines phrases
95		E : oui ils vont retenir l'essentiel
96		N : voilà / c'est l'idée / d'extraire et sélectionner les infos / par contre / j'ai mis par ailleurs des figures / pour aider à la compréhension du texte / le document 3 / c'est la Loi de Beer Lambert qu'ils voient
97		E : oui en première
98		N : donc y a rien de nouveau / est-ce que je laisse aussi long ?
99		E : tu peux simplifier là / pour le spectrophotomètre / oui ils l'ont utilisé au moins trois ou quatre fois / donc je pense que si tu la donnes / la loi / comme ça / ils vont s'en souvenir /
100		N : donc j'enlève ce paragraphe
101		E : euh oui la première partie
102		N : ouais mais ils vont avoir besoin de lambda max / peut-être que quand tu vas traduire tu te rendras compte ce qu'il faut regarder
103	54'05	Echanges sur la traduction du mot cuve en anglais (terminologie spécifique au matériel de chimie) ; Ea indique que ce n'est pas un registre de langage qu'elle connaît.
104	54'50	Nécessité de tester le TP : l'enseignant complice doit donner les conditions expérimentales pour que le protocole soit reproductible.
105	55'35	Liste de matériel : travail d'étayage de l'enseignant nécessaire si les élèves ne connaissent pas le vocabulaire en anglais.
106	56'11	AE2, partie 1, question 1 : remarque sur la tâche d'exploitation des supports qui paraît trop dense.
107		N : alors / c'est pour montrer / soit il y a une analyse qualitative / ça va répondre à la première question de problématique liée à l'identification / soit c'est de l'analyse quantitative où ça répond à la deuxième problématique et où les élèves doivent faire une mesure / donc c'est pour ça que j'ai fait / que j'ai pris parti / ben dans tout ce que tu as lu / cite quelques phrases
108		E : ah oui d'accord

109		N : donc c'est pas exhaustif / ils peuvent en proposer une chacun et puis on met en commun / et comme ça ils ont rempli tous ensemble le tableau
110		E : mmm/ il va falloir préciser
111		Ea : oui tant que tu n'attends pas tout ça ça va parce que là / je me suis dit /c'est de la compréhension assez fine
112		E : oui donc ça on leur dit / lisez les documents / mettez en commun / enfin on leur laisse noter deux trois trucs
113		N : oui et par exemple ils comparent et complètent en binôme
114		E : et on finit en commun ok
115		N : voilà / après ils le font en anglais ou en français / s'ils citent en anglais ils peuvent faire la mise en commun en anglais sur des choses qu'ils ont recopiées
116		E : ah oui
117		N : après la colonne de droite c'est pour voir s'ils ont compris / ce que vont faire les scientifiques / identifier et ensuite déterminer la concentration / c'est-à-dire euh
118		E : d'accord
119	57'30	N : quand ils vont faire le protocole expérimental / ils vont comprendre qu'il y a un protocole d'identification et un protocole de mesure
120		E : ça marche
121		N : donc euh / ensuite / j'ai détaillé / alors le 2 / question 2 / c'est pareil c'est un peu compliqué mais j'attends pas tout / moi je propose de donner le tableau tel quel / ils complètent comme ils peuvent / c'est pour qu'ils s'approprient bien ce qu'ils ont à faire / donc les scientifiques ils doivent mesurer la concentration du dioxyde de carbone / mais toi au labo tu dois faire quoi ?
122		E : mmm
123		N : toi au labo tu vas devoir déterminer la concentration de la substance colorée inconnue / donc c'est pour euh
124		E : c'est pour l'analogie
125		N : l'analogie c'est ça / c'est pour voir si les élèves ont bien compris ce qu'ils allaient faire et l'analogie
126	58'14	L'enseignante d'anglais fait remarquer qu'elle doit bientôt y aller. Suite de l'exploration de l'AE2, partie 2A et partie 2B.
127	58'20	N : donc là je sais pas / je pense que ça devrait aussi aller assez vite / ça ne me semble pas trop compliqué / si c'est en style télégraphique je pense que c'est bon / là c'est vrai que j'ai commencé à rédiger en anglais / mais ils le font en français / sauf si en plus ceux qui sont en section euro veulent ajouter en anglais
128		E : oui de toute façon tu ramasses les copies et tu verras / c'est toi qui corriges ?
129		N : euh oui / je vais regarder ce qu'ils ont fait / euh / pour corriger / je sais pas / oui // bon /du coup je vais un peu plus vite / donc identifier les espèces dont la concentration est à déterminer (partie 2A) / là c'est pareil c'est une démarche scientifique / donc en français
130		E : oui
131		N : et ensuite pour communiquer ses résultats / c'est la même chose que pour la première activité
132		E : t'as repris le TP que j'avais fait ?

133	N : euh oui j'ai pris exactement les mêmes choses c'est juste que j'ai contextualisé // et après il y a le dosage (partie 2B) / là c'est pareil je pense qu'au niveau de l'anglais / on va tout demander en français / parce qu'ici j'avais proposé un début de structure en anglais / <i>have to</i> / mais le problème / c'est déjà une compétence difficile à mener en français donc euh / je pense que les structures
134	E : ben euh / déjà c'est pas évident pour eux de rédiger la démarche en français
135	N : oui donc on les met pas
136	E : ouais c'est mieux
137	N : ensuite ils font le protocole et c'est question 7 / du coup / c'est par rapport euh / aux résultats critiques / ça je pense que tu n'auras pas le temps de le faire / c'est un peu compliqué / ou le reprendre
138	E : ça ils peuvent le faire
139	N : euh ben il reste la tâche finale
140	E : pouhhh / ah ouais
141	N : et oui / c'est pour ça qu'il faut que tu m'aides à réduire
142	E : ben ça la première partie / avec les tableaux on peut le dire de faire à la maison?
143	N : ben non plutôt en classe par ce que c'est la première fois que ce groupe aura l'activité en anglais
144	Ea et E: ah oui
145	N : oui c'est ça le problème
146	E : ce sera la deuxième semaine / je peux essayer de le faire en AP
147	N : mais ça ne va pas biaiser ? / par ce que l'autre groupe n'aura pas l'AP / faut voir / je préfère réduire et enlever une question
148	E : ouais j'en fais une à l'oral
149	N : l'analogie ils le font individuellement et le tableau
150	E : ce qu'on fait pour l'appropriation habituellement / c'est qu'ils préparent à la maison / ils ont fait les questions avant / comme ça quand ils arrivent en TP ils manipulent / parce qu'en TP c'est la course
151	Ea : c'est clair
152	E : finir le TP à l'heure / ben oui s'ils partent et qu'ils n'ont pas les résultats / ils peuvent pas les analyser / c'est pour ça qu'on bourre un peu / c'est un peu l'angoisse
153	N : oui / après la dernière question tu peux la corriger la séance suivante / parce que j'avais vu dans ton cahier de texte que tu avais fait ça / tu avais corrigé en classe entière
154	E : et j'avais déjà pas eu le temps / et il y avait moins de questions / ouais c'est un peu stressant (E rit)
155	N : (N rit) nan mais on verra
156	Ea : après ça peut peut-être marcher avec un groupe
157	N : et toi pour les aides du vocabulaire ici / tu en penses quoi ?
158	Ea : ici c'est sûr que des aides / c'est utile / après avoir explicité la consigne / qu'ils puissent démarrer tout le suite /
159	N : par écrit ? / en vidéoprojection ?
160	E : en bas on peut le mettre
161	N : ok à voir / et la consigne / j'ai trouvé qu'elle était longue / ça va ?
162	E : (E lit) l'idée des portes ouvertes ça peut être marrant

163		N : j'enlève un peu / pas besoin de préciser la forme / c'est tout de suite / <i>explain et to make them</i>
164		E : oui / c'est pas parce que tu mets tout dans la consigne que les élèves vont tout faire
165		N : c'est un peu confus peut-être si on met tout / tu expliques à l'oral au pire ?
166		Ea : oui on peut leur dire d'utiliser des mots de liaison / <i>linked words</i>
167		E : et ce sera à l'oral
168		Ea : en production / faut qu'ils s'enregistrent
169		E : par contre j'expliquerai tout en français là / à l'oral
170		N : ok pas de problème / et des aides partielles comme à l'épreuve du bac / tu en utilises ?
171		E : euh oui je le fais en vidéoprojection pour les guider si besoin
172	1'06'40	Les échanges se terminent. Les deux autres activités expérimentales AE3 et AE4 pourront être envoyées par mail. Les deux enseignants suggèrent d'attendre que les AE1 et AE2 soient testées en classe pour ajuster les deux autres activités expérimentales restantes.
173	1'07'00	L'enseignante d'anglais précise qu'elle fera une séquence sur " <i>design your own baby</i> " où les élèves vont travailler sur des textes différents avec déficit d'informations pour pouvoir les faire parler. Elle prévoit de les amener au laboratoire de langues pour leur faire travailler la compréhension orale. En tâche finale, elle leur fera faire un jeu de rôle où ils vont devoir prendre position, une position qui n'est pas forcément la leur, pour réinvestir ce qu'ils ont vu pendant la séquence.
174		E enverra les emplois du temps.
		1'08'00 - fin

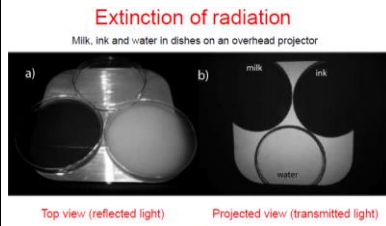
Annexe du chapitre IV.1.5a - module 4, scénario des séances 1 et 2

Propositions - Scénario de séances 1 et 2

Tâches enseignant	Tâche élèves
<p>Correction d'exercices chapitre 2. 10 min</p> <p>Situation déclenchante (classe, oral) 5 min</p> <ul style="list-style-type: none"> - vidéoprojection d'images pour faire émerger le thème proposé à la classe (étude de la planète Terre, utilisation de satellites/capteurs, avec des rayonnements différents, particularité de la Terre) <p>Par exemple, questionner la classe à partir d'images de la Terre par capteurs différents, puis avec aurores boréales, puis avec satellites : que voyez-vous ? Comment obtenir ces images ? Comment expliquer que l'image d'un même objet photographié peut être différente ? ...etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> - problématique à proposer à la classe - OU extraits vidéos en anglais pour aide prononciation avec sous-titres : http://missionscience.nasa.gov/ems/emsVideo_01intro.html - OU compréhension orale et questionnement oral <p>Vidéo introduction : rayonnement partout autour de nous (jusqu'à 1min 10) car vient des objets de la maison; qu'en est-il pour rayonnement qui arrive sur Terre ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Participation, réponses pour entrer dans le sujet
<p>Problématique : Quelles informations tirer de l'étude des rayonnements de l'Univers ?</p>	
<p>Activité documentaire distribuée</p> <p>10 min – individuel puis « binômes »</p> <p>Passage dans les rangs pour relever :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stratégies/procédures élèves - Difficultés rencontrées ➤ Laisser faire les élèves (dévolution) ➤ Les inciter d'abord à la réflexion individuelle et dans les dernières minutes, aux échanges à deux, sans copier sur l'autre... 	<p>Les élèves découvrent les documents, les lisent, répondent aux questions dans la langue de leur choix.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Repérage individuel des mots qui posent difficultés - Mise en place de stratégies individuelles - Possibilité ensuite de s'entraider à deux (chuchoter).
<p>5 min- collectif</p> <p>Demander aux élèves d'exprimer leurs difficultés (lexiques, compréhension des consignes, compréhension des textes...) puis leurs recherches de solutions par stratégies, méthodes...</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en commun, résumé pour aide méthodologique globale à l'oral 	<p>Mise en commun pour le lexique : laisser les élèves proposer des traductions entre eux.</p> <p>Mise en commun pour la méthodologie.</p>

<p>15 min - Question 1 – individuel puis collectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proposer méthodologie question 1 - Passer dans les rangs pour se focaliser sur stratégies et difficultés question 1. - Mise en commun à l'oral - Début chapitre, trace écrite construite avec la classe => Structuration des savoirs - compléter avec doc rayonnement cosmique (vidéoprotection) <p>et/ou vidéo (de 1min10 à 2'13) : lien E et f</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Finir de rédiger sa réponse à la question 1 et avancer l'activité ; - Partager sa réponse 1 à l'oral. - Prendre la correction dans le cours.
<p>10 min - Question 2 – individuel puis collectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idem - Structuration des savoirs : <p>Figure spectre électromagnétique à distribuer + vidéoprojection.</p> <p>Superposition domaines</p>	<p>Idem</p>
<p>10 min - Question 3 – individuel puis collectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idem <p>Figure sources rayonnements vidéoprojetée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Structuration des savoirs sources 	<p>Idem</p>
<p>10 min – question 4 – individuel puis collectif</p> <p>- idem</p> <p>=> Structuration des savoirs fenêtres atmosphériques.</p> <p>Expériences spectre d'absorption</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Finir de rédiger sa réponse à une question et avancer l'activité ; - Partager sa réponse à l'oral. - Prendre la correction dans le cours. - Décrire les observations de l'expérience permettant d'obtenir spectre de la lumière blanche et spectre d'absorption.
<p>10 min – Réponse à la problématique</p> <p>Quelles informations tirer de l'étude des rayonnements de l'Univers ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laisser les élèves y répondre - Faire mettre en commun les idées - Aider à la prise de notes des réponses à la problématique (mots clés, référence aux paragraphes du cours et aux documents, carte mentale...etc) <p>vidéo de 3min42 à fin : détection, vues galaxies pour différentes longueurs d'onde</p>	<p>A deux, réponses en français/anglais.</p> <p>S'exprimer à l'oral.</p> <p>Prendre des notes pour répondre à la problématique.</p>
<p>CQFA chapitre et exercices en devoir.</p>	

Ressources prof sur fenêtres atmosphériques : absorption, transmission, émission, diffusion



• Dark shadows for milk (scattering medium) and ink (absorbing medium) show that *absorption* and *scattering* are equally effective at depleting transmitted radiation

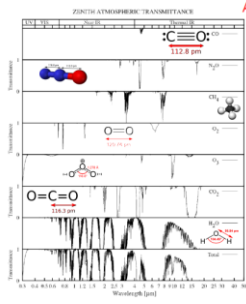
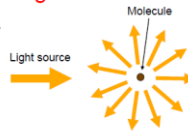
What is scattering?

When light encounters matter, matter not only re-emits light in the forward direction, but it also re-emits light in all other directions.

This is called *scattering* – the redirection of radiation out of the original direction of propagation.

Contrast with absorption, which involves conversion of EM energy to heat or chemical energy.

Light scattering is everywhere. All molecules scatter light. Surfaces scatter light. Scattering causes milk and clouds to be white and the daytime sky to be blue. It is the basis of nearly all optical phenomena.



Atmospheric transmittance UV-IR (no scattering)

NB. Midlatitude summer

Which constituents have the largest influence on atmospheric transmittance?

Where are the atmospheric window regions?

Which gases are infrared active and contribute to greenhouse warming?

Which gases significantly absorb solar radiation?

What are the main sources for each gas?

Annexe du chapitre IV.1.5b - module 4, propositions pour l'AD1, séance 1

AD

ACTIVITE DOCUMENTAIRE

« Earth's atmosphere »

OBJECTIFS :

- Extraire et exploiter des informations sur un sujet scientifique (français, anglais)
- Connaître des sources de rayonnement

LE CONTEXTE

L'étude des objets de l'Univers s'effectue à partir des rayonnements qu'ils émettent et que nous recevons sur Terre.

- **Quelles informations obtenir en étudiant les rayonnements de l'Univers ?**

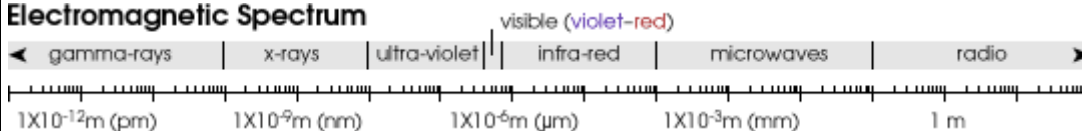
LES DOCUMENTS

Document 1 : Electromagnetic spectrum

(<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>)

The fundamental unit of electromagnetic phenomena is the photon, the smallest possible amount of electromagnetic energy of a particular wavelength. Photons, which are without mass, move at the speed of light—300,000 km/sec (186,000 miles/sec) in the form of waves analogous to the way waves propagate through the oceans. *The energy of a photon determines the frequency (and wavelength) of light that is associated with it. The greater the energy of the photon, the greater the frequency of light and vice versa.*

Electromagnetic Spectrum



Laisser de la place pour compléter par élève ?

Document 2 : Activité 2 p15 : Les sources de rayonnements

Document 3 : Cartes de la Voie Lactée à différentes longueurs d'onde (vidéoprojection)

L'émission radio provient principalement d'électrons de haute énergie que l'on trouve dans l'environnement des supernovae (étoiles qui explosent en fin de vie).

L'émission dans l'infrarouge lointain (10 à 100 μm dans le vide) provient principalement des poussières du milieu interstellaire réchauffées par les étoiles nouvellement formées.

L'émission dans l'infrarouge moyen (de 5 à 10 μm dans le vide) provient principalement de molécules interstellaires complexes (cycles aromatiques) portées à haute température par le rayonnement des étoiles.

L'émission dans le proche infrarouge (800 nm à 5 μm dans le vide) provient principalement des étoiles légèrement moins chaudes que le Soleil.

L'émission dans le visible provient principalement d'étoiles dont la température est proche de celle du Soleil.

L'émission dans le domaine des rayons X (1 à 5 nm dans le vide) provient principalement des nuages de gaz chauds.

L'émission des rayonnements gamma γ (inférieur à 12 fm dans le vide) provient principalement des collisions entre les protons du gaz interstellaire et les rayons cosmiques produits par les pulsars (étoile à neutron tournant sur elle-même et émettant des ondes électromagnétiques).

Document 4. Absorption Bands and Atmospheric Windows

(<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>)

Some types of electromagnetic radiation easily pass through the atmosphere, while other types do not. The ability of the atmosphere to allow radiation to pass through it is referred to as its transmissivity, and varies with the wavelength/type of the radiation. The gases that comprise our atmosphere absorb radiation in certain wavelengths while allowing radiation with differing wavelengths to pass through.

The areas of the EM spectrum that are absorbed by atmospheric gases such as water vapor, carbon dioxide, and ozone are known as absorption bands. In the figure, absorption bands are represented by a low transmission value that is associated with a specific range of wavelengths.

In contrast to the absorption bands, there are areas of the electromagnetic spectrum where the atmosphere is transparent (little or no absorption of radiation) to specific wavelengths. These wavelength bands are known as atmospheric "windows" since they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface.

Most remote sensing instruments on aircraft or space-based platforms operate in one or more of these windows by making their measurements with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere. *When a remote sensing*

instrument has a line-of-sight with an object that is reflecting sunlight or emitting heat, the instrument collects and records the radiant energy. While most remote sensing systems are designed to collect reflected radiation, some sensors, especially those on meteorological satellites, directly measure absorption phenomena, such as those associated with carbon dioxide (CO₂) and other gases. The atmosphere is nearly opaque to EM radiation in part of the mid-IR and all of the far-IR regions. In the microwave region, by contrast, most of this radiation moves through unimpeded, so radar waves reach the surface (although weather radars are able to detect clouds and precipitation because they are tuned to observe backscattered radiation from liquid and ice particles).

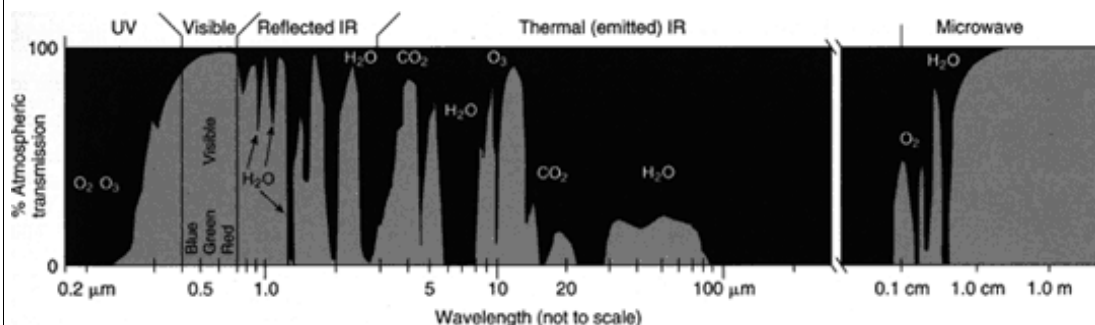


Diagram of atmospheric windows—wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere. [...]

LE TRAVAIL A REALISER

APP : Extraire, sélectionner l'information utile à partir de supports variés.

A B C D

A B C D

ANA : Mettre en relation les informations repérées pour réaliser une tâche.

A B C D

A B C D

REA :


A B C D


VAL :


COM :

1. Nature du rayonnement (radiation en anglais), explication de ce qu'est le rayonnement *les conseils en bleu : sur diaporama plutôt ? : par exemple « First, use a chart to quote informations from the documents about radiation (methodology). Then, answer the question with your own words.» Ou "Read the instruction, understand the task you have to do and spot the words you can find in the documents, Identify the documents. Extract the relevant information. Read again the instruction if necessary to remember the task. Do the task. (methodology).*

 2. Questionnement sur les spectres ?

 3. Identifier les sources de rayonnement

 4. Expliquer : les fenêtres atmosphériques- lien réchauffement climatique

 5. Repérer les instruments de détection de rayonnement – lien TP

➤ ***Answer the inquiry question.***

Annexe du chapitre IV.1.5c - module 4, déroulement, 6 septembre 2016

1	0'00	Planification de la séance de présentation du projet.
2	1'40	L'enseignant complice précise qu'il commence par de la chimie organique avec la nomenclature, les groupes caractéristiques et qu'il poursuit sur la RMN puis sur les ondes mécaniques. Il indique avoir prévenu les élèves que le projet fera suite aux ondes mécaniques.
3	4'65	Suggestion à l'enseignant de proposer une activité documentaire sur le chapitre des ondes mécaniques pour voir comment réagissent les élèves. L'enseignant précise la programmation qu'il prévoit avant le projet et vérifie qu'il a le temps de finir les premiers chapitres de l'année avant le projet. Echanges sur la disponibilité du matériel pour les premières activités expérimentales. Planification des TP : le premier a lieu le 23 septembre.
4	9'31	Récapitulatif sur l'ensemble des AE prévues et leur enjeu d'un point de vue didactique par rapport au thème de la séquence. Planification des séances pour estimer la durée de la séquence.
5		N: pour les TP je me demandais / est-ce qu'on part sur quatre TP / donc TP1 c'est la télédétection / TP2 le dosage avec la loi de Beer-Lambert / TP3 spectre IR avec le logiciel Spécamp pour qu'ils se rendent compte qu'au niveau microscopique la vibration d'une molécule permet l'interaction avec le rayonnement / avec des exemples de gaz à effet de serre / et le dernier TP ça va être les transferts thermiques avec augmentation de température en régime transitoire et les transferts par conduction thermique / le tout en lien avec le réchauffement climatique / et après faut voir pour la séance de débat / euh pour les créneaux des cours / on travaille la compétence extraire des infos et la synthèse argumentée / du coup en classe entière / on leur demande de préparer pour une moitié de classe en français et l'autre en anglais / je sais pas
6		E : et en AP on peut le faire ? / mais ça amène après les vacances.
7	11'02	Réflexion sur l'intérêt d'un TP sur le spectre IR avec le logiciel Spécamp en AE3 en tenant compte de ce qui a été fait par l'enseignant complice l'année N-1 à partir de l'énoncé d'activité de l'enseignant et du cahier de texte.
8	13'05	Vérification pour la planification des créneaux pour l'ensemble de la séquence y compris l'évaluation sommative de fin de séquence. Contraintes au niveau du lycée, emploi du temps. L'enseignant essaie aussi d'anticiper ce qu'il propose en AP, hors séquence co-construite.
9	22'10	Echanges sur des bilans réguliers à prévoir après les TP et les séances avec les activités documentaires. Evaluation des compétences des élèves : l'enseignant complice explique comment il fait et partage sa réflexion sur la manière d'obtenir des notes pour le trimestre. Lien avec les CQFA par chapitre.
10	26'32	Echanges sur la conception de l'énoncé d'évaluation en fin de séquence.
11	27'50	Courrier de présentation du projet aux familles à distribuer aux élèves : lecture de la version finale visée par l'équipe de direction.
12	30'26	Conclusion sur la planification des TP de séquence : volume horaire identique à l'année N-1.
13	30'45	Echanges informels avec des collègues qui viennent saluer l'enseignant complice.
14	31'57	Références aux énoncés d'activités expérimentales AE1 et AE2 : répartition des tâches pour la version finale.
15	32'57	N : j'ai repris deux trois choses qu'on avait dites / j'ai renuméroté les documents dans les questions/ il y a les aides partielles que tu peux donner à l'écrit, à l'oral, en vidéoprojection / tu vois si tu veux les utiliser / elles sont en français et en anglais / faut penser à leur donner des conseils méthodo / comment arrivez-

		vous à mettre en œuvre votre démarche ? / j'ai repris un peu / quoi / selon ce qu'on avait dit / toi tu fais la vérification et la mise en page ?
16		E : ouais / après je convertis en format pdf pour que ça bouge pas au niveau de la présentation / tu m'envoies comme ça et je m'en occupe / je leur ferai compléter directement sur l'énoncé et tu prends leur copie après
17	36'05	Quelques modifications de formulations et de corrections orthographiques sont apportées aux AE1 et AE2.
18	37'30	Possibilité de vidéoprojeter les énoncés en classe, les aides proposées : l'enseignant a l'habitude d'utiliser un diaporama.
19	38'22	Utilisation de l'outil de médiation avec le scénario de séances 1 et 2.
20		N : donc pour la semaine 1, il y a une activité euh / le scénario de séance il a changé / il faut qu'on voie ça pour la première séance / faut qu'on voie / qu'on fasse le scénario
21		E : pour le cours oui
22		N : oui je voudrais bien qu'on utilise ces documents / la compétence principale est d'extraire les informations en anglais / je te propose donc une activité documentaire / ça semble jouable
23		E : ok / ça ça dure une heure ?
24		N : alors en fait / c'est comme tu veux // on est en début d'année / on ne connaît pas le niveau des élèves donc je me dis que ça fait peut-être beaucoup / soit ce document là on l'utilise la première séance / pour qu'ils connaissent la nature du rayonnement
25		E : donc ça / c'est la première heure de cours ?
26		N : oui première heure / celui-là en deuxième heure / soit on décide de / ben / tu peux faire un peu de cours en français / et à un moment tu utilises l'activité documentaire en anglais / c'est comme euh
27		E : on peut diviser / c'est peut-être moins compliqué
28	40'16	Echanges sur le scénario de la première heure de cours (séance 1)
29		N : donc situation déclenchante / alors déjà si tu fais pas comme ça / y a pas de problème / c'est une idée que je partage / je ne veux rien t'imposer
30		E : non non mais je fais un peu comme ça aussi / ça je le fais en seconde / j'écris un mot au tableau par exemple Univers et après chacun mette un mot qui leur vient et je remets dans l'ordre
31		N : d'accord / ben l'idée c'est qu'ils entrent dans l'activité // j'avais aussi mis dans le document des programmations des séances une problématique / par exemple / pour le premier chapitre j'avais mis une thématique / la télédétection / donc ça c'est / euh / pour la problématique / comment sonder l'atmosphère par les satellites par exemple / mais euh / je sais pas
32		E : la problématique du chapitre ?
33		N : oui tu vois dans la programmation / y avait une problématique en lien avec ce qui va être traité/ on sait que la problématique elle va être étudiée dans le chapitre et après en TP / voilà si ça te va bien on fait ça / et si ça te ne convient pas y a pas de problème
34		E : non mais tu vois /chaque grand un et grand deux / je commence par des questions donc ils ont l'habitude / je peux mettre problématique générale / je peux / et après je fais pour le grand un / je mets quels sont les rayonnements dans l'univers ? /Quelles sont les informations et cetera / c'est comme ça ue je fais / sous forme de questions
35		N : ok d'accord / bon ben / très bien / la première alors tu lui donnes ce titre ?

36		E : euh oui / je peux noter ? / ça c'est séance un / ce sera le grand un / rayonnement / après je peux mettre l'absorption en grand deux
37	42'42	Présentation de documents pour l'activité documentaire AD1
38		N : tu vois / je t'ai mis en italique une partie un peu longue / peut-être pour les élèves / mais d'un autre côté / comme c'est une activité documentaire / ça peut être intéressant de mettre plus de documents (E lit rapidement le document 3)
39		E : ok / et là / on fait les questions ou je le fais à l'oral ça ? / ils font à l'écrit
40		N : euh / pour le rayonnement dans l'univers /
41		E : ouais bon / y a pas grand-chose / je peux le faire en français
42		N : par contre / pour l'absorption de rayonnement / comme il y a une compétence d'exploitation d'info / oui faire des questions / en fait j'avais vu une activité sur les fenêtres atmosphériques / (E lit rapidement le document 4) tu veux que je fasse les questions ?
43		E : euh oui je veux bien
44		N : ok alors je te fais des propositions de questions et tu adaptes / ça marche //et donc ça c'est bien s'ils le font en classe
45		Echanges sur la possibilité (droit d'auteur) de scanner le document du manuel et de modifier les questions.
46	45'13	Synthèse des échanges sur ce que l'enseignant peut faire lors de la première séance 1 : exploitation des supports en anglais et questions, proposition d'expériences, construction du chapitre
47		E : donc là je fais un peu le cours / je peux faire l'activité et le bilan / est-ce que j'ai le temps ?
48		N : ouais / mais est-ce qu'on ne peut pas faire deux trois questions de préparation d'activité / et la dernière question c'est la réponse ?
49		E : ouais / dernière question c'est le cours / ils peuvent faire la dernière à la maison s'ils n'ont pas le temps
50		N : euh oui / et d'un autre côté / tu as deux séances d'une heure
51		E : ok donc oui j'aurais le temps / le rayonnement dans l'univers ça va vite /
52		N : oui et donc / le grand deux / en une demie heure ça ira non ?
53		E : euh oui je pense
54		N : ouais en fait ce qui est intéressant c'est qu'ils voient déjà les sources de rayonnement pour faire le lien avec la suite / quelques questions pas trop dures pour que ce ne soit pas trop long
55		E : oui ok / ça ira
56		N : et je te proposais des expériences / pour aussi les préparer au TP / mais là / je sais pas s'il y a le temps
57		E : ouais sinon j'ai des vidéos sur les rayonnements
58		N : ok ça c'est toi qui vois / une vidéoprojection et une conclusion ?
59		E : ouais je fais des rappels
60		N : oui l'important / est-ce qu'ils ont bien compris que l'atmosphère / qui est un mélange de gaz / ça correspond à une solution absorbante et l'image qu'on voit par expérience c'est une bande d'absorption
61		E : ouais d'accord ça prépare le TP ok / je le fais à l'oral / je vais leur dire que c'est le même principe que pour l'atmosphère et la solution / ok bon ça c'est déjà prêt
62	48'55	Co-construction de la deuxième séance (deuxième heure) : sources de rayonnements

63		N : donc là c'est le même principe / on peut proposer une activité documentaire avec un ou même mieux deux documents / au moins un en anglais / deux trois questions et après le cours
64		E : ouais ça marche / et après le grand trois / quelles sont les sources de rayonnements ?
65		N : ouais attends / remarque / tu peux le faire dans l'activité ? / nature et source ensemble ?
66		E : ouais / donc cette activité je la mets entre les deux pour que ça fasse le lien / ok / on fait les questions et les réponses ça peut servir de cours directement /
67		N : euh ouais bof / sources à part oui
68		E : oui donc je fais le grand deux / sur les sources de rayonnement en tant qu'onde ou particules / c'est bon
69		N : oui pour les activités deux documents et deux questions ou trois
70		E : et donc là y aura des documents sur les sources aussi ? (référence au doc.2)
71	52'01	L'enseignant cherche un document dans un manuel scolaire en français. Estimation du temps imparti pour ce que vont faire les élèves à partir des documents en français et en anglais. Récapitulatif des modalités d'organisation possible, similaire à ce qui a été dit pour la première partie du cours. Le premier chapitre devrait durer deux heures et comprendre deux activités documentaires.
72	54'33	Echanges sur une expérience proposée dans le scénario
73		N : tu la connais celle-là ? / où on voit le rayonnement IR ?
74		E : euh oui / avec le téléphone
75		N : oui / tu vois / tu peux la présenter en anglais et l'idée c'est qu'avec le détecteur on peut voir le rayonnement /
76		E : je leur demande en anglais
77		N : ben / c'est une expérience pour conclure sur le rayonnement et capteur / avec le smartphone n voit que ça capte le rayonnement que l'œil n'arrive pas à détecter / ça va les aider pour le TP aussi
78		E : ok et donc on commence le chapitre 2 avant de faire le TP
79		N : euh oui / ça ne pose pas de problème en fait
80	56'01	Planification de la semaine 2. Digression sur les conditions d'enseignement au lycée.
81	58'50	Propositions d'expériences pour mettre en évidence l'interaction rayonnement-matière.
82		E : donc pour la partie grand trois / on fait le rayonnement
83		N : oui en lien avec les gaz à effet de serre / et là je te proposais une expérience d'absorption de rayonnement
84		E : oui avec du lait / on voit que ça s'épaissit
85		N : oui / et l'interprétation pour l'interaction rayonnement-matière met en jeu aussi la diffusion / mais
86		E : euh oui / ça se fait au collège déjà / la diffusion en optique
87		N : ouais et là / l'intérêt c'est de dire qu'une substance absorbe et peut émettre / transmettre au niveau micro / c'est bon ?
88		E : ouais ok / je verrai
89		N : une autre expérience possible que je t'ai proposée c'est un détecteur de rayonnement IR [...]
90	1'02'03	Echanges interrompus par l'intervention de collègues de l'enseignant complice.

91	1'03'30	Utilisation du matériel de détecteur infrarouge, présentation à l'enseignant : un matériau est-il opaque ou transparent à un rayonnement ?
92	1'06'08	Récapitulatif du chapitre I et de la planification pour la première semaine (3 heures de cours et 2h de TP). L'enseignant relit ses notes et en reprend pour ajuster la proposition et son cours (chapitre I).
93	1'12'48	Rappel sur la place du rayonnement IR (émission et absorption) et des spectres dans la séquence.
94	1'13'35	Prise en compte des créneaux d'AP hors séquence, par l'enseignant complice pour anticiper ce qu'il va faire. Echanges de pratiques sur la notion d'incertitudes de mesures en AP.
95	1'14'32	Réflexion sur la place d'un TP sur les spectres IR. Par comparaison avec ce qui a été fait l'année N-1 sur les spectres IR et l'utilisation d'un logiciel de simulation, la décision commune qui est prise est de supprimer le TP : l'étude des spectres est réalisée en classe entière.
96	1'17'25	Réflexion sur une contextualisation possible des spectres IR en lien avec les gaz à effet de serre. Les séances 4 et 5 permettraient un travail sur ordinateurs portables avec le logiciel Spécamp et une étude sur documents en anglais.
97	1'19'20	Séance 6 : bilan IR et correction des exos et du "TP".
98	1'20'32	Aménagement du chapitre II pour intégrer les transitions électroniques au niveau microscopiques. L'enseignant prend des notes sur son cours de l'année N-1.
99	1'23'40	Récapitulatif de ce qui relève de la séquence co-construite par rapport aux compétences exigibles au programme et à ce que l'enseignant prévoit avant la séquence (chimie organique, RMN ...)
100	1'26'08	Séance 7 : les contenus proposés sur les spectres IR sont traités en activité, déplacée en séance 6.
101		L'enseignant propose de prévoir "une séance tampon", celle du 3 octobre, initialement séance 7 et 8.
102	1'29'10	Séances suivantes sur les transferts thermiques : elles ne sont pas préparées. L'enseignant propose de voir plus en détails ultérieurement. Lecture puis aménagement du chapitre sur les transferts thermiques de l'année N-1. L'enseignant précise qu'il avait trois expériences pour les trois modes de transfert thermique (convection, conduction et par rayonnement).
103	1'33'36	Récapitulatif des contenus du chapitre sur les transferts thermiques.
104		E : donc on a dit / grand un / transferts / grand deux / Modes : c'est ça / grand trois
105		N : oui / grand un / transferts thermiques / donc définition / température / différent de chaleur / euh / euh sensation de froid ou de chaud c'est parce qu'il y a eu un transfert d'énergie
106		E : oui / donc II
107		N : et la capacité thermique ? / faut le faire là peut-être ?
108		E : ah oui il y a ça aussi
109		N : est-ce qu'on construit pas le cours sur une partie macro / puis une autre micro ? / ça peut être pas mal ?
110		E : ouais / comment je faisais / parce que du coup / j'ai pas
111		N : parce que du coup / en macro les transferts / tu as aussi l'énergie interne / et la capacité thermique / et quand tu passes au micro / c'est l'agitation des
112		E : ouais / de toute façon mon cours n'était pas terrible / je ne suis pas trop à l'aise là-dessus / il était un peu bancal /
113		N : ouais je sais plus comment j'avais construit mon cours

114		E : ok ben tu regardes ce que tu faisais et on se redit le plan / donc grand deux macro
115		N : euh oui ok / mais je pense que pour les élèves / aborder le macro et ensuite le micro ça peut être pas mal
116		E : oui c'est pas mal / donc Il macro et Il micro
117		N : non / grand un / macro /tout ce qui est macro avec
118		E : ah ?
119		N : non ? / grand un / macro oui / transfert thermique c'est le niveau macroscopique // on décline / température / chaleur / énergie thermique / les modes / énergie interne et la capacité thermique
120		E : ok comme ça
121	1'35'30	Consensus sur la durée de la séance sur les transferts thermiques. Proposition à l'enseignant de prévoir d'intégrer une vidéo en anglais sur les transferts thermiques et d'anticiper des exercices sur le thème et une expérience. Séance 9 - mercredi 5 octobre.
122		E : ouais c'est ce qui est idéal / et on va pas trop être en retard / nan ce qui est bien / c'est que ça fait un cours / un peu IUFM / enfin ESPE / tu vois un truc parfait
123		N : (N rit) oui enfin / l'idéal je crois que c'est l'idéal à moi / si on avait tout le temps / la possibilité de tout bien préparer
124		E : ah oui c'est sûr ça prend un temps fou / juste pour une classe / là / je refais mes cours de seconde mais bon c'est long
125	1'37'30	Enseignement sur les flux thermiques. Possibilité de construire un chapitre 4. Etude des savoirs à enseigner au programme.
126		E : la notion d'irréversibilité / on la met comment ? / et les bilans d'énergie ?
127		N : la notion d'irréversibilité euh / ben avec les flux thermiques c'est possible / en didactique / l'accent est mis sur la notion de système / qu'est-ce qu'il reçoit comme énergie ? / qu'est-ce qu'il donne ? / pourquoi le flux thermique ? / il faut mettre les flux en relation avec la température et le bilan pour le système / ça / il faut qu'on en reparle en détails / parce que pour le TP sur les transferts thermiques / l'AE3 / il y a une analogie / donc là je vais reprendre les manips avec les maisons / l'analogie a lieu entre l'air à l'intérieur des maisons et l'atmosphère
128		E : ok / donc la séance 9 / je vais peut-être l'intégrer avant /
129		N : oui / tu commences la séance 9 / et tu peux terminer la séance 10
130		E : ouais ok / de toute façon on se reverra pour ajuster // et capacité thermique / tu reprends le TP que j'avais fait ?
131		N : ouais / et je contextualise sur le réchauffement climatique
132		E : oui / j'avais contextualisé sur l'isolation des maisons
133		N : ok / donc ça nous amène au lundi 10 octobre / ça correspond à nos séances 10 et 11 / la séance 9 avec l'exploitation de la relation du flux thermique / tu peux aussi en faire la séance 10 en fonction de ton avancée
134		E : après séance 11 / c'est une séance bilan ?
135		N : euh / oui / séance 10 et 11 / c'est le même jour / le 10 octobre
136		E : et l'activité AE3 et AE4 c'est en fait le même TP
137		N : oui c'est ça
138		E : donc on a que trois séances de TP ?
139		N : euh oui / c'est le 7 octobre la troisième séance
140		E : donc si on a un problème de matériel à cause des travaux / on peut encore décaler d'une semaine ?

141		N : oui c'est possible / tu as le temps de finir
142		E : ouais et au pire je commence un nouveau chapitre avant les vacances // un truc sur le son // et si jamais le matos n'est pas livré / on peut tout décaler y compris la séance du devoir sur table
143		N : oui / c'est jouable même si c'est pas l'idéal avec la coupure des vacances
144	1'44'07	Lecture des programmes - agir au XXIe siècle : possibilité de travailler sur la synthèse argumentée. L'enseignant est contre l'idée car ça lui prend un créneau de TP. Relecture de la programmation de l'ensemble de la séquence.
145	1'46'46	Echanges sur la place du débat en AP après les vacances, la préparation de la présentation du projet aux élèves. Echanges de pratiques sur l'évaluation par compétences en TP et le travail en binômes.
146	1'50'01	Echanges interrompus par l'intervention de collègues.
147	1'54'22	Enoncé d'évaluation diagnostique qui a été communiqué à l'enseignant : relecture pour vérifier que les questions sont claires pour les élèves et que les élèves auront suffisamment de place pour répondre.
148		1'59'40 - fin

Annexe du chapitre IV.2.1 - prototype de la séquence

Prototype de la séquence – une séance dure une heure

Séance 0 V.09/09	Présentation du projet à la classe. Evaluation diagnostique. Groupe pour les activités expérimentales.
Séance	Notions et contenus, compétences exigibles au programme. AD ou AE pour l'exploitation de supports en anglais.
<p><u>Semaine 1 - Liens avec réchauffement climatique</u> Définir ce qu'est un rayonnement (mode de transfert d'énergie / ondes et particules ; caractéristiques). Distinguer les différents types de rayonnements. Distinguer émission, absorption, réflexion de rayonnement. Mettre en relation la nature du rayonnement émis et la source émettrice. Caractériser l'interaction rayonnement (électromagnétique)-matière. Identifier le rôle de l'atmosphère dans l'interaction rayonnement-matière : influence de la nature des constituants, de la longueur d'onde du rayonnement.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Confusions sur la nature des rayonnements : notamment entre UV et les autres. Prégnance de l'idée de chaleur, dissociée de celle de rayonnement et/ou d'énergie. Idée erronée sur le fait que l'atmosphère piège les rayons solaires et/ou les infrarouges. Phénomènes d'absorption, de réflexion et de transmission de rayonnement ne sont pas évoqués.</p>	
Séance 1 L.19/09 15h30-16h25	Chapitre 3. Rayonnements et atmosphère terrestre : télédétection (Unit 1. Radiation and Earth's atmosphere: remote sensing) Comment sonder l'atmosphère? (How to monitor the atmosphere?) Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère. Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.
Séance 2 L.19/09 16h25-17h15	Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non). Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection. AD1. Earth's atmosphere (module 2, docs 2 et 3 ; module 4) Spectre électromagnétique (EM), nature et source d'un rayonnement EM, fenêtres atmosphériques.
Me.21/09 Devoir surveillé 1h- chapitres 1 et 2 (chimie organique, RMN, ondes)	
Séance 3 V.23/09 8h25-10h25 ; 10h35-12h35	Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère. Détecteurs d'ondes électromagnétiques. Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection. <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</i> AE1. Remote sensing / Télédétection (modules 2 et 3) Analogie entre utilisation d'un détecteur d'ondes en classe (photodiode) pour mesurer l'absorbance d'une espèce chimique colorée en solution et principe de la télédétection par satellite pour obtenir un spectre en transmission des gaz atmosphériques. Remarque :

	satellites en télédétection au-dessus de l'atmosphère car celle-ci n'est pas totalement transparente au rayonnement solaire et terrestre.
<p><u>Semaine 2 - Liens avec réchauffement climatique</u> Exploiter un spectre d'absorption (UV-visible, IR) pour caractériser une espèce chimique : identification des gaz à effet de serre par leurs spectres ; opacité / transparence d'un gaz à effet de serre à un rayonnement pour un domaine spectral donné.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Idée erronée : l'atmosphère piège les rayons solaires ; conception erronée de l'effet de serre naturel. Idée erronée : tous les gaz à effet de serre piègent de la même façon les IR – « pouvoir réchauffant » des gaz à effet de serre. Confusions GES et ozone (trou couche d'ozone), GES et polluants : causes du réchauffement climatique mal identifiées. Concentration des gaz atmosphériques pensée comme étant constante (alors que dépend de l'altitude) ; idée erronée que l'atmosphère est une couche homogène (alors qu'il existe un gradient de concentration en gaz selon l'altitude). Confusions effet de serre naturel et réchauffement climatique ; effet de serre anthropique. Attribution des propriétés optiques (transparence, absorptivité, émissivité) d'un corps comme des propriétés /caractéristiques intrinsèques, propres à ce corps alors qu'elles dépendent de la longueur d'onde (ou de la fréquence) du rayonnement qui interagit avec le corps et de la température du corps.</p>	
Séance 4 L.26/09	Chapitre 4. Rayonnement et matière : spectroscopie (Unit 2. Radiation and matter : spectroscopy) Comment caractériser une espèce chimique par spectroscopie ? (How to characterise a chemical species by spectroscopy?) Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques. Exploiter des spectres UV-visibles.
Séance 5 L.26/09	Spectres IR Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques. Mise en évidence de la liaison hydrogène. Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels. (Transferts quantiques d'énergie Émission et absorption quantiques. Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires. Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.) AD2. Radiation and temperature (module 2, doc 1; module 4) Émission de rayonnement (EM) par un corps noir, par un objet.
Séance 6 M.28/09	Ajustement (séance « tampon ») - Suite et bilan chapitre 4 ? Correction d'exercices sur les spectres UV-visibles et IR.
Séance 7 V.30/09	Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i> AE2. Gaz atmosphériques / Atmospheric gases (module 3) Analogie : identification puis détermination de la concentration d'une espèce colorée (Loi de Beer-Lambert) et d'un gaz à effet de serre (Loi de Beer-Lambert-Bauguer)

<p><u>Semaine 3 - Liens avec réchauffement climatique</u> Considérer l'émission de rayonnement IR par un corps comme un mécanisme d'émission d'énergie donc de « pertes » d'énergie pour ce corps. Identifier le système macroscopique (Terre + atmosphère) pour raisonner en termes de bilans d'énergie et d'évolution de la température du système. Mettre en évidence l'existence de régimes stationnaire et permanent (évolution temporelle de la température du système). Relier l'évolution de température d'un système à celle de son énergie interne. Expliquer l'effet de serre naturel par des considérations énergétiques (flux entrant, sortant, régime permanent) et température d'équilibre.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Idée fautive : un objet transparent devient plus chaud qu'un objet opaque à cause des radiations qui passent à travers (en référence à la serre, à la vitre transparente). L'augmentation de l'énergie interne d'un système implique une augmentation de sa température (inexact s'il y a transition de phase). Pour augmenter la température d'un système, il faut lui fournir de l'énergie (c'est-à-dire énergie venant du milieu extérieur) : inexact dans le cas où le système est siège d'une réaction chimique exothermique ou de mouvement dissipatif. Le fait que la température de la surface terrestre est plus élevée avec l'effet de serre naturel est souvent expliquée par un raisonnement fondé sur un régime transitoire au lieu d'un régime permanent. L'effet de serre est souvent expliqué par l'idée de « piégeage », d'absorption du rayonnement du soleil, sans prendre en compte les autres rayonnements et l'énergie émise par l'atmosphère vers l'espace. Absence de prise en compte du fait qu'un corps qui émet de l'infrarouge perd de l'énergie.</p>	
Séance 8 L.03/10	Chapitre 5. Transferts thermiques : système Terre-Atmosphère Du macroscopique au microscopique Constante d'Avogadro. Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique. (Transferts quantiques d'énergie Émission et absorption quantiques. Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires. Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.)
Séance 9 L.03/10	Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques. Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique. Capacité thermique. Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques. Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé. Correction de l'activité documentaire et de l'AE1.
Séance 10 M.05/10	Ajustement - Suite et bilan chapitre 5 ? Correction d'exercices. Correction AD2 et AE1.
Séance 11 V.07/10	Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.

	<p>AE 3. Earth-Atmosphere: energy budget / Terre-Atmosphere: bilan d'énergie (modules 2 et 4) Analogie entre transferts thermiques dans une maison, capacités thermiques de matériaux et transferts thermiques radiatifs pour le système {Terre-Atmosphère} et capacité thermique de l'atmosphère et des océans.</p>
<p>Séance 12 L.10/10</p>	<p>Chapitre 6. Terre-Atmosphère : bilans thermiques</p> <p>Bilans d'énergie. Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.</p>
<p>Séance 13 L.10/10</p>	<p>Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p> <p>Correction AE3.</p>
<p>Séance 14 M.12/10</p>	<p>Ajustement - Suite et bilan chapitre 6 ? Suite correction AE3. Exercices, correction d'exercices.</p>
<p>L.17/10 Devoir surveillé 2h - Evaluation sommative (réinvestissement des notions et contenus de la séquence)</p>	
<p>Séance 15 M.19/10</p>	<p>Débat -consensus Défis du XXIème siècle Extraire et exploiter des informations. Mobiliser connaissances et compétences pour mener et participer à un débat. Extraire et utiliser des informations pour préparer ses arguments. Sélectionner des documents.</p>

Annexe du chapitre IV.2.2a - cours de l'enseignant complice, chapitre 3

Chapitre 3 : Rayonnement et atmosphère terrestre : télédétection

Unit 3 : radiation and Earth's atmosphere : remote sensing

Objectifs :

- Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.
- Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.
- Extraire et exploiter des informations sur :
 - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ;
 - un dispositif de détection.

Video introduction : rayonnement partout autour de nous jusqu'à 1min 10 viennent des objets de la maison< ; <qu'en est-il pour rayonnement qui arrive sur Terre ?

I. Quels sont les rayonnements dans l'univers ?

1. What is « radiation » ? Explain with your own words.

- Le rayonnement émis par une source propage de l'énergie.
- Il peut être considéré comme une onde et/ ou un flux de particules.
- L'onde est **caractérisée par** sa fréquence f. Sa longueur d'onde λ ainsi que sa vitesse v de propagation **dépendent du milieu de propagation :**

$$\lambda = v / f \text{ (DONNER les unités)}$$

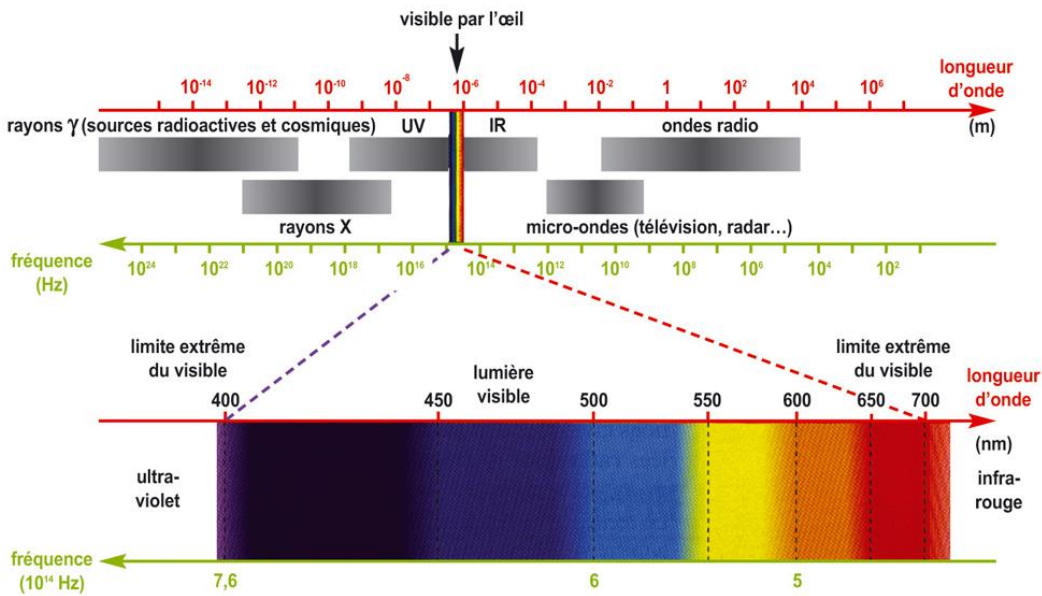
Exemples

Doc 1 : Rayonnement électromagnétique (Doc 2 et 4 aussi) Vent solaire (lien avec doc 2, activité du livre où est évoqué champ magnétique).	Propagation d'énergie peut se faire dans le vide à une vitesse (<i>dite célérité de la lumière dans le vide</i>) égale à 300 000km/s	onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide ou sa fréquence photon (masse nulle)
Doc 3: Rayonnement cosmique compléter avec doc rayonnement cosmique (vidéoprojection)		Particules chargées de grandes énergies : proton, neutrons, électrons...

2. How to describe a spectrum ?

- Doc 2 (introduction) : Un spectre est une représentation graphique de l'évolution de l'intensité/pourcentage d'un rayonnement émis/transmis/absorbé en fonction de la longueur d'onde (ou de l'inverse de la longueur d'onde).
- Un domaine spectral est un intervalle de longueur d'onde.

Figure spectre électromagnétique à distribuer + vidéoprojection. => Superposition domaines spectraux (longueur d'onde dans le vide).

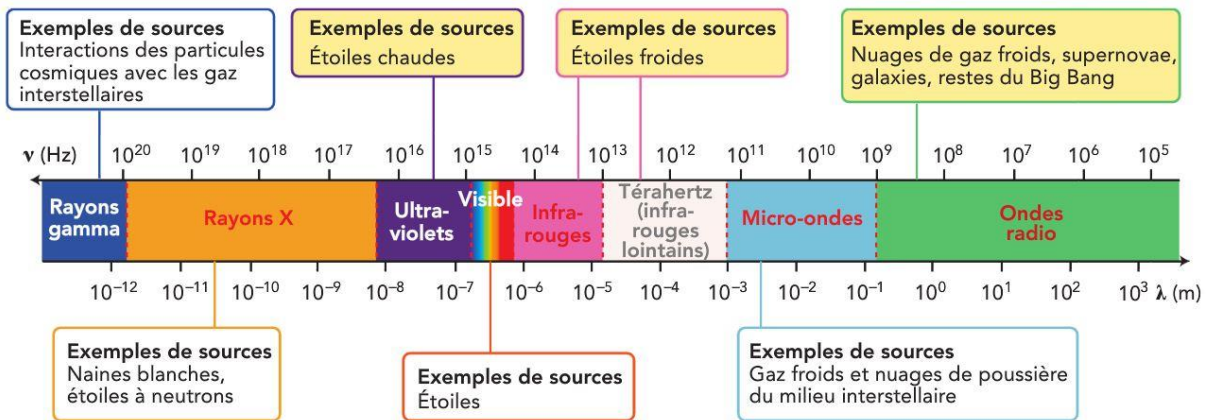


Exercice 20p26

II. Quelles sont les sources des ondes et des particules ?

□3. Complete the electromagnetic spectrum of document 1, adding the different objects in the Milky Way which radiate at each wavelength area.

Par ex, à partir du document 3 :



<http://prophychi.free.fr/ts/cours/img/c01/sources-rayonnement.jpg>

Autres sources d'ondes et de particules : voir manuel fig 1 p18

□ 4. How to explain what the atmospheric windows are?

- Une fenêtre atmosphérique est un domaine du spectre électromagnétique pour lequel le rayonnement arrivant (*du Soleil majoritairement*) sur l'atmosphère n'est pas absorbé par les gaz qui la composent.
- La fenêtre atmosphérique dépend donc de la longueur d'onde du rayonnement incident et de la nature des molécules absorbantes : voir le cas de l'ozone (dans l'UV Ozone et trou couche d'ozone=> O₃ est protecteur d'UV car il ne laisse pas passer le rayonnement incident jusqu'à la surface terrestre mais dans l'IR, Ozone laisse passer ce rayonnement « thermique)=> rôle dans l'effet de serre.
- L'atmosphère est transparente pour deux fenêtres: le domaine visible et le domaine radio.

Exercice 22 p26

Questionnement à l'oral pour transition avec question 5 : Pour ces deux fenêtres, comment peut-on observer l'Univers ?

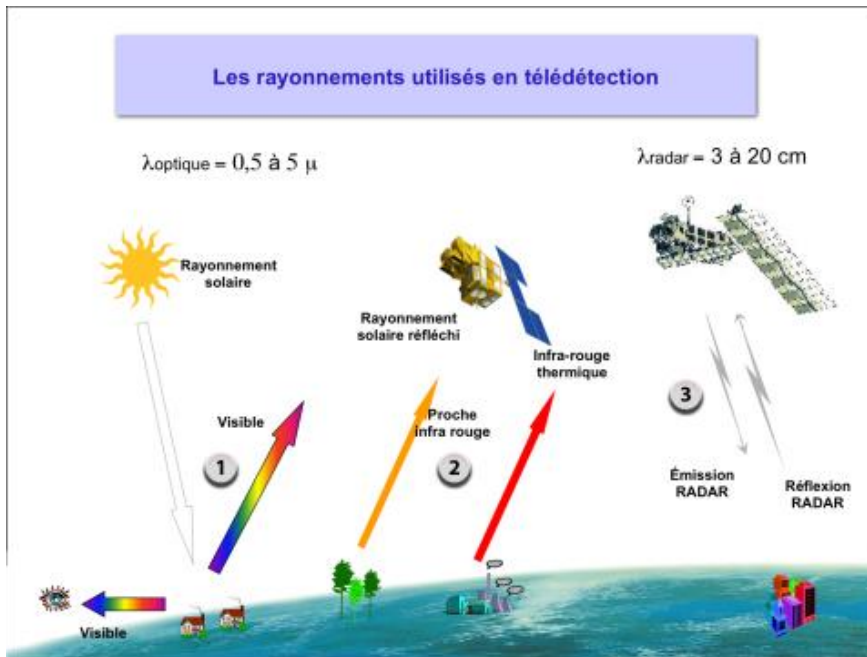
- *L'observation de l'Univers peut se faire dans ce cas depuis le sol terrestre. Pour les autres domaines de longueurs d'onde, il faut effectuer les observations avant que le rayonnement ne traverse l'atmosphère, donc grâce à des télescopes spatiaux (en orbite autour de la Terre ou situés plus loin)*

□ 5. Give examples of devices which detect radiation and explain how they can work using a diagram.

Chaque capteur de rayonnement est associé à un domaine/intervalle de sensibilité spectrale : il est important de choisir le capteur en fonction du rayonnement à détecter.

Satellites, télescopes spatiaux permettent de s'affranchir de l'absorption de rayonnements par l'atmosphère : « Most remote sensing instruments on aircraft or space-based platforms operate in one or more of these windows by making their measurements with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere »

Radars, radio télescopes (Nançay 41), télescopes terrestres : « radar waves reach the surface (although weather radars are able to detect clouds and precipitation because they are tuned to observe backscattered radiation from liquid and ice particles). »



<http://stream.ensg.eu:8800/teledetection/portail/3/1/res/schema8.png>

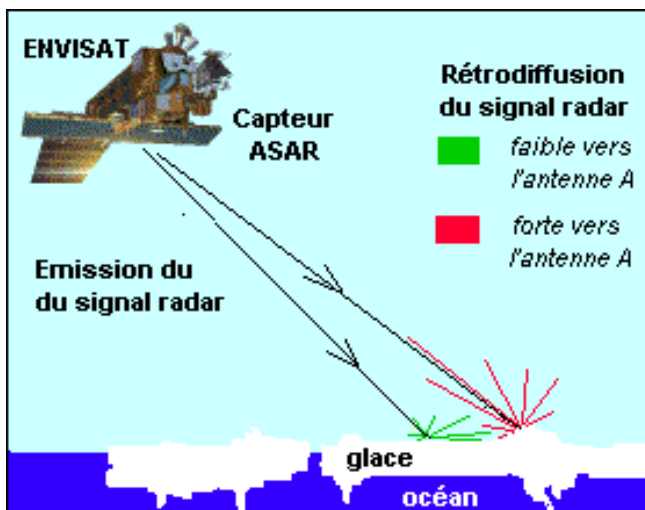
Ouverture :

Les **détecteurs d'ondes électromagnétiques** (ou de photons) sont nombreux selon le domaine étudié.

Exemple : Œil (visible), antenne (radio), capteurs CCD (visible et IR), pyromètre et bolomètre (IR)

[Exercices 8p23 et 25p27 sur détecteurs, effet photoélectrique.](#)

Remarque sur le terme de « backscattered= rétrodiffusé ». Diffusion : émission dans toutes les directions



<http://www.jeanlouisetienne.com/images/passif.gif>

➤ *Answer the inquiry question.*

L'étude des rayonnements de l'Univers depuis la Terre permet d'obtenir des informations :

- **Sur la nature des objets de l'univers, sources de rayonnements : Etoiles, Supernovae...**
- **Sur leurs propriétés : température, composition**
- **Ainsi que sur la nature et les propriétés des constituants de l'atmosphère**

Grâce à aux phénomènes **d'interaction entre le rayonnement et la matière** (émission, absorption, transmission, diffusion).

Ouverture :

- Les premiers détecteurs de particules permettaient de visualiser leur **trajectoire** fournissant des informations sur la charge et la masse des particules.
Vidéo : <http://cds.cern.ch/record/1293573>
- Le compteur Geiger permet de détecter les particules radioactives.

Annexe du chapitre IV.2.2b - activité documentaire AD1, année N

AD

ACTIVITE DOCUMENTAIRE

« Earth's atmosphere »



OBJECTIFS :

- ❖ Extraire et exploiter des informations sur un sujet scientifique (français, anglais)
- ❖ Connaître des sources de rayonnement

LE CONTEXTE

L'étude des objets de l'Univers s'effectue à partir des rayonnements qu'ils émettent et que nous recevons sur Terre.

➤ **Quelles informations tirer de l'étude des rayonnements de l'Univers ?**

LES DOCUMENTS

Document 1 : Electromagnetic spectrum (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>)
 The fundamental unit of electromagnetic phenomena is the photon, the smallest possible amount of electromagnetic energy of a particular wavelength. Photons, which are without mass, move at the speed of light—300,000 km/sec (186,000 miles/sec) in the form of waves analogous to the way waves propagate through the oceans. The energy of a photon determines the frequency (and wavelength) of light that is associated with it. The greater the energy of the photon, the greater the frequency of light and vice versa.



Localb space :

Document 2 : Activité 2 p15 : Les sources de rayonnements

Document 3 : Cartes de la Voie Lactée à différentes longueurs d'onde (vidéoprojection)

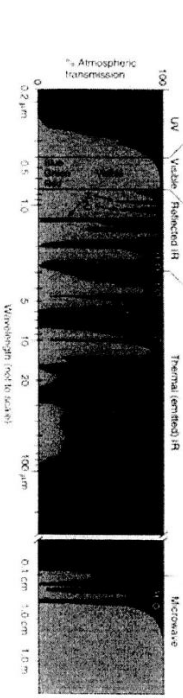
L'émission radio provient principalement d'électrons de haute énergie que l'on trouve dans l'environnement des supernovae (étoiles qui explosent en fin de vie).
 L'émission dans l'infrarouge lointain (10 à 100 µm dans le vide) provient principalement des poussières du milieu interstellaire réchauffées par les étoiles nouvellement formées.
 L'émission dans l'infrarouge moyen (de 5 à 10 µm dans le vide) provient principalement de molécules interstellaires complexes (cycles aromatiques) portées à haute température par le rayonnement des étoiles.
 L'émission dans le proche infrarouge (800 nm à 5 µm dans le vide) provient principalement des étoiles légèrement moins chaudes que le Soleil.
 L'émission dans le visible provient principalement d'étoiles dont la température est proche de celle du Soleil.
 L'émission dans le domaine des rayons X (1 à 5 nm dans le vide) provient principalement des nuages de gaz chauds.
 L'émission des rayonnements gamma γ (intérieur à 12 fm dans le vide) provient principalement des collisions entre les protons du gaz interstellaire et les rayons cosmiques produits par les pulsars (étoile à neutron tournant sur elle-même et émettant des ondes électromagnétiques).

Document 4 : Absorption Bands and Atmospheric Windows (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>)

Some types of electromagnetic radiation easily pass through the atmosphere, while other types do not. The ability of the atmosphere to allow radiation to pass through it is referred to as its transmissivity, and varies with the wavelength/type of the radiation. The gases that comprise our atmosphere absorb radiation in certain wavelengths while allowing radiation with differing wavelengths to pass through.

The areas of the EM spectrum that are absorbed by atmospheric gases such as water vapor, carbon dioxide, and ozone are known as absorption bands. In the figure, absorption bands are represented by a low transmission value that is associated with a specific range of wavelengths.

In contrast to the absorption bands, there are areas of the electromagnetic spectrum where the atmosphere is transparent (little or no absorption of radiation) to specific wavelengths. These wavelength bands are known as atmospheric "windows" since they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface. Most remote sensing instruments on aircraft or space-based platforms operate in one or more of these windows by making their measurements with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere. When a remote sensing instrument has a line-of-sight with an object that is reflecting sunlight or emitting heat, the instrument collects and records the radiant energy. While most remote sensing systems are designed to collect reflected radiation, some sensors, especially those on meteorological satellites, directly measure absorption phenomena, such as those associated with carbon dioxide (CO₂) and other gases. The atmosphere is nearly opaque to EM radiation in part of the mid-IR and all of the far-IR regions. In the microwave region, by contrast, most of this radiation moves through unimpeded, so radar waves reach the surface (although weather radars are able to detect clouds and precipitation because they are tuned to observe backscattered radiation from liquid and ice particles).



Localb space :

LE TRAVAIL A REALISER

ADP: Extraire, sélectionner l'information utile à partir de supports variés.	A	B	C	D
ANA: Mettre en relation les informations répétées pour réaliser une tâche.	A	B	C	D
REA: Compléter une figure selon les consignes données. s.3	A	B	C	D
VAL: Interpréter à l'aide d'un dessin ou schéma un phénomène. s.5	A	B	C	D
COM: Rédiger ou communiquer à l'oral une réponse en argumentant. s.1 s.4	A	B	C	D

1. What is « radiation » ? Explain with your own words.
2. How to describe a spectrum ?
3. Complete the electromagnetic spectrum of document 1, adding the different objects in the Milky Way which radiate at each wavelength area.
4. How to explain what the atmospheric windows are?
5. Give examples of devices which detect radiation and explain how they can work using a diagram.
 ⇒ Answer the inquiry question.

Annexe du chapitre IV.2.2c - trame des séances 1 et 2 (AD1), année N

Lundi 19 septembre - 15h35 (35 élèves)

Début de la séance. Correction d'exercices sur ondes mécaniques et propagation. L'enseignant E circule parmi les élèves, il reprend la correction à l'oral. Deux élèves corrigent à l'écrit au tableau. Des élèves posent des questions et complètent à l'oral.

Episode 1

15h45 – L'enseignant E écrit : « Chapitre 3 : rayonnement et atmosphère terrestre : télédétection. » Un élève dit « télédétection ? » E répond : « On va voir ce que c'est télédétection, on va construire le cours à partir du titre. Je vais vous montrer une vidéo introductive pour voir de quoi ça va parler. C'est en anglais. C'est bon tout le monde a écrit le titre ? Vous écoutez bien ça va vous donner des billes pour comprendre l'info après. »

Visionnage de la vidéo « *An introduction to the electromagnetic spectrum* » jusqu'à 1min10, sans sous-titre. E : « OK ? vous avez quand même compris qu'il y avait différents types d'ondes. En plus il y a des images. »

Episode 2

15h48 - E présente l'activité documentaire AD1 : *Earth's atmosphere*. Il précise que les élèves peuvent écrire dessus, pour que leurs stratégies soient visibles par N. Les réponses sont écrites sur une feuille à part.

E précise : « Vous pouvez annoter tout ce que vous voulez sur cette activité-là. Ça va permettre à N de voir quelles stratégies vous allez mettre en œuvre pour titrer des informations des documents. Il y a des documents qui sont un petit peu plus longs que d'autres, donc vous pouvez peut-être développer une méthodologie pour les documents, ce qui est essentiel. Vous pouvez surligner, vous faites comme vous voulez, mais on voit parfois qu'il y en a qui soulignent un peu tout. »

E distribue les énoncés : « Il y a des documents en français et des documents en anglais. », « Si vous avez des questions de vocabulaire, vous avez de l'espace sous les textes pour marquer le vocabulaire qui vous poserait souci. Vous allez voir que c'est souvent des mots transparents. »

Lecture silencieuse de l'activité.

Episode 3

E demande : « Quel est le point commun entre la vidéo et l'activité ? » (Arrêt sur l'image de la vidéo avec des photos d'objets de la vie quotidienne, radio, télécommande, télévision, et le spectre électromagnétique). Réponses d'élèves : « C'est le même sujet », « c'est le même type d'onde », « ça parle du rayonnement ». E demande quelle est la différence et synthétise les réponses apportées : « Là, dans la vidéo, ça parle des objets proches de nous alors que dans l'activité c'est des objets de l'univers ; ce qu'on va étudier dans l'activité, c'est quelles sont les ondes produites par les objets de l'univers, non pas par celles des objets qui nous entourent. » Un élève demande s'ils répondent en français.

E : « Oui sauf si vous vous sentez à l'aise, en anglais, c'est au choix. »

Episode 4

16h01 - Un élève demande ce que veut dire « *analogous* ».

E : qu'est-ce qu'une analogie en français ? Pas une analogie numérique...

El : une comparaison.

E circule parmi les élèves.

Une élève demande de ce que signifie « *wavelength* ».

E : *wave* ?

El : onde

E : et *length* ? qu'est-ce qu'on a vu vendredi qui pourrait ? Ça ressemble à la longueur ? Donc...

El : longueur d'onde ?

Pour une autre élève, le mot « *area* » pose problème ; l'enseignant le traduit.

L'enseignant circule toujours parmi les élèves.

E : si on ne connaît pas les mots on cherche un peu la racine surtout que c'est souvent la racine latine et vous avez la même racine en français à part *wave*, bon.

Les élèves continuent de répondre aux questions.

Episode 5

16h08 - Correction des questions : « les questions vont faire le cours ». L'enseignant précise que les réponses constituent le cours. Il note le titre au tableau : I. Quels sont les rayonnements de l'Univers ?

E : déjà, sur les documents qu'est-ce qui vous a posé le plus de problème ? souci en anglais ?

El : les textes en anglais

E : est-ce que le spectre électromagnétique en anglais ça vous pose problème ou pas ?

Plusieurs répondent que non, d'autres oui. L'enseignant indique alors : « Qu'est-ce qui vous pose souci là-dedans, c'est les mêmes mots. Une fois que vous avez compris que *wave* c'était onde... Les unités sont les mêmes qu'en français. »

Absence de commentaires d'élève.

E : donc qu'est-ce que vous avez fait pour comprendre les documents en anglais ?

El : ben, on a lu

E : comment vous vous êtes débrouillés ? Vous avez lu ? Ça a suffi ?

El : on a pris des notes

E : ça a été ? Est-ce que l'anglais était le vrai frein ? Vous ne m'avez pas demandé de vocabulaire, c'est que c'était clair ?

L'enseignant mène la correction au tableau en interrogeant les élèves.

Correction de la première question (*What is « radiation » ? Explain with your own words.*).

Une première élève répond que le rayonnement est émis par différentes sources. D'autres élèves répondent par mots clés « chaleur », « lumière », « onde ». En insistant, l'enseignant parvient à faire dire à une élève que le rayonnement propage de l'énergie.

La réponse à la question est rédigée dans le chapitre. De plus, la relation entre la fréquence d'une onde, sa vitesse de propagation dans un milieu et sa longueur d'onde est établie.

Recherche individuelle pour la question 2 pendant quelques minutes.

Pause de 5 minutes.

Episode 7

16h30 - Correction de la question 2 (*How to describe un spectrum ?*).

Les élèves n'ont pas bien compris le sens de la question.

L'enseignant attire l'attention des élèves sur le graphique, les axes, les grandeurs, les unités. IL précise que c'est un spectre d'émission.

L'enseignant dicte la réponse : un spectre est une évolution graphique de l'intensité ou du pourcentage d'une rayonnement (émis, transmis, absorbé) en fonction de la longueur d'onde.

Il fait ajouter : un domaine spectral est un intervalle de longueurs d'onde.

Vidéoprojection et distribution de l'image d'un spectre électromagnétique avec les différents domaines de longueur d'onde et de la nature des rayonnements (micro-onde, UV, visible, IR ...). Commentaires de l'enseignant sur l'image.

Episode 8

16h36 - La correction de la question 3 sert pour le cours (II. Quelles sont les sources des ondes et des particules ?)

Correction de la question 3 (*Complete the electromagnetic spectrum of document 1, adding the different objects in the Milky Way which radiate at each wavelength area.*) : l'enseignant précise qu'il suffit de lire le document du livre.

Commentaires de l'enseignant sur l'émission de rayonnement par différentes sources : quelques exemples du document sont notés par les élèves dans leur cours.

Episode 9

16h42 - Question 4: *How to explain what the atmospheric windows are?*

Dans le cours, il s'agit du III. Comment l'atmosphère absorbe des rayonnements ?

Les élèves répondent individuellement à l'écrit à la question 4. Le document 4 est vidéoprojeté.

Au bout de 5 minutes, l'enseignant mène la correction.

E : alors qu'est-ce que les fenêtres atmosphériques ?

El : c'est des bandes d'absorption

E : c'est ça ce sont des bandes qui vont laisser passer les longueurs d'onde. Là, on en identifie plusieurs, quelles sont les deux fenêtres du spectre qui sont transparentes sur Terre pour l'atmosphère ?

El (autre) : la fin des micro-ondes et le visible.

La réponse est notée dans le cours sous la dictée de l'enseignant. Il fait noter une remarque : les rayonnements proviennent majoritairement du Soleil. De plus, il fait ajouter : les fenêtres atmosphériques dépendent de la nature des rayonnements et de la nature des molécules atmosphériques qui l'absorbent. L'atmosphère est transparente pour deux fenêtres : le visible et les ondes radio.

L'enseignant s'appuie sur le spectre avec les bandes d'absorption vidéoprojeté pour indiquer que les gaz à effet émettent un rayonnement infrarouge. Le cas de l'ozone est présenté également.

Episode 10

16h56 - L'enseignant fait la transition avec la manière de détecter les rayonnements (télé-détection sur Terre ou hors de l'atmosphère). IV. Comment détecter ces rayonnements ?

Vidéoprojection d'une image de la Voie Lactée observée dans différents domaines spectraux à l'aide d'instruments d'observation.

Episode 11 – V4 17'17

17h04 - Question 5: *Give examples of devices which detect radiation and explain how they can work using a diagram.* L'enseignant vérifie auprès des élèves s'ils savent ce que signifie « *diagram* » et traduit par « schéma ».

Un élève demande ce que signifie « *devices* » ; l'enseignant traduit par « instrument ».

Recherche individuelle.

Echanges collectifs à l'oral pour construire la réponse à la question 5.

17h10 - L'enseignant dicte : il est important de choisir le capteur en fonction du rayonnement à étudier.

E : « Quelles sont les phrases dans le texte qui vous ont permis de répondre à la question ? »

El : « *specific frequencies* », « *radar waves* »

E : Que signifie la dernière phrase ? « *reach* » signifie atteindre.

El : Les ondes radios atteignent la surface terrestre.

Episode 12

17h14 - Réponse à la problématique par un schéma.

L'enseignant précise que « c'est tout simple comme schéma, on imagine les ondes qui viennent et... ». Au bout de quelques secondes il réalise le schéma au tableau en le commentant en même temps.

Il fait afficher une image avec les différents instruments en télédétection. Des exemples de satellites et de capteurs sont fournis à l'oral. Les élèves écrivent sous la dictée dans leur cours : les détecteurs d'onde électromagnétique (ou de photons) sont nombreux selon le domaine spectral étudié. Une liste d'exemples est établie à la suite du cours.

La réponse à la question de recherche « Quelles informations tirer de l'étude des rayonnements de l'Univers ? » est écrite au tableau, construite avec les élèves : l'étude des rayonnements de l'Univers depuis la Terre permet d'obtenir des informations sur les sources de rayonnements (étoile, supernova...), sur leurs propriétés (composition, température) et sur leur atmosphère.

Annexe du chapitre IV.2.3a - énoncé de l'AE1 en français

Téledétection

ACTIVITE EXPERIMENTALE

OBJECTIFS :

- **Extraire** et **exploiter** des informations sur un dispositif de détection
- **Pratiquer** une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.
- Mobiliser des compétences linguistiques (voir en fin d'énoncé)

CONTEXT

Le terme "remote sensing" ou "téledétection" en français a été utilisé pour la première fois aux Etats-Unis dans les années 50 par Evelyn Pruitt de l'U.S. Office of Naval Research. Ce terme est maintenant communément utilisé pour décrire la science (ou l'art) de l'identification, de l'observation et de la mesure d'un objet sans entrer en contact direct avec l'objet.

Traduit de http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_08.php

Plusieurs capteurs utilisés en téledétection sont installés à bord des satellites qui surveillent la Terre depuis l'espace. Comment la téledétection nous aide-t-elle à aborder la question du développement durable sur Terre? Les téledétecteurs permettent de cartographier la végétation, le climat et la composition de l'atmosphère sur de vastes régions et de répéter ces mesures de manière constante, au fil des années.

<http://www.nasa.gov/content/remote-sensing/#.V5CCjK1I8SQ>

- **Comment l'atmosphère de la Terre est-elle sondée par des capteurs optiques ?**

DOCUMENTS

Doc.1 : GOMOS sur Envisat : une vue d'ensemble *

Le GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) est un spectromètre installé à bord du satellite ENVISAT de l'Agence Spatiale Européenne ESA lancé le 1er mars 2002. GOMOS utilise le principe de mesure basé sur l'occultation stellaire dans la surveillance de l'ozone et des autres gaz présents dans la stratosphère terrestre (cf. Fig. 1). Le domaine de longueurs d'ondes principal est l'ultraviolet-visible et deux zones supplémentaires sont situées dans l'infrarouge. Les espèces analysées par GOMOS sont O₃, NO₂, NO₃, de densité neutre, les aérosols, H₂O, O₂, et lorsque les conditions sont favorables OClO et BrO. L'avantage majeur d'une mesure par occultation est son auto-étalonnage. Le spectre de référence d'une source de rayonnement est d'abord mesuré quand la source est observée au-dessus de l'atmosphère. Pendant l'occultation, les observations sont répétées à travers l'atmosphère en descendant à différentes altitudes pour fournir différents spectres présentant des traits caractéristiques de l'absorption. Quand ces spectres obtenus par occultation sont divisés par le spectre de référence, on obtient le spectre de transmission calibré selon l'horizontal. Les spectres de transmission fournissent la base pour la récupération des données sur les densités des constituants atmosphériques.

*traduit de l'article : E. Kyrölä, J. Tamminen, G.W. Leppelmeier, V. Sofieva, S. Hassinen, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, C. Cot, O. Korablev, O. Fanton d Andon, G. Barrot, A. Mangin, B. Th eodore, M. Guirlet, F. Etanchaud, P. Snoeij, R. Koopman, L. Saavedra, R. Fraisse, D. Fussen, F. Vanhellefont, GOMOS on Envisat: an overview, *Advances in Space Research* 33 (2004) 1020–1028

DOC.2 : Mesures fournies par GOMOS

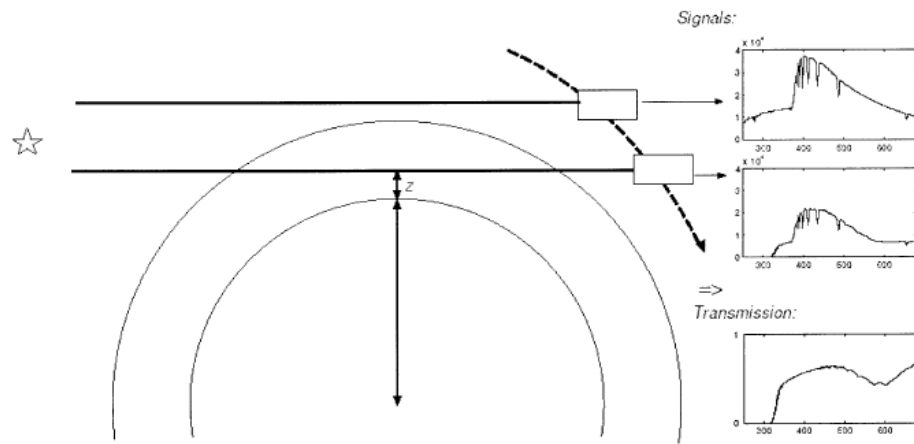
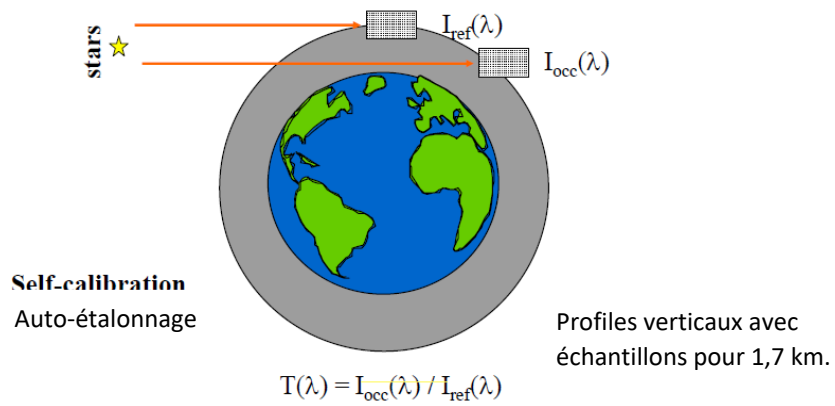


Fig. 1. The measurement principle of GOMOS.



*Traduction du titre Fig.1. : principe de la mesure par GOMOS

Sources : Kyrölä and al., p1022 and https://earth.esa.int/dragon/D4_L1_Simon.pdf, p14

Doc. 3 : Plusieurs détecteurs au sein de GOMOS

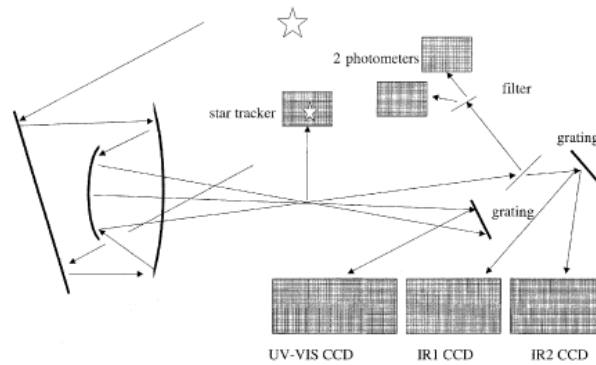


Fig. 2. The optical layout of GOMOS.

*Traductions : Fig.2. : L'agencement optique de GOMOS ; grating :diffraction

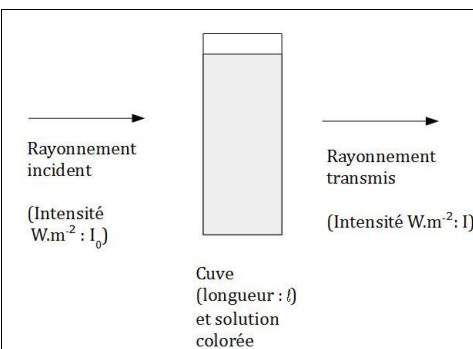
La lumière incidente est dirigée vers plusieurs détecteurs. Le premier détecteur est le pisteur d'étoile (star tracker) opérant entre 650 et 950 nm et travaillant avec une fréquence de 100 Hz pour guider le système de pointage. La lumière restante est divisée entre les spectromètres et les deux photomètres. Les photomètres fonctionnent pour des domaines de longueurs d'ondes appartenant au bleu et au rouge avec une fréquence de 1 kHz. Les spectromètres fonctionnent avec des longueurs d'ondes entre 250 et 690 nm (UV - visible) et deux zones proches de l'infrarouge : 750–776 nm et 916–956 nm. Les capteurs CCD rendent possible l'estimation du rayonnement provenant de sources étendues et l'extraient du signal stellaire.

Kyrölä and al., p1022

Doc. 4 : Un CCD (Couple-charges Device) comporte des photodiodes

Les photodiodes au silicium sont des semi-conducteurs sensibles aux particules de haute énergie et aux photons. Les photodiodes fonctionnent par absorption de photons ou de particules chargées et produisent un courant dans un circuit externe, proportionnellement à l'intensité du rayonnement incident. Les photodiodes peuvent être utilisées pour détecter la présence ou l'absence d'infimes quantités de lumière et peuvent être étalonnées pour faire des mesures de très grande précision avec des intensités allant de moins de 1 pW/cm² jusqu'à plus de 100 mW/cm². Les photodiodes au silicium sont utilisées dans des applications variées comme la spectroscopie, la photographie, l'instrumentation pour l'analyse, les capteurs optiques de position, les alignements de faisceau, la caractérisation de surface, les télémètres laser, les communications optiques et les instruments d'imagerie médicales.

*Traduit de:<http://www.osioptoelectronics.com/application-notes/AN-Photodiode-Parameters-Characteristics.pdf>



Doc.5 : Absorbance d'une solution aqueuse colorée

L'absorbance d'une solution est liée à sa transmittance T : $A = \log (1 / T)$

D'où, $A = \log (I_0/I)$

Une valeur d'absorbance égale à 1 signifie que 10% de du rayonnement incident est transmis et détecté.

L'absorbance dépend de la longueur d'onde du rayonnement incident, de la largeur de la cuve, de la substance qui absorbe le rayonnement et de sa concentration, du solvant et de la température.

MATERIAL

- deux cuves
- solution de sulfate de cuivre II
- eau distillée

- photodiode BPW34 (intervalle spectral: 400 to 1100 nm ; longueur d'onde de sensibilité maximum :850 nm)
- multimètre (voltmètre)
- générateur de tension – 6V
- conducteur ohmique , R= 10 kΩ
- fils électriques
- laser



Nota Bene :

- La photodiode sera utilisée dans un circuit série comprenant le générateur et le conducteur ohmique.
- Dans ces conditions, l'intensité du rayonnement I reçue par la photodiode est proportionnelle à l'intensité i du courant dans le circuit ($I = a \cdot i$).
- La tension U mesurée entre les bornes du conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité i du courant dans le conducteur ohmique (Loi d'Ohm $U = R \cdot i$).

LE TRAVAIL A FAIRE

Part 1 : La télédétection permet de faire des mesures

APP : Mettre en relation les informations extraites des documents.

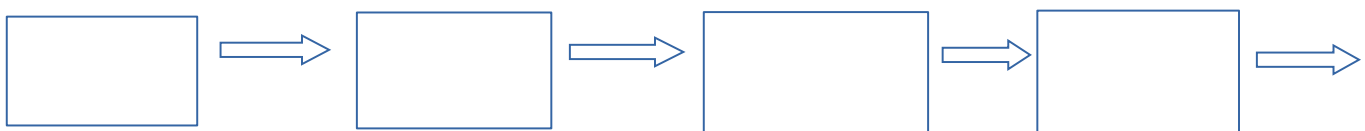
A B C D

~~1~~ 1 – « GOMOS utilise le principe de mesure basé sur l'occultation stellaire. » - (doc.1) : Explique le principe en utilisant les documents.

~~2~~ 2. Relève les informations pertinentes pour expliquer la relation $T(\lambda) = I_{occ}(\lambda) / I_{ref}(\lambda)$ - (doc. 2)

~~3~~ 3- Pourquoi y a-t-il 3 détecteurs CCD ? - (doc. 3)


~~4~~ 4- « Pendant l'occultation, les observations sont répétées à travers l'atmosphère en descendant à différentes altitudes pour fournir différents spectres présentant des traits caractéristiques de l'absorption. » - (doc. 1) : Remplis le schéma de la 'chaîne du mécanisme de télédétection' pour expliquer comment obtenir ces spectres.




Part 2 : Expérimenter la télédétection au laboratoire

ANA : Proposer un protocole.

A B C D

 5- A partir de la liste de matériel, remplir le tableau par analogie.

Téledétection par GOMOS	Téledétection au laboratoire	Différences et/ou limites
Etoile		
Atmosphère		
Photomètres, spectromètres et CCD		
Signaux, spectres		
Transmission $T(\lambda, z)$		
$I_{occ}(\lambda)$		
$I_{ref}(\lambda)$		

 6- Propose une démarche expérimentale pour déterminer l'absorbance de la solution de sulfate de cuivre II (utiliser la liste de matériel).




Appel professeur : Validation du protocole

<i>REA : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole..</i>	A B C D	
---	---------	--


 7- Réalise le protocole et détermine l'absorbance de la solution.

<i>VAL : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.</i>	A B C D	
---	---------	--

 8- Commente tes résultats et indique des sources d'incertitudes

Part 3 : Rôle joué par les satellites

<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	
--	---------	--

 9- Réponds à ton ami qui t'a laissé un message:

 Répondre ▼  Transfert ▼  Supprimer

 Imprimer  Voir le message brut

Objet: Une question pour toi !

Date: Jeudi, 22 Sep 2016 10:28:28 +0200

De: Bob <bob@science.fr>

À: toi@science.fr

 Aucune pièce jointe

Salut,

comment ça va? J'ai lu un article sur le net au sujet de la poubelle spatiale autour de la Terre. As-tu déjà entendu parler de ce phénomène? Il y a des

photos sur internet, c'est incroyable...On peut voir notre planète entourée d'ordures. Il y a beaucoup de satellites artificiels qui ne sont plus utilisés mais qui gravitent toujours! Sur le site de la NASA, j'ai appris que les satellites pouvaient voir dans l'espace mieux que les télescopes sur Terre parce qu'ils peuvent se déplacer au-dessus des nuages, des poussières et des molécules de l'atmosphère. Mais je ne comprends pas comment les satellites peuvent sonder l'atmosphère s'ils sont au-dessus d'elle! Peux-tu m'aider à comprendre?

Trucs et astuces: construire une argumentation

- *Structure ton discours « tout d'abord, de plus, cependant, néanmoins... »*
- *Justifie ton point de vue : nomme des personnes « Comme M./Mme, l'auteur de...l'explique, l'indique, utilise des exemples précis, donne des chiffres...»*
- *Pense à utiliser des connecteurs*
- *Utilise le vocabulaire que tu as appris*

Auto-évaluation : se positionner et argumenter son positionnement

<u>APP</u> : Mettre en relation les informations extraites des documents.	A B C D	- repérage de l'information
	A B C D	- justification avec citation
	A B C D	- reformulation avec ses propres mots
<u>ANA</u> : Proposer une démarche expérimentale.	A B C D	- capacité à proposer un raisonnement cohérent
	A B C D	- rédaction des étapes de la démarche à réaliser
	A B C D	
<u>REA</u> : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole.	A B C D	...à finir
	A B C D	
	A B C D	
<u>VAL</u> : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.	A B C D	
	A B C D	
	A B C D	
<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	
	A B C D	
	A B C D	

I can evaluate one my own

I can recognize words and expressions related to the content of the activity. ☹	A B C D	
I can understand intructions.	A B C D	
I can pick out relevant information from different texts.	A B C D	
I can speak about different themes in the activity. ☹	A B C D	
I can talk to my classmates about the lesson. ☹	A B C D	
I can synthetize the information in a very detailed and precise explanation. ☹	A B C D	

Le plus facile pour moi a été :

Le plus difficile pour moi a été :

Ce que j'ai le mieux aimé :

Ce que j'ai le moins aimé :

Annexe du chapitre IV.2.3b - énoncé de l'AE1, anglais

AE

ACTIVITE EXPERIMENTALE

Remote sensing

OBJECTIFS :

- **Extraire** et **exploiter** des informations sur un dispositif de détection
- **Pratiquer** une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.
- Mobiliser des compétences linguistiques (voir en fin d'énoncé)

CONTEXT

The term "remote sensing," first used in the United States in the 1950s by Ms. Evelyn Pruitt of the U.S. Office of Naval Research, is now commonly used to describe the science—and art—of identifying, observing, and measuring an object without coming into direct contact with it. http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_08.php

Many remote sensing devices are onboard satellites that monitor the Earth from space. How is remote sensing helping us address planetary sustainability on Earth? Remote sensing allows mapping of vegetation, climate and atmospheric composition over large regions and to repeat the measurements consistently over many years.

<http://www.nasa.gov/content/remote-sensing/#.V5CjKl18SQ>

- **How is the Earth's atmosphere monitored by optical sensors?**

DOCUMENTS

Doc.1 : GOMOS on Envisat: an overview *

The GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) instrument is a spectrometer on board the European Space Agency's Envisat satellite that was launched on March 1st 2002. GOMOS uses the stellar occultation measurement principle in monitoring ozone and other trace gases in the Earth's stratosphere (see Fig. 1). The main wavelength region is the ultraviolet visible region and additional two channels are located in the near-infrared. The species covered by GOMOS are O₃, NO₂, NO₃, neutral density, aerosols, H₂O, O₂, and in favourable conditions also OCIO and BrO. The important advantage of any occultation measurement is the self-calibration. The reference spectrum of a radiation source is first measured when the source can be seen above the atmosphere. During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. When these occulted spectra are divided by the reference spectrum, nearly calibration-free horizontal transmission spectra are obtained. Transmissions provide the basis for retrieval of atmospheric constituent densities.

*E. Kyrölä, J. Tamminen, G.W. Leppelmeier, V. Sofieva, S. Hassinen, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, C. Cot, O. Korabely, O. Fanton d'Andon, G. Barrot, A. Mangin, B. Th eodore, M. Guirlet, F. Etanchaud, P. Snoeij, R. Koopman, L. Saavedra, R. Fraisse, D. Fussen, F. Vanhellefont, GOMOS on Envisat: an overview, *Advances in Space Research* 33 (2004) 1020–1028

Doc. 2 : Measurements provided by GOMOS

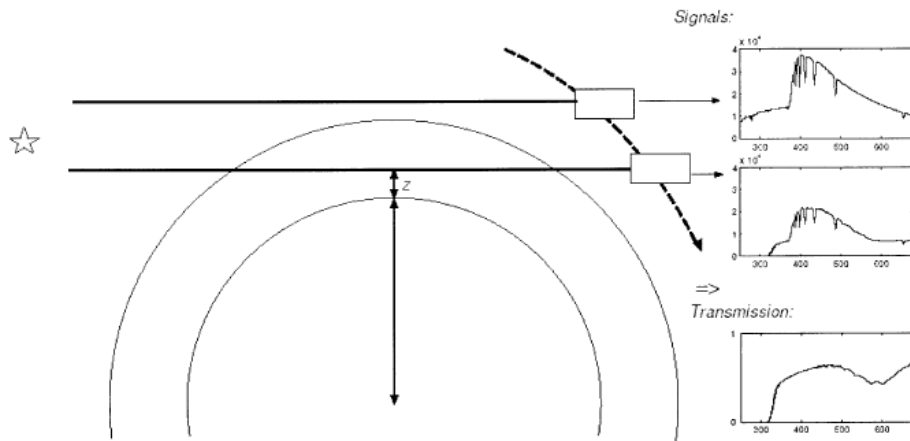
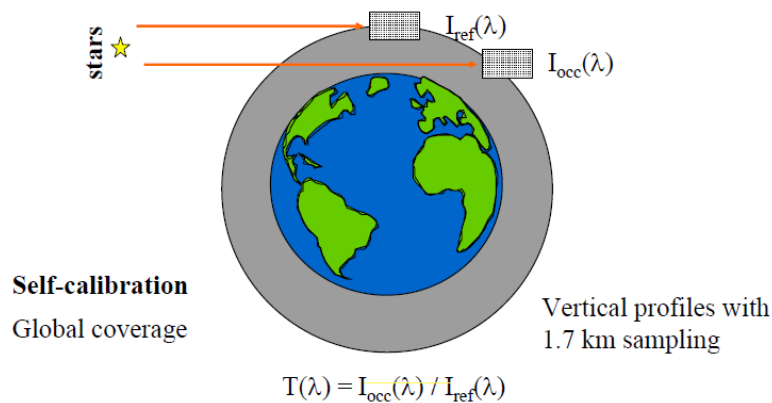


Fig. 1. The measurement principle of GOMOS.



Sources : Kyrölä and al., p1022 and https://earth.esa.int/dragon/D4_L1_Simon.pdf, p14

Doc. 3 : Several detectors in GOMOS

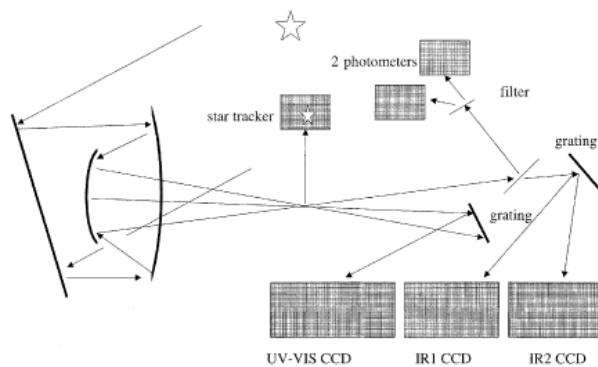


Fig. 2. The optical layout of GOMOS.

The incoming light is forwarded to several detectors. The first detector is the star tracker operating in 650–950 nm and working with 100 Hz to guide the pointing system. The remaining light is divided between the spectrometers and the two photometers. The photometers work in the blue and red wavelength regions with 1 kHz frequency. The spectrometers work in the ultraviolet-visible wavelengths 250–690 nm and two channels are in the near-infrared at 750–776 nm and at 916–956 nm. The CCD detectors make it possible to estimate radiation coming from extended sources and extract it from the stellar signal.

Kyrölä and al., p1022

Doc. 4 : Couple-charges Device (CCD) comprises photodiodes

Silicon* photodiodes are semiconductor devices responsive to high-energy particles and photons. Photodiodes operate by absorption of photons or charged particles and generate a flow of current in an external circuit, proportional to the incident power. Photodiodes can be used to detect the presence or absence of minute quantities of light and can be calibrated for extremely accurate measurements from intensities below 1 pW/cm² to intensities above 100 mW/cm². Silicon photodiodes are utilized in such diverse applications as spectroscopy, photography, analytical instrumentation, optical position sensors, beam alignment, surface characterization, laser range finders, optical communications, and medical imaging instruments. (*silicium Si)

<http://www.osioptoelectronics.com/application-notes/AN-Photodiode-Parameters-Characteristics.pdf>

Doc.5 : Absorbance of aqueous colored solutions

The absorbance of a solution is related to its transmittance T : $A = \log (1 / T)$
Hence, $A = \log (I_0 / I)$
An absorbance value of 1 means that 10% of the incident radiation is transmitted and detected.

Absorbance is function of the wavelength of the incident radiation, the length of the cuvette, the substance that absorbs radiation and its concentration, the solvent and the temperature.

MATERIAL

- two cuvettes
- copper (II) sulfate solutions
- distilled water
- photodiode BPW34 (Spectral range : 400 to 1100 nm ; Wavelength of maximum sensitivity :850 nm)-
- multimeter (voltmeter)
- voltage generator – 6V
- resistor , R= 10 kΩ
- electric wires
- laser diode



Nota Bene :

- **The photodiode will be used in a series circuit with the resistor and the generator.**
- **In those conditions, the radiation intensity I received by the photodiode is proportional to the intensity i of the current in the circuit (I = a. i).**
- **The drop of voltage U measured between the ends of the resistor is proportional to the intensity i of the current through the resistor (Ohm's law U = R.i).**

WORK TO DO

Part 1 : Remote sensing provide measurements

<i>APP : Mettre en relation les informations extraites des documents.</i>	A B C D	
---	---------	--

1 – « GOMOS uses the stellar occultation measurement principle » - (doc.1) : Explain this principle

using the documents.

✂ 2. Pick up relevant information to explain the formula $T(\lambda) = I_{occ}(\lambda) / I_{ref}(\lambda)$ – (doc. 2)

✂ 3- Why are there three CCD detectors ? - (doc. 3)

✂ 4- « During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. » - (doc. 1) : Fill the diagrammatic representation of a 'remote sensing chain' to explain how to provide these spectra.



Part 2 : Experimenting remote sensing in the lab

ANA : Proposer une démarche expérimentale	A B C D	
---	---------	--

✂ 5- Look at the material list and fill the chart below using analogy.

Remote sensing by GOMOS	Remote sensing in the lab	Limits, differences
Star		
Atmosphere		
Photometers, spectrometers and CCD		
Signals, spectra		
Transmission $T(\lambda, z)$		
$I_{occ}(\lambda)$		
$I_{ref}(\lambda)$		

✂ 6- Propose a testing strategy to find out the absorbance of the copper sulfate solution (use the material list).




Appel professeur : Validation du protocole

<u>REA</u> : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole..	A B C D	
--	---------	--


 7- Do the experiment and determine the absorbance of the solution.

<u>VAL</u> : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.	A B C D	
--	---------	--

 8- Comment your results and precise the uncertainty sources.

Part 3 : Role played by the satellites

<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	
---	---------	--

 9- Give an answer to your friend who has left a message for you :

Enregistrement AUDIO

Hi ! What's up ? I read an article on the web about the space junk's plunge to Earth. Have you heard about this phenomena? There are photos on the web, it's incredible... We can see our planet surrounded by trash! There are lots of artificial satellites which aren't useful anymore but are still orbiting! On the NASA's website I learnt satellites could see into space better than telescopes at Earth's surface because they fly above the clouds and the atmospheric dust and molecules. But **I don't understand how satellites can monitor the atmosphere if they are above it !** Can you help me ?

TIPS and PROMPTS : Build an argument

- Structure your speech « to begin with, however, moreover, to conclude »
- Support your point : quote authorities « As Mr/Mrs X , the author of...explains/claimed, use precise examples, give figures...»
- Remember to use link words
- Use the scientific vocabulary you've learnt

Auto-évaluation : se positionner et argumenter son positionnement

A : j'ai réalisé la tâche avec aisance, des facilités, toujours ou presque toujours, avec autonomie.

B : j'ai réalisé la tâche avec assez d'aisance, de facilités, souvent, avec éventuellement un peu d'aide (du binôme, du professeur, de la classe).

C : j'ai réalisé la tâche avec peu d'aisance, peu de facilités, peu souvent avec de l'aide

D : je n'ai pas réalisé la tâche de manière autonome

Compétence à autoévaluer	Position	Tâche correspondante
<u>APP</u> : Mettre en relation les informations extraites des documents.	A B C D	- repérage de l'information
	A B C D	- justification avec citation
	A B C D	- reformulation avec ses propres mots
<u>ANA</u> : Proposer une démarche expérimentale.	A B C D	- raisonnement cohérent (proposition du matériel, objectif identifié, relation entre A et Ur obtenue)
	A B C D	- rédaction des étapes de la démarche à réaliser
<u>REA</u> : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole.	A B C D	- réalisation du montage, un seul paramètre varie
	A B C D	- réalisation des mesures de tensions
	A B C D	- réalisation du calcul de l'absorbance (log .../...)
	A B C D	- regard critique pendant les mesures effectuées
<u>VAL</u> : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.	A B C D	- regard critique sur le résultat obtenu
	A B C D	- réinvestissement du lexique scientifique
<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	- structure du discours et de l'argumentation
	A B C D	

I can evaluate one my own

Compétences linguistiques autoévaluées	Position	Commentaires
I can recognize words and expressions related to the content of the activity.	A B C D	
I can understand intructions.	A B C D	
I can pick out relevant information from different texts.	A B C D	
I can speak about different themes in the activity.	A B C D	
I can talk to my classmates about the lesson.	A B C D	
I can synthetize the information in a very detailed and precise explanation.	A B C D	

- Le plus facile pour moi a été :

- Le plus difficile pour moi a été :

- Ce que j'ai le mieux aimé :

- Ce que j'ai le moins aimé :

Annexe du chapitre IV.2.3c - trame de la séance 3 (AE1), année N

8h25 – 10h25 (groupe 1 « non euro », 16 élèves présents)

Episode 1

8h25 - répartitions en binômes, distribution activité

E indique que le travail reprend l'esprit de l'épreuve au baccalauréat avec les compétences.

Il précise que les copies seront relevées et que les élèves ont la chance, ou pas, d'avoir cette semaine l'énoncé en français.

Découverte et lecture des activités individuellement. Certains élèves communiquent entre eux, au sein du binôme en chuchotant. L'énoncé de l'AE1 est vidéoprojetée.

8h37 - E se rend compte qu'il manque l'image sur le doc 5.

Episode 2

E circule parmi les binômes et répond aux questions des élèves (La couche grise représente l'ozone ? Je ne comprends pas le rectangle, Stellaire ça veut dire quoi ?). L'étoile n'est pas identifiée comme source de rayonnement.

Episode 3

8h54 - Temps collectif pour apporter des précisions aux élèves et les aider à avancer dans le travail.

Les élèves ont des difficultés pour repérer l'information et comprendre le sens du texte.

9h – E : « Allez il y a une manip, ne perdez pas trop de temps. Question 1. Qui m'explique le principe d'occultation stellaire ? D'où provient le rayonnement ? »

Des élèves participent : « Il y a deux rayons. Le satellite reçoit les rayons. Il y a un spectre différent parce qu'il a traversé la couche d'ozone non l'atmosphère. »

L'enseignant précise l'existence d'un spectre de référence et d'un spectre d'occultation que le satellite compare. Il pose d'autres questions : Que font les molécules ? Qu'est-ce que c'est la réfraction ? Souvenez-vous de la seconde ?

9H11 – Pour la question 2, l'enseignant interroge aussi les élèves : « C'est quoi ? c'est dans le document 2 ». Il précise la différence entre l réf et locc.

Pour la question 3, l'enseignant indique « On a trois capteurs pour trois ». Les échanges avec les élèves permettent de dégager la signification des traits noirs et des flèches dans le schéma du document 3. Un élève indique « les traits noirs c'est les couches, ce qui passent à travers. ». Le rôle des miroirs est précisé par l'enseignant.

Episode 4

9h20 - E circule parmi les binômes qui répondent à la question 4. Un binôme essaie de comprendre ce qui se passe dans chaque étape : « Il se passe quoi ? Ça va par étape. C'est les étapes du rayonnement. » Un autre binôme demande si les miroirs doivent être mis. Deux binômes réfléchissent à la question 5 (analogie).

Episode 5

9h25 – Correction collective de la question 4 sur la chaîne de télédétection.

L'enseignant fait des gestes pour expliquer le rôle du capteur et du principe de l'occultation stellaire. Il s'appuie sur le document 2 vidéoprojeté : « on voit bien que plus ça descend, plus la couche de l'atmosphère est épaisse, plus il y a de la matière et plus il y a d'interaction avec le rayonnement ».

Episode 6

9h31 – L'enseignant invite les élèves à remplir le tableau par analogie de la question 5 : « L'analogie ça devrait aller assez vite ». La correction se fait pratiquement juste après. Elle est menée par l'enseignant en suivant l'ordre des lignes du tableau. L'enseignant pose plusieurs questions : « Quelle différence entre capteur et photodiode ? », « On va faire comment au lieu de diviser des intensités ? », « Sur le satellite, de quoi dépend l'absorbance ? » Les élèves ne répondent pas spontanément : la mesure de tension dans le protocole réaliser n'est pas une évidence. Les quatre dernières lignes du tableau posent problème.

Episode 7

9h39 – Question 6 et 7 sur le protocole. L'enseignant conseille aux élèves de bien lire la liste de matériel.

9h45 - La démarche expérimentale n'est pas proposée, les élèves manipulent déjà : réalisation du montage du circuit électrique pour mettre en œuvre le protocole.

L'enseignant vérifie le montage sur la paillasse de tous les binômes : il explique ce qu'est un circuit en série et rappelle au tableau l'écriture normalisée des composants électriques car les élèves ont des difficultés à réaliser le montage. Les binômes qui sont parvenus à faire le montage en aident d'autres. Certains ont mis la photodiode sans veiller à ce que le faisceau laser puisse arriver jusqu'à elle.

L'enseignant rappelle aux élèves ce qui est à faire aux questions 6 et 7 : « Une fois que j'ai validé le protocole vous pouvez y aller, il faut l'écrire par contre. Ecrivez moi ce que vous faites avec les cuves, la solution et le laser ». Les élèves effectuent les mesures.

10h10 – L'enseignant écrit les valeurs au tableau : $U_{ref}= 2,55V$; $U_{occ}=1,19V$. Il indique aux élèves d'avancer pour faire la partie 3 de l'énoncé. La moitié des binômes termine les mesures.

10h20 – Certains binômes rédigent la réponse à la dernière question, question 9.

Les élèves s'autoévaluent la grille.

Les devoirs sont notés au tableau : exos 8, 20, 25p25-27

10h35 – 12h35 (groupe 2 « euro », 18 élèves présents)

Episode 8

10h37 - Distribution du photocopié et lecture individuelle. L'enseignant précise que des espaces sont réservés pour le travail en anglais : « vous avez de la place là-dessous pour mettre les mots de vocabulaire qui vous manquent ». Un élève dit à voix haute que même avec du temps, il n'arrivera pas. Peu d'élèves sollicitent l'enseignant. La langue française est utilisée lors des échanges.

Episode 9

11h08 – Correction collective de la question 1 en français. L'enseignant donne la parole aux élèves qui veulent bien participer pour expliquer le principe. Trois élèves fournissent des éléments de réponse. L'enseignant reprend l'explication du principe de l'occultation stellaire. Il utilise du matériel qu'il est allé chercher : une grosse boule de polystyrène d'environ 40 cm de diamètre pour représenter la Terre, du coton pour représenter la couche atmosphérique, une tige en métal pour la direction de propagation du rayonnement et une télécommande pour le capteur.

Episode 10

11h18 – Les élèves poursuivent leur travail et répondent aux questions.

Après quelques minutes, l'enseignant précise : « donc les mots clés ça va être : radiation, atmosphere, detectors, above the atmosphere, to compare the spectrum ». Il ajoute : « Attention en anglais, spectrum c'est du singulier, ça vient du latin, et au pluriel ça va être spectra ». Il presse les élèves pour passer rapidement à la correction collective. Il indique que pour la question 2, le document 1 peut aider aussi à y répondre. Les mots anglais qui posent le plus problème sont : « occultation », « above », « devices », « feature », « launched », « monitor » (les élèves questionnent l'enseignant).

Episode 11

Correction de la question 2. Un élève lit en anglais sa réponse: "the transmission is the quantity of light which reaches to go to the atmosphere". L'enseignant résume la réponse à la question 2 en français.

Correction de la question 3. Les élèves proposent leurs idées et l'enseignant dicte la réponse à la question 3.

11h31 – Correction de la question 4 : l'enseignant fait remplir le début de la chaîne de téledétection puis laisse du temps pour la compléter. Il utilise l'énoncé vidéoprojeté pour terminer la correction de la question à l'oral. Il revient sur le document 3 et demande aux élèves ce que représentent les traits noirs et les flèches. En l'absence de réponses d'élèves, l'enseignant explique le rôle des miroirs.

11h36 – L'enseignant incite les élèves à remplir le tableau par analogie de la question 5 : il leur laisse cinq minutes.

Episode 12

11h39 – L'enseignant circule parmi les binômes dont certains passent rapidement à la réalisation du protocole.

11h42 – Correction collective de la question 5.

A la question « qu'est-ce qu'on lit sur le voltmètre ? », des élèves répondent « voltage » en français au lieu de « tension ».

Les élèves identifient le rôle de la solution colorée. Après des explicitations de l'enseignant pour I_{ref} , un élève indique « I_{occ} sera la tension avec la solution ». L'enseignant traite la transmission en dernier.

Episode 13

11h53 - Les élèves réalisent le protocole. L'enseignant circule parmi les élèves et les aide en distribuant les « aides partielles » photocopées si besoin (quatre binômes les utilisent). Certains binômes nécessitent une aide pour la réalisation du montage.

12h08 - Les protocoles ont été mis en œuvre. Un élève écrit les valeurs au tableau : $I_{ref} = 3,53V$

$I_{occ} = 1,74V$

12h12 – Face aux difficultés rencontrées lors du protocole, E donne la consigne d'utiliser les valeurs communes. Il demande à l'élève d'aller corriger (« As-tu mesuré l'intensité lumineuse ? ») ce qu'il a écrit au tableau : U_{ref} au lieu de I_{ref} ; de même pour I_{occ} .

Episode 14

12h15 – Question 9 : l'enseignant fait écouter l'enregistrement audio deux fois : « Vous avez un couple d'amis qui vous posent des questions, d'abord Ryan et ensuite Kimberley ».

Après l'écoute de l'enregistrement avec Ryan, l'enseignant demande : « Vous avez compris ? » Des élèves répondent que non. Il indique : « Bon, écoutez sa compagne qui parle plus lentement et son enregistrement est mieux. » Comme beaucoup d'élèves indiquent ne pas bien comprendre, la transcription de l'audio est communiquée. L'enseignant demande : « Qu'est-ce qui peut reformuler en anglais la question majeure ? ». Un élève répond « Can you help me ? »

La transcription est distribuée. Une troisième écoute, celle de l'enregistrement avec Ryan, a lieu.

E : « c'est plus simple avec le texte, allez go, vous prenez des notes sur votre feuille et vous laissez à Ryan ou à Kimberley your voice message, en étant poli, c'est vos amis. »

12h20 - Les élèves peuvent s'enregistrer avec un microphone branché à l'ordinateur sur chacune des paillasses et le logiciel audacity. L'enseignant précise que l'enregistrement en binôme peut avoir lieu faute de temps.

Annexe du chapitre IV.2.3d - conception-production (questions, tâches) de l'AE1, année N

1 – « GOMOS uses the stellar occultation measurement principle » - (doc.1) : Explain this principle using the documents.

Questionnement prof = jockey = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Que dois-tu faire ?	Expliquer le principe de la méthode de mesure par « stellar occultation » en français : occultation d'étoiles ou occultation stellaire.	S'appuyer sur le sens du vocabulaire spécifique pour en déduire une première explication et la vérifier à l'aide du texte.
Quels sont les extraits de documents que tu as repérés qui permettent de comprendre ce principe de fonctionnement (« measurement principle ») ?	Doc 1: « is first measured when the source can be seen above the atmosphere. » « During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. »	Repérer l'information pertinente par le repérage des mots communs entre la phrase citée dans la consigne et le reste du texte
Quelles en sont les étapes?	Doc 1 : « first » et « source », puis « during » et « through atmosphere, descending altitudes, absorption »	Utiliser les extraits sélectionnés pour comprendre le principe des mesures en repérant les mots clés (temporalité, contenus) et faciliter la reformulation .

Etoile : source de rayonnement (visible et IR) qui se propage en traversant l'atmosphère jusqu'au détecteur du satellite.

OR interaction atmosphère et rayonnement : comme selon altitude satellite, concentration de gaz différente alors absorption (occultation de la source) différente.

DONC possibilité de comparer deux intensités du rayonnement transmis à altitude donnée, avec deux signaux pour I_{occ} (absorption) et I_{ref} (pas d'absorption) et spectre final = transmission lien avec calcul de T.

2. Pick up relevant information to explain the formula $T(\lambda) = I_{occ}(\lambda)/I_{ref}(\lambda)$ – (doc. 2)

Questionnement prof = jockey = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :

Que dois-tu faire ?	Expliquer la relation mathématique en m'aidant des infos du doc 2 et 1.	S'appuyer sur la consigne « pick up ... » pour repérer que l'expression mathématique apparaissant dans le doc 2 est expliquée dans le doc 1.
Quels sont les extraits de documents que tu as repérés pour comprendre à quoi correspond chaque terme de la relation littérale ?	Doc 1: When these occulted spectra are divided (\Rightarrow quotient) by the reference spectrum ($\Rightarrow I_{ref}(\lambda)$), nearly calibration-free horizontal transmission spectra ($\Rightarrow I_{occ}(\lambda)$) are obtained	Repérer l'information pertinente par le repérage des mots dans le doc explicitant les termes de l'expression mathématique
Quels sont les mots clés et/ou idées clés à utiliser dans ton explication / reformulation ?	Doc 1: Calibration spectrum, transmitted radiation, emitted radiation, absorption/ interaction atmospheric gaz, proportion	Utiliser les extraits sélectionnés pour dégager avec ses mots la signification de l'égalité, et des grandeurs de l'expression littérale à expliquer. Faciliter la reformulation.

La relation mathématique (doc.2) permet d'accéder à la **proportion** (nombre sans unité) – **quotient** - d'intensité de **rayonnement transmis** après **absorption $I_{occ}(\lambda)$** (interaction **rayonnement émis** par la source avec gaz atmosphériques à une altitude donnée) par rapport à l'intensité de ce rayonnement transmis sans absorption **$I_{ref}(\lambda)$** à une altitude donnée.

D'où l'obtention d'un **spectre calibré/étalonné** en transmission (T en fonction de λ).

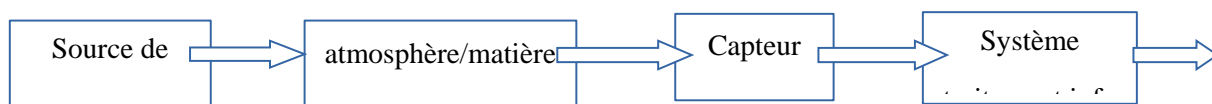
3- Why are there three CCD detectors? - (doc. 3)

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Quels sont les extraits de documents que tu as repérés pour traiter la question 3 ? <i>(l'élève aura certains compris quoi faire et identifier CCD detectors sur image et texte doc3)</i>	Doc 3: « The spectrometers work in the ultraviolet-visible wavelengths 250–690 nm and two channels are in the near-infrared at 750–776 nm and at 916–956 nm. »	Repérer l'information pertinente par le repérage des mots dans le doc explicitant les termes de l'expression mathématique
Comment utiliser l'information et l'adapter pour rédiger ta réponse ? Qu'est-ce que tu as compris de l'information	Il y a trois domaines de longueurs d'ondes différents : un pour chaque détecteur. Chaque CCD	Utiliser ses connaissances et le vocabulaire spécifique appris pour s'appuyer sur l'information sélectionnée et

relevée ?	est performant dans son domaine. « spectral sensitivity/responsivity », « wavelength area »	formuler ce qu'il a compris.
-----------	---	-------------------------------------

Trois détecteurs pour avoir des **sensibilités spectrales adéquates** c'est-à-dire pour étudier des domaines spectraux différents du rayonnement transmis arrivant jusqu'aux détecteurs : UV vis, IR proche, IR lointain.

4- « During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. » - (doc. 1) : Fill the diagrammatic representation of a 'remote sensing chain' to explain how to provide these spectra.



Propagation interaction rayonnmt/matiere conversion onde EM en courant élec spectre
 (partie absorption par Absorption photon et transmission
 vers) production électrons (doc 4)

Questionnement prof = Jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Que dois-tu faire ?	Compléter le schéma (rectangles et flèches) pour résumer le mécanisme/processus/principe de télédétection.	Reformuler la consigne. 'remote sensing chain' fait référence aux chaînes énergétiques qui ont pu être utilisées en première S.
Qu'est-ce qui est nécessaire pour réaliser le 'remote sensing', du début jusqu'à la finalité ?	Partir d'une source de rayonnement pour obtenir des spectres.	Comprendre l'intérêt de la chaîne utilisée pour modéliser le mécanisme de télédétection (type de chaîne pour le mécanisme de la vision.) : extrémités identifiées.
Quels phénomènes et « objets » sont mis en jeu en télédétection ?	Phenomena: propagation of radiation, interaction between radiation and atmospheric gases, (absorption by, transmission towards), « <i>Photodiodes operate by absorption of photons [...]</i> generate a flow of current »: conversion of EM radiation to	Utiliser les extraits sélectionnés pour comprendre le principe de télédétection avec rôle capteur comme convertisseur en bout de chaîne.

	electronic current. « Objects »: source (star), atmospheric gases, detectors or sensors CCD, spectra	
--	---	--

Part 2 : Experimenting remote sensing in the lab

<u>ANA</u> : Proposer un démarche expérimentale.	A B C D	- raisonnement cohérent (proposition du matériel, objectif identifié, relation entre A et Ur obtenue) - rédaction des étapes de la démarche à réaliser
--	---------	---

5- Look at the material list and fill the chart below using analogy.

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Que dois-tu faire ?	Remplir le tableau en faisant une comparaison entre le travail des chercheur.e.s et ce qu'on va devoir faire avec le matériel à disposition.	Comprendre ce qu'est l'analogie et trouver les éléments de comparaison pertinents.
De quel matériel disposes-tu ?	Coloured solution and cuvette. Sensor photodiode. Laser source Voltmeter	Mettre en place l'analogie en s'appuyant sur la liste de matériel et sur la chaîne de télédétection (Q4) : passage au contexte classe, projection dans la démarche mener.

Remote sensing by GOMOS	Remote sensing in the lab	Differences or/and limits of the analogy
Star	Diode laser	Quasi monochromatique, directionnel
Atmosphere	solution	État physique, mélange à deux constituants
Photometers, spectrometers and CCD (satellite)	photodiode	Un seul capteur et immobile
Signals, spectra	Current, voltage	Pas de traitement pour obtenir une image
Transmission $T(\lambda, z)$	Transmittance T liée à l'absorbance	Peu de dépendance à λ et à z
$I_{occ}(\lambda)$	I (radiation intensity received by the photodiode)	Peu de dépendance à λ et à z

$I_{ref}(\lambda)$	I_0	Peu de dépendance à λ et à z
--------------------	-------	--

6- Propose a testing strategy to find out the absorbance of the copper sulfate solution.

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Que dois-tu faire ?	Déterminer l'absorbance de la solution absorbante de sulfate de cuivre.	-Reformuler l'objectif.
Quelles informations extraites des documents utiliser pour déterminer l'absorbance de la solution bleue?	Doc 5 : fournit la relation pour CALCULER l'absorbance. Nota Bene (matériel) : fournit les relations de proportionnalité. Mesure de tension pour calcul d'absorbance.	Construire un raisonnement en s'appuyant sur les informations à disposition et en les mettant en relation
Comment s'y prendre ? Calcul/mesure ? Matériel ? Chronologie ?	*Coloured solution and cuvette=> interaction solution/radiation *Sensor photodiode=> detects radiation transmitted *Laser source *Voltmeter => mesures, voltage U * doc5=> calculate: $\log(U_{\text{with solution}}/U_{\text{without}})$	Exploiter chaque information pour élaborer une étape de raisonnement - ordonner les étapes de raisonnement - différencier ce qui relève de la mesure et du calcul. - différencier protocole et démarche expérimentale - comprendre que pour déterminer l'absorbance A, besoin de montrer que $A = \log(U_R \text{ sans solution} / U_R \text{ avec solution})$

Démarche expérimentale incluant expérience, mesure, calcul.

Pour déterminer l'absorbance A, besoin de montrer que $A = \log(U_R \text{ sans solution} / U_R \text{ avec solution})$

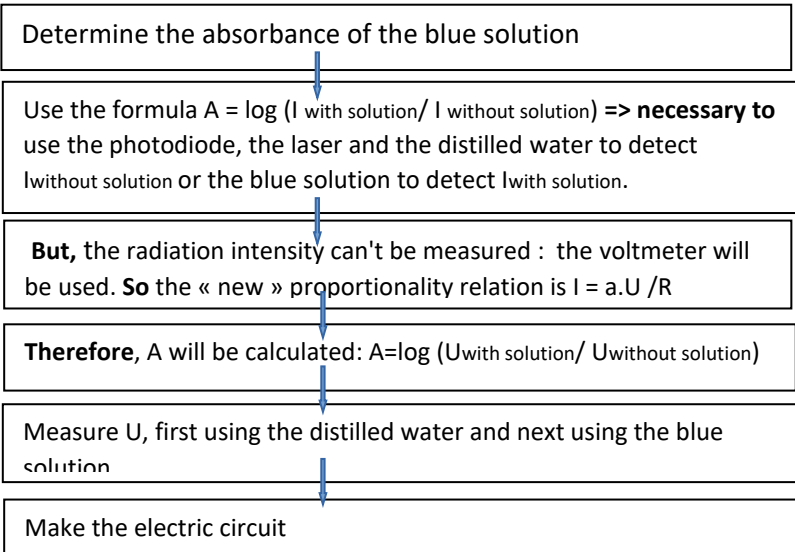
Aides pour la démarche (question 6)

Electric circuit : sensor (photodiode), resistor, generator and voltmeter measuring U

Proportionality :
I and i (photodiode) ; $I = a \cdot i$

$A = \log (I \text{ with solution} / I \text{ without solution})$
=> What is the formula

Photodiode=> access to I
Voltmeter => access to U



Appel professeur : Validation du protocole

<i>REA : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole..</i>	A B C D	
---	---------	--

7- Do the experiment and determine the absorbance of the solution.

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Penses-tu qu'en faisant ça tu... ?	...	Repérer d'éventuels erreurs de manipulation et/ou de raisonnement et les corriger. Améliorer la précision de la mesure

Le faisceau Laser pointe sur la surface sensible de la photodiode.

Un seul paramètre varie : la cuve est placée à 3 cm environ de la photodiode et du laser.

MESURES :

U_R (Cuve avec eau distillée) = 2,55 V

U_R (Cuve avec solution diluée du sulfate de cuivre) = 1,19 V

CALCUL :

On obtient une absorbance de l'espèce colorée de $A = \log(2,55/1,19) = 0,33$ pour la solution utilisée (concentration environ 0,1 mol/L)

<i>VAL : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.</i>	A B C D	- regard critique pendant les mesures effectuées - regard critique sur le résultat obtenu
---	---------	--

8- Comment your results and precise the uncertainty sources.

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Est-ce que tu peux valider les mesures et le calcul effectués ? Sont-ils acceptables ? Pourquoi ? ...	- chiffres significatifs à l'affichage du voltmètre - distance des éléments du montage - exactitude du calcul ...	S'interroger sur le domaine de validité de l'expérimentation Identifier ce qui influence la précision du résultat

- $A < 1$: à relier avec % de radiation transmise et concentration de la solution (doit être assez diluée pour que photodiode détecte rayonnement transmis) => doc 4 et 5.
- A pour domaine spectrale proche de celui de la source => voir list matériel
- Cohérence des chiffres significatifs
- Sources d'erreurs : pointage laser et photodiode, mouvement, distance, mesure et lecture voltmètre.
- Eventuellement : commentaires sur sources erreurs et calcul incertitudes ; comparaison avec A de la solution dont concentration connue

Possibilité dans autre contexte de calculer l'incertitude absolue $U(A)$ en déterminant $U(\text{tension})$: voir séances d'AP

Part 3 : Role played by the satellites

<u>COM</u> : Rédiger un paragraphe argumenté	A B C D	Réinvestissement du lexique scientifique Structure du discours et de l'argumentation (justesse des éléments scientifique, raisonnement apparent et cohérent)
--	---------	---

9- Give an answer to your friend who has left a message for you:

Questionnement prof = jocker = aide partielle	Réponse attendue de l'élève	Cela aide l'élève à :
Que dois-tu faire ?	Expliquer comment les satellites sondent l'atmosphère en étant au-dessus d'elle : expliquer le principe de mesure par occultation stellaire.	Identifier le sujet à traiter.

Enregistrement AUDIO

Hi ! What's up ? I read an article on the web about the space junk's plunge to Earth. Have you heard about this phenomena? There are photos on the web, it's incredible... We can see our planet surrounded by trash! There are lots of artificial satellites which aren't useful anymore but are still orbiting! On the NASA's website I learnt satellites could see into space better than telescopes at Earth's surface because they fly above the clouds and the atmospheric dust and molecules. But **I don't understand how satellites can monitor the atmosphere if they are above it !** Can you help me ?

Référence au principe de mesure par occultation stellaire

Enoncé structuré en trois étapes / organisation des idées

- Détection du rayonnement émis par une source de lumière (étoile) par le satellite au-dessus de l'atmosphère (absence d'absorption): obtention d'un spectre de référence
- Déplacement du satellite qui descend : détection du rayonnement transmis par l'atmosphère et obtention d'un spectre avec occultation (absorption : interaction entre l'atmosphère et le rayonnement émis par l'étoile)
- Utilisation des deux spectres pour obtenir le spectre calibré en transmission, caractéristique des gaz dans l'atmosphère sondée.

Mots, concepts clés :

- source de rayonnement (étoile)
- absorption, transmission, émission / rayonnement absorbé, transmis, émis
- variation de la position du détecteur (altitude)
- gaz atmosphérique
- interaction atmosphère et rayonnement émis par l'étoile
- spectre caractéristique
- détection de rayonnement

Hi Rayan ! Satellites can monitor the atmosphere if they are above it with the stellar occultation measurement principle:

- ⇒ First, a source emits radiation above the atmosphere and the detector converts the radiation into a reference spectra (visible and infrared)
- ⇒ Next, the instrument descends altitudes but the molecules of the atmosphere interact with the radiation.
- ⇒ So the instrument doesn't detect the absorbed radiation but the transmitted one (function of the nature of the molecule, of its concentration and of the altitude). Satellites provide spectra with absorption features.

Annexe du chapitre IV.2.3e - productions des élèves, AE1, année N

Les productions orales des élèves en anglais (1 à 9) sont transcrites à partir des enregistrements audios. Les productions écrites en français (10 à 13) sont recopiées à l'identique.

Production 1 – 1'39 – texte lu à une voix (binôme)

Hello Ryan, I will answer the question you didn't understand / so / to explain you I will use an example of the GOMOS satellite / so if you didn't understand how the satellite can monitor the / the atmosphere if they're above it / I will explain you in this message I leave you. So first time / I say that the GOMOS instrument is a spectrophotometer / euh / in space so above the / the atmosphere of the Earth / and euh / it takes the difference euh / reference of the / some radiation it uses / some radiation to light the satellite / then there's a reference spectrum / and then / it goes down in the Earth atmosphere / and the Sun radiation pass through the atmosphere / and there is a spectrum with the / all the gases absorbed / euh with the Sun radiation / and then you can euh / compare both spectra to analyse and minorate euh / the atmosphere of the Earth.

Production 2 – 1'13 - Pas de notes écrites. Mots en gras : accentués.

Satellite record data but satellite **move** also// when they move they record another data and from the Earth they send euh / they send this to the Earth / for the Earth people compare this data and euh/ there are data euh / about the atmosphere and euh / so they can euh / they can compare with the data **in** the atmosphere // and with that / they know the wavelength of euh / they know the wavelength of euh what / of which radiation go through the atmosphere and they can know what **is** in the atmosphere // and euh / we know that the gases **absorb** some euh / some euh / radiation // that is I beg for you / for euh / yeah thank you.

Production 3 – 0'16 –

The satellite above the atmosphere can mon / can mo / can monitor it because they are at distance to the sun radiation so they communicate between the earth

Production 4 – 1'03 - notes écrites – « à deux voix » (E et E' qui aide E à s'enregistrer à partir des notes écrites)

E : Hey Ryan what's up ? I understand your question / First you have to throw

E': to know

E: know that satellites are sent above the atmosphere / for detecting the stellar radiation / their wavelength by the radiation / then the satellite move and measure the stellar radiation in the / in another place / then go through / through the / the atmosphere/ at least compare / compare the both the /

E': measuring

E: the both measuring and euh // so I answer the question by e

Production 5 - 1'03

Hi Ryan / how are you? / I will explain you how satellite can monitor the atmosphere when they are above it / so they are many reflection euh // and euh / after we have three different detector euh three CCD detector // and euh the CCD detector make it possible / to estimate radiation coming to extended source / and extract it for the stellar signal / so it's possible / yes it's possible

Production 6 – 0'39 – texte lu

Hi Ryan / I've got an answer to your question/ so / even if the satellite / isn't / in the atmosphere / he / it's detects the radiation which went to travel / so it has got the information of the atmosphere / the satellite is above to the atmosphere // between the occultation // after that / it can determine which gases are present / and their density / the stellar occultation gases in the atmosphere

Production 7 – 0'41

So / we've got you an answer / so the satellite / for example we took the satellite GOMOS / euh / he measures the wavelengths emitted from the sun before it pass through the stratospheres / the Earth's stratosphere / and then he measures again euh / the sun wavelength euh / when he can see through the stratosphere so / and then / it compares / it use a formula and then it / it can monitor the atmosphere

Production 8 – 0'21

This is called the stellar occultation euh / measurement principle // if euh / we will / were trying to monitor the atmosphere from the Earth / we couldn't have euh / the measurements outside of the atmosphere euh / we would have euh / false results

Production 9 – 0'29 – texte lu

Hi what's up? / I heard your message and I've got the answer / the first step is to measure the sun radiation / so the satellite needs to be above the atmosphere to get a reference spectrum / The second step is to measure the radiation which goes through the atmosphere / then it compare both spectrum / with that / scientists can control the components of the atmosphere

Production 10

Les satellites peuvent sonder l'atmosphère grâce à l'occultation stellaire.

Pour cela, ils sont équipés de capteurs qui analyse les rayonnements solaires.

Une mesure de référence est effectuée au dessus de l'atmosphère puis le satellite descend de façon à ce que les capteurs soient occultés par l'atmosphère

Ainsi on obtient deux spectres qui peuvent être comparés pour déterminer quels rayonnements sont absorbés.

Production 11

Le GOMOS est un spectromètre à bord du satellite. Il utilise le principe de mesures basées sur l'occultation stellaire dans la surveillance de l'ozone et autres gaz dans la stratosphère. Il utilise plusieurs longueurs d'onde : principalement l'ultraviolet-visible et 2 intervalles dans l'infrarouge. Les étoiles envoient de la lumière vers la terre. Ainsi le GOMOS permet d'analyser les différentes espèces de gaz : O_3 , NO_2 , NO_3 ou des aérosols (H_2O , O_2) et parfois même $OCIO$ et BrO .

L'opération est répétée mais en descendant dans l'atmosphère pour obtenir \neq spectres, ainsi, on peut mesurer ou évaluer la densité des constituants atmosphériques. Il est composé de plusieurs détecteurs : 1 pisteur d'étoile, spectromètres, et 2 photomètres et enfin des capteurs CCD rendant possible une estimation du rayonnement provenant des sources étendues et l'extrait du signal stellaire.

Production 12

Ces satellites sont équipés de capteurs capables de sonder et d'observer les longueurs d'onde pour en déterminer la composition atmosphérique.

Production 13

Ces satellites sont composés de spectromètres qui utilisent le principe d'occultation stellaire. En utilisant les rayons du Soleil, le spectromètre analyse ces rayons et effectue un spectre de référence. Puis le satellite change d'altitude en entrant dans l'atmosphère et effectue une nouvelle mesure et analyse

les rayons qui ont pénétré l'atmosphère : il élabore un spectre d'occultation. Il faut ensuite le rapport S_{occ} et S_{ref} pour obtenir le spectre de transmission.

Annexe du chapitre IV.2.4a - cours de l'enseignant complice, chapitre 4

Chapitre 4 : Rayonnement et matière : spectroscopie

Objectifs :

- Exploiter des spectres UV-visible.
- Exploiter un spectre infrarouge pour déterminer des groupes caractéristiques.

I. Comment caractériser une substance colorée avec un spectre UV-visible

Le spectre UV-visible représente l'**absorbance A** en fonction de la longueur d'onde, entre 200 et 800 nm.

AE 2 : Spectre UV-Visible

1. L'absorbance

L'absorbance **A** d'une espèce en solution suit la loi de Beer-Lambert :

$$A = \varepsilon(\lambda) \cdot l \cdot C$$

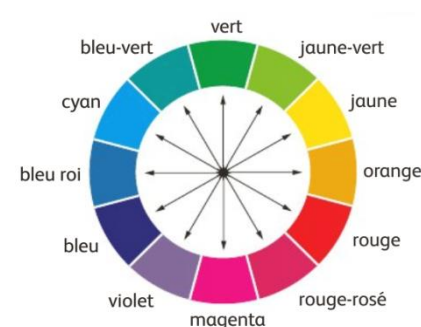
où *l* : épaisseur de la solution traversée (en **cm**), *C* : concentration molaire du soluté (en mol.L⁻¹) et $\varepsilon(\lambda)$: coefficient d'absorption molaire (en L.cm⁻¹.mol⁻¹)







Remarque : Dans le cas d'une solution contenant plusieurs espèces absorbantes on aura :

$$A = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i(\lambda) \cdot l \cdot C_i$$

2. La couleur perçue et longueur d'onde λ_{\max}

Une espèce **incolor** n'absorbe aucune radiation du spectre visible. Lorsqu'une espèce chimique n'absorbe que dans **un seul domaine** de longueurs d'onde visible, **sa couleur est la couleur complémentaire** de celle des radiations absorbées.



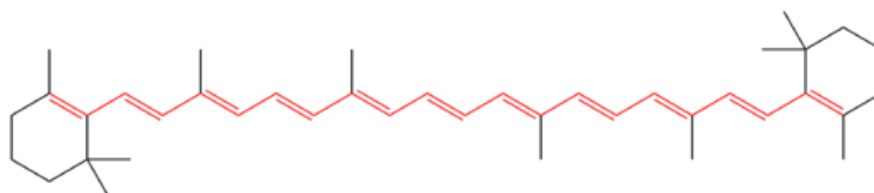
couleur		<u>Longueur d'onde dans le vide (nm)</u>
rouge		~ 625-740
orange		~ 590-625
<u>jaune</u>		~ 565-590
<u>vert</u>		~ 520-565
<u>bleu</u>		~ 446-520
<u>violet</u>		~ 380-446

Lorsqu'une espèce chimique absorbe dans **plusieurs domaines** de longueurs d'onde, sa **couleur résulte de la synthèse additive des couleurs complémentaires** des radiations absorbées.

3. Le lien entre couleur perçue et structure chimique

Plus une molécule comporte de doubles **liaisons conjuguées**, plus les radiations absorbées ont une **grande longueur d'onde**.

Exemple : Le bêta-carotène comporte onze doubles liaisons conjuguées.



4. Dosage par étalonnage

Une espèce qui absorbe dans l'UV ou le visible peut être **dosée** par spectrophotométrie.

[AE 2 : Spectre UV-Visible](#)

II. Quels renseignements fournit un spectre infrarouge

[AD : Radiation and temperature](#)

1. Le principe

En présence de rayons IR (entre 800 et 1000 nm), les liaisons chimiques se mettent en vibrer selon leur nature.

2. La présentation du spectre

Le **spectre infrarouge d'une espèce** est le tracé de la **transmittance T** (en %) en fonction du **nombre d'onde σ** (en cm^{-1}).

3. L'exploitation d'un spectre IR

Un spectre IR permet de **déterminer la nature des liaisons** donc des **groupements fonctionnels** présents dans une molécule.

On distingue deux grandes zones :

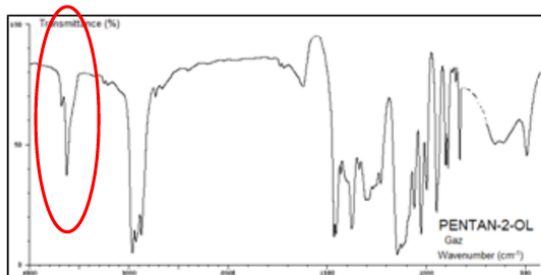
- $4000 > \sigma > 1300 \text{ cm}^{-1}$ environ : rassemblant les bandes caractéristiques des liaisons caractéristiques des principaux groupes fonctionnels.
- $1300 > \sigma > 600 \text{ cm}^{-1}$: région très complexe appelée parfois « *empreinte digitale* » de la molécule.

Remarque : Toutes les liaisons d'une molécule peuvent donner lieu à des vibrations, les spectres IR sont donc complexes. L'analyse complète d'un spectre IR est difficile voire impossible.

4. Le cas de la liaison hydrogène

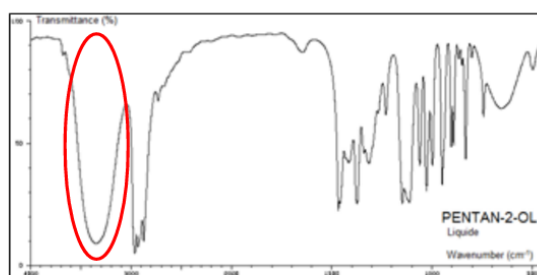
La présence de **liaisons hydrogène** au sein d'un échantillon est mise en évidence sur un spectre IR par la présence d'une bande très large et de forte absorption autour de $3\ 300\text{ cm}^{-1}$.

Sur un spectre IR, la présence de liaisons H se traduit par l'**apparition d'un pic très large et très intense** :



Spectre du pentan-2-ol en phase gazeuse (absence de liaisons H)

Bande fine vers 3600 cm^{-1}



Spectre du pentan-2-ol en phase condensée (présence de liaisons H)

Bande large vers 3300 cm^{-1}

Annexe du chapitre IV.2.4b - énoncé de l'AD2, année N

AD

ACTIVITE DOCUMENTAIRE

Radiation and temperature



- OBJECTIVES:**
- ✦ Extraire et exploiter des informations sur un sujet scientifique (Français, anglais)
 - ✦ Comprendre le lien entre température et émission de rayonnement.

DOCUMENT 1 : Radiation

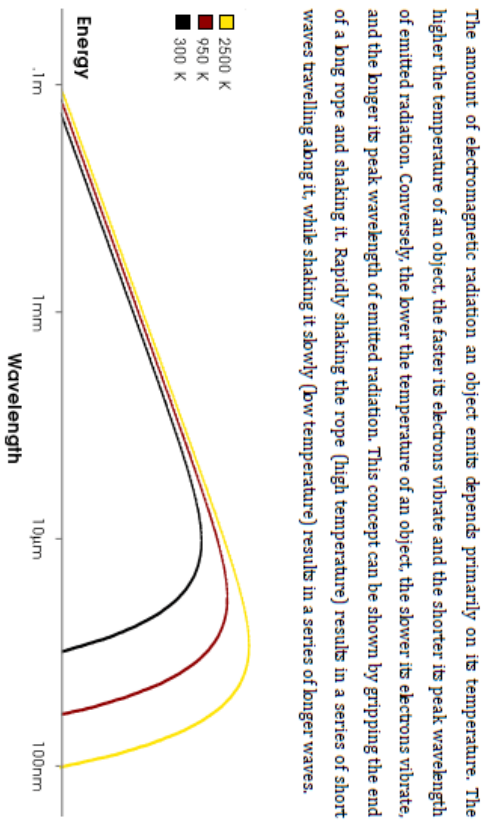
<http://earthobservatory.nasa.gov/Feature/RemoteSensing/>

Unless it has a temperature of absolute zero (-273°C) an object reflects,

absorbs, and emits energy in a unique way, and at all times. This energy, called electromagnetic radiation, is emitted in waves that are able to transmit energy from one place to another. For example, this computer, trees, air, the Sun, the Earth, and all the stars and planets are reflecting and emitting a wide range of electromagnetic waves. These waves originate from billions of vibrating electrons, atoms, and molecules, which emit and absorb electromagnetic radiation in unique combinations of wavelengths.



Objects emit more intense radiation at higher frequencies as they are heated. A burned-out lightbulb (at room temperature, 27°C (80K kelvin)) emits no visible radiation, while a heat lamp (677°C(950 Kelvin)) emits most of its energy in the thermal infrared and a little low-frequency (red) light. An incandescent bulb (2223°C (2500 Kelvin)) gives off orange-yellow light, although only ten percent of its emitted energy is visible light—the rest is heat (Images by Robert Simmon)



“THE AMOUNT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AN OBJECT EMITS DEPENDS PRIMARILY ON ITS TEMPERATURE.”

- 1.1. Make three diagrams to describe the three phenomena of radiation and matter interaction.
- 1.2. «...are reflecting and emitting a wide range of electromagnetic waves »: Add to your diagrams the types of waves in the case of the Earth with its atmosphere, for each phenomenon.
- 2.1. Why does a white lightbulb heat more than it lights?
- 2.2. Have you noticed the English structure the ...er; the ...er? Write your own sentence in French to explain the emission law of an object.
- 2.3. Sum up in French the diagram of the document, using these expressions : « Tout corps »; « rayonnement »; « zéro ».
3. Pick up the English words or expressions which could refer to the interaction phenomena between radiation and matter, filling the chart below.

Microscopic point of view	Macroscopic point of view
---------------------------	---------------------------

DOCUMENT 2 : Rayonnement solaire et rayonnement tellurique

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/effet-de-serre.xml>

Un corps à température ambiante (288 K ou 15°C) émet un rayonnement dont le spectre est très différent de celui du Soleil

Figure 1 : Spectres d'émission d'un corps noir à 5800K et 6000K (température à la surface du Soleil)

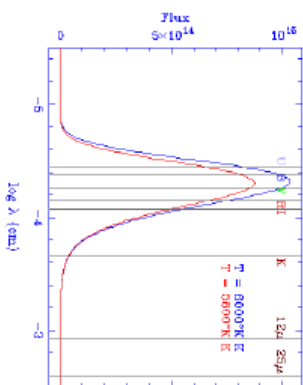
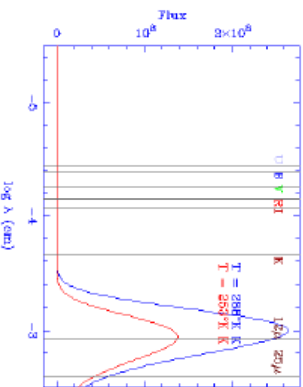


Figure 2 : Spectres d'émission d'un corps noir à 253K et 288K (ou 15°C, température moyenne à la surface de la Terre)



En quoi les spectres sont différents ?

Annexes du chapitre V

Annexe du chapitre V.1.1 - prototype de la séquence, année N+1

Prototype de la séquence – une séance dure une heure

Séance 0 Me.15/11	Présentation du projet à la classe. Groupe pour les activités expérimentales.
Séance	Notions et contenus, compétences exigibles au programme. AD ou AE pour l'exploitation de supports en anglais.
<p><u>Semaine 1 - Liens avec réchauffement climatique</u> Définir ce qu'est un rayonnement (mode de transfert d'énergie / ondes et particules ; caractéristiques). Distinguer les différents types de rayonnement. Distinguer émission, absorption, réflexion de rayonnement. Mettre en relation la nature du rayonnement émis et la source émettrice. Caractériser l'interaction rayonnement (électromagnétique)-matière. Identifier le rôle de l'atmosphère dans l'interaction rayonnement-matière : influence de la nature des constituants, de la longueur d'onde du rayonnement.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Confusions sur la nature des rayonnements : notamment entre UV et les autres. Prégnance de l'idée de chaleur, dissociée de celle de rayonnement et/ou d'énergie. Idée erronée sur le fait que l'atmosphère piège les rayons solaires et/ou les infrarouges. Phénomènes d'absorption, de réflexion et de transmission de rayonnement ne sont pas évoqués.</p>	
Séance 1 Me.23/11 11h35-12h35	<p>Vidéo V1. An introduction to the electromagnetic spectrum /Une introduction au spectre électromagnétique. fiche d'exploitation : How to classify electromagnetic radiation sources?</p> <p>Chapitre 7. Rayonnements et atmosphère terrestre : télédétection (Unit 1. Radiation and Earth's atmosphere: remote sensing) Comment sonder l'atmosphère? (How to monitor the atmosphere?)</p> <p>Rayonnement dans l'Univers.</p> <p>Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non). Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ;</p>
Séance 2 V.24/11 8h25-10h25 ; 10h35-12h35	<p>Rayonnement dans l'Univers. Absorption de rayonnements par l'atmosphère. Détecteurs d'ondes électromagnétiques.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection. <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</i></p> <p>AE1. Remote sensing / Télédétection Analogie entre utilisation d'un détecteur d'ondes en classe (photodiode) pour mesurer l'absorbance d'une espèce chimique colorée en solution et principe de la télédétection par satellite pour obtenir un spectre en transmission des gaz atmosphériques. Remarque : satellites en télédétection au-dessus de l'atmosphère car celle-ci n'est pas totalement transparente au rayonnement solaire et terrestre.</p>
<p><u>Semaine 2 - Liens avec réchauffement climatique</u></p>	

<p>Exploiter un spectre d'absorption (UV-visible, IR) pour caractériser une espèce chimique : identification des gaz à effet de serre par leurs spectres ; opacité / transparence d'un gaz à effet de serre à un rayonnement pour un domaine spectral donné.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Idée erronée : l'atmosphère piège les rayons solaires ; conception erronée de l'effet de serre naturel. Idée erronée : tous les gaz à effet de serre piègent de la même façon les IR – « pouvoir réchauffant » des gaz à effet de serre. Confusions GES et ozone (trou couche d'ozone), GES et polluants : causes du réchauffement climatique mal identifiées. Concentration des gaz atmosphériques pensée comme étant constante (alors que dépend de l'altitude) ; idée erronée que l'atmosphère est une couche homogène (alors qu'il existe un gradient de concentration en gaz selon l'altitude). Confusions effet de serre naturel et réchauffement climatique ; effet de serre anthropique. Attribution des propriétés optiques (transparence, absorptivité, émissivité) d'un corps comme des propriétés /caractéristiques intrinsèques, propres à ce corps alors qu'elles dépendent de la longueur d'onde (ou de la fréquence) du rayonnement qui interagit avec le corps et de la température du corps.</p>	
<p>Séance 3 L.27/11 14h30-15h30</p>	<p>Suite du chapitre 7 – II. Quelles sont les sources des ondes et des particules ?</p> <p>Absorption de rayonnements par l'atmosphère. Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.</p>
<p>Séance 4 L.27/11 15h35-16h35</p>	<p>AD1. Earth's atmosphere / Atmosphère terrestre Fenêtres atmosphériques.</p> <p>Chapitre 8 : Rayonnement et matière : spectroscopie (Unit 2. Radiation and matter : spectroscopy) Comment caractériser une espèce chimique par spectroscopie ? (How to characterize a chemical species by spectroscopy?)</p> <p>Correction de l'AE1.</p>
<p>Séance 5 M.29/11 11h35-12h35</p>	<p>Suite du chapitre 8.</p> <p>Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques. Exploiter des spectres UV-visibles.</p> <p>Spectres IR Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques. Mise en évidence de la liaison hydrogène. Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels.</p> <p>Transferts quantiques d'énergie Émission et absorption quantiques. Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires. Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.</p> <p>Activité sur les spectres IR : à finir pour la séance 8.</p>
<p>Séance 6 V.01/12</p>	<p>Spectres UV-visible Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i></p> <p>AE2. Atmospheric gases / Gaz atmosphériques</p>

	Analogie : identification puis détermination de la concentration d'une espèce colorée (Loi de Beer-Lambert) et d'un gaz à effet de serre (Loi de Beer-Lambert-Bauguer)
<p><u>Semaines 3 et 4 - Liens avec réchauffement climatique</u> Considérer l'émission de rayonnement IR par un corps comme un mécanisme d'émission d'énergie donc de « pertes » d'énergie pour ce corps. Identifier le système macroscopique (Terre + atmosphère) pour raisonner en termes de bilans d'énergie et d'évolution de la température du système. Mettre en évidence l'existence de régimes stationnaire et permanent (évolution temporelle de la température du système). Relier l'évolution de température d'un système à celle de son énergie interne. Expliquer l'effet de serre naturel par des considérations énergétiques (flux entrant, sortant, régime permanent) et température d'équilibre.</p> <p><u>Obstacles repérés en lien avec réchauffement climatique</u> Idée fautive : un objet transparent devient plus chaud qu'un objet opaque à cause des radiations qui passent à travers (en référence à la serre, à la vitre transparente). L'augmentation de l'énergie interne d'un système implique une augmentation de sa température (inexact s'il y a transition de phase). Pour augmenter la température d'un système, il faut lui fournir de l'énergie (c'est-à-dire énergie venant du milieu extérieur) : inexact dans le cas où le système est siège d'une réaction chimique exothermique ou de mouvement dissipatif. Le fait que la température de la surface terrestre est plus élevée avec l'effet de serre naturel est souvent expliquée par un raisonnement fondé sur un régime transitoire au lieu d'un régime permanent. L'effet de serre est souvent expliqué par l'idée de « piégeage », d'absorption du rayonnement du soleil, sans prendre en compte les autres rayonnements et l'énergie émise par l'atmosphère vers l'espace. Absence de prise en compte du fait qu'un corps qui émet de l'infrarouge perd de l'énergie.</p>	
<p>Séance 7 L.04/12 14h30- 15h30</p>	<p>Correction de l'AE2. Correction de l'activité sur les spectres IR.</p> <p>Chapitre 9. Transferts thermiques : système Terre-Atmosphère Du macroscopique au microscopique Constante d'Avogadro. Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.</p>
<p>Séance 8 L.04/12 15h35- 16h35</p>	<p>A faire pour la séance 9 : AD2. Temperature and emission of radiation / Température et émission de rayonnement Émission de rayonnement (EM) par un corps noir, par un objet.</p>
<p>Séance 9 M.06/12</p>	<p>Suite du chapitre 9. Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques. Notion de système Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.</p>
<p>Séance 10 V.08/12</p>	<p>Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p> <p>AE 3. Earth-Atmosphere : energy budget / Terre-Atmosphère : bilan d'énergie Analogie entre transferts thermiques dans une maison et transferts thermiques radiatifs pour le système {Terre-Atmosphère}.</p>
<p>Séance 11</p>	<p>Correction AD2</p>

L.11/12	
Séance 12 L.11/12	<p>Suite du chapitre 9. Notion d'énergie interne. Interprétation microscopique. Capacité thermique. Bilans d'énergie. Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité.</p> <p>Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques. Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique. Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé. Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.</p> <p>Correction d'exercices.</p>
Séance 13 M.13/12	Correction AE3.
V.15/12 Séance hors séquence	
Séance 14 L.18/12	<p>Suite de la correction AE3. Correction d'exercices.</p>

Annexe du chapitre V.1.2 - exemple de fiche d'exploitation de la vidéo 1

Nom :

Prénom :

How to classify electromagnetic radiation sources?

Vidéo: «An introduction to the electromagnetic spectrum» https://science.nasa.gov/ems/01_intro

1. Pour chaque extrait :

a. Remplir le 1^{er} tableau « Keywords ».

b. Noter les informations relevées à partir de la vidéo.

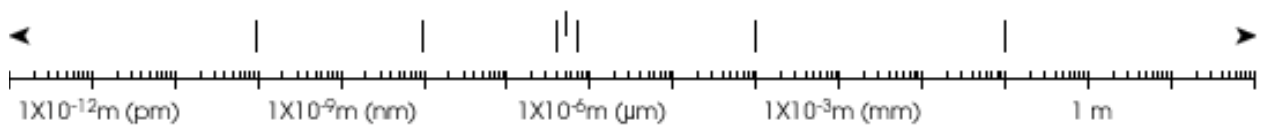
KEYWORDS	
English / Français	English / ???
Informationnelles relevées (<i>en français ou en anglais</i>)	

2. Reformuler la question en français.

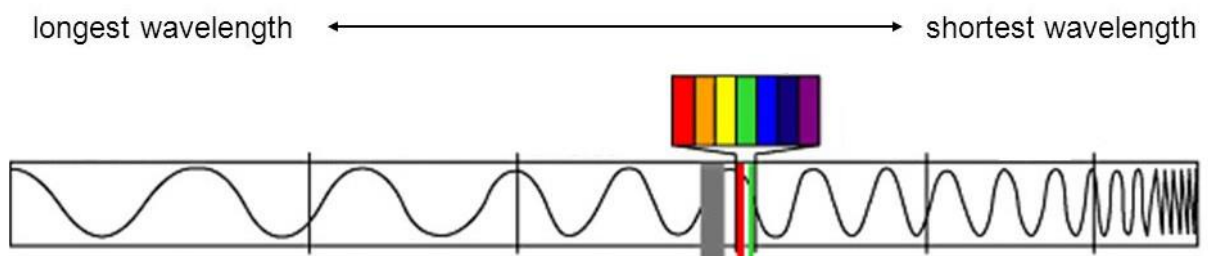
3. Répondre à la question.

4. Compléter le spectre électromagnétique en français puis en anglais.

Spectre électromagnétique à compléter:



Electromagnetic spectrum to complete:



Annexe du chapitre V.1.3 - fiche de préparation pour l'AE1

Nom : _____ **Prénom :** _____

AE1 : Remote sensing - Fiche de préparation
--

S'approprier les documents en anglais :

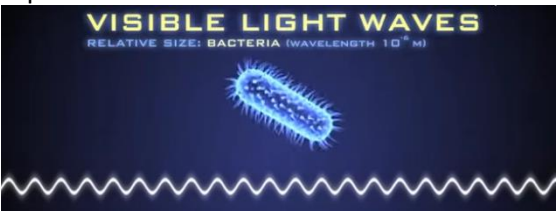

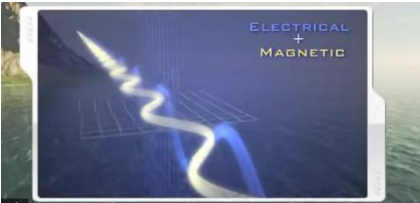
- Construire son lexique.
- Exprimer en français les idées principales que vous retenir après lecture du contexte et de chaque document.


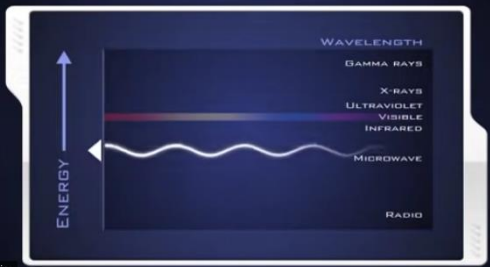
KEYWORDS		
English / Français		English / ???

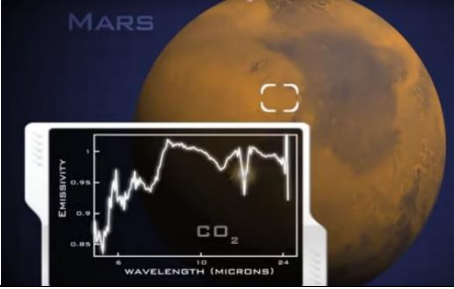
	Mots clés, expressions clés en anglais qui permettent de comprendre les idées principales du document	Idées principales
Contexte		
Doc 1		
Doc 2		
Doc 3		
Doc 4		

Annexe du chapitre V.2.1.1 - contenus de la vidéo V1

Vidéo : An introduction to the electromagnetic spectrum https://science.nasa.gov/ems/01_intro

<p>Transcription de l'audio de la vidéo. Les pauses orchestrées par l'enseignant lors du deuxième visionnage sont indiquées par la marque : /. Elles durent en moyenne entre 10 et 15 secondes.</p>	<p>Description brève des images visionnées, synchronisées avec l'audio.</p>
<p>0-0'28: Something surrounds you, bombards you, some of which you can't see, touch, or even feel. Everyday. Everywhere you go. It is odourless and tasteless. / Yet you use it and depend on it every hour of every day. / Without it, the World you know could not exist. What is it?</p>	<p>Titre de la vidéo. Intérieur des pièces d'une maison (cuisine, salon) avec les objets et les appareils électriques ou électroménagers du quotidien : four à micro-ondes, poste radio, porte de réfrigérateur avec photos de familles et radiographie, smartphone, télécommande, télévision.</p>
<p>0'28-0'54: Electromagnetic radiation. These waves spread across a spectrum from very short gamma rays, / to X-rays, / ultraviolet rays, / visible light waves, / even longer infrared waves, / micro-waves, / to radio waves / which can measure longer than a mountain range. This spectrum is the foundation of the information age and of our modern world. /</p>	<p>Les ondes émises par la télévision sont représentées par une sinusoïde qui bouge. Pour chaque type d'onde : mêmes représentations.</p>  <p>Image du spectre électromagnétique ressemblant à celle sur la fiche d'exploitation.</p>
<p>0'56-1'04: Your radio, remote control, text message, television, microwave oven, even a doctor's X-rays, all depend on waves within the electromagnetic spectrum. /</p>	 <p>A chaque image d'un objet émetteur de rayonnement, le domaine spectral pour les ondes concernées est mis en évidence (cadre bleu ciel) sur le spectre électromagnétique.</p>
<p>1'04-1'29: Electromagnetic waves (or EM waves) are similar to ocean waves in that both are energy waves – they transmit energy. / EM waves are produced by the vibration of charged particles and have electrical and magnetic properties. / But unlike ocean waves that require water, EM waves travel through the vacuum of space at the constant speed of light. /</p>	<p>Paysage d'un océan puis représentation du rayonnement électromagnétique par deux sinusoïdes</p> 

<p>1'29- 2'00: EM waves have crests and troughs like ocean waves. / The distance between crests is the wavelength. While some EM wavelengths are very long and are measured in meters, many are tiny and are measured in billionths of a meter... nanometers. / The number of these crests that pass a given point within one second is described as the frequency of the wave. One wave – or cycle - per second is called a Hertz. /</p>	<p>Repérage sur la sinusoïde de la crête et du creux :</p>  <p>Repérage par un segment de la longueur entre deux crêtes d'une sinusoïde : « <i>wavelength</i> ». Illustration du nanomètre par une sinusoïde. Animation du dénombrement de motifs de la sinusoïde en une seconde : « <i>frequency</i> ».</p>
<p>2'00-2'16: Long EM waves, such as radio waves, have the lowest frequency and carry less energy. / Adding energy increases the frequency of the wave and makes the wavelength shorter. / Gamma rays are the shortest, highest energy waves in the spectrum.</p>	 <p>Animation : la flèche blanche ondulée se déplace de bas en haut</p>
<p>2'16-2'59: So, as you sit watching TV, not only are there visible light waves from the TV striking your eyes, but also radio waves transmitting from a nearby station; / and microwaves carrying cell phone calls and text messages; and waves from your neighbor's WiFi; and GPS units in the cars driving by. / There is a chaos of waves from all across the spectrum passing through your room right now! / With all these waves around you, how can you possibly watch your TV show? Similar to tuning a radio to a specific radio station, our eyes are tuned to a specific region of the EM spectrum and can detect energy with wavelengths from 400 to 700 nanometers, the visible light region of the spectrum. /</p>	<p>Animation de la propagation des ondes issues de différents objets d'un salon, dans toute la pièce. Puis apparition en bas de l'écran du spectre électromagnétique avec le domaine spectral du visible pour la fin de cet extrait.</p>
<p>2'59-3'35: Objects appear to have color because EM waves interact with their molecules. / Some wavelengths in the visible spectrum are reflected and other wavelengths are absorbed. / This leaf looks green because EM waves interact with the chlorophyll molecules. / Waves between 492 and 577 nanometers in length are reflected and our eye interprets this as the leaf being green. / Our eyes see the leaf as green but cannot tell us anything about how the leaf reflects ultraviolet, microwave, or infrared waves. /</p>	<p>Cuisine sans couleur (blanc-gris) puis avec couleur. Feuilles d'une plante sans couleur puis vertes. Sinusoïdes à partir de la feuille ou qui arrivent sur la feuille. Molécules, rayonnement et spectre électromagnétiques. Domaine spectral du visible puis réduit aux longueurs d'onde « dans le vert ».</p> <p>Absorption, émission, réflexion d'ondes : sinusoïdes blanches sauf celles qui partent des feuilles :sinusoïdes vertes</p>

<p>3'35-3'57: To learn more about the world around us, scientists and engineers have devised ways to enable us to 'see' beyond that sliver of the EM spectrum called visible light. Data from multiple wavelengths help scientists study all kinds of amazing phenomena on Earth, from seasonal change to specific habitats. /</p>	<p>Vue par satellite de l'Amérique du Nord : images satellites changent en fonction des saisons vues sous différents canaux.</p>
<p>3'57-4'21: Everything around us emits, reflects and absorbs EM radiation differently / based on its composition. A graph showing these interactions across a region of the EM spectrum is called a spectral signature. Characteristics patterns, like fingerprints within the spectra allow astronomers to identify an object's chemical composition and to determine such physical properties as temperature and density. /</p>	<p>Globe terrestre puis différentes planètes ; spectres selon différentes grandeurs mesurées en fonction de la longueur d'onde de rayonnement : émissivité, température, densité...</p> 
<p>4'21-5'04 (fin): NASA's Spitzer space telescope observed the presence of water and organic molecules in a galaxy 3.2 billion light years away. / Viewing our Sun in multiple wavelengths with the SOHO satellite allows scientists to study and understand sunspots that are associated with solar flares and eruptions harmful to satellites, astronauts and communications here on Earth. / We are constantly learning more about our world and Universe by taking advantage of the unique information contained in different waves across the EM spectrum. /</p>	<p>Différents objets de l'univers : galaxies, Soleil, planète... Spectres : luminosité en fonction de la longueur d'onde du rayonnement. Spectre électromagnétique et différents domaines spectraux en fonction de l'objet de l'univers étudié.</p>

Annexe du chapitre V.2.1.2a - encadré « keywords », vidéo 1

Les numéros d'élève en gras correspondent aux élèves qui suivent un enseignement de physique-chimie ou histoire-géographie en anglais en section européenne.

Elève	encadré keywords English/French (vidéo 1) EM: électromagnétique ou electromagnetic EMS: electromagnetic spectrum	keywords English/??? (vidéo 1)
1	visible light waves microwaves radiowaves EM radiation wavelength (m) X-rays Wave frequency ultraviolet waves spectrum	odorless tasteless
2	electromagnetic radiation micro radio waves infrared similar to ocean waves crest trough → wavelength (représentation onde sin avec ces trois mots comme dans la vidéo)	remote control=télécommande vacuum=vide
3	Em radiation spectrum (EMS) frequence/energy neon clears gamma rays/ W-rays/ ultraviolet atomic nuclueur microwaves radiowave nanometers	crests wavelength infrared wave → onde réfracté ? Odorless and tasteless
4	EMS = electromagnetic spectrum = spectre électromagnétique wavelength = longueur d'onde (distance entre leurs crêtes et l'onde) frequency = fréquence microwave=microondes infrared waves=infrarouge odorless=sans odeur tasteless=sans goût EM radiation= onde électromagnétique	spectral signature
5	electromagnetics radiations odorless and tasteless waves X-rays micro waves radiowaves electromagnetics spectrum gamma rays ultraviolet raywaves visible light waves infrared waves Em waves→ crests and trough/transmit energy Em frequency electrical+magnetic properties phenomena chemical composition →spectra nanometers	wavelength vacuum
6	electromagnetic wavelength radiowave refracted, absorbs, reflect, EMS, magnetic property, gamme ray atomic nucleus X ray microwaves ultraviolet rays	
7	EM waves electromagnetic radiation X(rays infrared waves gamma rays odorless everywhere spectrum nanometers frequency = frequence Hertz wavelength= longueur d'onde are absorbed wave = onde	vacuum of space tasteless
8	waves/ondes electromagnetic waves/ondes electromagnetiques wavelength/longueur d'onde	
9	Odorless → sans odeur tastelesse → sans goût electromagnetic radiation → radiation electromagnetic EM waves→ ondes électromagnétique X-rays → rayons X (atome) ultraviolet waves rayons ultraviolet gamma rays rayons gamma radiowaves microondes light waves ondes lumineuses wavelength longueur d'onde visible spectrum spectre visible spectral signature→ signature spectrale energy→ energie magnetic properties→ propriétés magnétiques nanometers → nanomètre	
10	wavelength=longueu d'onde ? EM spectrum gama rase = rayon microwaves= microondes radiowaves=ondes radio crest=pic wavelength=hauteur de vague carry less energy=trasnporte comporte d'E nearby station = la radio la plus proche odorless = ∅ odeur tasteless=∅goût	
11	EM radiation wave= onde EM spectrum= spectre électromagnetic odorless=l'odorat tasteless=le goût X-rays=rayonX microwaves=microonde infrared waves=infrarouges EM waves=les ondes électromagnétiques	wavelength visible light waves radiowave
12	odorless/sans deur tasteless/sans goût EM radiation / EM radiation spectrum/spectre wavelength/longueur d'onde cycle/cycle frequency/ frequence absorbed/absorbé infrared waves/ondes infrarouges emits/emet reflects/reflet gamma rays/rayons gamma crests/crêtes	blackwaves pattern sunspots vacuum

13		
14	odorless/tasteless=sans odeur/goût EM radiation = radiation EM EM spectrum=électrique et magnétique spectre X-rays=rayons X ultraviolets rays=rayons ultraviolets electromagnetic spectrum nanometers=nanomètres charges particules=particules chargées wavelength=longueur d'onde frequency=féquence gamma rays= rayons gamma reflectes/absorbed=reflètes/absorbes sunspots/eruptions solaires	
15	Em waves=ondes électromagnétiques waves=ondes particules=particules wavelength = longueur d'onde frequency, spectrum, data odorless tasteless radiation gamma rays magnetic properties crest temperature	vacuum leaf (feuille?) patterns harmful (chaleur?)
16	EM radiation Em spectrum waves bombards you everywhere without it, the world you know doesn't exist across rays, X, light waves, infrared waves, microwaves, gamma radio	odorless tasteless wavelength silver
17	spectrum=spectre electromagnetic=électromagnétique waves=ondes energy=énergie vibrations=vibrations charged particules=la charge des particules crest=crête wavelength = longueur d'onde frequency=féquence reflected = réfléchis absorbed = absorbés infrared=infrarouge organic molecules = molécules organiques trough=creux physical properties=propriétés physiques	odorless tasteless=touché ?
18	waves EM radiation microwaves spectrum frequency EM waves→ transmit energy crest→ wavelength longueur d'onde (dessin sinusoïde et double flèche) nanometers absorbed reflected spectrum signature temperature density	
19	electromagnetic radiations EM spectrum wavelength in meter reflected absorbed infrared odorless tasteless gamma rays X-rays UV visible light waves microwaves radiowaves EM waves transmit energy frequency Hertz energy waves chlorophyll molecules	wavelength : fréquence entre deux hauteurs d'ondes
20	EM waves density X-rays rays waves frequency spectrum odorless tasteless gamma rays atom/DNA/bacteria EMS wavelength = période finger prints	pin strip dice vacuum leaf
21	radiation gammas waves→ ondes atomic nucleus gammarase frequency→ période energy EM spectrum spectres des ondes electromagnetic transmit particules crest frequency	gamma rays molecules
22	Em radiation EMS= spectre électromagnétique wavelength= longueur d'onde frequency	
23	waves/ondes wavelength/longueur d'onde EMS	
24	wave length → longueur d'onde	
25	radio waves X rays wavelength (=longueur d'onde) (dessin sinusoïde et double flèche) EM radiation visible light waves infrared microwaves ultraviolet rays gamma rays	crest
26	EM radiation/ radiation EM tasteless/pas de goût odorless speed of light vacuum of space	
27	EM=EM wave length= onde lumineuse frequency= fréquence microwave spectrum can't see everywhere gamma rays X-rays visible light infrared radio wave nanometers	
28	frequency/fréquence radiowaves/onde radio X-rays/ rayons X UV waves/ondes UV spectrum/spectre gamma rays/rayon gamma visible light waves/onde lumière visible IR waves/onde IR microwaves/microondes speed of light/vitesse de la lumière	
29	electromagnetic microwaves spectrum wavelength energy radiation gamma-rays ultraviolets rays infrared radiowaves nanometer frequency	
30	EM radiation : radiation EM microwave : microonde radiowave:onde radio EM spectrum : spectre électromagnétique wavelength : longueur d'onde frequency : fréquence reflected : réfléchit absorbed : absorbé wave : onde nanometers:nanomètre density:densité X ray : rayon X	

31	Em radiation, spectre, X ray UC IR waves radio wave micro wave gamma ocean wave=> tranmits energy oceans needs water waves travel	
32	electromagnetic radiation = EM waves waves gamma rays X rays ultraviolet rays microwaves raio waves electrical+magnetic=EM waves	crest:constructive trough: destructive wavelength:période? Odorless/tasteless
33	Electromagnetic radiation=radiations électromagnétiques microwaves=micro-ondes wavelength=longueur d'onde spectrum =spectre	
34	electromagnetic radiation : radiation électromagnétique mmicrowaves:micro-ondes spectrum:spectre waves:ondes wavelength:période frequency=fréquence gamma rayx=rayons gamma odorless: odeur tasteless: toucher	spectrum signature
35	electromagnetic radiation waves infrared rays=rayons infrarouges spectrum=spectre radiowaves=lowest frequency	vacuum
36	waves particules surround Electromagnetic radiation wavelength gamma rays UV rays infrared rays visible light	odorless tasteless across crests

Annexe du chapitre V.2.1.2b - encadré « Informations relevées », vidéo 1

Elève	Informations relevées dans l'encadré dédié (les points virgules correspondent à l'espacement laissé par l'élève entre les groupes de mots ; les mots sont orthographiés comme dans la production de l'élève).
1	La vidéo traite des différentes ondes qui existent et explique comment on peut calculer la fréquence et la longueur de l'onde,
2	(blocs de mots) radio/lowest f/ less E; where we can find waves/TV/microwaves/radio/tel/doctor X rays; spectral signature=fingerprints; transmit E/electric+magnetic/vacuum of space; can't feel, touch, taste/odorless, tasteless
3	<i>encadré vierge</i>
4	Il y a des ondes partout autour de nous, que l'on ne peut pas sentir. On les utilise tout le temps. Elles s'étendent des ultraviolets au rayons X. Les ondes électromagnétiques transmettent de l'énergie. Elles peuvent se déplacer dans le vide à la vitesse de la lumière. La fréquence la plus basse sont les ondes radio, et les ondes gama ont la fréquence la plus haute. Nos yeux peuvent voir certaines radiations électromagnétiques (400 nm à 800 nm). certaines sont reflétées par les objets, d'autres sont absorbés, ce qui nous permet de voir les couleurs. Tout autour de nous reflète et absorbe les ondes électromagnétiques. Grâce aux ondes électromagnétiques, on peut identifier des éléments chimiques.
5	<i>encadré vierge</i>
6	Dans une vague, il y a une crête et un trou, c'est la même chose pour une onde électromagnétique observable sur un spectre electromagnetic. Nos appareil au quotidien emet des ondes electromagnetic de différentes nature, rayon X, rayon gamma... Les ondes sinusoïdales sont mesurable, elles ont une fréquence propres. Certaines de ces ondes sont refletés, refractés, et/ou absorbés. Des scientifiques et ingenieurs se servent de ses ondes en medecine ou autres domaines.
7	Les ondes sont présentes partout (radio, wifi, mer, couleurs...) Il y a des ondes EM, les infrarouges, les rayons gamma, les rayons X...Les ondes visibles sont entre 400et 700 nm. Il y a les frequences. Les ondes sont absorbés et sont renvoyés
8	Les ondes électromagnétiques sont partout. Tous les appareils électroniques fonctionnent sur une certaine longueur d'onde. La longueur d'onde dépend de l'énergie donnée: petite longueur d'onde dépense beaucoup d'énergie et inversement.
9	(infos réparties dans l'encadré) speed of light; crest-thought (avec vague) transmit energy; nanometers 400-700nm/visible spectrum; radio/law energie; gamma/high energie; eyes are tuned to a specific spectrum: visible light; waves interact / reflect / absorb =>what we see
10	(encadré chargé) waves bombards us (can't touch, feel) : odorless, tasteless EVERYDAY; sans ça le monde que l'on connait n'existerait pas. Les radiations electromagneticiques (spread across a spectrum) s'étale à travers des rayons X, ultraviolet, domaine visible, infrarouge, micro-ondes, ondes radio; lots of stuffs; similar to energy waves => transmit waves; vibration de particules chargées, mais pas besoin d'eau (pas comme les vagues); se propage à la vitesse de la lumière; la télé, radio, microondes, wifi du voisin, waves x 1000; T°C, densité, changement de saisons, habitats, tout autour de nous: emets, reflète, absorbe différamment suivant selon sa composition. Avec toutes ces ondes, on voit uniquement le domaine du visible 400 à 700 nm.

11	Sans les radiations électromagnétiques le monde n'existerait pas. Elles sont partout, elles transmettent de l'énergie. Elles se propagent à la vitesse de la lumière. Les ondes électromagnétiques sont calculés par fréquence, et la fréquence, c'est l'inverse de la période. La période est mesurée en mètre ; une période correspond à la durée d'une vague -> une onde. Le spectre électromagnétique permet de classer les radiations électromagnétiques par rapport à leur fréquence, comme les rayons X, les infrarouges, les ultraviolets.
12	Les radiations électromagnétiques n'ont ni odorat, ni goût. Les radiations électromagnétiques visibles sont comprises entre 400 et 800 nanomètres. Les ondes infrarouges sont en-dessous de 400 nm et les ondes ultraviolets sont au-dessus de 800 nm.
13	
14	Nous sommes entravés par des ondes électromagnétiques inodore et sans goût, et non visibles. On les étudie à l'aide d'un spectre électromagnétique. C'est fait avec des radiations, à l'aide des longueurs d'ondes et des fréquences. Il y a des radiations absorbées et réfléchies. Les éruptions solaires dégagent des ondes électromagnétiques perturbant parfois les communications des astronautes, GPS, ISS...
15	<i>(infos réparties dans l'encadré)</i> waves ; 400 à 700 nm; temperature, density; 3,2 billions light years; particules tout autour de nous; on utilise ondes/radiations tout le temps; rayon X, gamma, ultraviolet, ondes lumineuses, infrarouges; à l'aide des ondes on peut faire mesure; télévision, téléphone, micro-onde, radio...=EM waves=> énergie transmises; EM waves = houle; propriétés magnétiques; vitesse de la lumière (constant); La période= distance entre deux "pics" -> meters ou nanometers; frequence= 1 cycle par seconde => Hertz; Il n'existe pas seulement ondes visibles -> partout et non visible pour humain; ondes interagissent avec objets. Certaines sont absorbées, d'autres réfléchies.
16	They transmit energy. La vibration des ondes électromagnétiques est utilisé. EM waves travel the vacuum space. The waves per second: it's called Hertz; Radio: low frequency; gama rays: highest frequency; Our eyes our tuned in a specific region of the EM spectrum; EM waves interact with molecules.
17	Sans les ondes électromagnétiques il n'y a pas de monde. Ondes electromagnetiques = ondes des vagues. La distance entre 2 crêtes c'est la longueur d'onde. Le nombre de crêtes en 1 secondes c'est la fréquence. Tout autour de nos, il y a les ondes de la télé, de la radio, wifi, gps, messages envoyés etc. Le spectre visible entre 400 et 700 nanomètres. Il y a qui sont absorbés et d'autres réfléchis. Chaque chose absorbé et réfléchis différemment.
18	Il y a beaucoup d'ondes qui s'entrecroisent venant de notre vie quotidienne (partout et tous le temps). On dépend de cela, le monde que l'on connaît n'existerai pas, les ondes électromagnétiques transmettent de l'énergie grâce au mouvement de particules. EM n'a pas besoin d'eau comme les ondes des vagues. La distance entre 2 crêtes -> longueur d'onde (comme pour les vagues). On vit dans un monde d'onde (télé, téléphone...). On peut détecter le visible de 400 à 800 nm, les couleurs sont visibles car certaines ondes sont réfracté et d'autres absorbés. On en apprend tous les jours sur l'univers grâce à la découverte de nouvelles ondes.
19	Les ondes sont partout et sont absorbées/réfléchies, les ondes électromagnétiques transmettent les ondes horizontalement et verticalement (3D) par des ondes magnétiques et électriques. Plus les ondes montent vers les rayons gamma, pus fréquence des ondes est élevée. Les ondes sont définies par

	leur fréquence. Grâce à des spectres, il est possible de déterminer la composition d'un espace.
20	<i>(infos réparties dans l'encadré)</i> without waves -> can't live; grâce aux ondes on peut voir les couleurs; tout autour de nous est absorber, refleté ou emet des radiations; everything work with waves (TV, wifi); ondes peuvent changer avec la température; spectre fondateur de l'EMS; waves transmit energy; produit par les vibrations (waves); wavelength= distance between 2 crests; waves per seconde = 3Hz; + energy est forte + la fréquence des ondes est forte; colors be EM waves interact with molecules
21	Dans notre vie quotidienne, partout autour de nous des ondes électromagnétiques que l'on ne peut ni toucher ni sentir nous entourent ; sans elles le monde que l'on connaît ne peut pas exister. Rayons X, lumière visible, ondes infrarouges, les ondes radios. Toutes sont sur différentes parties du spectre des ondes électromagnétiques. Elles sont comme des vagues. Elles transmettent de l'énergie créée par des particules créant un champ électrique. La distance entre 2 "bosses" de l'onde est la longueur d'onde. Le nombre de vagues émises en 1 seconde est la période. Les ondes radios ont moins d'énergie, moins de fréquence. Même si toutes les ondes sont autour de nous on arrive à détecter seulement quelques unes, la partie visible du spectre. Les objets ont des couleurs car leurs molécules absorbent ou réfractent des ondes de certaines fréquences précises. Tout autour de nous réfracte ou absorbe des ondes du spectre. Ce qui nous permet de trouver la composition de certains "objets" comme les planètes.
22	Il y a différents types d'ondes : gamma, rayon X, UV, le visible, infrarouge, microonde, onde radio; On a tout le temps des ondes autour de nous, que l'on utilise tout le temps. Les ondes transmettent de l'énergie électrique + magnétique. Les ondes sont en nanomètre, on peut mesurer les fréquences. Plus on ajoute de l'énergie plus la fréquence est rapide. Dans le visible, certaines ondes sont absorbées ou réfléchies pour voir les objets. Avec le spectre d'une planète on peut déterminer sa composition.
23	Electromagnetic radiation are odorless and tasteless and there are many sorts of them (microwaves, gamma waves...); They travel at the constant speed of light; Long EM waves have the lowest frequency; Visible light region of spectrum -> 400 to 700 nm; Everything around us emits, reflects and absorbs EM radiations differently
24	It's everywhere, every day and without it the world we know couldn't exist; EMS (radio waves, infrared waves...); similar to ocean waves; Frequency->wavelength in 1 second; certaines longueurs d'onde sont réfléchies, d'autres absorbées; help to know more about the universe.
25	Les ondes sont partout et sont toutes différentes comme les rayons X, gamma et proviennent d'objets de tout genre et sont toutes invisibles à l'œil nu excepté les ondes lumineuses qui forment les couleurs. // ondes différenciées dans le spectre des ondes électromagnétiques. Elles possèdent des propriétés électriques et magnétiques; nanomètre; Le nombre de vagues/seconde = nombre de Hz. La longueur d'onde varie en fonction du type d'onde.
26	Les ondes électro-magnétiques sont invisibles lorsqu'elles sont en dehors des longueurs d'onde visibles. Elles permettent néanmoins beaucoup de choses et sur ça que prendre les radios, les micro-ondes, les téléphones, la radio. Les couleurs mêmes ne sont que le fruit de l'interaction d'onde avec les molécules. Les scientifiques ont cependant des moyens de voir certaines ondes comme la vision

	infrarouge ou les scanner. Sans toutes ces ondes, le monde d'aujourd'hui n'existerai pas.
27	Les ondes sont présentes sous différente forme, selon leurs fréquence. Elles se déplacent à des vitesses égal. Toutes les ondes existence sont notre sur le spectre électromagnétic. Ses couleurs existent grace aux ondes car en fonction de l'objet, de la moleculle en effet chaque elemet absorbe une potit du spectre lumineux. cela nous permet ainse d'analyser des planetes tres lointain et de en savoir leurs compositions.
28	<i>encadré vierge</i>
29	Les ondes sont partout (télé, radio, portable, micro-onde, wifi, gps) Ils existent plusieurs types d'onde: X-rays, ultraviolets, infrarouge, gamma rays.
30	Les ondes sont partout où nous sommes, bien que nous ne pouvons les voir, les toucher... Sans ces ondes, le monde que nous connaissons ne pourrais exister: ce sont les ondes electromagnetic (rayon X, onde du domaine visible, infrarouge, micro onde, onde radio). Tous les objets electroniques dépendent de ces ondes électromagnetique. Elles sont similaires aux vagues de l'océan: possède des particules, des propriétés électromagnétique. La distance entre les different "crest" est la longueur d'onde. Le nombre d'évènement qui se répète en 1 seconde est appelé la fréquence. Ainsi, quand on regarde la télé, il n'y a pas que les ondes du domaine visible mais aussi de nombreuses autres ondes. Les ondes du domaine visibles sont de 400 à 700 nm. Ces ondes peuvent être absorber, réfléchit par les objets de notre monde, ainsi, une feuille verte va absorbé toute les longueurs d'onde excepté le vert qui sera réfléchit. On peut déterminer différent paramètre tel que la température et la densité. On apprend toujours plus tous les jours en utilisant les ondes.
31	1sec->frequency; 1 wave/sec=Herz; gamma=shortest; Where do we find waves? TV, remote control, photo (text message call), internet, hooven; waves=odorless, tasteless
32	<i>encadré vierge</i>
33	Emwaves->speed of light; long waves->lowest frequency; gamma rays->highest frequency; EM waves interact with molecules; EM waves-> ernerergy waves (as well as ocean waves); Em waves are tasteless, odorless and sourround us; spectrum: gamma rayx, X rays, UV, visible light waves, IR, microwaves, radio waves => EMS ElectroMagneticSpectrum 400->700 nm; EM waves produced by electrical particules
34	Nous sommes entourés d'ondes électromagnétiques que l'on ne voit pas. Il y en a beaucoup comme les rayons gamma, les rayons X, l'ultraviolet, infrarouges, ondes électriques, micro-ondes pour les choses que l'on utilise tous les jours comme la télévision, les portables. Hors des ondes ne peuvent pas être vu par l'Homme, il n'y en a qu'une petite quantité comprises entre 400 nm et 800 nm que l'on perçoit grâce aux couleurs. Les ondes diffèrent par leur fréquence également pour celles que l'on peut entendre entre 20 Hz et 20 000 Hz. Les ondes électromagnétiques interagissent avec la chlorophylle des plantes c'est pour cela qu'on les voit vertes par exemple. Les ondes peuvent être du à des catastrophes naturelles comme les séismes ou tsunامي. Les ondes permettent de comprendre la galaxie pour savoir où il y a de l'eau...

35	<p>Il y a des ondes qui nous entourent qu'on ne peut avoir et qui nous atteignent. Les ondes électromagnétiques de la radio sont les ondes qui nous entourent avec la fréquence la plus basse. Le spectre du visible est très faible par rapport à ce qui existe (400 nm à 700 nm). C'est grâce à ça qu'on peut regarder la TV sans voir les ondes qui nous entourent. Des ondes électromagnétique peuvent aller des rayons X aux rayons gamma. Il y a aussi les infrarouges et les ultraviolets. Les ondes viennent de plusieurs sources : radios, télé, téléphone, microonde. Elles sont similaires aux vagues et transmettent de l'énergie, elles sont formés par le mouvement des particules mais se déplacent pas dans l'eau mais dans l'espace (qui nous entoure). Elle se mesurent en nanomètre. Le temps entre deux crêtes s'appelle la fréquence. Une petite fréquence transmet moins d'énergie. EM interagissent avec les molécules : certaines peuvent être absorbées ou reflété (ex: couleur des objets). Pour comprendre ce monde (invisible pour nous) les scientifiques ont mis au point des outils de mesures adaptés.</p>
36	<p>Les ondes électromagnétiques sont partout! Il y a les EM radiations, gamma rays, X-rays, UV-rays etc. Les appareils électriques fonctionnent grâce aux ondes électromagnétiques.</p>

Annexe du chapitre V.2.1.2c - reformulation de la question, vidéo 1

Elève	Réponses des élèves, sur la fiche d'exploitation (<i>How to classify electromagnetic radiation sources ?</i>) pour la vidéo <i>An introduction to the electromagnetic spectrum</i> à la question 2. Reformuler la question en français. Transcriptions à l'identique ; en souligné : les mots dont la trace d'un ajout par l'élève sur sa feuille est visible.	comment	classer	classifier	Les sources	de rayonnement	d'ondes	de radiations	EM (rayonnement)	EM (Sources)	Proposition valide
1	Comment sont classées les sources d'ondes electromagnetic ?	1	1		1		1		1		1
2	Quels sont les moyens pour classer les sources d'ondes électro-magnétiques ?		1		1		1		1		1
3	Comment peut-on classer les sources électromagnétique de radiation ?	1	1		1			1		1	
4	Comment classer les sources de radiations électromagnétiques ?	1	1		1			1	1		1
5	Comment classifier distinguer les sources de radiations électromagnétiques ?	1		1	1			1	1		1
6	Comment est le classement des sources <i>radiations</i> electromagnetic ?	1	1		1			1		1	
7	Comment classer les radiations electromagnetic ?	1	1					1	1		
8	Comment classifier les sources de radiations électromagnétiques ?	1		1	1			1	1		
9	Comment déterminer les sources de radiation électromagnétique ?	1			1			1	1		
10	Comment classer les différentes sources d'ondes électromagnétiques ?	1	1		1		1		1		1
11	Comment classer les sources de radiation électromagnétique.	1	1		1			1	1		
12	Comment classifié les différentes radiations électromagnétiques	1		1				1	1		
13											
14	Comment classifier les sources des radiations electromagnetic ?	1		1	1			1	1		
15	Comment peut-on classer les différentes sources d'ondes électromagnétiques ?	1	1		1		1		1		1
16	Comment classer, distinguer les sources des radiations électromagnétiques.	1	1		1			1	1		
17	Comment peut-on classer les sources de radiations electromagnetic ?	1	1		1			1	1		
18	Comment peut-on classifier les sources de radiations électromagnétiques ?	1		1	1			1	1		
19	Comment classifier les sources des ondes électromagnétiques ?	1		1	1		1		1		1

20	Comment classer les différentes <i>sources</i> de radiation électromagnétique ?	1	1		1			1	1		
21	Comment classer les ondes électromagnétiques	1	1				1		1		
22	Comment sont classier les ondes électromagnétiques ?	1		1			1		1		
23	Comment identifier les sources de radiation électromagnétique.	1			1			1	1		
24	Comment classer (identifier ?) les différentes <i>sources d'ondes</i> electromagnetiques	1	1		1		1		1		1
25	Comment classifier les sources de radiations électromagnétique.	1		1	1			1	1		
26	Comment distinguer les natures des ondes magnétiques différentes.	1					1				
27	Comment classiriez vous les source des ondes electromagnétique	1		1	1		1		1		1
28	Comment califier les <i>sources de radiations</i> électromagnétique	1			1			1	1		
29	Comment classifier les radiations électromagnétiques ?	1		1				1	1		
30	Comment classifier les différentes sources d'onde electromagnétique ?	1		1	1		1		1		1
31	Comment classer/identifier les sources d'OEM ?	1	1		1		1		1		1
32	Quelle est la source pour classer les radiations electromagnétiques ?		1		1			1	1		
33	Comment classer les sources de radiations electromagnétiques ?	1	1		1			1	1		
34	Comment classer les sources de radiations électromagnétiques ?	1	1		1			1	1		
35	Comment classer les sources <i>des ondes</i> électromagnétiques ?	1	1		1		1		1		1
36	Comment classer les sources des radiations électromagnétiques ?	1	1		1			1	1		0
Total		33	20	11	29	0	13	22	32	2	11
		comment	classer	classifier	Les sources	de rayonnement	d'ondes	de radiations	EM (rayonnement)	EM (Sources)	Proposition valide

Annexe du chapitre V.2.1.2d - énoncés-cible, vidéo 1

Elève	Énoncé-cible des élèves, transcrits à l'identique. Réponse à la question reformulée, vidéo 1: Comment classer les sources de rayonnement électromagnétique?	émission de rayonnement par la source	type de rayonnement/d'ondes: UV visible, IR...	fréquence	longueur d'onde	du rayonnement ou des ondes	spectre	exemple de sources: télévision, poste de radio ...	énoncé-cible cohérent et pertinent	unité de reformulation ou sémantiques présentes dans les informations relevées	commentaires pour l'analyse; identification dans l'énoncé-cible d'unité de reformulation inutile (URI) ou manquante (URM) par rapport aux informations relevées
	On peut les classer en calculant leur fréquence et de leur longueur d'onde		1	1						calculer fréquence et longueur d'onde	
2	pour définir une onde électromagnétique, il s'agit de quelque chose que l'on ne peut pas toucher, sentir, goûter ou voir. Il existe plusieurs types d'ondes EM : UV, ondes radio, micro-onde, etc. Afin de les reconnaître, il nous faut calculer leur fréquence grâce à leur longueur d'onde, puis nous les classons dans un spectre en fonction de leur longueur d'onde.	1		1		1		1		toutes	L'élève semble savoir qu'il existe une relation entre fréquence et longueur d'onde d'une onde. Unité de reformulation inutile: première phrase.
3	On peut les classer en fonction de leur fréquence que l'on peut déterminer grâce aux ondes qu'elles représentent.			1							fréquences déterminées avec ondes
4	Les ondes sont classées selon leur fréquence et leur longueur d'onde (onde radio, micro-onde, rayons gamma...)	1	1	1	1			1			
5	On peut les différencier et les ranger selon : -leur fréquence (en Hz) – leur longueur d'onde (en nm) – leur intensité – le milieu d'absorption et de réflexion – ce qu'elles permettent de mesurer (température, densité,		1	1	1	1		1			Unités de reformulation inutile: milieu, intensité

	molécules...) grâce à leur spectre d'absorption ou/et de réflexion											
6...												
7	On peut les classer en fonction de leur fréquence d'onde et de leur fréquence		1							"Il y a les fréquences"	L'élève distingue fréquence d'onde et fréquence	
8	par leur longueur d'onde			1								
9	On détermine la source des radiations électromagnétique avec la longueur d'onde des radiations, la fréquence (en Hz), les radiations absorbées et réfléchies (<i>en colonne par tiret</i>)		1	1				0			Unités de reformulation inutile (URI): radiations absorbées réfléchies	
10	Il existe différents types d'ondes électromagnétiques. Les rayons gamma, les rayons X, les infrarouges, les ondes radios, micro-ondes, on les classent suivant leur longueur d'onde.	1		1					1	Sélection pertinente		
11	les rayons X les infrarouges les ultraviolets (<i>en colonne</i>)	1									Unité de reformulation manquante (URM): Le spectre électromagnétique permet de classer les radiations électromagnétiques par rapport à leur fréquence, comme les rayons X, les infrarouges, les ultraviolets	
12	Elles sont classifiées selon leur longueur d'onde, leur cycle, leur fréquence, leur hauteur et leur intensité.		1	1						Aucune	URI: cycle, hauteur, intensité	
13												
14	A l'aide de leurs longueurs d'ondes et de la fréquence		1	1						Identique	URM: "à l'aide d'un spectre électromagnétique"	
15	Il existe différentes radiations électromagnétiques qui sont différenciées par leurs fréquences : les rayons gamma, les rayons X, les ultraviolets, les ondes lumineuses, les ondes infrarouges.	1	1						1	toutes		

16	Il faut connaître les fréquences des ondes, plus elle est grande, plus on se rapproche d'une onde gamma et au contraire plus elle est petite, plus on se rapproche d'une onde radio. Donc avec la fréquence on peut déduire l'onde.	1	1				1	"Radio: low frequency; gama rays: highest frequency; Our eyes our tuned in a specific region of the EM spectrum; "	formulation maladroite
17	X rays visible light waves infrared waves micro waves radio waves gamma waves (en colonne)	1							réponse en anglais alors que reformulation des informations relevées en français.
18	On les classifit grâce a un spectre des ondes EM					1	1	Aucune	Informations relevées: inutiles
19	Les ondes sont captées et transmis sur des spectres, grâce à eux on peut définir la composition de quelque chose.								Productions incohérentes
20	On peut les classer selon leurs fréquence et leurs longueur d'onde (si elle est courte ou longue)		1	1			1	Aucune	formulation maladroite "(si elle est courte ou longue)", unité équivalente au média.
21	On les classes grâce au spectre électromagnétique qui classent les ondes selon leur longueur d'onde et leur fréquence. Elles sont dû à la quantité d'énergie.		1	1		1	1	"Toutes sont sur différentes parties du spectre des ondes électromagnétiques. "	URI: "Elles sont dû à la quantité d'énergie." URM: "Rayons X, lumière visible, ondes infrarouges, les ondes radios.
22	On peut classer les ondes dans un spectre électromagnétique , en fonction de leur fréquence et de leur longueur d'onde.		1	1		1	1	Aucune	URM: "Il y a différent type d'onde: gamma, rayon X, UV, le visible, infrarouge, microonde, onde radio"
23	Grâce à l'analyse du spectre électromagnétique					1		Aucune	informations relevées en anglais.
24	En observant leur longueur d'onde dans le spectre électromagnétique.			1		1	1	Aucune	Formulation maladroite "en observant". URM: " EMS (radio waves, infrared waves...); "
25	On les classifie grâce aux spectre électromagnétique et donc selon les longueurs d'ondes des ondes produites.	1			1	1	1	"proviennent d'objet de tout genre"	URM: "comme les rayons X, gamma"

26	On peut classer les ondes par leur longueur d'onde ou leur fréquence. Les ondes gamma ont une fréquence plus importante que les ondes radio tandis que les ondes radio auront eux, une longueur d'onde plus grande que les ondes X-rays	1	1	1				1	Aucune	L'élève semble ajuster les informations relevées par rapport à la question posée: "Les ondes électromagnétiques sont invisibles lorsqu'elles sont en dehors des longueurs d'onde visibles. "
27	Ce sont des ondes qui sont présentes partout et qui viennent de nombreuses sources.	1								URM: " Les ondes sont présentes sous différente forme, selon leurs fréquence. "
28	Les sources de radiation électromagnétique nous entoure.									
29	absence de réponse									URI: "Ils existent plusieurs types d'onde: X-rays, ultraviolets, infrarouge, gamma rays."
30	Les ondes peuvent être classé par l'utilisation d'un spectre électromagnétique grâce à leur longueur d'onde qui est différente ainsi que leur fréquence...		1	1	1			1	Aucune	URM: "ce sont les ondes electromagnetic (rayon X, onde du domaine visible, infrarouge, micro onde, onde radio)"
31	EM waves are tasteless and odorless, it means we can't experience them. We can find different types of waves, among them. there are the gamma waves, X rays, UV, infrared waves, microwaves and finally radio waves what defines each of them is their wavelength. Indeed, the wavelength is not the same.	1		1				1	Aucune	URI: première phrase
32	On peut classer les radiations électromagnétiques en fonction de leurs ondes et de leur fréquence.			1						Il semble que l'élève distingue radiations et ondes: le terme wavelength n'est pas associé à longueur d'onde (mais à période, dans le repérage)
33	On classe les sources de radiations électromagnétiques dans un spectre électromagnétique des longueurs d'ondes.			1	1				Aucune	formulation maladroitte ? Confusion sources et ondes? URM: "spectrum: gamma rayx, X rays, UV, visible

																				light waves, IR, microwaves, radio waves "	
34	Les radiations électromagnétiques se classent dans un spectre avec d'autres type d'ondes selon leur mesure en nanomètre des plus petites fréquence, à celles qui sont visibles pour nous puis celles qui ont une grande fréquence			1																"Les ondes différent par leur fréquence "	Formulation maladroite; URM: "Il y en a beaucoup comme les rayons gamma, les rayons X, l'ultraviolet, infrarouges, ondes électriques, micro-ondes"
35	absence de réponse																				Nombreuses informations relevées mais absence de réponse à la question posée.
36	On peut classer les sources de radiation électromagnétiques selon leur longueurs d'ondes : des UV jusuqaux IR		1		1																"Il y a les EM radiations, gamma rays, X-rays, UV-rays etc."
	Total	2	10	17	19	1	11	0	15												
	Enoncé-cible des élèves, transcrits à l'identique. Réponse à la question reformulée, vidéo 1: Comment classer les sources de rayonnement électromagnétique?	émission de rayonnement par la source	type de rayonnement/d'ondes: UV visible, IR...	fréquence	longueur d'onde	du rayonnement ou des ondes	spectre	exemple de sources: télévision, poste de radio ...	énoncé-cible cohérent et pertinent	unité de reformulation ou sémantiques présentes dans les informations relevées	commentaires pour l'analyse; identification dans l'énoncé-cible d'unité de reformulation inutile (URI) ou manquante (URM) par rapport aux informations relevées										

AE

ACTIVITE EXPERIMENTALE

Remote sensing



OBJECTIFS :

- Extraire et exploiter des informations sur un dispositif de détection
- Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.
- Mobiliser des compétences linguistiques (voir en fin d'énoncé)

CONTEXT

The term "remote sensing," first used in the United States in the 1950s by Ms. Evelyn Pruitt of the U.S. Office of Naval Research, is now commonly used to describe the science—and art—of identifying, observing, and measuring an object without coming into direct contact with it.

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_08.nhn

Many remote sensing devices are onboard satellites that monitor the Earth from space. How is remote sensing helping us address planetary sustainability on Earth? Remote sensing allows mapping of vegetation, climate and atmospheric composition over large regions and to repeat the measurements consistently over many years.

<http://www.nasa.gov/content/remote-sensing/#.V5CCJKI8S0>

➤ *How are optical sensors used to monitor the Earth's atmosphere from space?*

DOCUMENTS

Document 1: GOMOS on Envisat: an overview *

The GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) instrument is a spectrometer on board the European Space Agency's Envisat satellite that was launched on March 1st 2002. GOMOS uses the stellar occultation measurement principle in monitoring ozone and other trace gases in the Earth's stratosphere (see Fig. 1). The main wavelength region is the ultraviolet visible region and additional two channels are located in the near-infrared. The species covered by GOMOS are O₃, NO₂, NO₃, neutral density, aerosols, H₂O, O₂, and in favourable conditions also OClO and BrO. The important advantage of any occultation measurement is the self-calibration. The reference spectrum of a radiation source is first measured when the source can be seen above the atmosphere. During the occultation repeated observations through the atmosphere at descending altitudes provide spectra with absorption features. When these occulted spectra are divided by the reference spectrum, nearly calibration-free horizontal transmission spectra are obtained. Transmissions provide the basis for retrieval of atmospheric constituent densities.

*E. Kyrölä, J. Tamminen, G.W. Leppelmeier, V. Sofieva, S. Hassinen, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, C. Cot, O. Korabely, O. Fanton d'Andon, G. Barrot, A. Mangin, B. Th eodore, M. Guirlet, F. Etanchaud, P. Snoeij, R. Koopman, L. Saavedra, R. Fraisse, D. Fussen, F. Vanhellemont, GOMOS on Envisat: an overview, *Advances in Space Research* 33 (2004) 1020-1028

Vocab box:

English / Français

English / ???

Document 2: Measurements provided by GOMOS

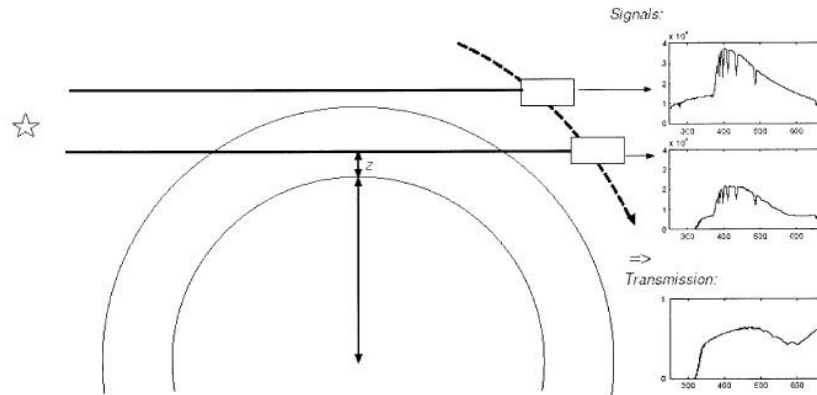
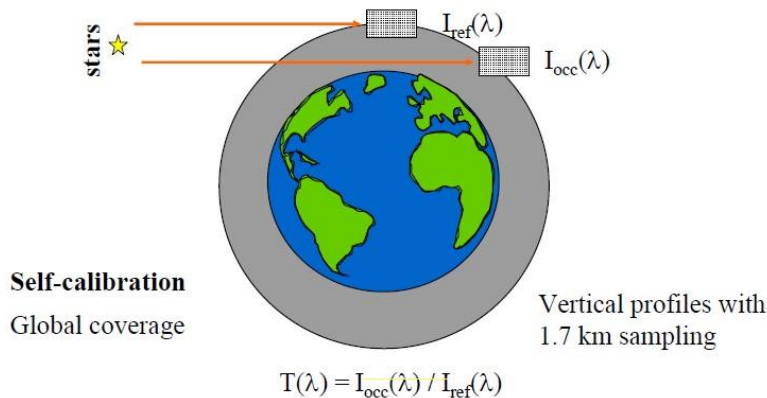
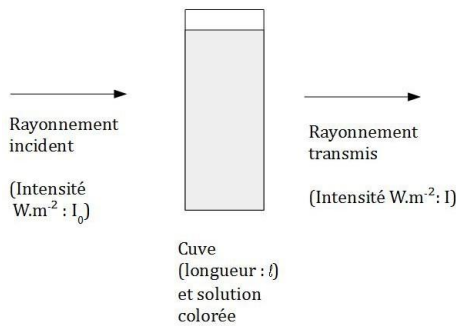


Fig. 1. The measurement principle of GOMOS.



Sources : Kyrölä and al., p1022 and https://earth.esa.int/dragon/D4_L1_Simon.pdf, p14

Document 3: Absorbance of aqueous colored solutions



The absorbance of a solution is related to its transmittance T:

$$A = \log (1 / T)$$

Hence,

$$A = \log (I_0 / I)$$

An absorbance value of 1 means that 10% of the incident radiation is transmitted and detected.

Absorbance is function of the wavelength of the incident radiation, the length of the cuvette, the substance that absorbs radiation and its concentration, the solvent and the temperature.

Document 4: Some tips for the experiment

- Photoresistor can be used to detect the presence or absence of minute quantities of light.
- The photoresistor at your disposal will be used in a series circuit with a regular resistor and a generator.
- In those conditions, the radiation intensity I received by the photoresistor is proportional to the intensity i of the current in the circuit: $I = a \times i$
- The drop of voltage U_R measured between the ends of the resistor is proportional to the intensity i of the current through the resistor, this is the Ohm's law: $U = r \times i$

Vocab box:

English / Français

English / ???

MATERIAL

- Three cuvettes
- Brilliant blue solution, $C = 100 \text{ mg/L}$
- Distilled water
- Photoresistor
- Voltmeter

- Voltage generator (6 V)
- Resistor, $R = 10 \text{ k}\Omega$
- 5 electric wires
- Laser diode



WORK TO DO

Part 1: Remote sensing provide measurements

Compétence : APPROPRIER

A	B	C	D

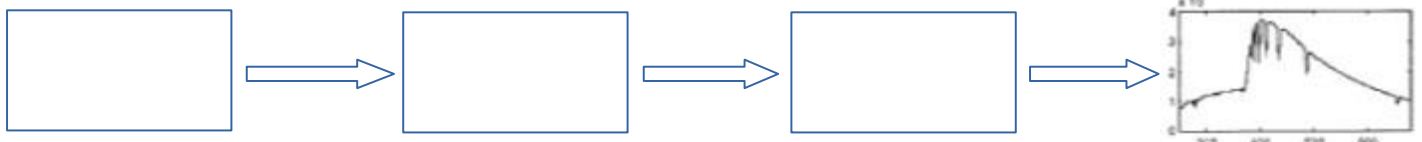
APP : Mettre en relation les informations extraites des documents.

† Mettre en relation les documents pour répondre aux questions suivantes.

1. Expliquer ce que cherchent à faire les scientifiques en télédétection qui travaillent avec GOMOS. *Vous argumenterez votre réponse en citant des extraits en anglais de documents.*

2. Expliquer ce que signifie la relation « $T(\lambda) = I_{occ}(\lambda) / I_{ref}(\lambda)$ Vertical profiles with 1,7 km sampling » (Doc.2). *Vous argumenterez votre réponse en citant des extraits en anglais de documents.*

3. Compléter la « chaîne de détection » pour expliquer le principe de télédétection permettant d'obtenir les spectres.




{ 3 }

Part 2 : Experimenting remote sensing in the lab

Compétence : ANALYSER

A	B	C	D

ANA : Proposer une démarche expérimentale.

 **4.** Pour mener une analogie entre l'activité des chercheurs en télédétection et votre activité au laboratoire du lycée, **remplir** le tableau en tenant compte des documents et de la liste de matériel à disposition.

Remote sensing by GOMOS	Détection au laboratoire du lycée	Limites de l'analogie
Star		
Atmosphere		
Photometers, spectrometers and CCD		
Signals, spectra		
Transmission $T(\lambda, z)$; vertical profiles with 1,7 km sampling		
$I_{occ}(\lambda)$, vertical profiles with 1,7 km sampling		
$I_{ref}(\lambda)$; vertical profiles with 1,7 km sampling		

 **5. Proposer** une démarche expérimentale permettant de reproduire en classe, avec la solution de sulfate de cuivre ce que font les scientifiques avec l'instrument de télédétection GOMOS.




Appel professeur : *Validation de la démarche expérimentale et du protocole*


Compétence : REALISER


A	B	C	D

REA : Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole.

† **Réaliser** le protocole

 **6. Noter** les résultats (*conditions expérimentales, observations, mesures*).

 **7. Interpréter** les résultats (*les confronter à ce que vous avez prévu, sont-ils fiables ? qu'en déduire ?*)


 **8. Répondre** à votre question de recherche.

Part 3: How are optical sensors used to monitor the Earth's atmosphere from space?

Compétence : VALIDER

A	B	C	D

VAL : Exercer un regard critique sur un résultat expérimental.

 **9. Répondre** à cette question pour expliquer l'activité des chercheurs en télédétection

Annexe du chapitre V.2.2.2a - repérage et reformulation, fiche de préparation AE1 (contexte)

Le traitement des données issues du repérage et de la reformulation des idées principales du contexte est illustré par le tableau ci-après :

unités sémantiques repérées et reformulées	Elevé (x: fiche de préparation relevée mais vierge; 0: absence de fiche; numéro fiche: à l'identique)																																			total												
	1	3	5	6	7	11	16	19	23	24	25	26	27	28	29	32	34	36	2	4	8	9	10	12	13	14	15	17	18	20	21	22	30	31	33		35											
Contexte	x		x		x	x	x	x	x		0	x	x	x	x	3						0			0							35	x	x		0												17
<i>object without coming into direct contact with it / remote sensing</i>				1						1										1	1			1	1				1							1									8			
<i>that monitor the Earth from space</i>																												1															1					2
Les instruments de télédétection embarqués permettent de surveiller la Terre				1						1	1								x				x						1									1									5	
depuis l'espace sans contact direct										1								1			1			1	1		1	1	1	1								1				1				11		
<i>identifying, observing, measuring</i>	1			1						1	1							1			1		1	1	1		1	1	1	1												1				14		
<i>mapping vegetation</i>	1			1															1			1	1	1			1																1				8	
reformulations pour les repérages précédents	1			1														1			1			1	1		1	1	1	1											1		1	1			13	

Transcriptions à l'identique des écrits des élèves :

	CONTEXTE mots clés , expressions..	CONTEXTE idées principales
3	*identifying, observing, measuring *mapping of vegetation, ...	« remote sensing » permet d'identifier, d'observer et de mesurer un objet qu'on ne peut pas avoir directement. Il sert aussi pour cartier les végétations du monde
6	Remote sensing observing, measuring without coming into direct contact, mapping devices, sustainability	Le détecteur a distance permet identifier, observer et de mesurer sans entrer en contact direct avec lui. Des appareils pour aider à la durabilité de l'environnement ? Des appareil qui permet de cartographier la Terre.
11	Le détecteur à distance	Le détecteur à distance permet la cartographie de la végétation du climat et la composition atmosphérique sur toute la terre pour plusieurs année
23	Remote sensing identifying, observing, measuring	Les appareils de télédétection permettent d'identifier, d'observer et de mesurer un objet sans contact direct. Les satellites surveillant la Terre en sont équipés.
24	Remote sensing, identifying, monitor, observing, measuring without direct contact	Il s'agit d'un appareil (système) d'identification à distance de la Terre (climat, atmosphère, végétation...)
34	Remote sensing, observing, identifying, measuring, satellites, planetary sustainability, mapping of vegetation, climate, atmospheric	Les satellites dans l'espace permettent d'observer les planètes de l'espace, d'identifier le climat, la végétation et la composition atmosphérique.
36	satellites from space	On observe le « remote sensing » depuis l'espace grâce aux satellites
2	*"remote sensing" *identifying, observing, measuring an object without coming into contact with it	*définition de la télédétection *à quoi cela sert la télédétection

4	science and art of identifying observing and measuring an object without coming into contact with it mapping vegetations climate and atmospheric composition	Le "remote sensing" permet d'identifier, observer et mesurer sans contact direct à l'aide de satellite. Il permet de voir la végétation, le climat et la composition de l'atmosphère sur de larges régions.
9	the science of identifying observing and measuring object satellites mapping	*explication du terme "remote sensing" *presentation des moyens utilisé *a quoi ça sert
10	identifying, observing and measuring an object [...] contact with it. Many years consistently: *atmospheric compo [...] large region	c'est un outil qui permet d'étudier un objet sans rentrer en contact avec lui. On peut grâce à cela faire des cartes de climat, végétation, composition atmosphérique, en faisant des mesures pdt plusieurs années
12	remote sensing identifying, observing, measuring objects on board satellite	remote sensing c'est de la technologie équipée sur des satellites nous permettant d'identifier, observer et mesurer des objets à distance
14	remote sensing identifying observing measuring	Identifier, observer, mesurer un objet sans aucuns contacts
15	"remote sensing" identifying, observing measuring mapping of vegetation, climate and atmospheric composition	Il existe une science permettant d'identifier, d'observer et de mesurer des objets sans rentrer en contact direct avec lui. C'est utilisé dans les satellites pour observer la Terre, ses végétaux, son atmosphère dans le temps
17	Remote sensing identifying, observing, measuring an object without coming into direct contact with it	"Remote sensing" est le terme utilisé pour décrire la science (et l'art) d'identifier d'absorber et de mesurer un objet sans avoir un contact direct avec lui. Il y en a beaucoup dans l'espace pour la Terre.
18	Remote sensing identifying, measuring	on peut observer, identifier des objets que l'on peut pas toucher
21	identifying, observing, measuring an object atmospheric compo	Outil qui permet d'étudier un objet sans être en contact avec lui
30	*remote sensing *describe *without coming into direct contact with it *satellites *vegetation, climate and atmosphere composition	Décrit la science et l'art d'identifier, d'observer et mesurer un objet sans contact direct. La plupart se trouve dans les satellites et permette de cartographier la Terre.
33	*science *observing, measuring	surveillance et observation du climat et de la composition atmosphérique
35	"remote sensing" "helping us address planetary sustainabilty	Ils utilisent de nouvelles technologies afin de pouvoir : identifier, mesurer et observer des objets sans être en contacte avec eux (ex:dans l'espace). Cela aide à comprendre l'environnement de notre planète

Annexe du chapitre V.2.2.2b - repérage et reformulation, fiche de préparation AE1 (documents)

Traitement des données pour les documents 1, 2, 3 et 4 sur la fiche de préparation :

unités sémantiques repérées et reformulées	Eleve																	total		
	3	6	24	32	34	36	2	4	9	10	12	14	15	17	18	20	30		33	35
Document 1 : GOMOS on Envisat: an overview				3																N=18
stellar occultation measurement principle in monitoring			1	1						1							1	1		5
reference spectrum - the source can be seen above the atmosphere.										1			1	1						3
occultation - spectra with absorption features.																				0
Transmissions - atmospheric constituent densities														1			1			2
⇒ GOMOS utilise le principe de mesure d'occultation stellaire.								1												1
Un spectre de référence est obtenu...										1										1
... quand le rayonnement émis par la source passe au-dessus de l'atmosphère.										1										
Un spectre d'absorption...			1							1										2
... est obtenu quand le rayonnement est occulté (transmis par l'atmosphère).																				
Le spectre de transmission informe sur la densité de constituants de l'atmosphère.				1																1
self-calibration	1		1		1															3
reformulée	0		1																	
spectrometer	1														1				1	3

unités sémantiques repérées et reformulées	Eleve (x: absence de reformulation pour le document concerné)																	total		
	3	6	24	32	34	36	2	4	9	10	12	14	15	17	18	20	30		33	35
Document 2: Measurements provided by GOMOS				3										x						N=17
measurement principle - signals - transmission		1			1								1		1	1			1	6
$T(\lambda) = I_{occ}(\lambda) / I_{ref}(\lambda)$																		1		1
⇒ Deux mesures de l'intensité du rayonnement sont effectuées : au-dessus de l'atmosphère $I_{ref}(\lambda)$ et quand le satellite se déplace $I_{occ}(\lambda)$.		1							1				1							3
On obtient un spectre en transmission.					1								1							2
Document 3: Absorbance of aqueous colored solutions				3			x		x											N=16
absorbance ; $A = \log(I_0/I)$	1		1		1			1				1		1	1	1		1		9
incident radiation		1	1		1								1	1	1					6
is transmitted					1							1	1	1				1		5
and detected					1							1	1	1				1		5
substance that absorbs radiation		1																		1
⇒ L'absorbance d'une solution est déterminée avec l'intensité I_0 du rayonnement incident, après absorption					1								1	1						3
et l'intensité I du rayonnement transmis qui a traversé la solution après absorption			1		1											1	1	1		5
transmittance	1									1						1			1	4
relation entre absorbance et transmission		1										1				1				3
Document 4: Some tips for the experiment									x											N=18
Photoresistor	1		1	1	1	1	1	x	x		1	1	1	1	1			1		12
to detect; light								x	x	1		1		1		1	1		1	6
a series circuit								x	x	1	1		1	1				1		5
$I = a \times i$; intensity; proportional		1			1				x									1		3
$U_R = R \times i$; voltage; proportional		1			1				x	1										3
⇒ La photorésistance détecte un rayonnement lumineux	1	1	1	1	1	1		1	x	x		1	x	1	1			1		11
⇒ Elle se branche dans un circuit en série	1			1					x	x	1	1	x	1	1			1		7
Il y a une relation de proportionnalité entre l'intensité lumineuse I et l'intensité i du courant électrique et entre i et la tension U_R				1	1			1	x					1						4

AD

ACTIVITE DOCUMENTAIRE

« Earth's atmosphere »

OBJECTIFS :

Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers.

LE CONTEXTE

Pour sonder l'atmosphère, les chercheurs en télédétection utilisent des instruments de mesure à bord de satellites, d'avions... Les capteurs "embarqués" permettent d'analyser les différents rayonnements en tenant en compte de leur interaction avec l'atmosphère.

- **Why do the scientists take into account the interaction between radiation and atmospheric gases?**

LES DOCUMENTS

Document 1. Absorption Bands and Atmospheric Windows

(<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>)

Some types of electromagnetic radiation easily pass through the atmosphere, while other types do not. The ability of the atmosphere to allow radiation to pass through it is referred to as its transmissivity, and varies with the wavelength/type of the radiation. The gases that comprise our atmosphere absorb radiation in certain wavelengths while allowing radiation with differing wavelengths to pass through.

The areas of the EM spectrum that are absorbed by atmospheric gases such as water vapor, carbon dioxide, and ozone are known as absorption bands. In the figure, absorption bands are represented by a low transmission value that is associated with a specific range of wavelengths.

In contrast to the absorption bands, there are areas of the electromagnetic spectrum where the atmosphere is transparent (little or no absorption of radiation) to specific wavelengths. These wavelength bands are known as atmospheric "windows" since they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface.

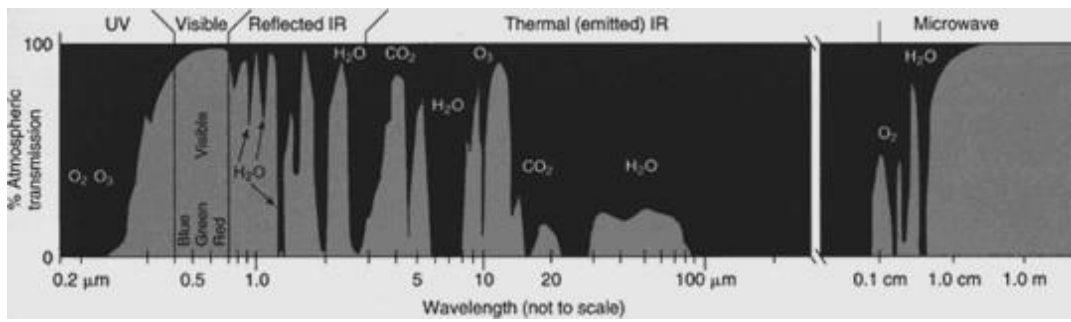
Most remote sensing instruments on aircraft or space-based platforms operate in one or more of these windows by making their measurements with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere.

Vocab box:

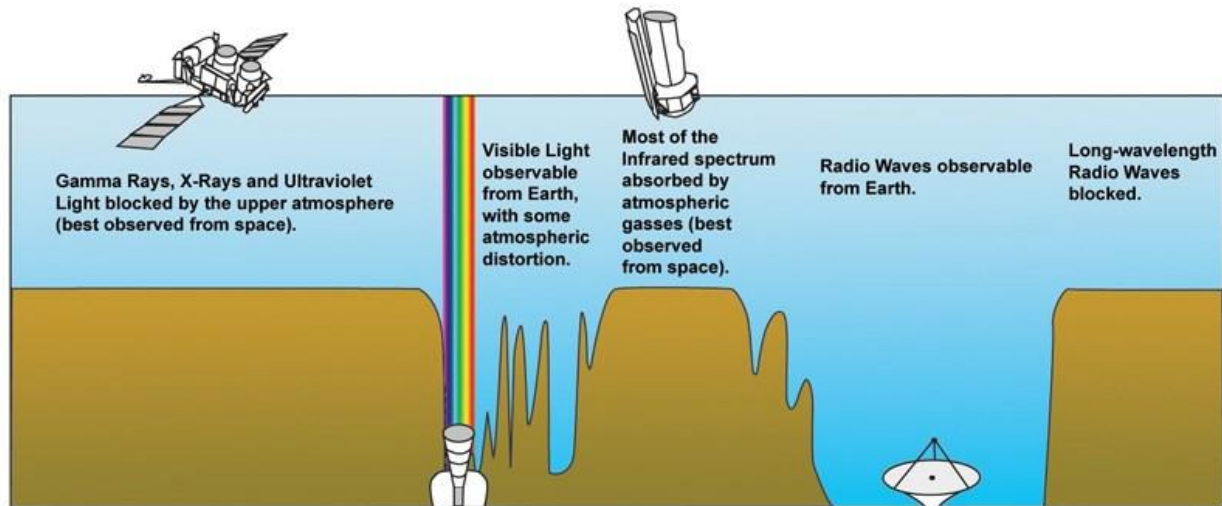
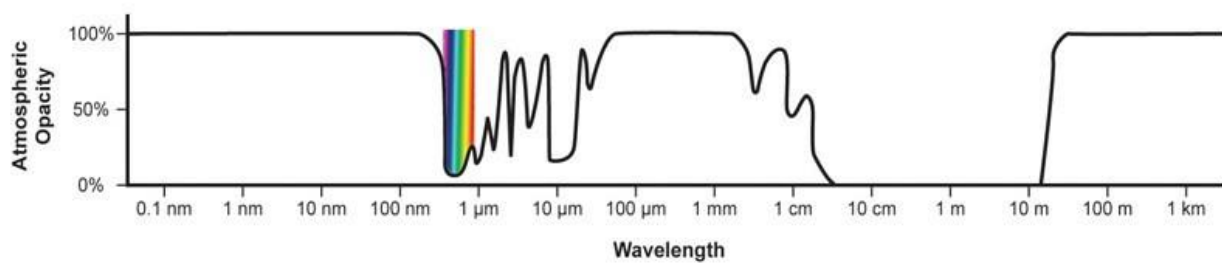
English / Français

English / ???

Document 2: Diagram of atmospheric windows—wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere.



Document 3: Atmospheric electromagnetic transmittance or opacity



Vocab box:

English / Français

English / ???

LE TRAVAIL A REALISER

1. Compléter le « vocab box ».
2. Questions préliminaires (réponses à **justifier** en citant les parties des documents utilisées) :
 - 2.1. Quels types de rayonnements issus de l'Univers parviennent à la surface de la Terre (sol terrestre) ?
 - 2.2. Qu'est-ce qu'une fenêtre atmosphérique ?

3.1. Reformuler la question de recherche.

3.2. Y répondre.

Annexe du chapitre V.2.3.2a - productions des élèves, AD1

	Question reformulée Q3.1	Enoncé-cible Q3.2	Q2.1	Q2.2
1	Pourquoi les scientifiques prennent les interactions et les rayonnements et l'atmosphère gazeux?	x	water vapor, carbone dioxyde, gazes	water vapor, carbone dioxydes, gazes
2	En quoi l'interaction <=> les rayonnements et les gaz atmosphériques peut servir aux scientifiques?	grâce aux rayonnements reçus, les scientifiques peuvent déterminer grâce à leur longueur d'onde, les gaz présents	radio waves=onde radio, visible light=lumière visible	l'espace dans lequel les ondes EM peuvent pénétrer l'atmosphère terrestre
3	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les ondes et les gaz atmosphériques?	x	gamma ray, X-rays, ultraviolet	x
4	Pourquoi les scientifiques étudient-ils les interactions entre les ondes et les gaz atmosphériques?	Pour étudier la composition de l'atmosphère, quelles ondes peuvent passer à travers l'atmosphère	la lumière visible, ondes radio	c'est lorsque l'atmosphère laisse passer certaines ondes qui apparaissent donc sur le spectre électromagnétique
5	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les radiations et les gaz atmosphériques?	Les gaz absorbent certaines radiations comme les ondes IR	radio-waves (doc3 "long-wavelength radio waves blocked")	the ability of the atmosphere to allow radiation to pass through it is referred to as its transmissivity and varies with the wavelength/type of radiation=>wavelength bands
6	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les radiations et les gaz de l'atmosphère?	Parce que l'atmosphère absorbe certaines radiations ou au contraire bloque des radiations faussant ainsi les résultats.	lumière "light", électromagnétique, UV, radio	Ce sont les radiations absorbé par l'espace (atmospheric windows)
7	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les rayonnements et l' atmosphère ?	x	water vapor, carbone dioxyde and ozone	C'est une fenêtre où passent les longueurs d'ondes et les rayonnements afin d'atteindre la surface de la Terre (doc1, 3eme paragraphe)

8	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte les interactions entre les radiations et les gaz atmosphériques?	parce que ça a son importance	lumière, ondes radios	endroit dans l'atmosphère ou les ondes ne sont pas bloqués
9	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interférences entre l'atmosphère et les radiations?	Parce que certaines longueurs d'ondes sont complètement, partiellement ou pas absorbé par l'atmosphère terrestre. Alors qu'elle "autaurise" d'autres longueur d'onde passer. Ce sont les gases de l'atmosphère qui absorbent ces radiations. Certains gaz composant l'atmosphère absorbent des radiations alors que d'autres non.	visible light (but some atmosphere distortion), radio waves	C'est une longueur d'onde spécifique du spectre qui est transparente, qui laisse les rayonnements passer à travers de l'atmosphère terrestre
10	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte les interactions entre les radiations et les gaz de l'atmosphère?	x	Ceux qui passent à travers la "fenêtre atmosphérique"	Une fenêtre atmosphérique montre les différentes longueurs d'onde pour lesquelles les radiations électromagnétiques pénètre l'atmosphère terrestre
11	:	Pour pouvoir différencier les spectres et voir ce qui manque dans l'un ou ce qui a été absorbé	Des rayonnements électromagnétiques issus de l'Univers parviennent à la surface de la Terre (doc2: wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere)	Une fenêtre atmosphérique est une onde qui permet au rayonnement de passer facilement dans l'atmosphère de la terre. "these wavelength bands are known...surface" doc 1)
12	En quoi l'atmosphère influe sur l'atmosphère des rayonnements émis à partir de l'univers?	Elle ajoute des gaz faussant les résultats. Il faut donc soustraire les gaz présents dans la couche d'ozone mais les concentrations sont aussi faussées.	radio waves, ondes lumineuses	c'est une partie de l'atmosphère où les ondes ont plus de facilité à passer à travers
13	x		x	x

14	Comment l'interaction entre radiation et les gaz atmosphériques peut être justifiée?	Des mesures sont faites avec des détecteurs avec une fréquence donnée. Les longueurs d'ondes passantes à travers l'atmosphère sont analysées.	It's electromagnetic radiation	r
15	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte l'interaction entre les rayonnements et les gaz contenus dans l'atmosphère?	En fonction de l'endroit d'où est fait le spectre d'absorption et de la longueur d'onde du rayonnement, les gaz contenus dans l'atmosphère peuvent avoir une influence sur le spectre d'absorption. En effet, certains gaz de l'atmosphère tel que l'oxygène aide à l'absorption des rayonnements.	les ondes lumineuses	Une fenêtre atmosphérique correspond à un endroit en fonction de la longueur d'onde dans le spectre par lequel il y a pas ou peu de radiations absorbées. Ainsi, les radiations peuvent facilement passer l'atmosphère terrestre et atteindre sa surface.
16	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les rayonnements et les gaz atmosphériques?	Pour voir les rayonnements absorbés	les rayons UV, visible, reflect IR, microwave	C'est une zone dite transparente avec des longueurs d'ondes spécifiques ou les ondes passe facilement
17	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les rayonnements et les gaz de l'atmosphère?	:	visible light observable from earth, radio waves observable from Earth	they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface
18	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte les interactions entre les ondes et les gaz de l'atmosphère?	Afin de connaître l'absorption des rayonnements	la lumière visible, les ondes radio ((ble light observable from earth with some atmospheric distortion, radio waves observable from Earth)	C'est une longueur d'onde ou les ondes/radiations peuvent passer aisément jusqu'à la surface terrestre
19	Pourquoi les scientifiques comparent les radiations et gaz atmosphérique?	Pour voir de quoi est constitué l'atmosphère	reflected IR, thermal IR, microwave	wavelength bands

20	Pourquoi les scientifiques doivent prendre en compte les interactions entre les rayonnements et les gaz atmosphériques?	Pour voir quels gaz sont absorbés	Les rayonnements issus de l'Univers qui parviennent à la surface de la Terre sont les ondes de radio et la lumière visible	Une fenêtre atmosphérique c'est quand ça laisse passer les rayonnements à une certaine longueur d'onde qui est transparente
21	Quelles relations les scientifiques ont fait entre les gaz présents dans l'atmosphère et les radiations ?	Ils ont pu les relier avec le spectre d'absorption et d'émission	lumière, ondes radios (doc3)	sur le spectre, c'est un endroit où la raie est transparente, elles traversent la surface de la terre
22	Pourquoi les scientifiques étudient-ils les interactions entre les radiations et les gaz de l'atmosphère?	Les radiations des ondes provenant de l'espace peuvent se faire absorber par les gaz de l'atmosphère. IL est donc nécessaire de savoir qu'est-ce qui interagit avec quoi.	Il y a le visible, les ondes radios, et un peu d'infrarouge (doc3)	C'est une partie de l'atmosphère où les ondes ne sont pas absorbées, ou très peu
23	Pourquoi l'interaction rayonnement/gaz atmosphériques est prise en compte par les scientifiques?	x	les infrarouges	Une fenêtre atmosphérique est une bande de longueur d'onde qui laisse passer les rayonnements à travers l'atmosphère (doc1)
24	Pourquoi les scientifiques prennent en compte l'interaction entre le rayonnement et les gaz atmosphériques?	car certains gaz (présent dans l'atmosphère) absorbe du rayonnement	UV, les rayons infrarouges, les micro-ondes (doc2)	C'est une bande qui laisse passer le rayonnement atmosphérique (doc2)
25	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte les interactions entre les radiations et les gaz atmosphériques?	x	visible light, radio waves	la fenêtre atmosphérique est la zone d'entrée aux radiations/longueurs d'ondes qui passent facilement l'atmosphère de la Terre. (doc 1 "The wavelength bands...surface")
26	Pourquoi les scientifiques prennent en compte l'interaction entre le rayonnement et les gaz atmosphériques?	x	UV, visible, IR, microwaves	un endroit où les ondes passent plus qu'à d'autre endroit
27	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les	car les gaz présents dans l'atmosphère absorbe certains rayonnements et donc	visible, onde radio	endroit les radiations ont plus de facilité à passer

	gaz et les rayonnements?	fausse les résultats scientifiques		
28	En quoi les scientifiques...les interactions entre les radiations avec gaz atmosphériques	car l'atmosphère possède des gazs ce qui absorbe les radiations...(illisible)	x	un endroit ou certaines radiations passent plus et facilement
29	pourquoi	x	UV, onde radio, lumière	"atmospheric window"
30	En quoi la prise en compte des interactions entre les raies et les gazs de l'atmosphère est-elle intéressante?	Cela permet de déterminer quelles ondes peuvent parvenir à la surface terrestre et celles qui sont absorbées par l'atmosphère de la Terre. Ainsi on peut déterminer la composition de l'atmosphère.	lumière visible/onde radio	c'est un petit espace qui laisse passer des ondes
31	En quoi surveiller l'interaction gaz/rayonnement peut se révéler important pour les scientifiques?	L'interaction gaz/rayonnement est nécessaire dans la mesure où les longueurs d'onde relevées permet de connaître la composition de l'espace en question.	Em waves, visible light	Une fenêtre atmosphérique est l'espace dans lequel les EM passeront dans l'atmosphère de la Terre
32	Pourquoi les scientifiques prennent en compte les interactions entre les ondes et les gaz atmosphériques?	x	X-rays, ultraviolet, gamma rays, radiowaves, visible light	x
33	Pourquoi les scientifiques étudient la relation entre les radiations et les gaz de l'atmosphère?	Ils établissent une relation entre les radiations et les gaz atmosphériques afin de comprendre quels gaz absorbent quels rayonnements de l'Univers et ainsi comprendre pourquoi certains rayonnements sont transmis et observables de la Terre et d'autres non.	Les rayonnements qui parviennent à la surface de la Terre sont ceux de la lumière visible entre 100nm et 100µm ainsi que les ondes radio entre 1cm et 10 cm. Ces rayonnements sont transmis doc2 et leur opacité est faible doc3	Une fenêtre atmosphérique correspond à une certaine longueur d'onde du spectre électromagnétique qui laisse passer les radiations à travers l'atmosphère terrestre. Doc1

34	Pourquoi les scientifiques étudient les interactions entre les ondes et les gaz atmosphériques?	Ils étudient les interactions pour comprendre et pour savoir quelles sont les ondes qui traversent l'atmosphère et qui parviennent jusqu'à la Terre.	Les types de rayonnement qui parviennent à la surface de la Terre sont les UV, la lumière visible, rayons gamma	la fenêtre atmosphérique c'est l'endroit où passent les longueurs d'onde, les ondes présentent dans l'atmosphère et qui parviennent à la surface de la Terre. ("these wavelength bands are known...surface" doc 1)
35	Pourquoi les scientifiques doivent prendre en compte les interactions entre les radiations et gaz atmosphériques?	Les scientifiques doivent prendre en compte ces éléments car ils peuvent modifier les résultats des détecteurs car certains gaz peuvent absorber d'autres radiations.	les rayonnements parvenant à la Terre sont: la lumière et les ondes radios	une fenêtre atmosphérique laisse passer les ondes
36	Pourquoi les scientifiques prennent-ils en compte l'interaction entre les radiations et les gaz atmosphériques?	x	lumière, onde radio	x

Annexe du chapitre V.2.3.2b - traitement des énoncés-cible, AD1

Le traitement des énoncés-cible produits par les élèves est effectué avec la grille d'analyse présentées au chapitre V.2.3.2. Une croix signifie une absence de proposition d'énoncé-cible par l'élève. Les deux points indiquent que la réponse à une question préliminaire (transparence de l'atmosphère, fenêtres atmosphériques) est acceptable malgré des maladresses de formulation et qu'elle n'est pas mobilisée dans l'énoncé-cible. Le codage est identique pour le repérage.

Unités sémantiques (u.s) de l'énoncé-cible de référence et repérage	Absorption de rayonnement par certains gaz atmosphériques selon le domaine de longueurs d'onde	<i>The gases that comprise our atmosphere absorb radiation in certain wavelengths (doc.1)</i>	Transmission de rayonnement par certains gaz, pour des domaines spectraux spécifiques	<i>while allowing radiation with differing wavelengths to pass through (doc.1)</i>	Transparence de l'atmosphère à la lumière visible et aux ondes radio	<i>visible light, radio waves observable from Earth (doc.3)</i>	Fenêtres atmosphériques	<i>These wavelength bands are known as atmospheric "windows" since they allow the radiation to easily pass through the atmosphere to Earth's surface (doc.1)</i>	<i>Diagram of atmospheric windows—wavelengths at which electromagnetic radiation will penetrate the Earth's atmosphere. (doc.2)</i>	Détecteurs sur Terre et télédétection	<i>Most remote sensing instruments [...] with detectors tuned to specific frequencies (wavelengths) that pass through the atmosphere. (doc.1); doc.3: satellites et instruments sur Terre</i>
1	x										
2			1		::	::	::				
3	x										
4			1		::		::				
5		1					::				
6		1									
7	x						::	::			
8					::						
9		1	1				::				
10	x										
11							::	1			
12						::	::				
14											
15		1			:		:				
16											
17	x				:	:	::				
18					:	:					
19							::				
20					:		:				
21					:						
22		1			:	:	:				
23	x										
24		1						:			
25	x						::				

26	x						:				
27	1				:						
28	1										
29											
30	1				:						
31							:				
32	x										
33	1		1		:	:	:	:			
34								:			
35	1				:					:	
36	x				:						
total	11	1	3		14	6	15		7		1



Atmospheric gases



OBJECTIFS :

- Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.
- Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par spectrophotométrie.
- Développer ses compétences linguistiques

CONTEXT

Carbon dioxide (CO_2) is an efficient greenhouse gas, whose atmospheric concentration has increased from 280 to 370 parts per million (ppm) since the beginning of the industrial age (Fig. 1(a); Cicerone et al., 2001). These rapid increases have raised concerns about global climate change. For more than 20 years, data collected from a global network of surface stations indicate only about half of the CO_2 that has been emitted into the atmosphere by fossil fuel combustion and biomass burning has remained there (Fig. 1(b); cf. Schnell et al., 2001; Etheridge et al., 1996). The terrestrial biosphere and oceans have apparently absorbed the rest. The nature and geographic distribution of these CO_2 sinks* is not well understood.

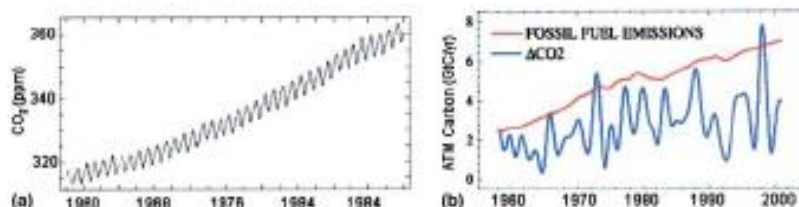


Fig. 1. (a) A 40-year history of atmospheric CO_2 . (b) Observed variations in annual atmospheric CO_2 accumulation (ΔCO_2) compared with fossil fuel emissions (cf. Schnell et al., 2001; Houghton et al., 2001). Significant changes in carbon sequestration occur from year to year in the presence of uniform increases in fossil fuel emissions.

D. Crisp et al., The Orbiting Carbon Observatory (OCO) mission, Advances in Space Research 34 (2004) 700-709, p701

Vocab: * CO_2 sink : puits de CO_2 =réservoir qui stocke le dioxyde de carbone atmosphérique

- *How do scientists identify carbon dioxide in the Earth's atmosphere?*
- *How do they measure its atmospheric concentration to know more about its evolution?*

The aim of this activity is to conduct an inquiry with an aqueous cobred solution (a bath antiseptic mouth) instead of atmospheric carbon dioxide to be able to answer the questions above more easily.

Document 1: Atmospheric carbon dioxide spectra

Figure 6 presents an example of recorded spectra at 2.67 μm with this kind of new generation laser purchased from Nanoplus. These spectra show the possibility of detecting CO_2 on Earth. The SFP* signal is used for frequency calibration. The absorption spectrum is the sum of 10 individual spectra recorded in 5ms. These results permit obtaining a gas concentration every 0.1 s demonstrating the capabilities of this type of laser for in situ measurements.

* spherical Fabry-Pérot

V. Zeninari and al, *Applied Physics B* 85, 265–272 (2006), p271

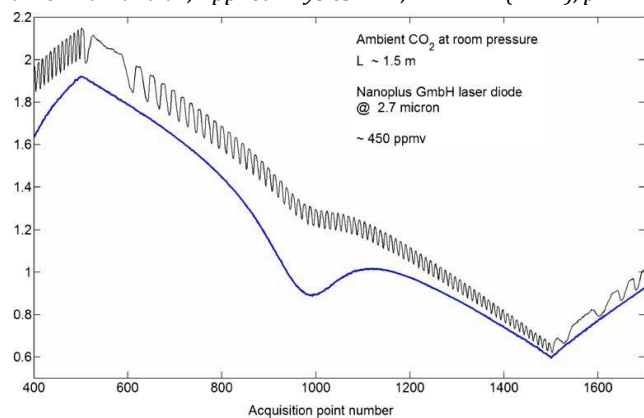
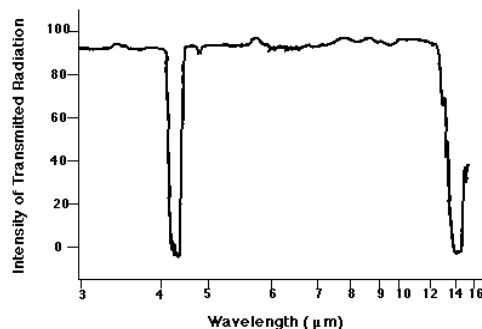


FIGURE 6 Example of recorded spectra with a 2.67 μm Nanoplus laser



FIGURE** Infrared spectrum of carbon dioxide (3-

16 μm)

**General Chemistry (Lecture 1996) ; Collection of Supporting, Sites [Department of Chemistry, Seoul National University, Korea, http://www.wag.caitech.edu/home/jang/genchem/infrared.htm](http://www.wag.caitech.edu/home/jang/genchem/infrared.htm),

Document 2: Concentration of atmospheric carbon dioxide measurements

This paper * reports the laboratory spectroscopic calibration of near- and mid-infrared tunable laser spectrometers used to determine in situ trace gases in the middle atmosphere of the Earth or in development for the investigation of the Martian atmosphere. The use of infrared absorption spectroscopy to measure gas concentrations requires a proper knowledge of the rotation-vibration spectra of the targeted molecules as well as a proper investigation of the tunable laser spectral emission properties. [...]

[...] The schematic representation of the TDLAS instrument is presented in Fig. 5. The absorption path length of 1.2m in the open atmosphere is achieved by combining a spherical mirror (focal length of 30 cm) with a flat mirror. The amount of absorbed laser energy is related to the molecular concentrations with the Beer-Lambert law.

FIGURE 1 Schematic laboratory experimental set-up

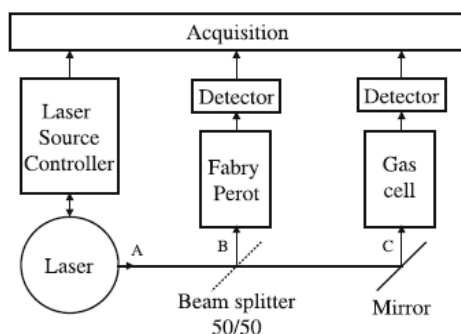
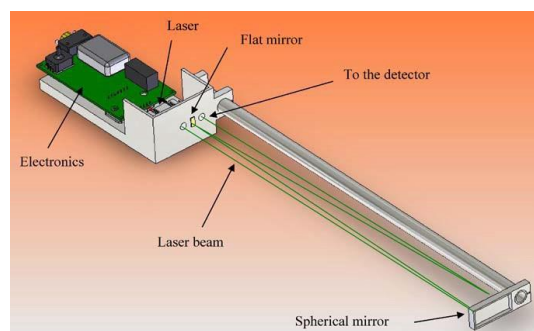


FIGURE 5 Schematic illustration of the TDLAS



*Source : V. Zeninari¹, B. Parvitte¹, L. Joly¹, T. Le Barbu^{1,2}, N. Amarouche³, G. Durry^{1,2}, *Laboratory spectroscopic calibration of infrared tunable laser spectrometers for the in situ sensing of the Earth and Martian atmospheres, Applied Physics B* 85, 265–272 (2006) - ¹ Groupe de Spectrométrie Moléculaire et Atmosphérique, UMR CNRS 6089, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Moulin de la Housse, BP 1039, 51687 Reims CEDEX 2, France ; ² IPSL, Service d'Aéronomie, UMR CNRS 7620, 91371 Verrières-le-Buisson CEDEX, France ; ³ Division Technique de l'INSU, UPS 855, 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon CEDEX, France

Document 3: Spectrophotometers and Beer-Lambert's law

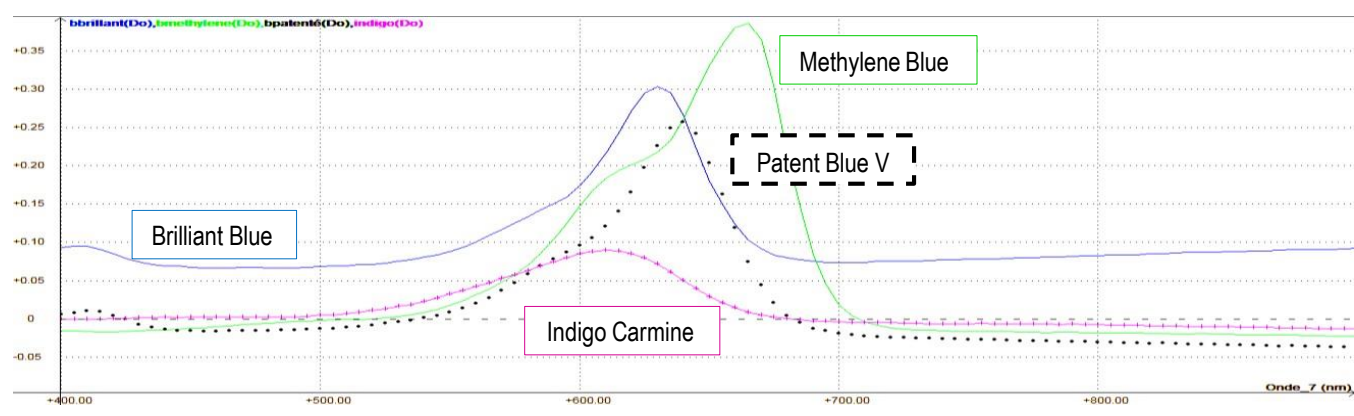
A spectrophotometer is used to obtain the absorbance of a substance at a series of wavelengths λ . A UV/visible spectrophotometer is composed of two devices: a spectrometer to produce « light » at any wavelength (monochromatic radiation) in the UV-visible region of the spectrum and a photometer to measure the intensity of the radiation transmitted through the test solution (chemical specie, solvent) which is placed in a cuvette between the spectrometer beam and the photometer. The wavelength of the radiation at which absorbance is maximum is the 'maximum wavelength' λ_{\max} . The spectrophotometer is more sensitive to absorbance changes at this wavelength λ_{\max} .

The absorbance of a solute is proportional to its concentration (in molarity) under particular conditions.

$$A(\lambda, T, \text{solvent}) = K \cdot c \quad \text{where } K \text{ is a proportional constant (L} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}.$$

Consequently, a calibration curve (straight line) can be graphed measuring the absorbance of several solutions of known concentration and used to determine the unknown concentration of solution to analyse.

Document 4: Visible absorption spectra of blue compounds (concentrations around 10^{-6} mol/L, $T=21^\circ\text{C}$)



Document 5: Usual food blue additive

Additive	Patent Blue V	Indigo Carmine	Brilliant Blue
European code	E131	E132	E133
Use	coloring	coloring	conservative
ADI* (mg/kg bw/day) *Acceptable Daily Intake ; bw : body weigh	5	5	6
<i>Year of publication by European Food Safety Authority (EFSA)</i>	2013	2014	2010

KEYWORDS

English / Français

English / ???

MATERIAL

- Bath antiseptic mouth « Alodont » (containing only one colouring)
- **stock (blue colored) aqueous solution** containing the same colouring chemical compound as « Alodont », dissolved in water, molar concentration $C_0 = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

- | | | |
|----------------------------|---|-------------------|
| - Spectrophotometer | - 25,0 mL volumetric flask | - Distilled water |
| - Cuvettes | - 5,00 mL, 10,0 mL and 20,0 mL volumetric pipette | - Latispro |
| - 20,0 mL volumetric flask | | |

WORK TO DO


Part 1 : Using spectroscopy for sensing (15min)


1. Pour mener une analogie entre l'activité des chercheurs en télédétection et votre activité au laboratoire du lycée, **remplir** le tableau en tenant compte des documents et de la liste de matériel à disposition (15min).

	TDLAS spectroscopy and atmospheric gases	Spectrophotometry and colored solution
Inquiry questions / Aims <i>Question de recherche / objectifs</i>		
Studied substance (name, colour, physics state) <i>Especce chimique mise en jeu</i>		
Interest/concerns <i>Justification des objectifs : intérêts ? Préoccupation ?</i>		
Technics, methodology <i>Ce qui est utilisé pour atteindre les objectifs et répondre aux questions de recherche</i>		
Used theories (quantity, unit, law) <i>Les références théoriques qui expliquent la démarche scientifique mise en place.</i>		

Lack of information <i>Informations manquantes</i>		
---	--	--


Part 2: Experimenting laboratory spectrophotometry (1h15)


 **2. Reformuler** la première question de recherche.


 **3. Planifier** une démarche expérimentale qui pourrait apporter une réponse à la première question de recherche (10min)



*Appel professeur : Validation de la démarche avec protocole
Le protocole sera réalisé au bureau par le professeur.*

 **4. Interpréter** ses résultats pour répondre à la première question de recherche. (10min)


 **5. Reformuler** la deuxième question de recherche.


 **6. Planifier** une démarche expérimentale qui pourrait apporter une réponse à la deuxième question de recherche (10min)

NB : Un tableau est à disposition au bureau pour vous aider dans votre démarche.




Appel professeur : Validation de la démarche expérimentale

 **7. Mettre en œuvre** la démarche expérimentale et **communiquer** ses résultats ci-dessous.
(30 min)

 **8. Répondre** à la deuxième question de recherche après avoir interprété ses résultats
(10min).

Part 3: Describing the scientist's work - spectroscopy for in situ sensing on Earth's atmosphere (15 min)

 **9. Répondre** aux deux questions de recherche liées à l'activité scientifique des chercheurs en télédétection qui travaillent sur l'atmosphère terrestre.

NB : Pour ceux qui le souhaite, il est possible d'y répondre à l'oral (en anglais) dans un dictaphone à disposition au fond de la salle.

Annexe du chapitre V.3.2 - repérage et reformulation, fiche de préparation, AE2

Unités sémantiques repérées et reformulées (contexte)	Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre	Greenhouse gaz	dont la concentration atmosphérique augmente	whose atmospheric concentration has increased	A cause des émissions dues aux combustions fossiles et de biomasse.	has been emitted into the atmosphere by fossil fuel combustion and biomass burning
3	1	1	1			
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1		
11	1	1			1	1
23	1	1	1		1	
24	1	1	1		1	
32	1	1	1			
34	1	1	1	1	1	1
2	1	1				
4	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1		1	
12	1	1	1		1	
13	1	1		1		
14		1				1
15	1	1	1		1	
17	1	1	1	1		1
18	1	1	1	1	1	1
21	x	x	x	x	x	x
33	1	1	1	1		
N=19	17	18	14	8	10	7

Unités sémantiques repérées et reformulées (doc.1)	Les scientifiques utilisent des spectres d'absorption/de transmission	absorption spectrum	dans le domaine de l'infrarouge (bande d'absorption du CO ₂).	Infrared spectrum of carbon dioxide	détectent le CO ₂ dans l'atmosphère	detecting CO ₂ on Earth	déterminent la concentration de CO ₂ atmosphérique	obtaining a gas concentration
3					1		1	
5					1		1	
6	1	1	1				1	1
11	1				1			
23						1	1	1
24				1	1	1	1	
32						1	1	

34	1	1			1		1	1
2	1		1		1	1	1	
4					1	1	1	
9	1	1	1				1	
12								
13			1				1	
14	1						1	
15			1			1	1	
17		1	1				1	
18			1		1			
21	1	1	1	1	1		1	
33	1	1	1					1
N=19	8	6	9	2	9	6	15	4
Unités sémantiques repérées et reformulées (doc.1)	Les scientifiques utilisent des spectres d'absorption/de transmission	<i>absorption spectrum</i>	dans le domaine de l'infrarouge (bande d'absorption du CO ₂).	<i>Infrared spectrum of carbon dioxide</i>	détectent le CO ₂ dans l'atmosphère	<i>detecting CO2 on Earth</i>	déterminent la concentration de CO ₂ atmosphérique	<i>obtaining a gas concentration</i>

Unités sémantiques repérées et reformulées (doc.2)	Dosage par spectroscopie infrarouge d'absorption	<i>infrared absorption spectroscopy to measure gas concentrations</i>	en exploitant la loi de Beer-Lambert	<i>Beer-Lambert law.</i>	en utilisant la relation entre quantité de rayonnement absorbé et concentration de CO ₂	<i>The amount of absorbed laser energy is related to the molecular concentrations</i>
3	1	1				
5	1	1				
6						
11	1	1				
23				1		
24	1	1		1		
32						
34	1	1		1	1	
2		1		1		1
4	1	x		x	1	x
9		1		1		
12		1		1		
13	1		1			
14		1				
15	1	1	1	1		
17	1			1		

18				1	1	1
21	1	1	1		1	
33	1	1		1		
N=19	11	12	3	10	4	2
Unités sémantiques repérées et reformulées (doc.2)	Dosage par spectroscopie infrarouge d'absorption	<i>infrared absorption spectroscopy to measure gas concentrations</i>	en exploitant la loi de Beer-Lambert	<i>Beer-Lambert law.</i>	en utilisant la relation entre quantité de rayonnement absorbé et concentration de CO ₂	<i>The amount of absorbed laser energy is related to the molecular concentrations</i>

Annexe du chapitre V.3.3 - énoncés-cible, AE2

Énoncés-cible des élèves	spectres d'absorption	dans le domaine de l'infrarouge	détectent le CO ₂ dans l'atmosphère	déterminent la concentration de CO ₂	Dosage par spectroscopie infrarouge d'absorption	en exploitant la loi de Beer-Lambert	relation entre absorbance et concentration de CO ₂	courbe d'étalonnage	valeurs connues de concentration en CO ₂
5 : Ils effectuent une courbe d'étalonnage en prenant des atmosphères de moins en moins chargées en CO ₂ et effectue une analyse spectrale par IR et déterminent la concentration de base à partir de l'absorbance					1			1	1
11 : Ils font l'analyse de la courbe d'étalonnage, mesurent plusieurs valeurs connues de CO ₂ afin de déterminer la concentration dans l'atmosphère				1				1	1
19 : Il faut une analyse spectrale puis faire plusieurs mesures de CO ₂									1
32 : Pour détecter : ils font la courbe d'étalonnage -> quand ils déterminent la concentration dans l'atmosphère			1	1				1	
34 : Les scientifiques étudient d'abord la concentration de l'atmosphère en CO ₂ , en réalisant des spectres infrarouges des molécules présentes dans l'atmosphère. Puis ils veulent mesurer la concentration de CO ₂ dans l'atmosphère pour connaître son évolution. Ils mesurent donc la concentration de diverses molécules de l'atmosphère qui sont connues pour en déterminer d'autres à l'aide de spectres infrarouges et de leurs spectres d'absorption.				1					
9 : Détection : analyse spectrale pour trouver CO ₂ . Etalonnage : courbe d'atmosphère avec des concentrations en CO ₂ connu puis il détermine la concentration en CO ₂ dans la couche d'ozone			1					1	1
12 : On a identifié la solution en ayant comparé l'absorbance du bain de bouche									

lambda max aux autres colorants. Ensuite on a mesuré l'absorbance des six solutions.									
14 : A partir d'un satellite, les scientifiques utilisent un spectromètre pour analyser des spectres pour étudier l'évolution de CO ₂ et le réchauffement climatique. Pour étudier ces spectres, ils font un spectrophotométrie. Ils composent les lambda max obtenues avec d'autres Lambda max pour savoir la composition. Ils peuvent donc en déterminer la concentration.	1								
15 : En réalisant des spectres infrarouges de l'atmosphère et des spectres témoins des molécules recherchées, les scientifiques en les comparant déterminent les molécules présentes dans l'atmosphère terrestre. Une fois les molécules identifiées, pour suivre l'évolution de l'atmosphère, il faut calculer la concentration des divers molécules et ici du CO ₂ . Toujours à l'aide d'un spectromètre infrarouge, à partir d'un échantillon dont la concentration est connue, il est possible de déterminer d'autres concentrations.	1	1							1
18: Les scientifiques utilisent la spectrométrie infrarouge pour identifier le dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre. En calculant l'absorbance, ils arrivent à trouver la concentration grâce à la loi de Beer-Lambert.	1	1	1	1	1	1	1		
21: la même chose avec le spectre infrarouge		1							
33 : Grâce aux spectres d'absorption des molécules, ils mettent en évidence le CO ₂ atmosphérique. Ils mesurent sa concentration en mesurant d'abord son absorbance et grâce à la loi de Beer Lambert, ils retrouvent sa concentration.	1		1	1	1	1			
35 : Ils tracent une courbe d'absorbance avec différentes valeurs.								1	1
N=13	4	3	4	5	3	2	1	5	6
	spectres d'absorption	domaine de l'infrarouge	détectent le CO ₂ dans l'atmosphère	déterminent la concentration de CO ₂	Dosage par spectroscopie infrarouge d'absorption	la loi de Beer-Lambert	relation entre absorbance et concentration de CO ₂	courbe d'étalonnage	valeurs connues de concentration en CO ₂

Annexe du chapitre V.4.1.1 - énoncé, pages 1 et 2, AD2



AD « Temperature and emission of radiation »

ACTIVITE DOCUMENTAIRE

OBJECTIVES :

- Extraire et exploiter des informations sur un sujet scientifique
- Etablir un lien entre température et émission.

LE CONTEXTE

Dans le rapport scientifique de 2013 rédigé par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), on peut lire, p186-187 : « L'albédo moyen de la Terre est d'environ 0,3, ce qui signifie que 30 % de l'énergie solaire incidente est réfléchi vers l'espace, tandis que 70 % de cette énergie est absorbée par la Terre. L'énergie de courtes longueurs d'onde provenant du rayonnement solaire est transformée en chaleur sensible, chaleur latente (changements d'état de l'eau), énergie potentielle et énergie cinétique avant d'être émise sous forme de rayonnement infrarouge. La température moyenne à la surface du globe étant proche de 15 °C (288 K), le flux principal d'énergie sortant se situe dans la bande infrarouge du spectre ».

- How to explain that the Earth's surface converts incident solar energy into emitted energy as infrared radiation?

LES DOCUMENTS

Document 1: Radiation and temperature

Unless it has a temperature of absolute zero (-273°C) an object reflects, absorbs, and emits energy in a unique way, and at all times. This energy, called electromagnetic radiation, is emitted in waves that are able to transmit energy from one place to another. For example, this computer, trees, air, the Sun, the Earth, and all the stars and planets are reflecting and emitting a wide range of electromagnetic waves. These waves originate from billions of vibrating electrons, atoms, and molecules, which emit and absorb electromagnetic radiation in unique combinations of wavelengths.

Objects emit more intense radiation at higher frequencies as they are heated. A burned-out lightbulb [at room temperature, 27°C (300 kelvin)] emits no visible radiation, while a heat lamp [677°C (950 Kelvin)] emits most of its energy in the thermal infrared and a little low frequency (red) light.

The amount of electromagnetic radiation an object emits depends primarily on its temperature. The higher the temperature of an object, the faster its electrons vibrate and the shorter its peak wavelength of emitted radiation.

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>

KEYWORDS

English / Français

English / ???

Document 2 : Un corps noir

Un corps noir est un objet hypothétique (c'est-à-dire qui n'existe pas, qui sert de modèle) qui absorbe tout rayonnement incident.

Document 3: Spectra of blackbody radiation versus wavelength for different temperatures

Wolfram and P. Hübner (2007). Plotted thermal imaging as a tool in university physics education. Eur. J. Phys. 28:37-50, p38

Typical temperatures lie in the range from 0 °C to 1000 °C; consequently, thermal radiation—if plotted versus wavelength—is located in the wavelength region from 1 to 20 μm (see figure 1).

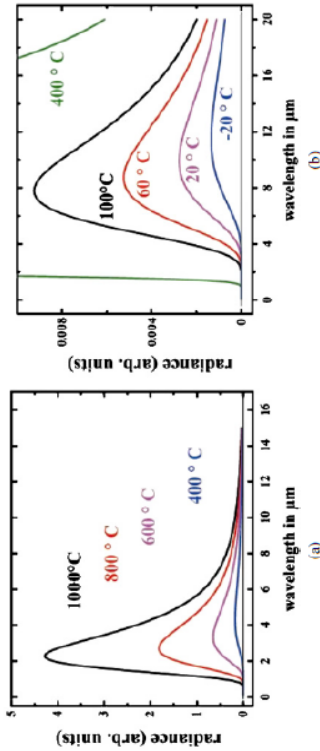


Figure 1. Spectra of blackbody radiation versus wavelength for different temperatures.

KEYWORDS

English / Français

English / ???

Annexe du chapitre V.4.1.2 - énoncés-cible, AD2

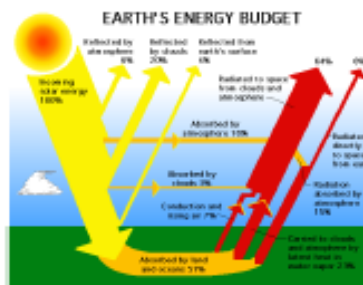
	Question investigatrice reformulée en français Enoncé-cible, réponse à la question investigatrice	absorption de rayonnement par la surface terrestre	conversion : solaire en IR	température corps et émission 15°C et émission IR	vibration microscopique	surface terrestre émet rayonnement
3	Comment expliquer que la surface de la terre convertit l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayonnement infrarouge ? Dû au changement de température et donc de milieu, l'énergie solaire ne peut que être transmise sous forme de rayonnement infrarouge		1			
23	On cherche à expliquer la conversion de l'énergie solaire incidente par la surface terrestre. Cette conversion est due au rayonnement infrarouge de la surface terrestre (~15°C) qui absorbe l'énergie solaire incidente et la convertit puis l'émet en rayonnement infrarouge	1	1	1		1
24	Comment expliquer que la surface de la Terre convertisse l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayonnement infrarouge ? L'énergie solaire incidente est absorbé par le sol qui a une température ambiante de 15°C, or pour cette température les rayonnements émis sont dans le domaine de l'infrarouge. Ainsi l'énergie solaire incidente est convertie en infrarouge.	1	1	1	1	?
34	Comment expliquer que l'énergie des rayons incidents solaires soit convertie en rayonnement infrarouge sur la surface terrestre? Un objet qui a une certaine température peut émettre de l'énergie. L'énergie est transmise en onde, elle peut être absorbée, émise et reflétée. La surface terrestre absorbe l'énergie solaire mais une autre partie est reflétée dans l'espace. L'énergie solaire absorbée par la surface de la Terre est transformée en chaleur et est émise sous la forme d'un rayonnement infrarouge.	1	1	1		
4	Comment expliquer que la surface terrestre transforme l'énergie solaire incidente en énergie émise comme le rayonnement infrarouge? La surface de la Terre absorbe l'énergie lumineuse transmise par le soleil, ce qui augmente la	1			1	1

	température ce qui fait vibrer ses électrons et provoque l'émission d'un rayonnement IR						
8	<p><i>Comment expliquer que la surface de la Terre convertit l'énergie solaire incidente en émissions d'énergie en rayonnement infrarouge?</i></p> <p>L'énergie solaire qui fait chauffer la Terre lui donne une certaine longueur d'onde en fonction de la température, et cette longueur d'onde étant d'environ $10\ \mu\text{m}=10000\text{nm}$ 10000nm $=\text{IR}>\text{lumière visible}$</p>				1		
10	<p><i>Comment expliquer que la surface de la Terre convertit l'énergie solaire incidente en énergie émise comme un rayonnement infrarouge?</i></p> <p>La quantité de radiation émise par un objet dépend avant tout de sa température, donc l'énergie solaire étant une température plutôt haute, elle convertit et émet donc une énergie dans le domaine des infrarouges.</p>		1	1			
12	<p><i>Comment expliquer que la surface de la Terre convertit l'énergie solaire reçue en rayonnement infrarouge?</i></p> <p>L'énergie solaire émet de la chaleur donc des rayonnements infrarouge puisque le rayonnement infrarouge est un rayonnement thermique.</p>						
14	<p><i>Comment peut-on expliquer que la surface de la Terre convertit l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayonnement infrarouge?</i></p> <p>La température intervient lors du passage de l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayonnement infrarouge. La température augmente le rayonnement et donc émet de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge.</p>				1		
15	<p><i>Comment peut-on expliquer que les rayonnements incidents solaires sont convertis et émis par la surface de la Terre en rayonnement infrarouge?</i></p> <p>Un objet ayant une certaine température peut réfléchir, émettre ou absorber de l'énergie. Or la surface de la Terre a une température de 15°C permettant l'absorption, l'émission et la réflexion des rayons solaires. On sait que la température de 15°C permet un flux d'énergie se situant dans la bande infrarouge. L'énergie solaire est alors transformée en chaleur sensible, en chaleur latente, en énergie potentielle et en énergie cinétique avant d'être émise par infrarouge.</p>	1	1		1		
31	<p><i>Comment expliquer que la surface de la Terre convertit l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayonnement IR?</i></p>						

	Les objets nous entourant [deux mots illisibles] la Terre reflètent et émettent des ondes électromagnétiques						
33	<p><i>Comment peut-on expliquer que la surface de la Terre est capable de convertir l'énergie solaire incidente en énergie émise sous forme de rayons infrarouge?</i></p> <p>Comme la température du soleil est très élevée, cette chaleur peut être transmise sous forme de rayons infrarouge.</p>						
	<p><i>Question investigatrice reformulée en français</i> Enoncé-cible, réponse à la question investigatrice</p>	absorption de rayonnement par la surface terrestre	conversion : solaire en IR	température corps et émission	15°C et émission IR	vibration microscopique	surface terrestre émet rayonnement
	N=12	5	6	4	4	1	2



Earth-Atmosphere : Energy Budget



OBJECTIFS :

- **Extraire et exploiter** des informations sur des réalisations ou projets scientifiques répondant à des problématiques énergétiques contemporaines
- **Faire un bilan énergétique** dans le domaine de l'habitat
- **Développer** ses compétences linguistiques

CONTEXT

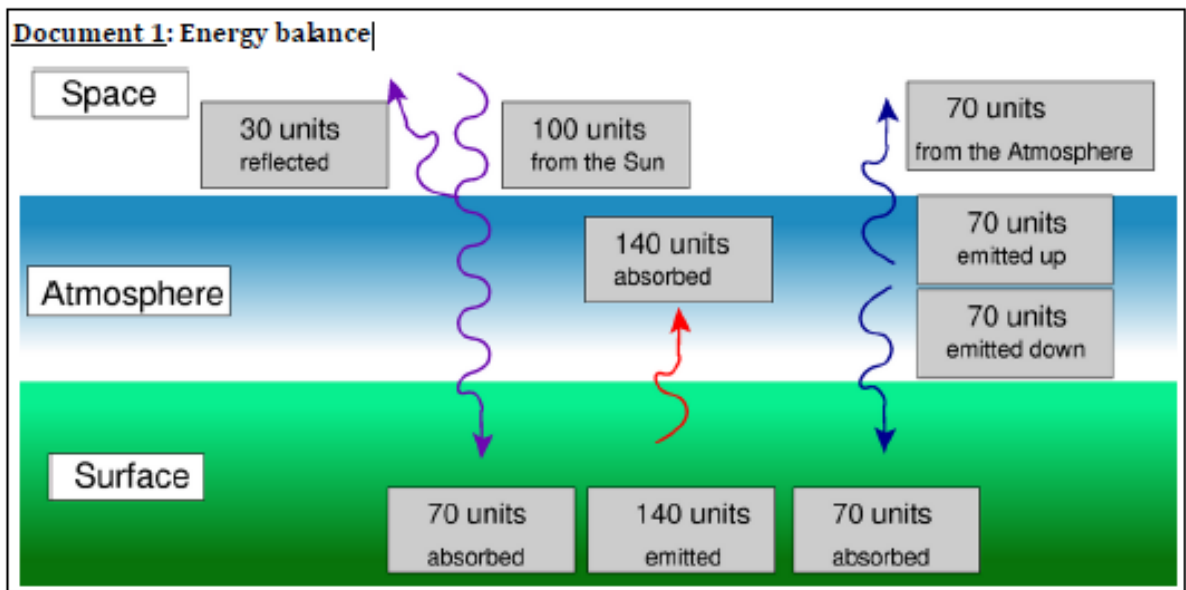
Pour comprendre comment le système climatique se réchauffe, les chercheurs de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) étudient les flux radiatifs d'énergie en effectuant des mesures "par les satellites de l'Expérience sur le bilan radiatif de la Terre (ERBE) entre 1985 et 1999, ainsi que par les satellites du Système d'étude du bilan radiatif de la Terre et des nuages (CERES) de mars 2000 à nos jours. Les mesures de flux radiatif à la limite supérieure de l'atmosphère sont extrêmement précises, ce qui permet de recenser les modifications du bilan énergétique net de la Terre d'année en année dans le cadre des missions ERBE et CERES, mais l'étalonnage absolu des instruments n'est pas suffisamment précis pour permettre de déterminer le flux absolu d'énergie dans la partie supérieure de l'atmosphère ou pour assurer une continuité entre les missions."

version française; IPCC, 2013: Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

➤ **How do IPCC scientists use balance energy to explain Global Warming and the rising planet temperature?**

The aim of this activity is to answer the inquiry question after having used an analogy with house building insulation materials.

DOCUMENTS



Document 1 (next part): Energy balance

The effective radiating temperature is defined to be that temperature an object will reach when a balance is achieved between the sunlight striking the object and the blackbody radiation released by the object. The basic balance equation is simply total energy in = total energy out. The temperature adjusts until this balance is achieved. If the object is receiving more energy than it is emitting, then the temperature increases, bringing the system closer to balance.

Figure 2. Energy balance of the Earth with an atmosphere. Shown are the round irradiance units for the incoming solar radiance (100 units), with 30% reflected (30 units) by the atmosphere, and the remaining 70 units passing through the atmosphere and absorbed by the surface. To balance the incoming energy, the surface heats until the thermal irradiance emitted is equal to 140 units, to balance both the incoming solar irradiance and the incoming thermal irradiance emitted by the atmosphere. [...]

Blais B. (2003), Teaching energy balance using round numbers, Physics Education 38 (6), 519-525

Document 2: Extract of annex III (Glossary) in the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Energy budget (of the Earth)

The Earth is a physical system with an energy budget that includes all gains of incoming energy and all losses of outgoing energy. The Earth's energy budget is determined by measuring how much energy comes into the Earth system from the Sun, how much energy is lost to space, and accounting for the remainder on Earth and its atmosphere. Solar radiation is the dominant source of energy into the Earth system. Incoming solar energy may be scattered and reflected by clouds and aerosols or absorbed in the atmosphere. The transmitted radiation is then either absorbed or reflected at the Earth's surface. The average albedo of the Earth is about 0.3, which means that 30% of the incident solar energy is reflected into space, while 70% is absorbed by the Earth. Radiant solar or shortwave energy is transformed into sensible heat, latent energy (involving different water states), potential energy, and kinetic energy before being emitted as infrared radiation. With the average surface temperature of the Earth of about 15°C (288 K), the main outgoing energy flux is in the infrared part of the spectrum.

IPCC, 2013: Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)].

KEYWORDS

English / Français

English / ???

.....

Document 3 : Résistance thermique des parois d'une maison



En optimisant l'isolation thermique d'une maison, la consommation énergétique des foyers est réduite. Pour comparer les propriétés thermiques des matériaux, un bilan énergétique peut être effectué avec des maisons isolées différemment.

Vous disposez d'un système « maison » muni d'un chauffage électrique (résistance chauffante de 6 ohms ; la puissance électrique reçue par cette résistance est $P=UI$).

Le but est de déterminer expérimentalement la résistance thermique d'une paroi de la maison (mur ou toit) et de choisir le matériau qui convient le mieux pour l'isolation de la maison. La résistance thermique R est la grandeur qui mesure l'aptitude d'une paroi plane à limiter le transfert d'énergie thermique lorsqu'une différence de température est maintenue entre ses deux faces à des températures T_1 et T_2 ($T_2 > T_1$, en Kelvins). Elle est liée à la puissance thermique Φ (en watts) qui traverse la paroi : $T_2 - T_1 = R \cdot \Phi$

Document 4 : Caractéristiques de différents matériaux utilisés dans l'isolation du bâtiment

Matériaux	Origine	Lambda En W/m.K	Prix	Durabilité	Energie grise kWh/m ³	Renouvelable	recyclable
Polystyrène	Synthétique	0,035	10€ /m ²	Instabilité Dans le temps	450	non	non
Laine de verre	Minérale	0,030 - 0,040	5€ /m ²	Peut se tasser	242 à 1344	non	réutilisable
Isolant mince	Composite	0,08	5-10€ /m ²	Dégradation dans le temps	important	non	non
Laine de chanvre	Végétale	0,038-0,046	20€ /m ²	Oui	40	oui	oui
Laine de bois	Végétale	0.039-0.050	15€ /m ²	Oui	13 à 50	oui	oui
Liège	Végétale	0,042	20-25€ /m ²	Oui	80 à 90	lentement	oui

*Lambda : conductivité thermique λ d'un matériau ; grandeur physique qui traduit l'aptitude du matériau à « conduire la chaleur. » Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus celui-ci est conducteur thermique (moins il est isolant thermique). La conductivité thermique dépend principalement de la nature du matériau et de sa température mais d'autres paramètres tels que l'humidité et la pression influencent sa valeur.

KEYWORDS

Français

Français / ???

MATERIAL

- 4 maquettes de maison en bois (une pour deux binômes), qui diffèrent par la couche de matériau utilisé sous le toit et dans les murs :

maison n°1 : chanvre 20mm

maison n°2 : polystyrène 20 mm+ placo 10mm

maison n°3 : polystyrène 4mm +aluminium 1mm

maison n°4 : liège 4mm


- un thermomètre dans la maison


- un thermomètre à l'extérieur

- **une résistance chauffante dans un circuit électrique série avec un générateur, voltmètre aux bornes de la résistance et ampèremètre dans le circuit.**


WORK TO DO


Part 1: Link between temperature and budget energy for a heated house


 **1. Représenter** par une courbe l'évolution prévisible de la température T_{int} relevée par le thermomètre à l'intérieur de la maison en fonction du temps : justifier sa proposition à l'aide des documents et de vos connaissances.

 **2. Réaliser** le montage du dispositif pour commencer à chauffer « la maison » et **relever** les valeurs de T_{int} au cours du temps.


(Enregistrer les données sur le réseau pour vidéoprojection à la classe en nommant son fichier « maison ... : mes espaces=>mes groupes=>TS1=>bilans thermiques)


 **3.1. Etablir** un bilan d'énergie pour le système « Maison » (air, murs, toit) lorsque la maison est chauffée.

 **3.2. En déduire** une méthode pour déterminer la résistance thermique du matériau utilisé dans la « maison ».

 **4. Compléter** les unités des grandeurs proposées, **reporter** les résultats et **calculer** le reste :


Grandeurs	T_i (.....)	T_f (.....)	P (.....)	R (.....)
<u>Maison n°1</u> : <i>chanvre 20 mm</i>				
<u>Maison n°2</u> : <i>polystyrène 20 mm + placo 10 mm</i>				
<u>Maison n°3</u> : <i>polystyrène 4 mm + aluminium 1 mm</i>				
<u>Maison n°4</u> : <i>liège 4 mm</i>				

 **5. Conclure** sur le meilleur matériau à choisir pour isoler une « maison ».

 **6. Proposer** une raison pour laquelle ce matériau n'est pas systématiquement utilisé dans les habitations.


Part 2: Understanding the scientist's work with balance energy to explain


Global Warming

 **7. Compléter** le tableau permettant d'établir une analogie entre le système « Terre avec atmosphère » et « Maison ».

Système thermodynamique en équilibre	Terre avec atmosphère	Maison (air intérieur, murs, toit)
Energies entrantes (d'où elle viennent -sources d'énergie, mode de transfert, ...)		
Energies sortantes (où elles vont- milieu extérieur, mode de transfert, ...)		
Parties du système qui peuvent « stocker, emmagasiner » ou utiliser une partie des énergies entrantes		
Energies mises en jeu lors du « stockage » ou de l'utilisation par des parties du système.		
Schéma modélisant le système en équilibre thermique, les transferts d'énergie avec le milieu extérieur.		
Graphique avec courbe indiquant l'évolution de la température du système en fonction du temps <i>Légendes à utiliser : régime transitoire, régime permanent, gains, pertes, stockage</i>		

Limites de l'analogie		
-----------------------	--	--

 **8. Reformuler** la question de recherche.

 **9. Répondre** à cette question.