

Université
de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail)

Présentée et soutenue par :

Lionel PELISSIER

Le mercredi 7 décembre 2011

Titre :

Etude de pratiques d'enseignement de savoirs de l'épistémologie en classe de
physique de lycée général
(ANNEXES)

ED CLESCO : Sciences de l'éducation

Unité de recherche :

UMR Education, Formation, Travail, Savoirs

Directeur(s) de Thèse :

M. Patrice VENTURINI, Professeur, Université Toulouse 2 Le Mirail

Rapporteurs :

Mme Andrée TIBERGHEN, Directrice de Recherche Emérite, CNRS

Mme Laurence MAURINES, Professeur, Université Paris 11 Sud

Autre(s) membre(s) du jury :

M. Marc BRU, Professeur, Université Toulouse 2 Le Mirail

M. Patrice VENTURINI, Professeur, Université Toulouse 2 Le Mirail

Sommaire des annexes

<u>ANNEXE 1 : VERBATIM DES SEANCES D'ENSEIGNEMENT</u>	5
<u>ENSEIGNANT A</u>	7
1 VERBATIM DE LA SEANCE	8
<u>ENSEIGNANT B</u>	33
1 VERBATIM DE L'ENTRETIEN ANTE-SEANCE	33
2 DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA SEANCE	38
3 VERBATIM DE LA SEANCE EN CLASSE ENTIERE	43
4 VERBATIM DE LA SEANCE EN DEMI-CLASSE	59
<u>ENSEIGNANT : C</u>	97
1 ELEMENTS D'APPUI POUR L'ANALYSE A PRIORI	97
2 DOCUMENTS DE TRAVAIL-ELEVES	97
3 VERBATIM DE LA SEANCE	102
<u>ANNEXE 2 : EXPOSE REALISE EN VUE DE CHOISIR UN DES TROIS ENSEIGNANTS DE L'ETUDE</u>	126

Annexe 1 : Verbatim des séances d'enseignement

Indications de présentation :

Les transcriptions verbatim des séances sont présentées sous la forme d'un tableau à 4 colonnes qui figurent le numéro du tour de parole (tdp), l'auteur du tour de parole (Professeur (P) ou Elève (E)), la transcription proprement dite et le temps (en min'sec).

tdp	P/E	verbatim	temps
-----	-----	----------	-------

le tour de parole incrémente à chaque fois que le sujet qui parle change.

Un élève est identifié par « E ». Lorsque il s'agit de plusieurs élèves : « Es »

Lors d'une série d'échanges entre l'enseignant et plusieurs élèves, et qu'il est nécessaire pour la lecture des échanges de comprendre à quel élève répond l'enseignant, ceux-ci sont notés E1, E2, E3...

Plus loin, on retrouvera la notation E

(in) signifie « inaudible » : nous avons repéré qu'un acteur parle à ce moment là, mais il ne nous est pas possible d'identifier le contenu du propos

Enseignant A

Niveau d'enseignement : Classe de seconde générale

Organisation : classe entière

Thème de l'enseignement : la physique des Gaz

1 Verbatim de la séance

tdp	P/E	Verbatim	Temps (min' sec)
1	P	<p>On vient de quitter toute une partie sur les forces, le mouvement, enfin des choses comme ça, et on va repartir un petit peu là-dessus pour étudier un système qui est très simple, c'est une seringue, la seringue elle est composée de deux parties, il y a ce qu'on peut appeler le corps de la seringue et puis le piston à l'intérieur. Alors je vais vous demander d'étudier d'abord une situation très simple. On a la seringue comme ça, on a le piston à l'intérieur, il est immobile, malgré qu'il soit sur une graduation qui est indiquée là-dessus.</p> <p>Ce que je veux que vous fassiez, c'est que vous dressiez un bilan des forces exercées sur le piston.</p>	
2	Elx	En plus de quoi ?	
3	P	<p>Non, Quand il est comme ça pour le moment. Vous faites un bilan des forces, vous faites ça sur une feuille, on commence par ça, un bilan des forces exercées sur le piston, pas le corps, le piston, d'accord ? Ce que je veux, c'est un bilan des forces exercées sur le piston.</p> <p>Aller, c'est facile, on va vite.</p> <p>C'est Benoît qui va le faire au tableau, vas-y</p> <p>C'est la partie mobile à l'intérieur, quand je tiens le piston, le corps, le piston, c'est ça la partie mobile.</p> <p>Aller vas-y.</p> <p>Alors qu'est-ce qu'on a comme forces ?</p> <p>Le poids.</p> <p>Le poids du piston, P, le poids du piston</p> <p>La réaction du support</p> <p>La réaction du support c'est quoi le support ici ?</p>	
4	Elx	la table.	
5		Non pas du tout, pas tout à fait, c'est le corps de la seringue, ce qui est directement en contact... réaction... bien, deux forces	

		<p>Est-ce qu'il y a des commentaires à faire sur le dessin, il a schématisé les deux vecteurs, il a dessiné de longueurs comment, l'un par rapport à l'autre, c'est des longueurs aléatoires ? C'est oui, pourtant, effectivement</p> <p>Parce que, oui qu'est-ce qu'on peut dire en utilisant des choses plus précises qu'on a vues en cours. Pourquoi est-ce qu'il peut affirmer que les forces se compensent ?</p> <p>Oui Laura, les forces d'inertie, le principe d'inertie, les forces se compensent...</p> <p>Il faut mettre ça dans le bon ordre, c'est extrêmement important pour le raisonnement qui est, qu'est-ce qu'il y a comme hypothèse, comme constatation, et qu'est-ce qu'on doit faire comme conclusion, oui ?</p>	
6	Elx	In.	
7	P	<p>L'objet est immobile, donc d'après le principe d'inertie, les forces se compensent. Il faut bien faire attention dans les exercices et dans les devoirs qu'on a fait, vous avez toujours ce problème là, ça a tendance à être on met le principe d'inertie et puis les conclusions et les observations dont on part sont souvent pas à leur place. Ici, c'est, on constate que c'est immobile, on en déduit d'après le principe d'inertie que les forces se compensent. ...</p> <p>Ce côté là va rester ici et il va participer à la suite. Sur cette seringue, j'ai marqué un trait qui permet de repérer la position du piston. Je vais compléter le dispositif, on va transformer la situation, je complète en utilisant une autre seringue, un tube de caoutchouc entre les deux, et je le mets comme ça. Est-ce que quand je fais ça, le bilan des forces est modifié par rapport à ce qu'on a dessiné ? Alors ce qu'il a dessiné, là le piston, certains l'ont dessiné autrement, par exemple comme ça, alors on imagine un peu mieux... Est-ce que le bilan des forces est modifié pour ce piston une fois qu'on fait ça ? Non.</p>	
8	P	<p>Alors maintenant, toi tu vas tenir cette seringue, ce piston. Le but, c'est de maintenir le piston tel qu'il est là, sur ce trait, tu fais ce qu'il faut pour cela. Moi je vais tirer. Quand je tire, toi tu vas devoir non pas pousser sur la piston mais de l'autre côté... Donc moi je tire là-dessus et il sent le sens de la force alors vas-y. Qu'est-ce que tu vas faire ? Alors tu dois tirer sur la piston, donc tu dois exercer une force et dans quelle direction et quel sens ? Vers toi, et si je tiens ça horizontal quelle est sa direction, horizontale aussi. Donc maintenant deuxième situation, je tire sur cette seringue et on fait un bilan des forces exercées toujours uniquement sur ce piston là.. merci, retourne à ta place.</p> <p>Donc, deuxième situation, c'est celle que je viens de représenter là, je tire sur ce piston ici, faut faire un bilan des forces, j'ai tiré sur le piston, je me suis stabilisé. Et lui pour tenir ce piston là à cet endroit, il a fallu qu'il</p>	

		<p>exerce une force que vous allez ... bilan des forces sur le piston...</p> <p>Donc la deuxième situation, vous schématisez ça, aller, Pierre...</p>	
9		... (longue pause où les élèves travaillent sur leurs feuilles)	
10	P	<p>Donc il faut effectivement un schéma, il faut aussi en plus du schéma, vous allez représenter des forces, il faut les nommer ces forces, vous vous rappelez que chose importante quand on parle de forces, il faut savoir les nommer et il faut savoir aussi pour être sûr quand on emploie des forces de ne pas aller inventer des forces, on a donné quoi comme consigne, savoir les nommer, et savoir trouver des caractéristiques, oui, et parmi les caractéristiques, il y a quelque chose dès les premières choses qu'on a fait sur les forces avec les TP, on a dit qu'il fallait savoir pour chaque force, c'est autre chose, pour être sûr de ne pas aller inventer des forces qui n'existent pas, du type par exemple des forces de vitesse, ces choses là qu'on a essayé d'éliminer quelque part, qu'est-ce qu'on dit, les forces devaient toujours être exercées par ... par un objet. Donc vos forces vous les nommez, vous pouvez en les nommant assez précisément les identifier, et trouver ce qui les exerce... ça fait partie du travail, aller.</p> <p>Alors je vais reprendre certains schémas indiqués...je vais commencer par...</p>	
11	P	<p>Voilà ce qu'elle dessine</p> <p>Alors on peut ou non dessiner le reste alors moi je choisis de ne pas dessiner le reste, il y a le corps de la seringue, ça le corps, et le reste de la seringue. Je choisis de pas le dessiner pour pas obscurcir le schéma mais évidemment il y a tout ça dans la situation.</p> <p>Il a reproduit le poids du piston et réaction normale, et puis il a représenté la nouvelle force, dessinée en rouge, qu'a dessiné Benoît, que je dois exercer comme ça. Alors celle là c'est le poids, la réaction normale, on les a déjà nommées, et F c'est la force exercée par Benoît.</p> <p>Bon, critique là-dessus ? C'est pas le schéma que tout le monde a tracé, mais j'ai vu ce schéma à certains endroits...oui, on peut faire une critique ?...</p> <p>Les forces ne se compensent pas, alors les forces ne se compensent pas toujours, le problème c'est, oui, le piston est immobile, donc, principe d'inertie, les forces doivent se compenser, conclusion, quelle conclusion là-dessus ?</p> <p>Que ... une force... ou des forces... pourtant il manque quelque chose... parce que, il y a ... où ces forces là existent, on ne pas en enlever, et elles ne se compensent pas, donc il manque des forces... alors forces qui ont été tracées par certains, je vois par exemple ... a tracé une force qui permet de</p>	

		compenser	
12	Elx	c'est de l'air	
13	P	<p>Alors ça c'est F'. Je la trace pour qu'elle compense. Le problème est quand même, je me doute qu'elle doit exister pour compenser ; on a un problème... mais il reste à identifier ce que c'est, qu'est-ce que c'est comme force, est-ce que, faut lui donner un nom...</p> <p>le piston qui aspire l'air, de l'autre côté. Le piston de l'autre côté... je peux pas dire que c'est une force exercée par le piston, ce serait pour lui une force à distance. Les forces à distance qu'on connaît c'est quoi ? On connaît le poids, les forces magnétiques, les forces électrostatiques, il n'y a pas de force exercée directement par le piston sur l'autre piston, donc je peux pas l'appeler force exercée par le piston c'est pas possible.</p>	
14	E	Par l'air qu'il y a dedans	
15	P	Alors, force exercée par l'air qu'il y a dedans. Ça vous va ? L'air qu'il y a dedans, c'est un fait, il est en contact avec le piston. Déjà... Alors, est-ce que ça pose un problème ?	
16	E	C'est pas un objet	
17	P	C'est pas un objet, l'air... vous êtes d'accord avec ça, qu'est-ce qu'on a appelé un objet ? Qu'est-ce qui te fait dire que ce n'est pas un objet, dis moi ?	
18	E	C'est pas matériel.	
19	P	<p>C'est pas matériel de l'air, c'est matériel de l'air, c'est formé... d'atomes... et de molécules éventuellement... donc c'est matériel de l'air... c'est pas un solide, c'est peut-être ça c'est pas un solide c'est matériel... alors je reviens à la force exercée par l'air... est-ce que ça vous pose des problèmes ou pas... ça a pas l'air de vous faire... quels problèmes ça pose ?</p> <p>Dans quel sens elle est exercée, bon je redessine quand même le corps, l'air dont on parle qui exerce la force il est là-dedans... je hachure un peu pour montrer qu'il y a de l'air... qu'est-ce qu'il y a de gênant dans cette force exercée par l'air ?</p>	
20	E	Elle attire	
21	P	Elle attire, c'est ça qui est un peu gênant, c'est une force qui attire. Alors que de l'air, on imagine, comment ça peut attirer, pour que... si je prends un objet... avec la main je peux l'attirer, il y a une différence un peu entre pousser et attirer... qu'est-ce que je suis obligé de faire... c'est ça qui nous gêne... c'est que dans l'air... est-ce que l'air agrippe sur la surface, est qu'il	

		la tient, c'est ça qui est un peu gênant... comment ça se fait que cet air arrive à attirer	
22	E	In.	
23	P	Oui, et alors ? Attirer comment, c'est ça ? La force doit être exercée par l'air... la force exercée par la main sur le piston, elle n'est pas exercée directement sur l'air. Nous ce qui nous intéresse, c'est la force exercée par l'air sur le piston. Ce qui nous gêne là, c'est que cette force ici devrait attirer alors que l'air n'appuie pas le piston, comment est-ce qu'on fait ?	
24	E	moins de pression	
25	P	Oui il y a moins de pression ... et alors ?	
26	E	l'air de l'extérieur	
27	P	Ah ! Alors là on tombe sur un autre problème. Là on parle de l'air de l'intérieur qui exerce une force qui attire, mais il y a de l'air à l'extérieur.	
28	E	une différence de pression	
29	P	Alors différence, pour le moment pression, c'est plus compliqué moi je reste au niveau des forces, d'accord, on viendra aux pressions après. Alors j'ai une autre question à vous poser qui va peut-être éclairer les choses. On a eu besoin d'une force exercée par l'air qui est à l'intérieur. Tout à l'heure dans la seringue, là, il y avait de l'air dans la seringue, est-ce qu'on a fait intervenir une force exercée par ça ? On a fait intervenir quand elle nous intéresse en fait, il y a toujours de l'air dedans, mais un coup il exerce une force, un coup il n'en exerce pas. Alors, faut être plus général, qu'est-ce qui peut dans l'air causer une force ?	
30	E	In.	
31	P	Dans quoi ... Il faut me dire maintenant, à essayer d'expliquer ce qui dans l'air peut créer une force. Alors la pression c'est pas une force, on reviendra là-dessus, c'est plus compliqué qu'une force alors pour le moment je ne veux pas en entendre parler, je reste au niveau de ce qu'on a vu jusque là en seconde, on a vu les forces. Alors il faut essayer de comprendre dans un gaz ce qui peut créer une force donc on en arrive à comprendre ce qu'il y a dans le gaz qui peut créer une force. Il faut un petit peu se souvenir ce que	

		<p>vous avez vu en troisième sur les gaz. Vous avez vu en troisième certaines choses sur les gaz, sur la composition des gaz, on en a d'ailleurs reparlé en seconde.</p> <p>Souvenez-vous par exemple du gaz dioxygène.</p> <p>On en a reparlé quand on a fait la constitution de la matière.</p> <p>Qu'est-ce qui il y a dans un gaz ? Un gaz, on la dit tout à l'heure, c'est formé d'atomes, de matière, un solide aussi. Un gaz ce n'est pas un solide. Quelle différence il y a entre la constitution d'un solide formé d'atomes et la constitution d'un gaz lui aussi formé d'atomes ? Comment se fait-il qu'ils aient des propriétés aussi différentes ?</p>	
32	E	In.	
33	P	Dans un solide, les atomes sont plus...	
34	E	Liés	
35	P	<p>collés les uns aux autres, très liés les uns aux autres, de façon à ce qu'ils ne peuvent ... séparer... pas trop bouger les uns aux autres. Dans un gaz, ils sont écartés les uns des autres. Un gaz c'est formé d'atomes qui eux mêmes forment parfois suivant les gaz des molécules, ces molécules sont séparées les unes des autres, et les unes par rapport aux autres, qu'est-ce qu'elles peuvent faire ...in ? Elles peuvent ... s'attirer ... par rapport au solide... tu as dit que dans le solide les atomes étaient liées les uns aux autres, il peuvent pas bouger les uns par rapport aux autres. Dans un gaz...</p> <p>Le stylo il est solide, il est formé d'atomes qui sont fixes les uns par rapport aux autres. Si je le pousse d'un côté, je pousse les atomes qui sont là, qui eux mêmes poussent les atomes qui sont derrière, et le stylo avance complètement. Si je pousse d'un côté, tout bouge d'un bloc, puisqu'ils sont liés les uns aux autres. C'est la même chose dans l'air, si je pousse quelques atomes qu'il y a devant, et ceux qu'il y a derrière ils se dispersent, puisqu'ils sont comment par rapport à ... du point de vue du mouvement, ils sont libres de bouger comme ils veulent, ils sont libres de bouger.</p> <p>Dans un gaz les molécules peuvent bouger les unes par rapport aux autres. Alors maintenant reprenons ce qui se passe dans un gaz ici. Qu'est-ce qui fait qu'un gaz va pouvoir exercer une force ? On va se représenter ce qu'il y a là-dedans. On a des molécules. Comment se représenter des molécules ? Comment visualiser un peu ça, concrétiser ? On va représenter ça par... Jérémie... des points. ... (in)</p> <p>Alors, selon mon système, pour expliquer que ça tienne, on a dit tout à l'heure, qu'il faut tenir compte du fait qu'il y a de l'air, non seulement à l'intérieur, mais aussi à l'extérieur, la même chose de l'autre côté.</p>	

		Comment se fait-il que des forces s'expriment comme ça, dans ce sens ? Que font ces molécules quand même ?	
36	E	In.	
37	P	Elles sont plus compactées de quel côté ? A droite là, parce qu'elles sont dans un espace clos ? Alors admettons, regarde au départ je suis parti de quoi comme situation ? J'avais ouvert ça comme ça, donc s'il rentre, l'air qu'il y a dans chacune des trucs il est plus compacté que ce qu'il y a à l'extérieur ? Là c'est clair, est-ce qu'il est plus compacté ou pas ? Je referme, c'est fermé, mais j'ai rien changé au gaz qu'il y a dedans. Au départ, il est plutôt, il est pareil qu'à l'extérieur. Maintenant je tire de ce côté là, j'augmente le volume, ce que je viens de faire c'est plutôt le contraire, les molécules qu'il y a à l'intérieur se retrouvent plutôt moins compactées que celles qu'il y a à l'extérieur. D'accord ? Après ?... Il manque quelque chose qui puisse expliquer. Tel que je l'ai représenté, est-ce que le gaz peut exercer la moindre force sur le... On a les molécules qui sont là... donc il peut y en avoir beaucoup. Là c'est une façon de concrétiser, évidemment, (in), telles qu'elles sont là, elles n'exercent aucune force là dessus. Qu'est-ce qu'il faudrait faire pour que ces molécules là-dedans exercent une force ?	
38	E	un gaz ça se dilate	
39	P	Un gaz ça se dilate, dans quelle condition ça se dilate ?	
40	E	il fait chaud	
41	P	Il fait chaud, là on n'a pas changé les températures et tout ça	
42	Ex1	(on entend un élève qui parle de pression)	
43	Ex2	ça se déplace	
44	P	les molécules se déplacent dans un gaz. C'est ça (in) dans notre représentation. Dans un gaz les molécules se déplacent. Alors, qu'est-ce que ça va faire si elles se déplacent ? Comment expliquer l'histoire de force ? Oui ?	
45	E	in. Elles viennent cogner contre	
46	P	On a des molécules qui se déplacent un peu dans tous les sens. En se déplaçant comme ça, certaines molécules viennent frapper le piston. Ça ça peut expliquer, c'est une façon d'interprétation, une description qui	

		<p>permet d'interpréter qu'il y ait une force sur le piston. Les molécules du gaz en se déplaçant, viennent frapper le piston. Donc elle exercent une force dessus. La force ici, c'est la force exercée par l'air sur le piston. Tout va presque bien sauf que la force qu'on a dessiné par là, alors que la force dont je viens de parler elle est, obligatoirement, dans ce sens là. Elle vient frapper le piston comme ça donc la force qui vient frapper l'air à l'intérieur, elle est pas comme ça, elle est dirigée dans l'autre sens. Donc on en avait besoin pour expliquer les choses. Le principe d'inertie, si on l'applique, il nous dit que pour l'appliquer, ce serait bien qu'on ait une force F' dirigée par là. On se casse la tête pour avoir une force, et on la trouve dans l'autre sens.</p>	
47	E	il y a l'air de l'extérieur	
48	P	<p>Il y a l'air de l'extérieur. Donc l'air de l'intérieur, par les chocs, il exerce une force dans ce sens là, (in) air de l'extérieur, OK. Donc il n'y a pas une force comme il est indiqué là, il y a là-dessus à rajouter, combien oui, deux forces. Alors maintenant, vous essayez à nouveau de faire un schéma qui puisse correspondre au fait qu'avec le principe d'inertie, les forces dans cette situation doivent se compenser.</p>	
49	P	<p>(Pause de travail : l'enseignant suit le travail individuel des élèves)</p> <p>Il faut rajouter les deux forces exercées par l'air intérieur vers l'extérieur.</p>	
50		<p>On a déjà les premières forces qu'on a représentées. Elles y sont toujours. Là-dessus il faut rajouter combien de forces ? Deux, celle exercée par l'air intérieur, celle exercée par l'air extérieur.</p> <p>Bon, alors, on complète ça, les forces exercées par l'air extérieur ? Je vais les dessiner en bleu les forces exercées par l'air. Donc on a ici une force exercée par l'air extérieur, l'air extérieur, dans le modèle que l'on est en train de faire, il vient taper comme ça, donc il exerce une force dans ce sens là, et donc une force, je ne connais pas les valeurs, donc je dessine pour l'instant des flèches de longueur quelconque. Donc mettons F, je la mets extérieure. Alors force, on va commencer à introduire un vocabulaire que je vais employer après, c'est une force exercée par l'air qui appuie, une force qu'on va appeler force pressante exercée par l'air extérieur. Puis il y a une force que je vais appeler intérieure qui est la force pressante exercée par l'air intérieur. Alors vous remarquerez que les forces qu'on introduit, on essaye de suivre ce qu'on avait indiqué, c'est à dire de trouver quel est en quelque sorte le responsable matériel de ça, c'est l'air, bon, et on essaye de comprendre comment cette force, de la nommer précisément, c'est à dire en même temps, de trouver le phénomène physique en cause. Quand on a commencé à parler de force de l'air, tant qu'on dit force de l'air, si on comprend pas, si on peut pas la rattacher aux grandes forces qu'on connaît, ça reste trop vague. Donc on a essayé de</p>	

		<p>comprendre avec le modèle des molécules à l'intérieur de l'air comment cette force pouvant s'exercer. Donc on a (in) ça donc on peut employer le mot force pressante. Alors je la trace. Alors il faut pas oublier, qu'en la traçant, on doit pouvoir respecter le fait qu'il y a le piston immobile, donc d'après le principe d'inertie, la somme des forces est nulle, les forces se compensent.</p>	
51	P	<p>J'ai deux forces verticales qui se compensent, le reste c'est des forces horizontales. Comment tracer ma dernière force pour que la somme des forces soit nulle ? La force dans ce sens là, elle doit être comment ? Il faut qu'elle ait une longueur telle que ça plus ça ça s'oppose exactement à celle-ci. Donc, ici, donc, comme ça, voilà, donc ça je l'ai faite beaucoup trop longue, il me reste cette longueur, là, ça se compense.</p> <p>Donc ça c'est la force de l'air intérieur. Elle est plus petite que la force exercée par l'air extérieur. Bon, alors, on peut comprendre un peu pourquoi elles sont plus petites. Elle est plus petite, rapidement, tu en as parlé tout à l'heure. C'est toi qui a parlé de ces choses là, qu'est-ce qui se passe pour l'air intérieur maintenant qu'on a tiré sur le piston ?</p> <p>Il est ?</p> <p>Tu fais la même erreur que ce que tu avais fait quand tu en as parlé ? Quand on a tiré sur le piston, il est pas compressé, tu avais dit qu'il devient plus compact, c'est le contraire, (in.), décompressé, mais donc on a moins de molécules là dedans qui viennent frapper la surface, on verra que la force est moins grande, on approfondira ça tout à l'heure. Bon, on peut s'arrêter là où il y a des choses à dire sur ce que l'on vient de faire ? Je crois que là on a tout dit sauf cette situation 2, on peut arrêter là dessus où il y a des questions qui chiffonnent un peu ? Quelqu'un tout à l'heure m'a posé une question, on verra ça après. Je vais la poser parce que. Celui là, sur la première situation. Oui, alors elles se compensent, de qui tu parles ? Toutes les forces se compensent, on a dit P et F se compensent, mais maintenant qu'on commence à tenir compte de l'air, de forces de pression, il y a des forces de pression dues à l'air intérieur et à l'air extérieur, et ces deux forces là se compensent. Donc là pour que le dessin soit complet, il faudrait qu'il y ait une force de l'air extérieur et une force de l'air intérieur, et elles se compensent exactement. Ça (in.) très souvent quand on fait des schémas là dessus, souvent, on n'en tient pas compte qu'elles se compensent exactement, en particulier, quand on a fait des choses en mécanique, on avait toujours des forces exercées par l'air, parce qu'elles se compensaient dans toutes les situations, on avait qu'elles se compensaient exactement, donc on en parlait pas. Voilà, ça va tout ça, alors maintenant on peut noter du cours qui correspond à tout ça avec d'abord une nouvelle partie qui s'appelle « l'air qui nous entoure » et là</p>	

		dedans, chapitre 1, « pression d'un gaz »	
52	P	<p>Donc j'ai pas cité ce nom là dès le départ pour qu'on puisse réfléchir aux forces sans trop qu'on ait l'esprit préoccupé par cette histoire de pression. <u>Le but du chapitre c'est au bout du compte d'arriver à la notion de pression.</u> Pour ça vous avez vu que pour comprendre ce que c'était la force il a fallu qu'on comprenne ce que c'est qu'un gaz, pour ça il a fallu qu'on bâtit, qu'on utilise un modèle moléculaire d'un gaz. <u>On va noter les résultats (in.) dans le modèle avant l'analyse des situations différentes.</u></p> <p>Donc, un gaz est formé de molécules se déplaçant dans le vide, à grande vitesse (répétition)</p> <p>En dehors des chocs, elles sont indépendantes les unes des autres (répétition). Ça c'est à bien connaître, vous pouvez le souligner ou l'encadrer. Par rapport à ce qu'on a dit tout à l'heure, est-ce que j'ai rajouté des choses par rapport à ce qu'on avait présenté quand on a (in.) la force pressante. Est-ce que j'ai rajouté des choses dans cette phrase ? Dont je n'aurais pas parlé. Oui, des chocs. De temps en temps elles se déplacent, de temps en temps, donc il y en a bien une qui va rencontrer l'autre, il y a des chocs, après ? Effectivement, ça se comprend... elles se</p>	
53	E	cassent	
54	P	<p>Cassent ? Il faut qu'on ait des vitesses grandes et que dans certains cas vous pouvez avoir des choses qui cassent mais pas dans un gaz qui est (in.) dans l'air (in.) casse pas. Faudrait un petit peu avoir des choses comme ça mais à condition de choquer beaucoup de gaz, on reviendra dessus, (in.) bon donc il y a des chocs, ensuite dans la phrase, il y a d'autres choses qu'on avait pas au moins souligné, qui était peut-être sous-entendu, dans le vide, jusque là on avait pas parlé de vide, c'était peut-être sous-entendu, mais on en avait pas parlé. Les molécules on avait dit qu'elles étaient séparées les unes des autres et elles se déplacent indépendamment, mais entre elles ?, ben, qu'est-ce qui (in.). Faut pas imaginer des molécules qui se déplaceraient dans un milieu (in.). Troisième chose que j'ai rajouté, on avait dit qu'elles se déplaçaient avec une vitesse, j'ai rajouté « grande vitesse ». (in. : avion) On prend un exemple donné là dessus.</p>	
55	P	<p>Alors par exemple, dans un litre d'Helium gazeux, à 0°C et à 1 atm. L'Helium, vous vous souvenez, c'est un des gaz rares. L'atome d'Helium, un gaz rare, un litre, d'Helium gazeux à 0° et 1 atmosphère. Une atmosphère, vous savez pourquoi, ça, c'est un petit peu anticipé, mais ça parle de quoi, ça, une atmosphère, ça c'est la pression, parce que, on va voir, tout dépend dans les gaz la pression intervient (in.). Donc dans un litre de ça il y a $2,7 \cdot 10^{23}$ molécules. (in.) vous savez ce que c'est un litre, le nombre de molécules dedans est immense, d'accord ?</p> <p>Un atome d'Helium a un diamètre d'environ 0,25 nm. Alors le gaz Helium</p>	

		<p>du fait que c'est un gaz rare, les atomes des gaz rares, d'une point de vue chimique, qu'est-ce que l'on a dit, sont, très stables, donc les gaz qu'ils forment sont des gaz monoatomiques, on en avait parlé à ce moment là, c'est à dire que la molécule c'est l'atome tout seul, qui est stable, donc il a pas besoin de faire des liaisons avec d'autres. Donc on a un gaz, qui contient, alors j'ai parlé de molécules, j'aurais pu dire atomes, puisque la molécule en fait elle est formée d'une seul atome, d'accord ? Chaque atome, 0,25 nm, il occupe en moyenne, un cube de 3 nm de côté, alors ça vous pourriez faire le calcul par vous-même, vous connaissez le volume total, vous connaissez le nombre de molécules, on peut calculer combien il y a de cubes et quelle est du coup l'arête d'un cube. Alors ça permet de faire quoi ça, c'était pour un peu fixer les idées. On peut comparer ce 3 nm de côté du cube dans lequel est chaque molécule, à quoi ? au diamètre de l'atome, alors on en dit quoi ? Si on compare ?</p>	
56	E	In.	
57	P	<p>Il est environ plus grand, mais enfin bon, on a pris quelque chose comme ça, et le cube il est, environ... (interpelle un élève par son prénom)</p> <p>Il est environ 12 fois plus grand, 10 fois plus grand, etc. pour les ordres de grandeur. On a chacune est dans un cube qui est environ dix fois plus grand. Alors évidemment, quand je dis qu'elle est dans un cube elle se déplace, donc vous voyez à peu près l'écart qu'il y a entre. Ensuite, la vitesse moyenne, la vitesse moyenne des molécules est de l'ordre, d'un atome, c'est des atomes ici, la vitesse moyenne d'un atome est de l'ordre de 10^3 m.s^{-1}. Alors c'est pour ça que j'ai parlé de grande vitesse. Dans les gaz, alors là ici c'est pour l'Helium, dans les gaz, les vitesses à la température de 0°C, sont couramment de plusieurs centaines de mètres par seconde, ici on arrive aux alentours de 1000 m/s. Enfin, dernière chose, en moyenne, la longueur d'un déplacement entre deux chocs (répétition) entre molécules est de l'ordre de 0,1 micro mètre. En moyenne, la longueur de déplacement entre deux chocs, entre molécules, est de l'ordre de 0,1 microm. Donc ça c'est du à des stat on peut pas obtenir en seconde, c'est le résultat de théories perfectionnées. C'est un peu pour fixer les idées. 0,1 microm, c'est pas bien grand à notre échelle mais comparé à la taille de l'atome, c'est combien, c'est quoi en gros ? De nm à microm il y a . Je pense pas qu'elles soient collées. On voit qu'ils sont pas presque collés. C'est une première chose, la deuxième chose, c'est la longueur entre deux... ça fait combien la différence, de nm à microm on a 10^3 fois plus grand alors c'est pas tout à fait, ça fait 500 fois la longueur d'une molécule à peu près entre deux chocs. Voilà, donc il y a quand même des chocs incessants comme on a dit là-dedans. Donc voilà le modèle du gaz. Alors pour montrer ça on peut faire une petite expérience qui montre ce qui se</p>	

		déplace, c'est ce qu'on appelle, ça, je veux pas donner de nom là dessus, c'est ce qu'on appelle l'agitation moléculaire, l'agitation thermique.	
58	P	<p>Alors ici on a un gaz dans ce flacon, c'est du dibrome. Vous voyez le gaz, il est coloré. La couleur qu'on voit c'est la couleur du gaz. Donc première chose, ce gaz coloré qui remplit tout le flacon. Donc ça ça s'interprète aussi à partir de l'agitation moléculaire, puisque les molécules à l'intérieur se déplacent dans tous les sens, donc elles vont remplir tout le flacon. Si vous mettez un solide là dedans, il tombe au fond, les atomes sont tous liés les uns aux autres ils restent au fond. Si on met un gaz, il a tendance à remplir. Alors dans ce flacon là il y a que de l'air (in.). Un gaz, c'est un mélange de plusieurs molécules, donc (in.). Donc je vais placer, je vais boucher celui-là, placer l'autre au-dessus, dans ce sens (in. : avion). Voilà donc je place un dans ce sens là, et l'autre, et dans l'autre dans l'autre sens comme ça. Alors on voit quand même qu'il y a une nette différence entre les deux.</p> <p>Donc, ici, dans ce flacon là on voit nettement que, il y a un mélange, on a ce gaz là qui part d'une façon très nette dans ce flacon ? Pour l'autre il va falloir attendre un peu, on voit que ça remonte un peu dans le col, mais il va falloir attendre un peu plus. Alors, pourquoi est-ce que ça a (in.) dans ce sens là ? Parce que... Mais si ce gaz là descend, ça veut dire en même temps, qu'est-ce qui va se passer pour l'air qui là-dedans ? Il va monter. Pourquoi ça se fait plus facilement dans ce sens là que (in.) ? Le gaz coloré est plus dense. Donc, il va descendre plus facilement. Donc on va le laisser un moment, il va finir par, petit à petit, remplir aussi les deux. Alors comment interpréter ça, du point de vue de l'agitation ? Simplement, si je me contente de ça, je pourrais dire, il est plus lourd, il tombe, terminé, (in.). Sauf que, avec des liquides, le plus lourd et le plus dense tomberait au fond, et dans le flacon de l'autre, Johan, si c'étaient des liquides, on dit il tombe dans celui du dessous parce qu'il est plus dense, qu'est-ce qu'on observerait dans celui du (in.). Et là in va monter progressivement. On va interpréter ça avec l'agitation moléculaire, le modèle moléculaire qu'on vient de voir. Qu'est-ce qui (in.) que ce gaz qui est dans un des deux flacons va progressivement, plus ou moins vite, passer dans le deux flacons ? Qu'est-ce qui pourrait aider, comme on n'arrive pas là à le démarrer comme ça, qu'est-ce qui aide dans ce cas là à raisonner ? Pour utiliser le modèle moléculaire, comment s'aider dans le raisonnement ?</p>	
59	E	un schéma	
60	P	Faut faire un schéma, on va l'indiquer. Expérience (écriture au tableau) Vous avez donc deux flacons. Donc au départ le représente les deux flacons avec ici de l'air, là du dibrome, et (in.). Ils sont séparés, et puis ensuite, je représente les deux mêmes, mais on enlève la surface de séparation.	

61		(Temps de travail où les élèves effectuent les représentations)	
62	P	<p>Ne faites pas les bocaux tout petits, on va représenter le modèle moléculairesdedans.</p> <p>Br₂, le dibrome, ce sont des molécules formées de deux atomes de brome. Une fois que vous avez dessiné ce que j'ai dessiné au tableau, vous essayez d'utiliser ce qu'on a fait du modèle moléculaire du gaz et de comprendre pourquoi ça peut permettre d'expliquer le fait que le dibrome passe d'un flacon dans l'autre et qu'il occupe, finalement, il y a des molécules de dibrome dans les deux flacons. (temps de travail des élèves, l'enseignant va de table en table donner formuler à nouveau les attentes).</p> <p>J'ai l'impression que vous êtes pas du tout sur ce que je voudrais... j'ai parlé là-dessus pour comprendre ce qui se passe, j'ai parlé on est en train de parler du modèle moléculaire, j'ai dit que c'est ça qui permet de comprendre, d'interpréter ce qui qu'on voit. Le modèle moléculaire, c'est quoi, on l'a dit, ce sont le fait que, le gaz est formé de molécules se déplaçant à grande vitesse, indépendamment les unes des autres. On fait un schéma pour essayer de concrétiser ça, et donc il faut essayer de représenter ce truc là, le gaz est formé de molécules se déplaçant à grande vitesse. Il faut faire sur le schéma quelque chose qui nous permette de visualiser ça, des molécules se déplaçant à grande vitesse, il faut dessiner ça, se débrouiller pour faire un dessin qui permette de visualiser ce truc là. Le gaz c'est formé de molécules indépendantes les unes des autres qui vont à grande vitesse. Une fois qu'on a dessiné ça, voir si ça permet de comprendre pourquoi ces molécules, pourquoi ce gaz va remplir à la fin les deux flacons. Alors des molécules on en a représenté tout à l'heure, Camille, les molécules, ça se représente comment ?</p>	
63	P	Des points, ensuite, la vitesse, Camille, comment on va faire pour la dessiner, c'est quelque chose qui donne une idée qu'elles ont des vitesses... parle plus fort stp	
64	E	des flèches	
65	P	Des flèches qui représentent la vitesse. Donc vous dessinez des molécules. Alors dans le flacon de Br ₂ , on a les molécules qu'on va représenter d'une couleur pour les différencier de celles de l'air, on a des molécules comme ça, alors, ces molécules dans le cas de Br ₂ c'est formé de deux atomes, mais je ne suis peut-être pas obligé pour comprendre ça de représenter les deux atomes, je représente un point pour la molécule. Et, elles ont des vitesses, ces vitesses elles sont pas toutes, alors j'ai vu des schémas, par exemple Jérémie, bien intentionné, il ma fait des vitesses comme ça, c'est	

		<p>(in.) parce que ça va montrer que ces molécules, qu'est-ce qu'elle vont faire, dès qu'on ouvre la porte, hop, elles montent, mais il y a quand même quand même quelque chose qui ne va pas là-dedans, elles sont dans tous les sens, sinon, on ouvre la porte, elles montent, et il n'y a plus personne dans le premier bocal, ce qui est faux, il en reste, donc elle ont des vitesses qui sont dans tous les sens, par là, vers le haut, vers le bas, comme vous voulez, il faut des flèches (in.). Et pour l'air, il y a d'autres molécules, alors il y a quoi, il y a du dioxygène et du diazote, il y a deux sortes de molécules, alors on va simplifier et on va représenter ça comme des molécules sans les différencier, peu importe, on a des molécules qui elles-mêmes vont dans tous les sens, voilà. Maintenant, on ouvre ça, qu'est-ce qui se passe ? Quand on a ce schéma sous les yeux on comprend facilement ce qui se passe. Ces molécules, parmi celles qui montent, il y en a qui viennent taper là, qui (in.) là, qui passent là, hop, (in.) et elles vont finir par aller monter dans le (in.). D'accord, donc ici une fois que ça c'est fait, on a des molécules qui sont passées dans ce bocal là, d'autres ici, et ça s'agitent dans tous les sens. Et l'air, c'est pareil, on voit le dibrome qui passe parce qu'il est coloré, l'air on le voit pas, mais, si on suit notre explication, forcément, il y a de l'air qui est passé, des molécules de diazote et de dioxygène, qui sont passées dans l'autre bocal ? On ne le voit pas mais, (in.) si notre explication est correcte, il y en a qui (in.) voilà. Alors, c'est un schéma qui sert à comprendre, à interpréter, montrer que notre modèle moléculaire permet de comprendre ça. Sur un schéma, on fait plus ou moins précis suivant les cas, normalement, le nombre de molécules, vous avez vu le nombre de molécules qu'il y a dans un litre d'air, eh bien on représente ça, on en représente quelques unes, du coup je fais pas trop attention au nombre, mais évidemment au total, le nombre de molécules qu'il y a, de dibrome qu'il y a dans les deux flacons là, à la fin, (in.) qu'il y avait ici au départ. Petite question annexe, une fois que c'est comme ça, les molécules sont dans ce flacon là, elles sont condamnées à rester dans ce flacon ?</p>	
66	E (en choeur)	non	
67	P	Ça va continuer sans cesse à d'échanger. Ça c'est pour l'interprétation, donc du modèle moléculaire d'(in.). Alors, on va s'arrêter cinq minutes, puis après on continuera...	
68	P	<p>On recommence</p> <p>Une fois qu'on a vu le modèle moléculaire, on arrive à (in.) force pressante. Donc, forces pressantes, je marque ça au tableau pour pas que ça vous prenne trop de place. Les forces pressantes exercées par un gaz sur un paroi (rép.). Le phénomène physique, expliquer à quoi est due cette force pressante, (in.) ? Donc à quoi est due cette force pressante ? oui,</p>	

		déplacement des atomes et des molécules dans un gaz, est-ce que c'est, vraiment, il y a un déplacement qui est derrière mais la force sur la paroi elle est créée par quoi ?	
69	E	par les chocs	
70	P	<p>Par les chocs des molécules du gaz sur la paroi ; Donc vous notez ça, (in.) c'est pas la peine d'aller jusqu'à dicter, donc elle est créée par les chocs des molécules du gaz sur la paroi. On vient de dire que ce qui crée la force pressante, c'est le choc des molécules sur la paroi. Alors chaque molécule crée une petite force. Imaginons qu'on ait réussi à extraire dans un flacon, comme ça, avec un bouchon, on a réussi à extraire tout l'air qu'il y a dedans sauf une molécule, (in.) qu'on puisse faire ça. On a donc tout extrait sauf un molécule ? Prenez pas le schéma. Ça va faire quoi ? (in.). Alors je regarde la force pressante exercée sur le bouchon, qu'est-ce qui va se passer ? A chaque fois qu'elle le touche, il va y avoir une force qui va pousser vers le haut. Autant dire qu'un molécule, ça va donner une petite force, d'une part, et d'autre part, tac, tac, tac, ... (dessin au tableau), qu'est-ce qu'elle a cette force ? Elle est faible et puis... il y a une force, elle est pas constante, de temps en temps on a une force qui s'exerce dessus, OK, alors que quand on a un gaz et qu'il exerce une pression, c'est pas de temps en temps tenir le piston, alors ? Comment est-ce qu'on passe de cette force de temps en temps à une force pressante qui s'exerce de façon continue et qui n'est pas toute petite. Alors, comment on passe à ça ? D'abord, il y a, oui, il n'y a pas une petite comme ça, il y en a beaucoup, donc on a donné le nombre tout à l'heure, donc ça veut dire quoi sur la paroi ? A un instant donné, il y a plusieurs ce plusieurs étant, il y a plusieurs quoi ? Il y a plusieurs forces, plusieurs chocs ce plusieurs, qu'est-ce qu'on peut en dire ? Dans un litre, on a dit qu'il y avait à peut près combien de molécules, de l'ordre de 10^{23} molécules Donc on va avoir à chaque instant ce plusieurs il est immense On a un nombre de choc immense à chaque instant sur la paroi. Donc on va avoir cette addition de ces toutes petites forces microscopiques pour donner une force qui va être une force qu'on appelle macroscopique. Micro, c'est au niveau de chacune des molécules, macroscopique, c'est quand un regarde ça sur l'ensemble des molécules. Et la force macroscopique, elle est pas de tant en temps cette fois ci. Elle est pas de temps en temps, elle est continue, elle est toujours la même et c'est pas une force (in.). OK, bon on va noter ça : à chaque instant un très grand nombre de chocs a lieu sur la paroi (rép.). Chaque choc crée une force microscopique. Vous allez à la ligne. La force pressante est une force macroscopique qui est la somme de ces forces microscopiques (rép.). Microscopique, vous avez microscope, macroscopique , on entend parler dans un terme en photographie, vous avez entendu parler de ça, la macrophotographie, quand on photographie des, avec des objectifs qui</p>	

		<p>permettent de faire de la macro. Alors maintenant on représente ça ici, alors imaginons qu'on ait, on va commencer à faire des dessins avec des, une surface, une paroi, et puis, pour un élément de paroi, et je prend un gaz qui a ici, alors, cette paroi ici, alors ça représente quoi, un machin (in.), je l'ai fait sous forme circulaire, j'aurais pu (in.). Je lui donne une épaisseur à la paroi, pour que je vois bien que c'est une paroi. C'est ça, vu en perspective. Vous avez d'un côté un gaz. De l'autre côté, il peut aussi y avoir un gaz peu importe, celui qui m'intéresse c'est celui de ce côté-là. Alors on essaye de lier ça avec l'interprétation microscopique. Qu'est-ce qui fait la force ? Il y a des molécules qui arrivent comme ça, qui viennent frapper sur la paroi. Alors, il y a dans tous les modèles, (in.) plus ou moins simples évidemment ; on va faire le modèle le plus simple possible, qui nous permet de comprendre ce qui se passe. On ne le complique que si on tombe sur des écueils au moment, on arrive dessus qu'est-ce qui arrive à cette molécule qui vient frapper la paroi (in.). Elle arrive comme ça, donc en bleu, molécule, mais on n'a pas qu'une seule molécule qui fait ça, on a un très grand nombre de molécules qui arrivent et qui rebondissent. Ça va dans tous les sens, on met un trait (in.). Ça ça donne un (in.) d'une couleur, ça donne quoi, ça donne une force pressante sur la paroi. C'est l'ensemble des chocs qui va à un instant donné créer cette force. Donc ça donne, la force je la représente par une flèche, donc cette flèche elle va être dirigée de où vers où ? Alors là c'est en perspective, c'est censé être ça, l'air est ici et le gaz est là. La force pressante elle va être : comme ça. (in.) le représenter, elle part de là, la somme des forces, alors toutes les forces s'exercent un petit peu sur toute la surface. On fait la somme, ça donne une force dont le point d'application sera au centre de la surface, mais elle est dirigée par là-bas, (in.) comme ça. Des pointillés au début, ça ce voit pas, mais que les force pressantes F comme ça... plus ou moins... c'est pas extraordinaire, j'ai fait un peu incliné... Donc c'est une force qui est dirigée... donc c'est la résultante des forces microscopiques. Bon, alors au passage puisqu'on a parlé de la force, on rappelle ou on donne son unité dans le système international. Ça va être quoi, les unités de force pressante dans le système international, l'unité de force pressante ce sera . Alors là, est-ce qu'il faut remonter au microscopique ? L'important pour l'unité c'est que c'est la force pressante avant tout c'est une</p>	
71	E	Force	
72	P	<p>Une force et donc Newton, que ce soit une force pressante, une force gravitationnelle, ce que vous voulez, toutes les forces, leur unité dans le système international, c'est le Newton, donc on aurait pu, ce n'est qu'un rappel, ça. Peu importe que ce soit une force pressante, c'est une force, donc l'unité, le Newton.</p> <p>(in. : discussion en aparté avec certains élèves)</p> <p>2.2. Propriétés</p>	

	<p>Bon, dans les propriétés des forces, on va parler de direction, de sens, et on va parler de son intensité. Direction, direction de la force. Alors on peut essayer de réfléchir avec le modèle moléculaire. Chaque petite force met (in.). Avec le dessin qu'on a représenté, ça vient, ça rebondit, comme ça, et tel que je l'ai représenté, en rebondissant, c'est un peu comme quand on représente ça, avec l'idée qu'on a d'une balle et qu'elle rebondit. Si vous la lancez comme ça, elle va rebondit comme ça, c'est à dire avec un angle (in.) qui sont égaux. Si je la lance là, elle rebondit comme ça, si je la lance comme ça elle rebondit comme ça. J'ai représenté le truc le plus simplement possible. Ça donnerait quoi comme force exercée, qu'elle rebondisse comme ça ; elle serait comment comme direction la force exercée par la balle (in) ? Il faudrait qu'elle soit sur la normale. Telle que je l'ai représentée, ça incite à penser à une force qui serait comment par rapport à la surface ? Perpendiculaire, chacune des forces serait perpendiculaire à la normale. (in.) elles sont perpendiculaires. C'est bien pratique, en fait le modèle est très simple.</p> <p>Est-ce que c'est vrai, ça ? Alors on a une petite expérience avec ça (in.). On prend non pas un gaz, il faudrait faire avec de la fumée, on n'a pas grand chose avec lequel on puisse faire ça, faudrait de la fumée de cigarette pour faire ça, donc on va faire ça avec de l'eau. On a une sphère ici qu'on a remplie d'eau et il y a des trous. On la remplit d'eau et on va exercer une pression sur l'eau. C'est plus un gaz, c'est un liquide, c'est pas tout à fait pareil quand même, mais on peut aussi créer des forces pressante avec ça, et on va regarder la direction du jet d'eau qui sort des trous qu'on a créés là. Vous avez une sphère (in.). On a une sphère, on a (in.) un peut par là, puis on va exercer une force pressante, pour que l'eau exerce une force pressante comme ça sur les (in.) et on va regarder la direction des jets d'eau quand ils sortent pour avoir une idée de la direction de la force pressante, puisque elle appuie sur les gouttes d'eau, elle les fait sortir, donc elle va leur donner une direction au départ qui sera celle de la force. Donc on fait ça alors. Regardez bien, je ne vais pas pouvoir recommencer (in.) un peu partout, donc on sort ça et on appuie là. Ça donne quoi ? (in.) pas particulièrement cette expérience (in.) alors regardez bien, parce qu'il faut appuyer fort pour que ça donne la direction, (in.) et si on appuie fort, on en met partout, et donc je recommence, là, hop, très concluante. Et donc ça donne quoi en gros comme direction. Un trou qui est là, ça donnait quoi comme direction. Alors ça part comme ça, un jet d'eau. L'important, c'est la direction au départ, comme ça, celle là ça partait comme ça, ici comme ça. Donc ça pousse les molécules d'eau dans une direction qui est perpendiculaire à quoi, (quelques élèves répondent un peu tous en même temps) à la tangente, c'est à dire perpendiculaire à la surface. Donc, on va se contenter de ça et admettre le résultat : la force pressante est toujours perpendiculaire à la paroi sur laquelle elle s'exerce (rép.).</p>	
--	--	--

		<p>Deuxième chose, le sens, c'est plus facile, ça va être, pousser, c'est à dire que ça va aller du gaz vers la paroi, le sens, toujours du gaz vers la paroi. On a donné dans (in.) force pressante, ce n'est jamais une force qui puisse attirer, donc son sens, toujours du gaz vers la paroi. On a la direction et le sens. Alors, sur la direction, (in.), c'est une force un peu particulière de ce point de vue là.</p> <p>Si je prends un gaz, un volume de gaz, un gros cube qui contient du gaz. On le met un peu sous pression, et on met de quoi mesurer la pression. Pour mesurer la pression, on prend une capsule qui possède une membrane. Le gaz va appuyer sur la membrane et avec ça on peut mesurer (in.) une pression. Quand je plonge la membrane, elle a une forme comme ça, le gaz appuie sur la membrane et je mesure la pression. Là, la force pressante, en ce point là, elle va être dirigée comme ça. Maintenant, si je met la même capsule comme ça, et placée au même endroit, la force pressante elle a plus la même direction, elle est perpendiculaire à la paroi sur laquelle elle s'exerce, (in.) comme ça. Cette force pressante en un point du gaz, sa direction elle dépend de la paroi, de l'inclinaison de la paroi (in.).</p> <p>D'accord ? Ca se comprend avec les chocs des molécules, c'est une peu particulier, bon, maintenant, la norme.</p> <p>Alors, on va noter une première chose : la norme ne dépend pas de l'orientation de la paroi (rép.). Alors on va pas donner l'explication, c'est une peu long, mais on va la donner oralement. Quelqu'un peut expliquer pourquoi la norme, j'ai dessiné là une paroi à l'intérieur, pourquoi de la norme de la force, sont intensité, ne dépend pas de la façon dont j'ai placé la capsule (in.) ?</p>	
73	E	In.	
74		<p>Ça va , oui ? atome, molécules... des forces, les petites molécules du gaz, effectivement, vont dans tous les sens, c'est à dire que, si on place comme ça, on a des chocs, si on le place autrement, ça n'empêchera pas d'avoir des chocs, en même nombre, avec les même vitesses, ça ne change rien sauf la direction de la force. Du point de vue de sa valeur, on va avoir le même nombre de chocs, on peut compter le nombre de chocs pour un petit intervalle de temps, il y en a une certain nombre, vous changez, vous aurez le même nombre de chocs. Les vitesses de molécules seront les mêmes, donc on aura la même valeur de la force, OK ? On va pas noter l'explication maintenant, mais voilà que (in.).</p> <p>Alors maintenant, on arrive à autre chose. Ça ne dépend pas de l'inclinaison, etc., cette force pressante, elle va dépendre de la surface sur laquelle elle s'exerce. (in.) en gros comment ça dépend de la surface, comment ça s'explique. Je viens de dire que la force, sa valeur, dépend de la surface de la paroi, surface, donc quelque part de la mesure de la surface. Est-ce que d'abord c'est logique que ça dépende de la surface, et dans quel sens ça va en dépendre, qui peut nous expliquer ça ? Qu'est-ce</p>	

		<p>j'appelle dépendre de... la surface... Yohan.... ça veut dire quoi dépendre de la surface ? Si la surface est modifiée, la force est modifiée, c'est ça dépendre. (in.) Alors est-ce que c'est logique que si la surface est modifiée, la force pressante soit modifiée. Alors il faut se fixer un peu, il faut modifier, on peut diminuer ou augmenter, il faut choisir, peu importe, il faut choisir... Sophie... on augmente, on imagine qu'on augmente la surface. Qu'est-ce qui va se passer pour la force... elle va augmenter... qu'est-ce qui vous incite à penser qu'elle va augmenter, oui, il va y avoir plus de chocs, vous augmentez la surface, il va y avoir plus de chocs, donc la force va augmenter, la force dépend de la surface, elle va augmenter... oui ?</p> <p>Et après ce qu'on aimerait bien c'est aller plus loin. Dépendre de, savoir que ça augmente, c'est bien, on aimerait bien aller plus loin, aller plus loin c'est quoi ? C'est pouvoir trouver une relation</p>	
75	E	Une relation	
76		qu'on puisse mettre sous forme, oui une relation qu'on puisse mettre sous forme... mathématique. Alors on a vu, si on augmente la surface, la force augmente. C'est pas la première fois qu'on fait ce genre de chose. Si on cherche une relation, a priori on commence par rechercher, évidemment,	
77	E	(in.)	
78		parce que c'est, parmi les relations qu'on connaisse, mathématiques, c'est la plus simple... la proportionnalité. Est-ce qu'on pourrait justifier une relation de proportionnalité...oui ?	
79	E	Si on double la paroi	
80		Si on double la surface de la paroi, raisonnement qu'on a utilisé déjà un certain nombre de fois. On veut rechercher une proportionnalité, avoir une idée de, est-ce qu'on peut avoir une relation de proportionnalité ? On commence par regarder ça, peut-on par un raisonnement simple voir ce qui se passe quand on double une des grandeurs, donc (in.) si on double la surface de la paroi. Alors on va noter (in.) pour en arriver là : la force, on a noté la force dépende de la surface (rép.), elle augmente lorsque la surface de la paroi augmente (rép.), puisque, (in.) on a expliqué plusieurs fois pourquoi, puisque, oui, il y a plus de chocs sur la surface. Bon, maintenant, donc, si on double la surface (rép.). Alors, montrer la proportionnalité, il y a plusieurs façons. Ça c'est, on commence (in.) par un raisonnement : on essaye de montrer que si on double la surface, à ce moment là, la force, si c'est proportionnel, la force devra... un petit raisonnement basé sur quoi ?	

		Sur quoi peut-on s'appuyer ? Il n'y a pas de mesures là. Pour montrer une proportionnalité, on peut aussi se baser, là, c'est pas le cas. Alors, qu'est-ce qui peut nous aider ?	
81	E	Un schéma	
82		<p>Un schéma, c'est ce qu'on a fait de nombreuses fois. Un schéma qui puisse montrer ça. Alors sur le schéma (in.). Sur le schéma. Et les autres, il attendent pas que ce soit fait, évidemment, il se font un petit schéma sur lequel on doit obligatoirement avoir une surface double. Alors on a une surface, alors si tu veux la doubler à mon avis c'est plus simple de la représenter sous la forme d'un carré, parce que doubler un cercle ça doit pas être évident. Un petit carré. Bon, c'est la paroi, c'est l'épaisseur, tu l'as hachurée, de la paroi ? Après. (in.). J'entend à peine ce que tu dis d'ici. C'est plus grand, mais c'est pas seulement plus grand. On n'a pas que plus grand, regarde, c'est écrit au dessus. Dessus il y a marqué quoi, si on... double, c'est pas seulement plus grand, c'est doublé, c'est pas pareil, alors il faut doubler la surface, allez, doubler la surface...</p> <p>OK, après, la force pressante là-dedans ? ouais, OK, prend une autre couleur peut-être, et puis appuie un peu sur la craie. Bon ben c'est pas grave, on va (in.) avec... (discussion au tableau avec l'élève)</p> <p>Donc c'est 2F c'est ça ? Bon, tu t'écartes un petit peu, qu'est-ce que vous en pensez ?</p> <p>C'est bon on a montré que si on double la surface, la force est doublée ? Bon très bien, eh bien maintenant je vais montrer qu'on la triple, regarde... Toi, tu montres qu'on la double, moi je montre qu'on la triple. Non, on conserve deux fois la surface et le montre qu'on la triple. Je dessine une flèche trois fois plus grande. Qu'est-ce que je veux montrer par là, que tu n'a rien montré, tu as dessiné une force deux fois plus grande, mais tu n'as pas, avec le schéma tu n'as rien montré. Moi je veux bien que la force soit deux fois plus grande, on veut arriver à ça, mais le schéma (in.) faire comprendre pourquoi (in.) pour moi, il n'y a rien de montré. Tu comprends, tu as dessiné deux fois plus grand, tu as pas montré que c'était deux fois plus grand. Alors qu'est-ce qui pourrait nous amener à,</p>	
83	E	Dessiner la force	
84		<p>il faut dessiner ce qui crée la force, faut s'aider avec ça, c'est à dire les chocs, donc tu prends en rouge maintenant, qu'on voit bien, tu nous dessines quelques chocs là-dessus, sur la première surface. Appuie un peu sur la craie, aller vas y, vite quelques chocs là-dessus...</p> <p>faudrait peut-être se mettre à faire quelque chose aussi, pas attendre que ça tombe tout cuit.</p> <p>Bon, voilà, alors maintenant, c'est là qu'il faut bien réfléchir au truc. Dans</p>	

		l'histoire des flèches, il y peut-être un petit problème quand même, elles rebondissent, elles vont pas. Bon, à part ça, bon, alors maintenant le lien avec l'histoire de la force qui double. Ça y est tu t'en sors, voilà alors maintenant, parle nous un peu de cette histoire de doubler la force.	
85	E	Il y en a deux fois plus qui (in.) des chocs	
86	P	<p>Oui, c'est à dire qu'on pourrait aussi représenter ici une première force qu'on aurait là, et une deuxième force là, et la somme des deux nous donne celle-ci. Tu peux aller t'asseoir maintenant.</p> <p>Alors on a deux forces comme ça et la troisième, je vais la représenter d'une autre couleur, pour vois la différence, ça donne ça, bref, voilà.</p> <p>Donc, vous voyez ici d'une part, la différence avec ce qu'il avait fait dans un premier jet. Il avait commencé par, il avait dessiné ses surfaces, et puis il avait représenté le résultat qu'on voulait obtenir. Il n'y avait pas de démonstration, tandis que là, ici, <u>on a une explication, on a une interprétation avec le modèle moléculaire</u>. Sur chacune des parois, il se passe ce qui se passait sur celle là, et donc les deux forces vont s'additionner. Ça va ? Donc conclusion de ça, on va pouvoir encadrer : la force exercée sur une paroi a une intensité proportionnelle à la surface de la paroi (rép.).</p> <p>Bon, et ça nous permet maintenant de définir la pression de façon correcte.</p> <p>Pression d'un gaz : bon alors vous avez vu au départ quand on a commencé à analyser l'histoire des seringues, certains ont commencé à d'orienter vers la pression, ce qui est une réflexe naturel parce que la pression ça parle effectivement de la façon dont un gaz appuie sur une paroi. Donc ils ont été tentés d'utiliser ça. Moi je ne voulais pas le faire tout de suite, mais c'était au niveau des forces. Effectivement, la pression, c'est quelque chose qu'on utilise, qui nous sert à caractériser la façon dont un gaz appuie sur des parois. Le problème, c'est que si on utilise la force pressante, c'est à dire la première des chose qui soit accessible, la force, la force pressante elle dépend du gaz, mais elle dépend aussi de la surface sur laquelle on l'exerce. C'est à dire que si vous prenez de l'air dans un pneu, et vous voulez parler de la façon dont il appuie sur la paroi, si vous voulez le décrire avec la force pressante, vous voulez dire qu'il exerce une force sur la paroi, sa force pressante est de tant de Newton, ben la force pressante va dépendre de la surface du pneu.</p>	
89		<p>A la surface de cette paroi</p> <p>Donc nous permet maintenant de définir la pression de façon correcte :</p>	

		<p>pression d'un gaz</p> <p>Or on voudrait quelque chose qui caractérise les gaz sans parler de la surface, que ce soit une caractéristique du gaz tout seul, s'il exerce sur une grande surface une grande force, une petite surface, une petite force, mais c'est quand même le même gaz, qu'on prend dans le mêmes conditions. Donc on voudrait quelque chose qui le caractérise lui tout seul, sans parler de la surface. Alors là, du fait que la force pressante est proportionnelle à la surface, on a du point de vue mathématique, on peut utiliser ça, en utilisant le rapport de la force sur la surface. Si F et S sont proportionnels, qu'est-ce qu'on peut on dire du rapport...</p>	
90		il est constant	
91		C'est à dire que, ça ne dépend pas de quoi	
92		Ni de F	
93		De F ni de	
94		De S	
95		<p>S, ça ne dépendra plus que du gaz, et c'est ce qu'on appelle la pression. Donc la pression, ça a bien à voir avec ce qu'exerce le gaz sur les parois, mais ça ne dépend plus de la surface, ça dépend que du gaz, c'est pour cela qu'on l'utilise et c'est pour ça que j'ai pas voulu en parler tout de suite non plus, c'est plus compliqué, ce qu'on connaît bien nous ici c'était les forces. Donc voilà pour la pression. Alors on écrit ça : la pression est définie par, la pression d'un gaz est définie par $P = F/S$, F étant la force pressante exercée par le gaz sur une paroi de surface S. On encadre ça avec ... ça ça fait partie de la définition. En dessous, on va marquer ce qui nous a servi de guide : la pression dépend donc uniquement du gaz et pas de la paroi (rép). Cette fois-ci on a défini une nouvelle grandeur. La pression ça ne fait pas partie des grandeurs qu'on utilise jusque là donc il faut son unité. L'unité du système international de pression, alors ça va être quoi ?</p>	
96		Pascal	
97		<p>Alors d'une part, on l'appelle, on en parlait, le Pascal, ...</p> <p>Donc le Pascal, Pa. Ca, c'est l'unité du système international. Ce Pascal, c'est l'équivalent</p>	

Éléments de l'entretien post-séance

Sur ce truc là en particulier, oui, comment utiliser un modèle. Comment à partir du modèle moléculaire, comment on peut passer à l'idée de pression, de force pressante. Objectif : comment relier la situation.

Utilisation des dessins en physique pour raisonner : en faisant des schémas, on peut guider le raisonnement. Différentes façons d'avoir de la proportionnalité.

Il faudrait que d'eux mêmes, il fassent ce raisonnement.

Pour obtenir une relation de propor, il faut travailler sur le modèle. Relier la force pressante à quelque chose qui soit un raisonnement

Comment partir du macro, connu, comment donner une interprétation à l'aide d'un modèle connu

Les forces ne sont pas un modèle : pour eux, et j'en profite un peu, c'est tangible, c'est déjà très expérimental, la force est déjà rangée du côté des faits expérimentaux

Pour moi, la force est plus empirique que la pression, c'est une chose de base que l'on puisse ressentir. Je m'appuie sur le fait que ça leur paraît naturel. J'insiste pas que les forces sont un modèle. On a des forces, on va les décrire. Les forces ont une réalité physique.

Cheminement pédagogique ?

C'est comme cela que je le perçois. Je conçois que c'est plus rigoureux, mais les forces, c'est plus accessible.

La force de gravitation : à partir du moment que l'on a une notion intuitive d'une force.

Modèle : description simplifiée de quelque chose qui a une existence physique, d'une

certiane réalité.

Discussion avec moi :

Je pensais au moins arriver à définir la force pressante, déborder un peu et faire la pression

Enseignant B

Niveau d'enseignement : Classe de seconde générale

Thème de l'enseignement : la physique des gaz

1 Verbatim de l'entretien ante-séance

L. Pélissier (LP) : Quels sont les objectifs/intentions en matière de fonctionnement de la physique que vous souhaitez transmettre aux élèves. Que souhaitez vous que les élèves en comprennent ? Qu'est-ce que vous en comprenez, quel est le sens accordé à ces objectifs ? Comment comptez vous vous y prendre pour les mener à bien ?

Enseignant B : Comment je compte m'y prendre : tu le verras in situ et avec les docs. De par la position de la séance dans l'année (c'est une des dernières séances de l'année), j'aimerais que les élèves comprennent des choses que j'ai martelées tout l'année quel que soit le sujet, plus ou moins selon les différents thèmes abordés, mais l'idée est toujours la même : quand le physicien ou le chimiste aborde une situation matérielle à interpréter, à comprendre, à prévoir, il y a inévitablement une transformation de cette situation en terme de vocabulaire, et on va la décrire avec des mots de physiciens et des mots de chimistes, justifier pourquoi on a besoin de décrire avec des mots de physiciens et des mots de chimistes, en terme de précision, de signification...

Marquer le décalage qu'il peut y avoir avec la description de la vie de tous les jours de la même situation, puis marquer le fait qu'on va mettre en place des outils conceptuels et que le travail des élèves va être de faire des liens entre ce qu'ils observent, ce qu'ils voient, ce qu'ils touchent et des outils conceptuels qui ont été vus antérieurement ou qu'il sont en train de découvrir.

Alors là sur la séance sur les gaz telle qu'elle apparaît là maintenant, il s'agit en gros de la loi

de Boyle-Mariotte, ils arrivent avec un modèle qui formalise un petit peu les 4 grandeurs qu'on choisit en seconde pour décrire précisément l'état d'un gaz, les 4 grandeurs du modèle, en gros, des gaz parfait qui est visé en seconde, et ce que je vais leur demander, c'est de proposer une situation d'étude qui permet alors là pour le coup d'approfondir le modèle. C'est à dire qu'ils ont un modèle, et le rôle que je vais faire jouer à la loi de Boyle-Mariotte dans ce modèle, c'est un approfondissement du modèle. Ils ont un modèle, et on avance dans la construction de ce modèle.

LP : Mais tu l'as déjà construit avec eux ce modèle ?

B : Mais ce modèle ils l'ont. Mais pour moi la loi de Boyle-Mariotte c'est pas un modèle, c'est une partie d'un modèle bien plus large. Ce que moi je vais appeler le modèle, c'est le modèle macroscopique des gaz, ça fait presque trois semaines qu'on travaille dessus, alors il est venu petit à petit, par exemple la correspondance entre la pression et le modèle microscopique, c'est fait, mais c'est réinvesti dans cette séance. Je leur demande aussi d'avoir sur une même situation d'avoir des éclairages macro et des éclairages micro, et c'est pour ça qu'ils ont avec eux un modèle macro et un modèle micro qui sont sur deux papiers différents... qu'ils ont reconstitués maintenant parce que je leur ai demandé de coller les bouts de modèle sur une même feuille, donc la plupart vont avoir leur modèle sur une même feuille. Et ce que je fais maintenant, c'est une interprétation avec le modèle micro des grandeurs physiques macro, dont ça c'est des choses qu'on a commencé à faire dans cette partie, puis un approfondissement du modèle, en particulier en essayant d'établir des relations quantitatives et donc macroscopiques entre les grandeurs macroscopiques. La séance d'aujourd'hui, c'est, je vais avoir uniquement le temps d'aborder la première activité de ce chapitre, qu'est le lien entre pression et volume. Voilà, en terme de fonctionnement de la physique, c'est ça, donc on a un modèle très général et ce modèle on peut vouloir l'approfondir avec des relations quantitatives. Et puis aussi avec des relations qualitatives, certaines qu'on a déjà vues, par exemple on a déjà vu le lien entre volume et température,

on a vu un lien qualitatif. On restera au lien qualitatif ici.

Pour le lien quantitatif après, mardi j'espère avoir le temps d'utiliser un simulateur et comme vérification que le simulateur a été programmé avec le modèle reconnu comme tel de la physique. C'est à dire que l'activité que je prévois en fin de séance mardi est une activité sur le lien entre simulation et modèle, lien sur lequel ils sont déjà travaillé parce que je les ai déjà fait travaillé sur un petit simulateur qui visait à voir justement le décalage qu'il y avait entre le modèle microscopique et ce que disait le simulateur. Donc en terme de fonctionnement je dirais que c'est à peu près ça. J'ai aussi répondu du coup à comment l'allais le faire, bon alors là avec quelque chose qui est un peu à mi-chemin entre la conception de protocole très ouverte et un truc un peu téléphoné, puisque dans une première phase de l'activité je les fais revenir à la fois sur le lien qualitatif pression-volume et puis sur l'interprétation microscopique qu'on en fait, et puis dans une deuxième partie, je leur impose 4 relations, en leur imposant de croire qu'il y en a une des 4 qui est bonne, c'est à eux d'investiguer un petit peu pour savoir laquelle on va retenir, donc là c'est à eux de proposer un petit protocole relativement basique : ils ont utilisé des pressiomètres, ils ont utilisé des seringues, c'est à eux de se débrouiller parmi les relations qu'il leur reste, laquelle va être la plus conforme, et ça j'insiste là dessus, laquelle va être la plus conforme à la relation qu'on va inclure au modèle. Alors là où je me démarque clairement par exemple de ce qui est fait traditionnellement sur cette partie, c'est de dire là on fait la manip, on fait des tableaux de valeurs, et on en déduit par un inductivisme forcené la relation de Boyle-Mariotte. Donc ça je refuse complètement de faire ça. C'est à dire que, y compris dans la démarche scientifique, je trouve ça très dangereux de dire, qu'en faisant 5 mesures, on a montré la relation. Je préfère dire, voilà, on a plusieurs modèles, ou plusieurs relations, parce que le modèle pour moi est beaucoup plus large, on a plusieurs relations au choix, laquelle est le plus en accord avec le champ expérimental. Et ça c'est vraiment l'objectif, c'est à dire qu'on aura rien démontré dans cette affaire, mais on aura parmi 4 relations choisi la plus pertinente plus pertinente pour décrire le champ expérimental. Et c'est ça l'objectif que je me fixe un petit peu. Alors ils ont déjà travaillé là dessus en tout début

d'année. Alors si j'avais plus de temps j'aurais fait beaucoup plus de retour sur des activités similaires de début d'année en particulier sur le pendule simple, on a beaucoup travaillé là dessus

LP : c'est une démarche hypothético-déductive, ça, non ?

B : Oui, c'est fortement hypothético-déductif. On peut dire ça. J'ai du mal à faire autrement maintenant.

LP : Maintenant ?

B : Oui, parce que moi aussi j'en ai fait de l'inductivisme à tout crin, qui est pratique d'ailleurs : on fait des tableaux de mesure et on en déduit que, et on donne aux élèves l'illusion qu'on a démontré la loi. Je trouve qu'épistémologiquement ça tient pas la rampe. C'est pratique pédagogiquement, c'est pratique à pleins de niveaux, mais ça donne une idée complètement biaisée de comment fonctionne la physique. Alors qu'après on puisse discuter que, on a fait un tableau de valeurs et on a l'idée d'une relation qui va être à tester, mais c'est des choses qu'on a rarement le temps de mettre à l'épreuve en classe. On pourrait dire, ah ben oui tient, on a l'intuition que la loi ça va être ça, est-ce qu'on a le temps d'essayer de sorti du champ de validité de ce qu'on vient de faire ? Et ça malheureusement on le fait pas souvent. Je trouve que la généralisation très abusive qui consiste à dire on a fait quelques séries de mesure et on en déduit la loi, je me sens très mal avec cela maintenant, parce que le trouve que c'est vraiment pas donner une idée très correcte de la façon dont la physique fonctionne. Tout le travail que j'ai tout le long de l'année sur l'articulation objet-événement / modèle, ce travail il a insisté sur le fait que un modèle il est apte à décrire certaines situations. Par exemple en en-tête du modèle qu'ils ont sous les yeux, c'est bien marqué que ce modèle il a un champ de validité qui contient les situations où un gaz est enfermé dans un récipient fermé, dans une enceinte. Donc j'essaye aussi y compris en fin de seconde, c'est des choses qui sont envisageables, de préciser le champ de

validité du modèle. Le champ de validité pour les élèves c'est pas un gros mot normalement. C'est quelque chose auquel j'estime qu'ils peuvent donner du sens en fin d'année. Parce qu'on a travaillé dessus, ponctuellement, c'est pas venu toute les semaines, mais ponctuellement on a pu travailler là dessus. Et je trouve que la partie sur les gaz se prête pas mal à cela. Mais c'est vrai que c'est un travail qui devrait être approfondi et qui surtout devrait mis en lien avec d'autres parties sur lesquelles on a plus spécifiquement travaillé sur la modélisation. Disons que là, l'objectif principal, il est de, enfin je réponds à ta question sur le fonctionnement, l'objectif premier il est celui du programme, il est pas sur le fonctionnement.

LP : ce n'était pas mon intention

B : D'accord, bon, mais le réponds spécifiquement sur cette question, mais j'ai pas répondu à l'objectif pédagogique par exemple, ou en terme de savoir de l'activité. L'objectif en terme de savoir de l'activité, il est d'abord je dirais, et c'est comme ça que les élèves le perçoivent, sur les gaz, je l'ai écrit.

LP : il est explicite

B : Il est explicite et pour moi c'est un objectif qui est sur les gaz même si en filigrane pour certains élèves il y aura quelque chose sur le fonctionnement de la physique et pour beaucoup d'élèves, le trait de surface restera les gaz.

LP : Mais ta démarche didactique, elle est fondée sur

B : C'est mon objectif sur le fonctionnement de la physique qui va structurer ma séquence, qui va structurer mon activité ; c'est ça qui va me faire dire je vais attaquer la démarche, je vais attaquer l'activité par exemple par la proposition des 4 relations possibles et non pas par un truc qui serait aller à la pêche à la formule sans avoir du tout idée de ce qu'elle peut être. Ce qui serait un autre choix pédagogique, je dirais, qui est respectable, mais voilà, mon analyse du fonctionnement de la physique et les objectifs que je me fixe en termes

d'apprentissage de la manière dont fonctionne la physique, ça va structurer mon activité. En l'occurrence, c'est pas que moi, je l'ai retouchée, mais c'est une activité qui a été faite il y a quelques années dans le groupe SESAMES dans lequel j'étais d'ailleurs parce que moi j'ai produit ces activités là, mais on les a produites ces activités là par un travail collectif. Alors je les ai retouchées un petit peu, réarrangées comme toujours, mais la trame, les choix justement, le choix en terme de progression du savoir dans l'activité il est pas de moi perso, il est vraiment du groupe. Il est conforme au programme et il est conforme aux choix du groupe qui a produit ces activités. Voilà.

2 Documents de travail de la séance

Chapitre 3 : Interprétation, à l'aide du modèle microscopique, des grandeurs physiques décrivant un gaz

Dans ce chapitre, on cherche à approfondir le modèle macroscopique des gaz en étudiant les relations entre les différentes grandeurs décrivant un gaz.

1 Activité 1 : Lien entre pression et volume

Objectif : Approfondir le modèle macroscopique des gaz en étudiant la relation entre pression et volume d'un gaz enfermé dans un récipient.

Questions préliminaires :

- 1) A partir des observations de l'activité 2 du chapitre 2, indiquer par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume diminue.
- 2) Comment appellerait-on ce phénomène dans la vie courante ?
- 3) Rappeler l'interprétation qu'on peut faire de ce lien entre pression et volume à l'aide du modèle microscopique des gaz et de l'interprétation microscopique du concept de pression.

✂ ----- ✂

Les physiciens ont établi un modèle macroscopique des gaz qui contient une relation reliant la pression et le volume d'un gaz dans un récipient fermé.

Pour mieux connaître ce modèle, on cherche ici à déterminer expérimentalement, parmi 4 relations proposées, celle qui modélise le mieux le comportement de l'air dans un récipient fermé. Une seule fait partie du modèle macroscopique actuellement accepté, nommée Loi de Boyle-Mariotte (Robert Boyle en 1662 et Edme Mariotte en 1676). Les quatre propositions sont les suivantes :

$$1. \quad p = k_1 \cdot V \quad 2. \quad p = k_2 \cdot V^2 \quad 3. \quad p \cdot V = k_3 \quad 4. \quad p \cdot V^2 = k_4.$$

Les coefficients k_1 , k_2 , k_3 et k_4 sont des constantes positives.

- 4) Indiquer quelles grandeurs décrivant l'état d'un gaz doivent rester constantes pour faire cette étude.
- 5) Indiquer la ou les relation(s) pas en accord avec les observations rappelées à la question 1.

- Proposez un dispositif expérimental et la démarche (un schéma vaut parfois mieux que de longs discours) pour déterminer expérimentalement la relation, parmi celles restantes, qui modélise le mieux le comportement de l'air dans un récipient fermé. Exposez votre protocole à un groupe voisin et modifiez-le si vous le jugez nécessaire.
- Réalisez votre protocole, puis indiquez s'il permet de ne garder qu'une relation. Si oui, indiquez laquelle, sinon proposez un autre protocole.

- 6) A votre avis, de quoi dépend la valeur de la constante mise en évidence ?

✂ ----- ✂

Conclusion (Ajout au modèle macroscopique des gaz) :

La relation entre pression et volume d'un gaz enfermé dans un récipient est du type :

- 7) A l'aide de ce nouvel élément de modèle qu'est la relation, indiquez ce que devient la pression d'un gaz enfermé à la pression atmosphérique dans une seringue si on diminue son volume d'un facteur 2.

1 Activité 2 : Lien entre pression et température (voir aussi exercice 5)

Lien qualitatif

Objectif : Approfondir le modèle macroscopique des gaz en étudiant la relation (qualitative) entre pression et température d'un gaz enfermé dans un récipient.

1) Indiquer quelles grandeurs décrivant l'état d'un gaz doivent rester constantes pour faire cette étude.

- On dispose d'un récipient bouché, contenant de l'air (par exemple un tube à essai). On le chauffe à l'aide d'un bain-marie (ou d'un sèche-cheveux).

2) Quelle est la grandeur physique qui change lorsqu'on chauffe et quelles sont les grandeurs physiques qui n'évoluent pas.

3) A l'aide du modèle microscopique des gaz et de l'interprétation microscopique du concept de pression, prévoir comment évolue la pression de l'air dans le récipient.

4) En déduire comment évolue la force pressante exercée sur le bouchon et prévoir ce qui risque de se passer si on continue à chauffer.

Lien quantitatif

*Pour connaître la relation mathématique entre pression et température pour des gaz à pas trop forte pression, on utilise un simulateur qui permet de visualiser quelques molécules d'air dans un récipient fermé ainsi que les grandeurs macroscopiques décrivant l'état d'un gaz. **Le comportement microscopique des molécules est en accord avec les règles du modèle microscopique des gaz. Les relations entre grandeurs macroscopiques qui déterminent l'état d'un gaz sont en accord avec les règles du modèle macroscopique des gaz.***

Attention, pour la simulation, 10^{-3} mol de gaz est représentée par 100 particules alors qu'en réalité, elle est constituée de 10^{23} atomes ou molécules !

Choisir des valeurs pour les deux grandeurs qui doivent rester constante si on veut connaître la relation entre pression et température : par exemple $n=1,0 \cdot 10^{-3}$ mol et $V=50$ mL.

- Faire varier la grandeur température à l'aide de la représentation du thermomètre à gauche de l'écran.
- Vérifier que la pression augmente lorsque la température augmente.
- Chaque groupe relève trois couples (température, pression).

Attention, pour cette étude, la température doit être exprimée dans son unité de Système International, le kelvin (symbole K) : **température en K = température en °C + 273,15.**

5) Quelle grandeur doit-on faire calculer à l'ordinateur pour savoir si T et p sont proportionnels.

$$\square pT \quad \square \frac{p}{T}$$

6) Faire calculer l'expression choisie.

7) Conclure : dans le modèle des gaz utilisé par le simulateur, T et p peuvent-ils être considérés proportionnels?

8) Pour ce modèle, donner une nouvelle expression du produit PV en fonction de la température du gaz.

✕ ----- ✕

2 Activité 3 : lien entre volume et température

Objectif : Approfondir le modèle macroscopique des gaz en étudiant la relation (qualitative) entre volume et température d'un gaz enfermé dans un récipient.

1) Rappeler comment évolue le volume d'un gaz lorsque la température augmente.

2) Indiquer quelles grandeurs décrivant l'état d'un gaz sont supposées constantes lorsqu'on fait cette observation.

3) Vérifier que cette observation est en accord avec la relation écrite à la fin de l'activité précédente

✕ ----- ✕

3 Activité 4 : Lien entre pression et quantité de matière

Objectif : On cherche à présent à déterminer le lien entre la pression de l'air et sa quantité de matière.

Lien quantitatif

Choisir des valeurs pour les deux grandeurs qui doivent rester constante si on veut connaître la relation entre pression et température.

- Faire varier la quantité de gaz simulée dans le récipient en cliquant sur le "robinet" rouge du réservoir d'air ou en déplaçant le curseur situé au-dessus.
- Indiquer si votre prédiction était juste ou fausse.
- Relever quelques couples (quantité, pression).

A l'aide de ces relevés, indiquer si pour le modèle utilisé par le simulateur :

- La pression est proportionnelle à la quantité de matière.
- La pression n'est pas proportionnelle à la quantité de matière.

A partir des conclusions des activités précédentes, exprimer le produit PV en fonction de n et V. Compléter, en accord avec le professeur, le paragraphe 4 (gaz parfait) du modèle macroscopique des gaz.

Lien quantitatif

Choisir des valeurs pour les deux grandeurs qui doivent rester constante si on veut connaître la relation entre pression et température.

- Faire varier la quantité de gaz simulée dans le récipient en cliquant sur le "robinet" rouge du réservoir d'air ou en déplaçant le curseur situé au-dessus.
- Indiquer si votre prédiction était juste ou fausse.
- Relever quelques couples (quantité, pression).

A l'aide de ces relevés, indiquer si pour le modèle utilisé par le simulateur :

- La pression est proportionnelle à la quantité de matière.
- La pression n'est pas proportionnelle à la quantité de matière.

A partir des conclusions des activités précédentes, exprimer le produit PV en fonction de n et V. Compléter, en accord avec le professeur, le paragraphe 4 (gaz parfait) du modèle macroscopique des gaz.

Lien quantitatif

Choisir des valeurs pour les deux grandeurs qui doivent rester constante si on veut connaître la relation entre pression et température.

- Faire varier la quantité de gaz simulée dans le récipient en cliquant sur le "robinet" rouge du réservoir d'air ou en déplaçant le curseur situé au-dessus.
- Indiquer si votre prédiction était juste ou fausse.
- Relever quelques couples (quantité, pression).

A l'aide de ces relevés, indiquer si pour le modèle utilisé par le simulateur :

- La pression est proportionnelle à la quantité de matière.
- La pression n'est pas proportionnelle à la quantité de matière.

A partir des conclusions des activités précédentes, exprimer le produit PV en fonction de n et V. Compléter, en accord avec le professeur, le paragraphe 4 (gaz parfait) du modèle macroscopique des gaz.

Lien quantitatif

Choisir des valeurs pour les deux grandeurs qui doivent rester constante si on veut connaître la relation entre pression et température.

- Faire varier la quantité de gaz simulée dans le récipient en cliquant sur le "robinet" rouge du réservoir d'air ou en déplaçant le curseur situé au-dessus.
- Indiquer si votre prédiction était juste ou fausse.
- Relever quelques couples (quantité, pression).

A l'aide de ces relevés, indiquer si pour le modèle utilisé par le simulateur :

- La pression est proportionnelle à la quantité de matière.
- La pression n'est pas proportionnelle à la quantité de matière.

A partir des conclusions des activités précédentes, exprimer le produit PV en fonction de n et V. Compléter, en accord avec le professeur, le paragraphe 4 (gaz parfait) du modèle macroscopique des gaz.

Modèle macroscopique des gaz

Le champ de validité de ce modèle regroupe toutes les situations où un échantillon de gaz est contenu dans un récipient fermé.

1. État du gaz

L'état du gaz est décrit par : sa température, son volume, sa pression, sa quantité de matière.

Les grandeurs température et pression sont les mêmes partout dans le récipient fermé.

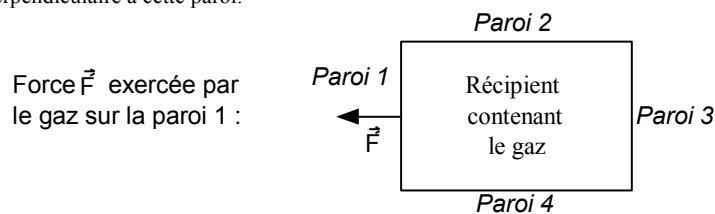
La température rend compte de l'état thermique (chaud, froid) du gaz.
Elle peut se mesurer en degré celsius (°C).

Le volume rend compte de l'espace occupé par le gaz.
Il se mesure en mètre cube (m³) mais aussi en litre (L).

La pression du gaz rend compte de l'action de ce gaz sur toutes les parois du récipient.
Elle se mesure en pascal (Pa) mais aussi en bar (b).

2. Pression et force pressante

On appelle force pressante l'action exercée par le gaz sur une paroi.
Cette force est perpendiculaire à cette paroi.



Il y a une relation entre la pression p du gaz, et l'intensité de la force F exercée par le gaz sur une paroi et l'aire S de cette paroi du récipient :

$$p = F/S \text{ qui s'écrit aussi } F = p \cdot S$$

Unités : p en pascal (Pa) F en newton (N) S en mètre carré (m²)

3. Température absolue

La température absolue s'exprime en kelvin (K). La température absolue et la température en degré celsius sont liées par la relation $T(K) = 273,15 + \theta(^{\circ}C)$.

4. Gaz parfait

On appelle gaz parfait un gaz dont les grandeurs sont liées par la relation :

Tous les gaz à faible pression sont assimilés au gaz parfait.

Unités : p en pascal (Pa) V en mètre cube (m³) n en mole (mol) T en kelvin (K)
 $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Interprétation microscopique des grandeurs macroscopiques

Pour un échantillon de gaz contenu dans un récipient fermé :

1. Grandeur pression

L'action du gaz sur une paroi est liée aux chocs des molécules sur cette paroi.

Pour une durée et une paroi données, plus il y a de chocs sur la paroi, plus la pression du gaz est grande.

2. Grandeur température

La température du gaz est liée à l'agitation des molécules. On parle d'agitation thermique.

Plus la vitesse moyenne des molécules est élevée, plus l'agitation thermique est importante et plus la température du gaz est élevée.

Plus la vitesse moyenne des molécules est petite, plus l'agitation thermique faiblit, plus la température du gaz est faible.

L'absence d'agitation thermique correspond au zéro absolu.

3 Verbatim de la séance en classe entière

Tour de parole	P/E	verbatim	temps
1	P	Bien on y va, alors comme je voudrai qu'on travaille vraiment sur le chapitre 3 aujourd'hui, alors attention chapitre 3 vous allez avoir besoin de vos modèles, donc vous les sortez bien, les deux, le modèle bleu, microscopique, le modèle macroscopique rouge et puis le petit bandeau que Samuel a perforé, l'interprétation micro des grandeurs macro sur lesquelles on va aussi travailler aujourd'hui. Ces modèles valent, aussi maintenant, ce modèle vaut pour le chapitre 3 on va juste le perfectionner un petit peu. Vous avez vu qu'à la fin du modèle il y avait des cadres vides, en particulier, l'objectif c'est de compléter avec le chapitre 3 ce modèle et de l'améliorer, d'accord, pour qu'il nous rende compte le plus complètement possible de ce qu'on va faire sur les gaz dans une enceinte fermée je vous le rappelle, ça ne vaut que pour des gaz dans une enceinte fermée, oui ?	1'23
2	E	est-ce que je peux avoir la troisième partie du modèle ?	
3	P	Est-ce qu'elle peut avoir la troisième partie du modèle, c'est ça ? Pourquoi tu l'as pas eue ? C'est le petit bandeau ? Alors, ce que je vous propose aussi c'est, en fait vous avez eu trois parties dans le modèle, le début, le milieu et puis la fin que Marion n'a pas. Ca aurait été bien de, voilà, essayez d'en refaire un tout comme Dounia là, ce serait quand même pas mal, car tout cela est cohérent même si je vous l'ai distribué petit à petit.	3'11
4	P	Ce que je vais quand même faire avant de commencer le chapitre 3, je vous l'avais promis, on va quand même corriger au moins l'exercice 2 de la feuille. Je pense que ça va vous rassurer pour le devoir de demain, donc vous prenez, tiens Alexandre, qu'est-ce que tu fais là-haut, ben viens là quand même tiens... pour qu'il y ait une place il suffit qu'il y ait une chaise, ça suffit à priori, allez viens là...	
		exercice 2, aller, on y va, je voudrai voir vos cahiers d'exercices... je voudrais surtout vérifier qu'en termes de calcul dans les liens entre pression et force pressante, vous pouvez avoir votre modèle aussi sous le coude, ça peut servir, que vous soyez capables de faire ces quelques petits calculs. Je vous	3'55

12	P	de quelle paroi ?	
13	E	la paroi sur laquelle il...	
14	P	Alors qu'est-ce que vous en pensez de la proposition de Patricia. Elle dit ça dépend de la surface, alors je prend une surface par exemple ici, ça là, un petit bout (P indique sur le schéma). Voilà, vous êtes d'accord avec ça ? Dounia ?	
15	E	(in) c'est la force qui s'exerce sur une paroi donnée, une surface...	
16	P	Alors Dounia dit, ça dépend de la force qui s'exerce... qu'est-ce qui dépend de la force ?	
17	E	la pression dépend de la force qui s'exerce sur une certaine, sur une paroi donnée	
18	P	une paroi donnée	
19	E	une surface	
20	P	une surface, qu'est-ce que vous pensez de ça ? C'est un peu la même réponse que Patricia ? ça dépend de la surface, c'est ce que tu es en train de me dire. Est-ce que si je prends une surface bien plus grande, la pression change ?	
21	E	non, c'est la force qui change	
22	P	Ah, si vous avez votre modèle sous les yeux, comme fait Samuel je pense qu'il va pouvoir répondre, il est en train de regarder il dit qu'est-ce qu'il raconte... Dounia	(0:08:13.5)
23	E	la force pressante elle varie proportionnellement à la surface	
24	P	la force pressante elle varie proportionnellement à la surface sur laquelle cette force s'exerce. Et le rapport avec la pression ?	
25	E	la pression c'est égal à la force sur la surface	
26	P	oui, divisé par la surface sur laquelle ça s'exerce, donc la pression atmosphérique, elle est la même quelle que soit la surface qu'on considère. C'est bien tout le travail qu'on a fait en fin d'activité 4 du chapitre 2, comment on a réussi à interpréter le fait qu'il fallait pousser plus fort sur le piston de la grosse seringue que sur le piston de la petite seringue, et bien c'est par ce que pour avoir la même pression dans la seringue une fois qu'elle est fermée, d'accord, la force à exercer sur une surface plus grande, est plus grande pour la même pression à l'intérieur que la force exercée sur	

		une surface plus petite<570956>. Alors ce qu'on a imposé dans le modèle, et ça on l'a pas montré, c'est qu'il y avait une proportionnalité entre la surface et la force qui pressait. Nous la force qu'on exerce c'est l'opposé de la force pressante.	(0:09:44.3)
27	E	(in)	
28	P	Ah c'est vrai ? Ben c'est bien, vous avez corrigé par vous même, Il y avait marqué 1020 Pa ?	
29	E	oui	
30	P	exact. Donc il y a une grosse erreur. Vous changez hPa bien sûr. OK ? Donc c'est complètement dépendant alors ça veut dire que vous n'avez toujours pas répondu à ma question, ça dépend de quoi cette pression atmosphérique ? Vous regardez jamais la météo, vous ?	(0:10:02.0)
31	E	De la température	
32	P	ça peut dépendre de la température	
33	E	de l'altitude	
34	P	de l'altitude, ça dépend comment de l'altitude ?	
35	Es	quand on monte	
36	P	elle est plus	
37	E	faible	
38	P	elle diminue, c'est comme ça que fonctionne mon altimètre là, par exemple, d'accord ? Là-dedans j'ai un baromètre qui est capable de convertir la pression mesurée en altitude, OK ? Bien, donc ma montre elle connaît bien les règles de fonctionnement du modèle qui permettent de convertir la pression en altitude. On n'a pas le modèle mais les concepteurs de la montre l'avaient. Quand on monte, la pression diminue, d'accord ? Bien, selon une loi qu'on connaît bien. Et ça dépend quand même, le truc le plus important	(0:10:45.5) (0:11:11.2)
39	P	D'accord ? Bien, alors on revient à la télé et là il y avait une pression bien plus faible, puisque là elle était de $10 \exp(-3)$ Pa avec deux chiffres significatifs. Je vais appeler ça P_i , $1,0.10 \exp(-3)$ Pa, c'est pas beaucoup. D'accord, Bien, et on s'intéresse nous uniquement dans l'exercice, à la face	

		<p>avant qui a une certaine dimension 62 cm par 35 cm, c'est un écran 16/9. Vous pouvez vérifier, a priori, 62 sur 35 ça doit faire 16 sur 9, c'est ça que ça veut dire, 16/9, le rapport de la largeur sur la hauteur c'est le même rapport que 16 divisé par 9. Donc normalement, 62 sur 35 ça doit faire la même chose que 16 sur 9, à peu de chose près.</p> <p>On y est ? Angélique elle a rien, pas une feuille, si elle a un crayon quand même, c'est heureux, le reste, t'avais oublié qu'on avait physique aujourd'hui ?</p>	(0:14:16.4)
40	E	non	
41	P	<p>une fin d'année va être difficile, hein ...</p> <p>Alors, quel intérêt y a t-il à faire une très basse pression là-dedans ? Qui peut répondre à ça ? Qu'est-ce que vous en pensez ?</p>	(0:14:32.0)
42	E	(in)	
43	P	Il y a ?	
44	E	(in)	
45	P	(in) résistance à quoi ?	
46	E	aux chocs	
47	P	oui, aux chocs de quoi ? Il y avait une indication, tout le monde voit l'indication dans l'énoncé...	
48	E	(in)	
49	P	<p>oui, si vous avez une image qui se forme, c'est parce que des électrons qui partent de par là (montre sur le schéma) de ce qu'on appelle une canon à électrons, et qui vont taper sur l'écran. Et c'est parce qu'ils vont taper sur l'écran, bon qu'avec un petit dispositif technique, on arrive à faire émettre de la lumière d'une certaine couleur en plus, donc il faut que ça tape très précisément à certains endroits, et il faut absolument prévoir que les électrons ne vont pas être déviés dans leur trajectoire, donc il faut faire en sorte qu'ils rencontrent le moins de molécules possibles. Donc c'est pour ça qu'on essaye d'aspirer au maximum. Donc vous voyez les gens dont on parlait l'autre jour, dont le métier est de fabriquer du vide, et bien par exemple, les gens qui fabriquent des TV ils vont voir ces gens, les entreprises qui fabriquent du vide. J'aimerais que vous me fassiez du vide, alors généralement ils intègrent ça aux usines de fabrication des tubes, mais il y a des gens dont le boulot va être de faire le vide, ou presque le vide là-dedans,</p>	

		alors c'est pas tout à fait le vide, mais (in), comment ? Chht Qui a posé une question, j'ai entendu, Juliette, t'as vu quelque chose ?	
50	P	j'ai pas dit que ça va aller plus vite, j'ai dit que c'était pas dévié, ça tape rien. Ah oui d'accord, ça va plus vite que si c'était dévié sans arrêt, mais c'est pas tellement la vitesse qui nous intéresse, c'est que ça aille bien là où on a envie que ça aille, d'accord ? Donc l'intérêt c'est d'avoir relativement peu de molécules à l'intérieur du tube.	
51	P	Alors on arrivait à la deuxième question où il y avait une petit peu de calculs, d'accord, puisqu'on demandait dans cette question de calculer la force qui allait s'exercer, je l'avais notée F_i dans l'énoncé, la force qui s'exerce sur le tube, exercée par le gaz qui est à l'intérieur du tube cathodique et la force exercée sur la surface, la même, exercée par le gaz qui est à l'extérieur du tube. Alors on y va, là on applique le modèle : la force pressante exercée par l'intérieur, le gaz qui est à l'intérieur, même si il y en a très peu, c'est évidemment, alors qui me dit, ce que c'est d'ailleurs, chht, Benjamin, là haut, qui discute, c'est quoi la force ?	(0:16:39.3) (0:17:17.4)
52	E	P fois S	
53	P	P fois S, mais quel P ? Celui-là, le P_i , fois S et S alors maintenant on travaille sur une surface donnée, c'est ça la surface, d'accord ? Bien, et avant l'application numérique c'est là qu'il faut pas se tromper, je vous rappelle que l'unité de système international c'est quoi, le Newton ici, le Pascal, et le mètre carré ici, d'accord, donc il faut tout mettre pour avoir la force en pascal et en mètres carrés. Alors il fallait convertir les centimètres alors évidemment on considère que c'est un rectangle ici (P montre la surface de l'écran), on prend pas en compte le fait que ça soit éventuellement légèrement incurvé, si on considère que c'est un rectangle, dans l'application numérique, qu'est-ce qu'on va avoir, et bien on va avoir F_i égale pression intérieure $1,0 \cdot 10^{-3}$ Pa multiplié par	(0:17:59.4)
54	E	(in)	
55	P	Alors attention oui, il faut mettre les distances en mètre, 0,62 par 0,35. Combien Alexandre ?	

56	E	2,2.10 exp (-4)	
57	P	2,2.10 exp (-4) Newtons. Il y en a qui ont trouvé ça ? Bon la valeur c'est pas ce qui nous intéresse le plus... c'est une grande ou une petite force ?	
58	E	petite	
59	P	ouais, c'est minuscule. Alors maintenant à l'extérieur. Bon vous pouvez prévoir déjà si ça appuie plus fort de l'extérieur que de l'intérieur. Ca appuie plus fort ou moins fort ?	
60	E	plus fort	
61	P	Plus fort, oui, donc là c'est P atmosphérique, on va l'appeler comme ça fois la même surface, et quand on fait l'application numérique, donc en modifiant la coquille de l'énoncé, c'est bien de hPa, dans votre résultat en fait vous multipliez par cent puisqu'il manquait hecto, si vous avez pris 1020 Pa vous, et là Alexandre tu as trouvé combien ?	
62	E	2,2.10 exp(4)	
63	P	J'ai trouvé 2,3 mais	
64	E	pourquoi ?	
65	P	J'sais pas. Si on arrondit, je pense que c'est plutôt 2,3 10 puissance 4 Newton. C'est...plus grand ? ... (in)	
66	E	plus grand	
67	P	Combien de fois plus grand ?	
68	E	10 puissance 8	
69	P	Au puissance 8 fois plus grand, tout à fait. En français, 10 puissance 8 ça fait quoi ?	
70	E	Cent millions	
71	P	Cent millions, donc c'est cent millions de fois plus grand, d'accord ? Donc des questions sur le calcul ? Faut juste, le seul truc c'est, bon faut connaître la formule, certes, quand on connaît son modèle ça va à peu près, et faut penser à mettre la pression en Pa et la surface en mètres carrés. Au niveau des représentations, je vais vous donner le petit corrigé ça va aider, évidemment quand on représente ça sur un schéma, c'est très difficile de le faire à l'échelle parce que si je représente ici la surface alors là pour le coup je vais la mettre vraiment droite cette surface. La pression intérieure, la	(0:20:27.2) (0:20:34.2)

		<p>pression exercée par l'intérieur, alors elle est dans quel sens tiens la pression euh la force exercée par l'intérieur ? Dans quel sens je la dessine la force exercée par l'air intérieur ?s Oui, par là (P indique sur le schéma au tableau) tout petite, et l'extérieur, énorme. Evidemment, je ne peux pas la faire cent millions de fois plus grande. Donc une échelle c'est difficile de la respecter... OK, donc là on fait un petit peu de mécanique. Et donc la force résultante, l'ensemble des deux forces qu'est-ce qu'on peut en dire ? Qu'est-ce j'ai fait, j'ai pas fait euh... c'est bon ? La résultante, qu'est-ce que vous pensez ? Tu as la somme des deux... ça se compense pas du tout, ça c'est sûr...</p>	
72	E	E : (in)	
73	P	<p>P : ben oui, on peut négliger la force exercée par l'intérieur, ben regardez, elle est 100 millions de fois plus petite, donc la résultante, ça reste celle-ci, ça sert à rien de faire le calcul avec votre calculatrice, parce que si vous faites $2,2 \cdot 10^4$ puissance 4 moins $2,2 \cdot 10^4$ puissance (-4) et que vous gardez deux chiffres significatifs vous aurez toujours ça (P indique le nombre $2,2 \cdot 10^4$ puissance 4 au tableau), d'accord ? Alors en fait, ce sont les seules forces exercées sur cette paroi ? Ben faut espérer que non parce que (sifflet) ça dégager très fort par là. Donc évidemment c'est tenu très fort ici, donc il y a une action qui va compenser l'action de l'extérieur, qui va tenir tout ça très fort.</p>	
74	E	il y a la Terre aussi	
75	P	<p>Bon il y a le poids, mais on peut regarder, la poids il va par être très violent par rapport à ça, d'accord ? Mais c'est vrai qu'il y a le poids aussi, donc en fait qu'est-ce qu'on risque si jamais c'est brisé ou si jamais ici on n'arrive plus à le maintenir, et ben toutes les parois sont soumises à une action très forte de l'extérieur et voyez qu'il y a vraiment un risque non pas d'explosion mais d'implosion. C'est à dire que si vous cassez le tube, c'est du verre, il explose pas, le tube, il implose, il se scrashe sur lui-même.</p>	
76	E	ça fait quoi ?	
77	P	<p>ben ça fait aussi un choc, parce qu'évidemment en terme de volume ça crée un petit appel d'air déjà, et puis c'est dangereux parce que c'est du verre, d'accord ?</p>	

78	E	on peut faire l'expérience, là ?	(0:23:23.9)
79	P	Non, on ne peut pas faire l'expérience, là, d'accord, et c'était le sens de la dernière question. Est-ce qu'il y a des questions là-dessus, même si la rédaction n'était pas forcément aisée pour vous, Patricia ?	(0:23:31.8)
80	P	dernière question	(0:23:41.9)
81	P	<p>Oui, Dounia ? Oui, je vais t'en donner un... (in) il devrait en rester parce que j'ai tout donné.</p> <p>Aller, on s'arrête là, vous prenez une nouvelle feuille, nouveau chapitre, je vous ai mis, ah oui non mais je n'ai pas répondu à la question de Patricia qui me dit je n'ai pas compris la dernière question. Mme Chassignole nous a coupés. La dernière question de l'exercice : pourquoi est-ce qu'on dit qu'un tube de TV peut facilement imploser ? Regarde la réponse que je t'ai mise : qu'est-ce qui se passe, il y a une différence de pression très forte entre là (l'intérieur) et là (l'extérieur). Ça pourrait exploser dans le cas où le tube est cassé c'est du verre. Si jamais la pression est plus forte à l'intérieur, beaucoup plus qu'à l'extérieur, si ça casse (grand geste de l'intérieur vers l'extérieur), c'est expulsé, regarde les forces, ça serait expulsé vers l'extérieur, là c'est l'inverse, si on libère les parois de tout contrainte matérielle, comme elles sont soumises à une action de l'extérieur très forte par rapport à l'action de l'intérieur, si ça casse, ça va être envoyé vers le centre, c'est ce qu'on appelle imploser. C'est l'inverse de exploser, vers l'intérieur, imploser, ou vers l'extérieur, exploser, ça va ?</p> <p>Donc je vous ai donné les corrigés pour vous rassurer, bon surtout pour les calculs, exercice 3 exercice 4 on y reviendra demain matin, donc vous les travaillez d'ici demain, et on reprend ça ensuite.</p>	(0:25:19.8)
82	p	<p>Aller on passe chapitre 3, je vous donne la première activité, vous gardez bien l'ensemble de vos modèles à côté de vous parce qu'on va en avoir besoin dès le début. C'est parti. Vous rangez les exos, vous rangez le chapitre 2, au travail, nouvelle feuille, Angélique. Faites-moi un peu de place sur vos tables, vous pouvez garder la calculatrice, vous risquez d'en avoir besoin. (distribution des documents). Allez vous commencez, vous n'avez pas besoin de moi. Le but, c'est d'améliorer ce modèle. Allez, au travail, trois premières questions qui permettent de faire un lien avec ce qu'on a fait dans le chapitre 2. Si certains ne s'en souviennent pas, vous avez à disposition des seringues, des pressiomètres. Je pense que ça va vite vous revenir.(0:29:02.1)</p>	(0:26:52.5)

83	P	(longue pause de travail). Aller aller on se met à rédiger, Benjamin tu n'as même pas de feuille. Hélène, aller toutes les trois, faites un petit effort, là...la question 3 ? Un mot, je voudrai juste un mot. On dit qu'on fait une, on fait une... quand on diminue le volume comme ça... Cherchez pas compliqué dans la question 2 je vous demande un mot de la vie courante : je reprends l'exemple de la seringue : comment on décrit dans la vie de tous les jours le fait de faire ça ? (P : appuie sur le piston de la seringue tout en maintenant le corps). Oui, on compresse. Alors on peut dire qu'on appuie si c'est le cas d'une seringue, mais si on veut décrire le phénomène plus généralement on dit une compression. Ah je me suis peut-être trompé d'activité, c'est ça que tu vas me dire ? Non ? C'est l'activité où on a mis un pressiomètre et où on a fait ça (pas d'image de ce que l'enseignant fait). Si, il me semble que vous êtes dans l'activité 2, non ? Ben si, vous êtes bien dans l'activité 2.	
84	E	ben si, quand on appuie, ça diminue le volume.	
85	P	Poussez doucement, regarde, à la fin, dans la deuxième partie, Patricia. On a poussé le pressiomètre. Aller, je vous donne la suite.	
86	P	Dans la question 3 vous devez articuler le modèle microscopique et le modèle macroscopique. On en a déjà parlé de ça ce sont des révisions. Je vous donne la suite, à coller après... J'aimerais bien voir des phrases en bonne et due forme dans la question 3... avant de passer à la question 4 (longue pause de travail).	(0:33:06.4) (0:33:29.5)
87	P	(En aparté avec deux élèves) le problème c'est que c'est pas vraiment microscopique ça, tu me parles de pression, c'est macro, de force pressante, c'est macro, ben il faut que tu utilises le modèle microscopique et puis peut-être l'interprétation microscopique de la pression. Alors ça permet de dire qu'on peut compresser, mais ça ne permet pas de dire pourquoi, quand le volume diminue, la pression augmente. C'est quoi la pression ? C'est l'action des molécules sur les parois.	(0:34:28.6) (0:35:10.2)
88			
89	P	Maya tu peux me dire ? On regarde juste la question 3.	

90	P	Je sens que tout le monde est passé à la suite, ce qui est bien mais j'aimerais qu'on soit sûr que tout le monde est capable de donner une interprétation microscopique au fait que, quoi, d'ailleurs, au fait que le volume quand on le diminue, la pression...	(0:39:19.2)
91	E	augmente	
92	P	c'est bon ? D'accord donc ça c'est une observation qu'on avait faite à l'aide du pressiomètre, sans trop savoir à l'époque de qu'était la pression, et c'est ensuite qu'on a donné du sens avec le modèle, à ce qu'était la pression. Alors dans la question 3, Maya, est-ce que tu peux nous dire l'interprétation que tu fais de ce lien, le volume diminue, la pression augmente, à l'aide du modèle microscopique.	
93	E	plus il y a de chocs entre les molécules et sur la paroi et plus la pression augmente	
94	P	plus il y a de chocs entre les molécules tu dis... ben on va pas dire d'abord plus le volume est petit. Plus le volume est petit, qu'est-ce qu'on en dit, microscopiquement, cht, on écoute ce qu'elle nous dit	
95	E	(in)	
96	P	Ah ça c'est l'opération. Je veux passer par une interprétation à l'aide du modèle microscopique... plus le volume diminue, plus les molécules sont proches les unes des autres, ah c'est pas fini, donc elle sont plus proches aussi	
97	E	de la surface	
98	P	de la surface, donc on continue	
99	E	il y aura plus de chocs	
100	P	il y aura plus de chocs sur un temps donné, on raisonne toujours sur un temps donné, il y aura plus de chocs	
101	E	sur une surface donnée	
102	P	pour une surface donnée. Attention, la pression c'est, microscopiquement, c'est le nombre des chocs et la force des chocs, si on peut dire à comme ça, pas la force mais l'efficacité des chocs sur une paroi donnée pendant un temps donné.	(0:41:21.1)
103	P	si je vous remonte peut-être très rapidement le simulateur, vous vous souvenez, le simulateur qui nous a permis de faire vivre le modèle	(0:41:

		<p>microscopique un petit peu... Regardez, j'ai mis un nombre de molécules donné, alors on va pas s'occuper de ce qu'il y a là, pour faire varier le volume, je m'occupe d'une paroi et puis je change la répartition. Regardez, je lance, bon, je peux regarder, par unité de surface, combien il y a de chocs dans un temps donné. Et si maintenant je diminue le volume de cette enceinte, je peux le faire ici, je vais faire ça par exemple, je vais diminuer très fortement... je lance... regardez, sur une même surface, alors ici c'est un trait, sur le simulateur, ce qui correspond, réellement, c'est une surface... Vous pouvez regarder que le nombre de chocs est d'abord plus fréquent, c'est à dire plus important dans un temps donné, donc la force sur cette surface là est plus importante, et donc comme on a raisonné sur une paroi donnée, il y a plus de chocs sur une paroi donnée pendant un temps donné, donc la pression est plus grande. C'est là qu'on a utilisé le modèle microscopique entièrement, d'accord ? Bon, on s'occupe pas de ce qu'il y a à droite, j'ai mis deux petites particules, je peux pas lui mettre 0 sinon ça bogue, mais, voilà, vous voyez bien qu'on les a resserrées, elles sont plus proches les unes des autres, elles sont aussi plus proches des parois et elles tapent plus souvent. Elles tapent plus souvent en un temps donné sur une paroi donnée, la pression est plus grande. C'est comme ça qu'on arrive à interpréter à l'aide du modèle microscopique cette observation qu'on a faite : si le volume diminue la pression augmente.</p>	<p>21.7)</p> <p>(0:43:21.1)</p>
104	P	<p>Alors on va plus loin maintenant : vous avez vu dans la suite de l'activité, je vous dit qu'on va améliorer le modèle macroscopique, on va rester au niveau macro pendant un temps, et en physique on a été capable d'établir, bon je vais arrêter ça parce que ça a l'air de vous amuser beaucoup, on a été capable d'établir la relation, le lien qualitatif entre la pression et le volume. Donc des 4 relations que je vous propose, je vous demande juste de me croire, il y en a une qui va être la plus conforme par rapport aux trois autres aux observations et aux mesures qu'on peut faire, ce qui va nous permettre d'améliorer le modèle. Pour l'instant dans le modèle on a juste dit quand le volume diminue la pression augmente. A l'inverse, quand le volume augmente, la pression diminue. Maintenant on va dire plus, on va dire comment ça diminue ou comment ça augmente.</p>	<p>(0:43:21.5)</p> <p>(0:44:18.7)</p>
105	P	<p>Donc à vous de jouer et à vous de demander du matériel. En gros, le matériel dans un premier temps c'est celui que vous avez déjà utilisé, à vous de voir comment vous faites avec des seringues et des pressiomètres. Je vous donne des seringues et des pressiomètres, ce qui permettra, enfin vous viendrez vous servir d'ailleurs... il y a quelques questions avant... faut un petit tuyau... Je fais passer la bassine de seringues, vous prenez ce que vous voulez, ce qui vous chante... Si il manque des petits tuyaux je peux en</p>	

		donner... Prenez un pressiomètre pour trois ou quatre... je t'emprunte des ciseaux, je te les rends de suite... Les filles vous n'en voulez pas ? Travaillez peut-être avec eux derrière ça leur fera du bien je pense d'ailleurs... Vous venez vous servir, il en reste ici, je vais vous en amener d'autres si vous voulez.	
106	P	Ah, Allison a déjà choisi... C'est celle que tu élimines ou c'est celle que tu gardes ? Tu as déjà décidé que c'était celle-ci ?	(0:46:37.5)
107	E	(in) on sait pas...comment on peut faire ...	
108	P	Et bien il faut réfléchir, il faut essayer de tester. Est-ce que déjà tu en as éliminées ?	
109	E	oui	
110	P	C'est lesquelles que tu as éliminées, faut les barrer ?	
111	E	la 2 et la 4	
112	P	tu es capable de justifier ?	
113	E	parce que P et V ils doivent rester constant et si	
114	P	Ah non, on n'a pas dit ça !	
115	E	bon ben la question là	
116	P	Tu veux savoir comment évolue l'un par rapport à l'autre P et V tu me dis ils doivent rester constants, ça va être difficile de les faire évoluer.	
117	E	je sais pas, il faut alors quelle grandeur, les cas où (in) de cette étude.	
118	P	on veut étudier comment ils évoluent l'un par rapport à l'autre. la question, c'est, pendant l'étude expérimentale, qu'est-ce qui ne doit pas changer ?	
119	E	ben P et V	
120	P	mais si P et V n'évoluent jamais, qu'est-ce que tu peux vouloir dire de leur évolution relative l'un par rapport à l'autre ?	
121	E	in	
122	P	si P reste constant qu'est-ce que fait le volume ?	

123	E	il change pas	
124	P	voilà, donc comment tu sais qu'ils évoluent l'un par rapport à l'autre ? Tu sais pas.	
125	E	Mais on peut pas dire k reste constant vu que (in)	
126	P	il faut que k, est une constante, tout à fait, qu'est-ce qui fait pas faire évoluer, je pense que vous auriez intérêt à discuter avec d'autres groupes parce que là j'ai entendu des choses... Qu'est-ce qui faut pas faire évoluer si on veut étudier P en fonction de V	
127	E	et k	
128	P	et k, oui mais on sait pas ce que c'est, k, comme grandeur, c'est marqué, parmi les grandeurs. Quelles sont les grandeurs macroscopiques qui décrivent l'état d'un gaz ?	
129	E	le volume, la quantité de matière et température	
130	P	volume, quantité de matière, température et pression. Qu'est-ce qui ne doit pas changer si je veux voir l'évolution ?	
131	E	la température, la quantité de matière	
132	E	faut mettre n (in) constant	
133	P	il faut surtout pas faire varier les autres grandeurs, faut bloquer tout de reste.	(0:49:02.8)
134	P	il y en a qui ont besoin d'un pressiomètre, il en reste, je crois, non ?...Il vous manque un tuyau ? Angélique, oui... Qu'est-ce que vous avez pris comme seringue ? ça marche très bien ? Vous avez besoin d'un tuyau, vous ? Non ? Vous n'avez pas de pressiomètre ? Ben sinon, il y en a un derrière, vous le mutualisez celui-là, j'en ai plus. La bassine est où ? Tiens, Juliette, tu vas remettre ça dedans ? Ben vous vous empruntez le pressiomètre qui est derrière, là ou devant, je sais pas... Sophie, tu veux un pressiomètre ? Il en manque. Là bas il y en a deux, est-ce que je peux vous en prendre un des deux quand même ? Ben donne la seringue aussi si tu veux sinon, hop, tiens, tu as droit de changer la seringue. Aller je voudrais commencer à voir quelques indications, là...	(0:50:58.6)

135	E	Monsieur, on a une idée, en fait, on se dit que si on prend un volume donné, on sait que la température dans la pièce elle change pas et (in.) et après si on compresse le pressiomètre, on sait que la pression change, mais comment, c'est après qu'il manque quelque chose.(in.)	
136	P	Vous êtes pas sûres que la température change pas par exemple ? Non, c'est quoi qui vous gêne ?	
137	E	Non, c'est par exemple k par exemple	
138	P	mais k c'est constant, donc à la limite on est à la recherche de ce k mais peu importe	
139	E	(parlent toutes en même temps)	
140	P	ah mais pas forcément non. Ça peut dépendre de la quantité de matière, mais là la quantité de matière vous l'avez fixée puisque vous avez bouché.	
141	E	tout ce qu'on peut dire c'est alors que si, on peut faire des observations en disant que si on compresse le volume, le volume devient plus petit, on compresse	
142	P	oui mais vous allez rester sur une observation qualitative, la même qu'au début, et il faut plus, on veut l'améliorer ce modèle... oui ?	
143	E	Ben là par exemple, ça marche si par exemple on prend 2 et on prend le volume au carré et on...la pression elle diminue	
144	P	par exemple, oui mais de combien ? Ah ben je sais pas, c'est ça qu'il faut regarder	(0:52:09.3)
145	P	Alors, le protocole puisque ça va bientôt sonner, comment on fait ? Pour l'instant les mesures que vous avez faites, c'est quoi ? Vous avez tous pu vérifier l'observation qualitative : si je diminue le volume, la pression augmente, bon ben ça il y a dix jours déjà. Nous on veut largement améliorer ce modèle puisqu'on voudrait savoir comment ça évolue. D'après ce que j'ai vu, vous avez plutôt pas mal éliminé, vous en avez éliminé combien sur les quatre ?	
146	E	deux	
147	P	deux, il y a deux relations, qui si elles étaient vraies, impliqueraient que quand le volume diminue, la pression diminue, d'accord ? Bien, donc il vous en reste deux, et il faut les éliminer. En gros, qu'est-ce qu'il vous reste	

		comme relation ? Miguel qu'est-ce qu'il te reste ?	
148	E	Un et trois elle dit. Elle dit qu'il reste $P = k1.V$ et $P = k2.V^2$, vous êtes d'accord ? Ah, un et trois, donc il lui reste $P = k1.V$ et $P.V = k3$, qu'est-ce que vous en pensez ?	
149	E	(in.)	
150	P	Ohoh, j'aimerais bien que vous vous prononciez là... Samuel, non, tu ne te prononces pas, tu n'as pas d'idée ? Quand le volume diminue, la pression augmente, qu'est-ce qui est cohérent dans les 4 relations qui sont données là, avec cette observation ? Dounia ?	
151	E	Si on multiplie par exemple par deux le volume la pression augmente...	
152	P	Alors première relation, dit Dounia, si on multiplie le volume par deux alors la pression va aussi être doublée, c'est vrai, puisque P, dans la première relation est proportionnelle à V . Si je double le volume, je double la pression, il y a un souci, ah oui..., ça marche pas. Alexandre, tu as gardé quoi toi ? ... Nora elle s'endort... Ah ça vous pose problème...	
153	E	la 3 et la 4	
154	P	Il reste la 3 et la 4 normalement, oui. Alors il faut qu'on soit capable de trancher. Qu'est-ce que vous avez fait comme mesures pour trancher ? Il y a Patricia qui m'a fait une proposition intéressante, oui je crois que c'est Patricia. Qu'est-ce qu'elle m'a dit, qu'est-ce qu'elle a dit, écoutez bien...	
155	E	(in) on prend un volume de 2 (in) et puis on va jusqu'à 4 donc 2 au carré (in)	
156	P	ah, alors elle dit : je prends un volume de deux...	
157	E	deux quoi ?	
158	P	deux quoi ? Bonne question ?	
159	E	millilitres	
160	P	deux millilitres, et elle regarde la pression, puis après elle prend un volume de 4, c'est à dire le double, et elle regarde la pression, il faudrait peut-être continuer, parce que 4 c'est 2 au carré, mais c'est aussi $2*2$, oui...	
161	E	(in)	

162	P	Après on peut prendre	
163	E	trois	
164	P	trois, on peut prendre 6, peut-être, si on arrive à tirer assez, et on regarde ce que fait la pression, et on regarde si le produit P fois V ou le produit P fois V au carré à chaque fois est constant, d'accord ? Alors on continuera ça demain, et puis je vous proposerai un petit dispositif qui sera plus adapté pour faire ça parce que là vous êtes obligés de le tenir à la main et je vous proposerai un dispositif qui est fait pour ça, on est pas obligé de tenir le piston à la main, on peut le visser. Je vous donne rien pour demain, mais je ne peux que vous inviter pour demain à réviser les exercices, et à éventuellement vous entraîner en faisant le 5 et le 6.	(0:56:09.8)

4 Verbatim de la séance en demi-classe

TDP	ndlr	P/ E	verbatim	temps
1	Les "bouts de modèle" utilisés comme outil de travail, donc comme référence, mais voués à être complétés, améliorés	P	on va utiliser un logiciel, enfin un simulateur, on va faire quelques toutes petites expériences très simples. Aller, vous sortez tout ça, chapitre 3, vous pouvez éventuellement sortir vos exos aussi, parce qu'on va parler en particulier de l'exercice 5, et puis vous sortez tous les modèles, tous les bouts de modèles rouges, parce qu'ils vont être abondamment utilisés et complétés, on a un paragraphe de modèle à compléter, paragraphe important.	(0:00:21.9) (0:00:33.7)
2		E	ce sont les exercices sur la feuille ?	
3		P	Oui, mais du chapitre 2, ça c'est ceux du chapitre 1. D'accord ? C'est bon, est-ce que tout le monde a devant lui l'activité 1 sur laquelle on a travaillé Jeudi, c'est bon ? Alors, on reprend ensemble peut-être, vous essayez de me donner vos réponses	

			<p>vendredi matin, après le devoir. Alors, on est sur pression-volume, d'accord, c'est ça qu'on étudie, le lien entre la pression et le volume.</p> <p>Première question que je vous avais, alors on en avait déjà parlé jeudi, indiquez par une phrase comment évolue la pression d'un gaz dans une enceinte lorsque son volume diminue, vous vous souvenez de ce qu'on avait fait, par exemple, on prend une seringue, on fait diminuer le volume, voilà, en bouchant, d'accord, la pression..</p>	57.9) (0:03:05.3)
12		E	augmente	
13		P	<p>augmente, donc ça pas trop de difficultés, si le volume d'un gaz diminue dans un récipient donné, alors sa pression augmente, voyez qu'on est bien en train de faire un lien qualitatif entre pression et volume, d'accord, qualitatif au sens où on connaît pas encore la relation entre les deux grandeurs, c'est ce qu'on va chercher vous avez vu à la fin, c'est ce qu'on est en train de chercher.</p> <p>Deuxième question, on avait vu ça aussi, dans la vie courante, comment on appellerait ce phénomène</p>	(0:04:11.3) (0:04:25.3)
14		P	youssef	
15		E	une compression	
16		P	alors effectivement, on dirait que c'est une compression, alors dans compression, il y a quoi	
17		E	pression	
18		P	il y a pression, eh oui, d'accord, bon il y a con aussi, certes, mais il y a surtout pression. Et l'idée c'est de dire qu'il y a une modification de la pression, c'est ce qu'on vient de dire, mais dans la vie courante, alors c'est le même mot, les médecins utilisent exactement le même mot compression, mais il y a une nuance de sens entre le mot compression dans la vie courante et le mot compression pour les physicien. A votre avis, c'est quoi la nuance de sens ?... Il y a une nuance qui justement est liée aux grandeurs physiques... Comment je repère dans la vie courante que je fais une compression, Sophie ?	
19		E	(in)	
20		P	Alors Sophie dit, dans la vie courante, une compression, c'est	

			quand on diminue le volume, exemple	
21		E	une seringue	
22		P	ouais enfin dans la vie courante, la seringue...	
23		E	ouais c'est ça	
24		P	<p>on compacte un bouteille, on comprime une bouteille, on appuie dessus, on fait une compression, d'accord, on essaye de diminuer son volume, on comprime, donc ça c'est effectivement dans la vie courante, le plus souvent, quand on essaye de diminuer un volume, on essaye de tasser un truc, on comprime. Vous voulez diminuer le volume d'un duvet, vous rangez un duvet, voilà, vous le comprimez, d'accord, il va pas vous venir à l'esprit dans la vie courante de dire que vous changez la pression du duvet que vous êtes en train de ranger, je crois pas, vous diminuez son volume. Effectivement, en physique, le mot compression il a un sens bien plus précis du point de vue des gaz, c'est une diminution, et c'est pour ça que ça s'appelle compression, une diminution de la pression, d'accord. Alors attention, dans la vie courante, c'est souvent, dans la vie quotidienne, ça veut souvent dire diminution du volume et en physique, ça veut surtout dire diminution de la pression... euh, pas diminution, pardon, augmentation de la pression, (in.) puisqu'on à dit quand le volume diminuait pour les gaz dans une enceinte fermée, dans des récipients fermés, la pression augmente. Vous êtes d'accord avec cette nuance qua mentionnée Sophie, c'est bon ? Il y a une petite différence, mais on utilise le même mot et ça nous arrange bien.</p>	(0:07:26.1)
25	Interprétation du lien entre P et V à l'aide du modèle microscopique des gaz	p	<p>Alors, il y avait une troisième question, l'interprétation microscopique et là ça renvoie à l'exercice 5 que vous aviez également à faire : l'interprétation de ce lien qu'on peut faire entre pression et volume, lien qualitatif, on dit juste si il y en a un qui augmente et l'autre qui diminue, bon, à l'aide du modèle micro des gaz, et à l'aide de l'interprétation microscopique de la pression, c'est un vieux truc qu'on a utilisé depuis au moins 15 jours : comment on réussit à interpréter à l'aide du modèle l'observation qu'on vient de faire. Alors l'observation je la rappelle : c'est quoi l'observation ? C'est comme dans l'exercice 5, l'observation de départ, c'est quoi ? L'action de départ, on diminue le volume, d'accord, alors</p>	(0:07:28.3)

			maintenant, on va interpréter ce truc tout bête, on diminue le volume, en terme de modèle, Faresse ?	
26		E	Plus le volume est petit, plus les chocs augmentent dans un volume donné	
27		P	Alors il nous dit : plus le volume est petit, enfin il lit ce qu'il a écrit, donc il commence à interpréter, l'interprétation de cette observation, du point de vue microscopique, c'est, tu me redis ça	
28		E	Plus le volume est petit, plus le nombre de chocs augmente	
29		P	Donc je vais juste mettre : le nombre de chocs augmente. Pourquoi le nombre de chocs, entre particules je suppose c'est ça que tu veux dire, entre molécules, augmente, pourquoi ?	
30		E	Les molécules elles sont plus proches	
31		P	Voilà, augmentent, est-ce que vous êtes d'accord avec ça, le nombre de chocs entre les molécules augmente car molécules plus proches les unes des autres. Bon, elles sont plus serrées quoi. Alors derrière on va pas tout détailler, on utilise bien le modèle microscopique, vous vous souvenez, le gaz est constitué de molécules qui sont en agitation perpétuelle, qui sont réparties de façon homogène, d'accord, on n'en ajoute pas, on n'en enlève pas, si il y en a le même nombre dans un volume plus petit, elles sont plus serrées, si elles sont plus serrées, comme elles s'agitent, elles se rencontrent plus fréquemment, donc le nombre de chocs entre molécules augmente, attention, il y a un sous-entendu là-dedans... augmente, ça augmente pas dans l'absolu.	
32		E	(in)	
33		P	alors on va voir le cas de la paroi après	
34		E	(in)	
35		P	jusqu'à un certain point, ben... jusqu'à quand ? jusqu'à où ?	
36		E	(in)	
37		P	ah non, là on dit juste le volume diminue	
38		E	c'est... pendant un temps... une durée donnée	

39		P	pendant une durée donnée, d'accord ? Pendant une durée donnée, c'est important. Vous avez souvent oublié ça d'ailleurs dans le devoir, quand vous avez essayé d'interpréter microscopiquement la pression... pendant une durée donnée. Bien. Et on n'a pas fini puisqu'il faut qu'on aille jusqu'à interpréter ce qu'on a dit au-dessus, faut qu'on aille jusqu'à la pression, on n'y est pas là encore à la pression. Alors l'étape d'après, c'est quoi ?	(0:10:34.2) (0:10:36.9) (0:10:45.3)
40		E	C'est sur une paroi, c'est le nombre de chocs	
41		P	On va regarder sur une paroi donnée maintenant, on regarde sur les bords de la paroi, elles sont plus serrées les molécules, d'accord, donc il y en a aussi davantage, elles sont "plus concentrées" aussi sur les bords de la paroi et donc ça tape davantage les parois, sur une paroi donnée cette fois, sur une surface donnée, en un temps donné, d'accord ? Donc ça c'est vrai pour les molécules, mais on a aussi le nombre de chocs, du coup, sur une paroi donnée, d'accord, pendant une durée donnée, eh bien ça augmente. Le nombre de chocs sur une paroi donnée, pendant une durée donnée, ce nombre de chocs il augmente. Etape d'après ? Qu'est-ce qu'on en déduit ?	
42		E	La pression	
43		P	La pression augmente. La pression elle est directement liée, ça on peut renvoyer au modèle directement, on a dit que microscopiquement, la pression était directement reliée au nombre de chocs. Alors certains dans le devoir m'ont dit : la pression c'est le nombre, pas tout à fait, un pression c'est pas un nombre de chocs qu'on compterait comme dans le simulateur, vous vous souvenez, le simulateur il compte les nombre de chocs... la pression c'est en Pascal, bon, c'est pas un nombre de chocs, c'est relié au nombre de chocs, d'accord, directement lié au nombre de chocs. Donc, la pression augmente, puisque on vient de mentionner quelque chose qui augmente et qui directement lié à la pression. D'accord ?	(0:12:42.2)
44	P rappelle ce qui a été vu précédemment sur le	P	Alors, je voudrais juste, pour être efficace sur la suite, là, qu'on regarde bien, est-ce qu'on a interprété parce que le devoir que j'ai corrigé ce week-end me fait dire que certains ont encore du mal à comprendre ce que ça veut dire interpréter une	(0:12:46.3)

	fonctionnement de la physique et le rôle des modèles dans l'interprétation d'une observation		<p>observation à l'aide d'un modèle.</p> <p>Je ne sais pas si vous vous souvenez en début d'année, on en a reparlé régulièrement dans l'année, je l'ai ressorti là, vous vous souvenez de cette feuille verte, d'accord ? Je vous avais dit, attention, c'est pas à apprendre, on reverra des points, et c'est vrai qu'on a vu régulièrement des points, en début d'année, j'ai fait des compléments de la physique, vous vous souvenez, alors, en fait, ce qui se passe, ici, du point de vue du fonctionnement de la physique, regardez un petit peu : on est partis d'une observation, ça je vous l'ai souvent fait, vous vous souvenez ? Je vous ai dit souvent, on est dans le modèle, ou là on est dans l'observation. j'avais mis sur cette feuille à l'époque, le monde des objets et des événements (schéma au tableau).</p>	(0:13:59.2)
45	Dévolution : P demande aux élèves d'avoir une réflexion méta sur leur démarche de modélisation	P	<p>Alors je vous demande de faire cette activité, une petite question supplémentaire, et puis là les modèles, on va mettre, en haut, il y les théories, plus générales, mais aussi les modèles. Essayez de voir ce qu'on a parcouru ici en répondant non pas à cette première mais à cette troisième question qui est : interpréter le fait à l'aide des modèles, que lorsque on diminue le volume, on arrive à la pression augmente. Voilà, Patricia l'a même ressorti, puisque voyez, elle l'a bien gardé, je vous avais dit gardez le toute l'année, elle l'a toujours, vous pouvez le ressortir parce qu'à la limite vous pouvez là le graphiter directement, si vous l'avez. Bon, si vous l'avez pas, vous refaites les deux petites patates. Vous savez sans arrêt, je vous ai dit dans l'année, quand on veut faire de la physique, c'est bien de faire des liens, attention où est-ce qu'on est, on est au niveau des observations, ou alors est-ce qu'on est déjà au niveau des modèles. Là on a fait des liens, dites moi un petit peu comment on a parcouru, comment on a navigué entre ces deux patates là. Ca vous le faites, sur votre feuille, aller-y</p>	(0:14:02.3)
46		E	par rapport à...	
47		P	Par rapport à ce qu'on vient de dire là. Vous racontez ce qu'on a fait là, vous pouvez très bien le faire, en disant comment on a navigué là-dedans. D'où est-ce qu'on part, où est-ce qu'on arrive, comment on circule.	
48		E	On peut le faire plusieurs fois ?	
49		P	Oui, plusieurs fois, on peut le faire plusieurs fois. Vous pouvez écrire dedans ; je vois Sarah qui est en train d'écrire des trucs dans les patates, elle a raison, enfin je veux dire, on l'a déjà fait	

			ça, en tout début d'année. C'est ça, comme il dit.	
50	(Longue pause pendant que les élèves travaillent).			
51		P	Vous êtes pas obligés de tout réécrire	
52	(Une élève passe au tableau)	P	Ah non il diminue le volume	
50		E	ah pardon	
51		P	enfin, il me semble	
52		E	(in)	
53	Discussion avec les élèves sur la pertinence de la proposition faite au tableau par l'un d'entre eux concernant le modèle de démarche : cette discussion contient des savoirs de la physique, et ces savoirs sont mobilisés en relation avec le schéma "monde des objets et évènements,	P	Benjamin dit "c'est un évènement, le volume diminue"	(0:17:23.3)

	monde des théories et des modèles"			
54		E	C'est un évènement quand on arrive au modèle qui nous dit que c'est de plus en plus rapproché.	
55		P	ah, alors elle change, elle dit, le volume diminue, en bas. François, t'est d'accord ? Les autres vous en pensez quoi ? Est-ce que le volume diminue, est-ce que c'est un évènement, ou est-ce que c'est déjà dans le modèle ?	
56		P	Alors elle est passée par là-haut là (sifflement) alors là elle a pas tout raconté, le nombre de chocs augmente, et puis tout ce qu'est là, et elle dit, on en a déduit que la pression augmente. Est-ce que vous êtes d'accord avec ça ?	
57		E	(in)	
58		P	ah ! Farres, reedit nous ça	
59		E	j'aurais mis "la pression augmente" dans le modèle	
60		P	Il aurait mis "la pression augmente" dans le modèle, tu peux donner un argument pour ça ?	
61		E	(in)	
62		P	Enfin, j'sais pas...cette fois c'est un évènement, c'est	
63		P	ah !	
		E	(in)	
64		P	Farres dit le volume diminue, c'est un truc très concret, on le voit, c'est un évènement parce que le volume diminue, je prends le cas de la seringue, d'accord ? Alors en fait quand on dit le volume diminue, on utilise le volume au sens	
65		E	de la grandeur, non...	
66		P	au sens quotidien, courant. C'est un mot du langage quotidien, le volume, enfin il me semble, mais c'est aussi une grandeur physique, certes, c'est les deux. Mais c'est vrai que si on dit "diminue le volume", il faudrait dire quoi si on voulait vraiment être sûr que c'est pas une grandeur physique.	

67		E	on pousse le piston	
68		P	on pousse le piston. Alors là on est sûr de son coup, si on dit on pousse le piston c'est un évènement, c'est vrai, et si on traduit "on pousse le piston par" ce qu'elle avait fait au début, c'était pas complètement absurde, elle a changé très vite parce qu'elle s'est dit houlala, elle avait mis "le volume diminue" en haut. C'est vrai, on pourrait dire, bon (in) on découpe tout hein, si on dit on pousse le piston on en déduit en terme de grandeur physique que le volume diminue, la valeur du volume diminue, ce qu'on lit sur les graduations par exemple, du coup le volume diminue, c'est en haut. Il y a l'interprétation, ça elle peut le laisser, et Fares nous dit un petit peu la même chose, mais la par contre il y a moins de problèmes, il dit la pression c'est en haut, c'est dans le modèle, et ça c'est quoi l'argument, ça, la pression augmente, cette fois. Pourquoi vous avez envie de mettre ça dans la théorie des modèles etc. pourquoi intuitivement tu as envie de faire ça ? Fares, tu arrives à le dire ? C'est compliqué hein ?	
69		E	C'est pas très concret	
70		P	C'est pas très concret la pression il dit... qu'est-ce que vous en pensez les autres ? ... Sophie	
71		E	Il y a le même nombre de molécules dans (in)	
72		P	Il y a le même nombre de molécules dans...	
73		E	dans les deux	
74		P	ben oui, on sort jamais de molécule, c'est vrai	
75		E	en plus, si il y a plus de pression, soit le volume a diminué soit	
76		P	on est d'accord, le volume a diminué et la pression a augmenté, c'est pas ça que je discute. la question c'est un truc comme "la pression augmente", est-ce qu'on le met plutôt là, plutôt là, est-ce que c'est un évènement la pression augmente...	
77		E	(in)	

78		P	ah ! argument, Patricia	
79		E	c'est parce que, au départ on a dit qu'il fallait passer du volume diminue à la pression augmente, la pression augmente c'est un évènement mais pour arriver à la pression augmente, il faut passer par le modèle qui dit que la pression augmente.	
80		P	oui	
81		E	et voilà et donc euh	
82		P	alors, je suis assez d'accord. Elle dit on est obligé de passer par là pour passer du volume diminue à la pression augmente. Il y a une vraie discussion qu'on peut avoir et que je pense que vous aurez dans les années qui vont venir... euh, c'est bon Patricia, tu peux retourner à ta place... la vraie question, c'est, enfin une des questions intéressantes, c'est est-ce que quand on dit le volume diminue la pression augmente, avec un e c'est mieux (correction au tableau), est-ce qu'on est au niveau de l'évènement et vous avez vu la discussion, la volume, c'est tellement courant le volume, que le volume diminue, on peut dire que c'est un évènement, parce que le mot volume c'est un peu ambigu, c'est à la fois une grandeur physique, en m ³ , etc., bon, mais c'est aussi un mot de la vie courante. Pression, c'est déjà un petit peu plus, euh, et je pense que c'est pour ça que Fares, même s'il a du mal à le dire et comme ça, c'est pas très concret, on voit pas trop à quoi ça va correspondre. Donc la pression augmente on peut encore considérer, si on voulait vraiment être très rigoureux, là on dirait on appuie sur le piston, mais franchement, si on dit on diminue le volume, ça marche aussi c'est tellement courant bon, on appuie sur le piston mettons... alors là on traduit ça par le volume diminue, on est presque dans la liaison là, volume diminue, d'accord, là il y a l'interprétation microscopique, et on en déduit que la pression augmente, je met une flèche comme ça. La pression c'est une grandeur physique, c'est déjà dans le modèle, c'est vraiment un élément du modèle la pression, regardez ce qu'on a mis là-bas, c'est une des grandeurs qui décrit le gaz. Mais alors ça serait quoi l'observation qui correspond ?	
83		E	ça se repousse	
84		P	faut trouver une observation qui correspond à la pression augmente	
85		E	c'est plus dur à pousser	

86		P	oui, on sent que ça résiste, ça peut être ça l'observation ; mais il y en a une autre, plus radicale	
87		E	(in)	
88		P	non, non	
89		E	(in)	
90		P	c'est un peu de la triche, hein	
91		E	(plusieurs réponses inaudibles, parmi lesquelles on distingue "le pressiomètre")	
		P	l'affichage sur le pressiomètre	
92		E	augmente	
93		P	augmente, ça c'est un évènement, c'est imparable, mais sauf que bon, évidemment, on triche un peu parce qu'on a un instrument de mesure qui mesure une grandeur physique, ben la valeur d'une grandeur physique, oui ?	
94		E	on peut dire que si on lâche le piston	
95		P	alors voilà, ça ça marche aussi pas mal, on peut dire si on lâche le piston il revient à sa place, ça pourrait aussi fonctionner, mais bon derrière il y a des hypothèses un peu compliquées pour en déduire que c'est parce que la pression augmente	
96		E	Monsieur, on enlève "le nombre de chocs augmente"	
97		P	non non, on enlève pas, là il y a tout, elle a juste mis, c'est un bon résumé, elle a juste mis toutes ses interprétations là, quand on a fait tourner le modèle, d'accord ? Ben là, on peut dire l'indication du pressiomètre augmente. Bon, c'est un peu, c'est juste pour se forcer à mettre une observation. Je le dit parce que ça vous permet de comprendre comment ça fonctionne un petit peu quand on fait une interprétation, qu'est-ce que c'est que faire une interprétation en physique. Voyez que le modèle, il sert à prévoir quelque chose, on arrive à prévoir avec ce modèle que la pression va augmenter, bon même si vous le saviez d'avance puisqu'on l'a vérifié il y a 15 jours. Mais le modèle permet de le prévoir, le modèle	(0:24:

			microscopique, en passant par là, on arrive à partir d'un évènement et à prévoir qu'un autre évènement va s'en suivre.	53.2)
98	Forme d'institutionnalisation de l'épistémologie sans parler de physique : distinction et relations entre les termes "interprétation", "observation", "usage du modèle" comme "exercice scientifique".	P	Ca vous permet de voir aussi ce que c'est qu'une interprétation, et puis enfin ça vous permet une dernière chose, ça vous permet de bien séparer, de commencer à vous entraîner, à faire quelque chose que vous avez parfois du mal à faire en première et en terminale après, à bien séparer ce qui relève de l'observation, ce qui relève de l'interprétation et de l'usage de modèle, d'accord, c'est un vrai exercice scientifique que d'apprendre à bien séparer observation, interprétation, séparer ce qui relève des concepts qu'on utilise là de ce qu'on voit et vous avez vu que c'est par fois pas simple parce qu'il y a des mots qui sont à double tranchant, le mot volume on ne sait plus bien si c'est diminuer le volume, est-ce que c'est conceptuel ou est-ce que c'est un truc qu'on voit, bon on joue sur les deux volets à la fois, là, c'est un peu entre les deux le volume. OK ?	(0:25:44.8)
99	Présentation de l'activité visant à améliorer le modèle : passer du modèle qualitatif à modèle quantitatif. Il faut choisir entre deux 4 modèles quantitatifs proposés. Il n'est pas précisé d'où sortent ces propositions de modèles. Deux sont facilement identifiés comme non	P	Bien on va continuer à utiliser ce cadre là. Là on a utilisé du modèle pour prévoir quelque chose, maintenant on rentre dans la deuxième phase de l'activité, on est à la pêche à du nouveau modèle. l'idée c'est de comprendre ce qui se passe d'un point de vue quantitatif. On a dit le volume diminue, la pression augmente, mais comment, avec quelle relation ? Alors là, on en fait vraiment deux grandeurs physiques, pression, volume, comment ils varient. Alors on avait déjà éliminé il me semble deux expressions, la 1 et la 2 c'est ça ? à cause du fait que si V diminue, on peut l'écrire comme ça, alors P augmente, et ça c'est absolument contradictoire avec P égale quelque chose fois V ou P égale quelque chose fois V au carré. Donc là moi j'injecte un petit peu de modèle, je dis juste que la loi de Boyle-Mariotte, c'est Monsieur Boyle et Monsieur Mariotte, d'accord, eh bien cette loi elle se présente comme la relation 3 ou comme la relation 4. Vous en avez une des deux qui est juste en gros, et il faut qu'on trouve laquelle. Alors on va voir ce que ça veut dire qu'elle est juste, d'accord, on va voir si elle est tout le temps juste par exemple, mais il faut déjà essayer de trancher entre les deux et voyez que ce qu'on vient de dire là avec la seringue ou la petite expérience que vous avez faite il y a 15 jours, on appuie sur la seringue, et on observe que la pression sur le pressiomètre augmente, ça suffit pas pour dire si on est plutôt dans le cas PV = une	(0:27:54.7)

	conformes au modèle qualitatif. Reste à trancher expérimentalement entre les deux autres.		constante k_3 ou bien PV au carré est égale à une constante, alors elle a pas le même symbole évidemment elle peut pas s'appeler pareil puisqu'il n'y a pas de raison pour qu'elle ait la même valeur cette constante. Puis on discutera de la pertinence de l'appeler constante, est-ce que c'est justifié de l'appeler constante.	
100	Echanges autour de l'idée selon laquelle pour étudier la variation relative de deux grandeurs, il faut garder la troisième constante.	P	Alors on avait aussi détaillé très rapidement vendredi ce qui devait rester constant, et puis on va se lancer dans la manip là, qu'est-ce qui doit rester constant pour faire cette étude. Servez vous de ça (ndt : indique le tableau de gauche) on étudie comment varie P et V.	
	(blanc de quelques secondes : changement de bande d'enregistrement)			
101		P	Et P mutuellement. On étudie comment varient V et P mutuellement.	
102		P	Les deux autres, vous êtes d'accord.	
103		E	les quoi ?	
104		P	les deux autres il a dit Benjamin. Les deux autres, tu peux dire un peu plus ?	
105		E	température (in)	
106		P	voilà, il dit qu'il faut pas, pendant qu'on étudie ça, qu'on change la température, il faut pas qu'on change la quantité de	

			matière. Vous êtes d'accord ?	
107		E	oui	
108		P	Sinon on va peut-être influencer la variation de pression ou les variations de volume. Donc on bloque les deux autres, ça c'est pas trop dur de bloquer les deux autres. Bloquer la température, comment on fait ?	
109		E	On met la seringue (in)	
100		P	On chauffe pas trop sur la seringue, on la met pas au frigo, on fait pas de variation de température trop importante. De laisser constante la quantité de matière	
111		E	on n'en rajoute pas	
112		P	On n'en rajoute pas. Vous voyez que quand je vous demande ça, quand je vous dit qu'est-ce qu'il faut faire pour laisser la température constante, c'est déjà, Fares il a repéré, que c'est déjà faire des liens. Parce que dire il faut que je laisse la température constante, c'est quelque chose d'assez théorique. Qu'est-ce que j'en déduit sur ce que je dois faire ou pas faire, c'est exactement ça. Bon, évidemment, c'est des exemples basiques, parce que c'est tellement familier pour vous la température, que c'est pas (in). Par contre vous prenez un élève de début de seconde, vous lui dites qu'est-ce qui faut faire dans une seringue pour laisser la quantité de matière constante, eh, bien, c'est une phrase relativement théorique quand même, eh bien il sait pas répondre, ou enfin il a du mal. C'est parce que vous savez ce qu'est la quantité de matière, c'est parce que vous avez un modèle qui correspond, que vous êtes capable de dire, vous vous dites quoi d'ailleurs, qu'est-ce qu'on fait pour laisser la quantité de matière constante ?	
113		E	On n'en rajoute pas	
114		P	On n'en rajoute pas de quoi ?	
115		E	de la matière	
116		P	de la matière , oui , on n'en enlève pas non plus. D'accord ? Donc en gros on bouche.	(0:29:59.3)
117	Dévolution de l'activité	P	Aller, c'est parti. Vous m'aviez proposé un petit protocole, ça on en avait parlé, comme je veux qu'on avance on va aller vite. Vous m'avez dit on relie ça au pressiomètre on regarde le	

	expérimentale Rappel rapide du protocole proposé antérieurement par les élèves		volume et on mesure à chaque volume la pression, d'accord, c'est ce qu'on avait conclu vendredi matin.	
118	Distribution du matériel	P	Alors, là pour gagner du temps je vous propose directement un dispositif qui est un peu moins fatiguant pour laisser le volume constant, qui est un dispositif qui est fait pour, d'accord, qu'on achète pour vous, qu'on trouve que dans les lycées. Il y a carrément le nom de la loi dessus.	(0:30:16.7)
119		E	Mariotte	
120		P	C'est pas ça la loi. Ca c'est l'objet qui permet d'essayer de deviner ce qu'est cette loi.	(0:30:44.7)
121		E	Mariotte	
122		P	Alors oui on l'appelle parfois que Mariotte mais ça appeler ça la loi de Mariotte c'est faire excès de chauvinisme franco-français. Il n'y a pas de raison d'attribuer ça que à Mariotte. Tout le monde en a un, dispositif ? On le casse pas, ce serait bien, d'accord, et puis je vous donne, c'est parti, et puis je vous donne des pressiomètres, et puis on essaie de mettre tout ça en commun. Vous devez avoir tous un petit tuyau sur les pressiomètres normalement. Oui, il est un peu long ce tuyau, je vais le couper.	(0:31:51.1)
123	Intéraction avec une élève à propos de la confusion que cette dernière effectue entre le dispositif expérimental et le modèle à tester.	E	on peut pas mettre V au carré	

124		P	ah ben non, mais on a une calculatrice pour mettre V au carré.	
125		E	non mais oui mais là (l'élève montre le dispositif expérimental) pour avoir le (in) de la pression (in)	
126		P	Ben là on a V	
127		E	oui, mais on peut pas savoir ce que sera quoi la pression quand on aura V au carré (in)	
128		P	Ah non, ben non, justement. Toi, ce à quoi tu as accès, c'est le volume. Quand tu vas passer V au carré pour savoir si $P.V^2$ c'est constant quel que soit le volume, tu testes quelque chose dans le modèle et le V au carré, c'est toi qui va le calculer.	
129		E	Oui mais on pourra pas voir si c'est vrai	
130		P	Comment ça on pourra pas voir si c'est vrai ?	
131		E	mais comme on peut pas mettre le V au carré	
132		P	Non, on peut pas mettre le V au carré. Mais qu'est-ce que ça voudrait dire, mettre V au carré ? Mettre V au carré, ça correspond à rien de la réalité là, des objets et des évènements. V au carré c'est un truc...	
133		E	ben c'est le volume au carré	
134		P	oui, mais c'est purement du modèle on est d'accord	
135		E	oui	
136		P	comme quand tu fais le produit P fois V	
137		E	oui	
138		P	c'est du modèle. Au lieu de faire le produit $P*V$ et de regarder si c'est constant, tu peux faire le produit $P*(V \text{ au carré})$, V tu l'as mesuré, et regarder si c'est constant, avec ta calculatrice hein...	
139		E	(in)	
140		P	il faudrait que k_3 , pour les différentes mesures, il faudrait que k_3 soit toujours à peu près le même, on verra si le modèle est valide justement.	

141		E	et k4 aussi	
142		P	et k4 aussi	
143		P	il n'y en a qu'un des deux qui va a priori fonctionner d'après ce que je vous dis. Utilisez ça c'est fait pour...	(0:33:32.1)
144		P	Alors normalement, ça ça se visse. Aller, prenez celui là. Aller c'est parti. Il faut une calculatrice, c'est conseillé. Ca marche pas ?	
146	Discussion critique sur le matériel utilisé (importance de dimension du tuyau) en liaison avec le protocole expérimental	P	Ah mais non, il vous faut un petit tuyau. Ah si, c'est celui là en fait. Attends, t'as des ciseaux, regarde. Hop.	
147		P	Pourquoi l'intérêt qu'il faut que le tuyau soit le plus petit possible ? A votre avis.	(0:34:29.1)
148		E	Comme ça il y a moins d'air, moins d'air en plus	
149		P	Oui et donc ?	
150		E	Et donc la pression réelle là dedans	
151		P	Ah, ça ne va rien changer à la pression. Dans le modèle on dit que la pression est la même partout. Je pose la question à tout le monde. Pourquoi on a intérêt à avoir un petit tuyau ?	
152		E	ça ira plus vite	
153		P	qui connecte ?	
154		E	c'est pour avoir moins d'air euh...	
155		P	Et pourquoi c'est bien d'avoir moins d'air dans le tuyau ?	

		E	La mesure est plus précise	
156		P	La mesure de quoi est plus précise ?	
157		E	De la pression	
158		P	Quoi, la pression ?	
159		E	Du nombre de...de la force pressante	
160		P	la force pressante, on la connaît pas...	
161		E	comme ça, on peut mesurer le volume directement sur la seringue.	
162		P	Comme ça on peut mesurer le volume ↑	
163		E	directement sur la seringue.	
164		P	directement sur la seringue. Le volume du gaz que vous avez emprisonné, c'est ce qu'indique la seringue, plus le petit bout qui a dans le tuyau. Si vous prenez un bout dans le tuyau très long, vous allez avoir beaucoup d'air que vous ne compterez pas sur le dispositif. Ce que vous indique le volume ici, c'est le volume qui est contenu jusqu'au bout de la seringue. Il compte pas le petit bout qui est là, donc on a intérêt à le minimiser le petit bout qui est là. C'est rien du tout heureusement. Enfin, si le tuyau commençait à devenir très long, ça ferait une grosse erreur sur ce que vous lisez.	
165	Lancement des prises de mesures	P	Aller vous essayez de faire quelques couples de valeur et puis ensuite on va essayer de comparer nos différentes mesures. Vous avez besoin d'une calculatrice.	(0:35:50.7)
	(phase pendant laquelle les élèves réalisent les mesures)			
166		P	Alors vous commencez à avoir quelques valeurs ? Benjamin, il a fait un tableau lui.	
167		P	Aller, faut commencer à faire quelques calculs.	

168		P	Non, le volume ça peut pas être V au carré le volume.	(0:38:19.7)
169		E	Si je mets le volume au carré, enfin si le prends 5 après je prends 25, je compare leur pression, enfin, non, après je compare k, je veux dire celle là je mets (in) 5 et je regarde la pression...	
170		E	c'est ce qu'on disais tout à l'heure, on peut pas mettre au carré, donc on peut pas le faire.	
171		E	(in) ensuite, je prends 25 pour le deuxième V, ce qui sera V au carré par rapport au premier V.	
172		P	25 cm ³ , ça ne peut pas être V au carré.	
173		E	non, mais par rapport à 5, 25 c'est 5 au carré.	
174		P	oui, ça c'est sûr, alors ?	
175		E	c'est ça que j'ai envie de faire. Je veux avoir un V qui soit égal à V*V.	
176		P	Oui, d'accord, ça j'ai compris, mais c'est quoi l'intérêt ?	
177		E	(in) : discussion entre les deux élèves	
178		P	ouais, c'est un peu dur.	
179		P	Oui, vous restez bien dans les limites de mesure du pressiomètre. Benjamin, tu as fait un tableau, tu peux me dire ce que tu as mis dans ton tableau ?	(0:39:14.4)
180		E	Le volume au carré et la pression et les produits de volume au carré pression.	
		P	Alors, il ma dit qu'il avait mis le volume, c'est ça, en quelle unité ?	
181		E	cm ³	
182		P	cm ³ comme c'est indiqué sur le...OK, ensuite il a mis la pression	

183		E	(in)	
184		P	en quoi, non mais l'unité	
185		P	alors tu l'as mis en hPa , OK, bon donc ça va aller à combien, on va dire 1100, 1200 OK , donc là vous allez avoir, bon vous voyez j'utilise Regressi, comme on l'a déjà fait, vous pouvez mettre une colonne de V, un colonne de P et ensuite avec l'avantage d'un tableur, c'est qu'on peut calculer, on peut demander au tableur de calculer à chaque fois V au carré, de faire le calcul $P*V$ et de faire le calcul $P*(V$ au carré), et on peut regarder. Alors par contre, avec la même valeur de V, si vous prenez $V = 5 \text{ cm}^3$, faut pas espérer comme Dounia l'espère, avoir la même valeur pour PV et pour PV2, ça c'est pas possible, sauf si vous prenez $V = 1$, parce que V au carré = 1.	
186	Nouvel échange avec le même binôme que précédemment (même confusion entre modèle et expérience)	E	Non, on prend un volume de 25	(0:41:23.4)
187		P	Et qu'est-ce que tu veux en faire de cette pression avec un volume de 25 ?	
188		E	Après je fais $P*V$ et $P*V(1)$ par exemple, l'autre $V(1)$.	
189		P	Alors ça c'est $V(1)$ et ça c'est $V(2)$, alors OK ça c'est intéressant, allons-y.	
190		E	On mesure la pression	
191		P	Alors $P(1)$	
192		E	$P(1)*V(1)$	
193		P	$P(1)$ fois $V(1)$	
194		E	ça doit être égal à $P(2)*V(2)$	
195		P	pourquoi ?	

196		E	ah mais non, c'est deux relations différentes.	
197		P	non, pourquoi ? Est-ce que tu peux expliquer à tout le monde parce qu'il y en a encore qui y croient je pense.	
198		E	Ces des relations différentes, c'est pas du tout...	
199		P	C'est des relations différentes. Oui, d'accord, $V(2)*P(2)$ ça ça marche , on peut calculer ça. mais vous n'avez pas $V(2)$ est égal, enfin, vous avez $V(2) = V(1)$ au carré, bon, parce que vous avez fait ce choix, donc vous pouvez dire que $P(2)$ c'est $P(2)*(V(1))$ au carré, ah oui ça c'est sûr, vachement intéressant ça, mais $P(2)$ n'est pas égal à $P(1)$ donc qu'est-ce que vous allez pouvoir comparer ça et ça ? Impossible...	
	Préparation des colonnes de calcul du tableur (Regressi) pour recueillir toutes les mesures des élèves. Le tableur est vidéoprojeté au tableau.			
200		P	Donc on prend plusieurs valeurs de V et plusieurs valeurs de P et puis on va demander au logiciel de calculer PV et de calculer $P(V)$ au carré et puis on va regarder. Alors est-ce que vous pouvez commencer à me donner quelques couples de mesures. Attendez, je vais lui demander tout de suite de faire PV et je vais lui dire de faire $P*V$, ça c'est pas trop dur, il devrait y arriver, puis le vais lui demander de faire $P(V)$ au carré, alors je vais l'appeler PV^2 , il va peut-être bien vouloir, $P*V*V$. OK, je lui demande de calculer ça directement. Voilà, donc il attend, il est prêt à calculer.	0 :42 : 42.5
201		P	Alors on y va, un premier couple...	
202		E	30 cm ³	

203		P	30 cm ³	
204		E	pour 1085 hPa	
205		P	1085 ? On y va, hop ça y est il a calculé. On va voir, aller, un autre couple... E ça veut dire 10 puissance, c'est comme sur la calculatrice... non pas sur la tienne...	
206		E	Madame, euh Monsieur	
207		P	Oui moi c'est Monsieur	
208		E	On n'a pas du tout les mêmes valeurs, nous pour 30 cm ³ on a 823	
209		P	combien ?	
210		E	823	
211		P	ouch ! 823, ah oui, oui, ça c'est possible, 823 ça veut dire quoi ?	
212		E	(in)	
213		P	non, ça veut qu'elle n'ont pas la même seringue, en quelque sorte	
214		E	qu'elles ont mis, euh (in)	
215		P	elles sont branché le pressiomètre a un volume qui n'était pas le même. Au moment où vous avez branché le pressiomètre, vous aviez quelle pression dedans ? En gros, tous, 1000, un peu plus de 1000, 1000 et quelques, 1015, 1010	
216		E	Il y avait 1070	
217		P	d'accord. Les couples de valeurs ce sont les vôtres, c'est pour ça que je vous donne l'exemple. Le PV et le PV2 ce sont les vôtres qu'il faut calculer, d'accord. Alors allez-y, faites le à la calculatrice pour quelques valeurs. Au bout de trois-quatre couples, on a déjà une indication, c'est pas la peine de prendre le tableur, je vous montre juste la façon dont vous pouvez présenter vos calculs. Benjamin, il a trois couples, est-ce qu'il est capable de trancher ?	
218		E	Euh, P*V c'est plus... ben ça	

219		E	près (autre élève)	
220		E	les valeurs elles sont plus proches de...	
221		P	Alors déjà vous pouvez arrondir, allègrement, parce que ça va être, évidemment il faut pas s'attendre à un truc	
222		E	On est plus proche du 30000	
223		P	C'est plus constant dans un des deux cas, donc essayez de voir déjà avec trois couples de valeurs, ils arrivent à voir dans quel cas c'est plus constant.	
224		E	Donc $V_2 * P$, il y a 1 000 000, 1 400 000 et 500 000.	
225		P	Donc vous pouvez conclure et répondre à la question ? Alors, certes, on a fait trois mesures, mais ça doit pouvoir suffire. Par contre je vais prendre les trois valeurs de leur groupe, je peux vous les prendre ?	
226		E	Allez-y.	
227		P	Hop, 15, et pour 15 ils ont trouvé 1978, et pour 40, ils ont trouvé 853. Vous pouvez en faire une ou deux autres, comme ça on en aura plus... Euh, c'est Patricia qui m'a parlé, oui c'est ça ? je peux pas prendre ta valeur Patricia, tu n'a pas forcément, je ne peux pas la comparer à leur valeur, c'est ça que je veux dire tu sais, vous avez pas forcément branché le pressiomètre avec le même volume de départ. Si on prend deux groupes différents, c'est quoi qui change entre les deux groupes ? Le volume de départ mais surtout ?	
228		E	Ben la pression de départ	
229		P	Par rapport aux 4 quantités qui sont là ? Les 4 quantités à gauche là	
230		E	C'est la quantité de matière qui change d'un groupe à l'autre, donc je peux pas comparer si vous travaillez pas avec la même quantité, c'est bien ce qu'on a dit au début, il faut que ça reste constant.	
231		E	(in)	

232		P	et non, vous pour chaque valeur, c'est bon, vous travaillez avec une quantité donnée? Vous pouvez comparer vos valeurs, mais si je compare de ce groupe là à ce groupe là, je change la quantité de matière qui est enfermée, donc je peux rien comparer, puisque j'ai changé la quantité entre le groupe qui est ici et le groupe qui est ici. Oui ou non Patricia ?	
233		E	Oui	
234		P	Ben oui, rien ne dit que la quantité qu'ils ont dans le seringue c'est la même que celle-ci, en mole, Houria ?	
235		E	(in) la valeur	
236		P	Oui mais me gardez pas tous ces chiffres vous me mettez des résultats, ces chiffres significatifs c'est quand même magnifique pour PV, même lui (ndt : le simulateur) il abuse, c'accord, il faut arrondir à deux chiffres significatifs, c'est bien tout. Vous avez combine de chiffres significatifs sur le volume ?	
237		E	Deux	
238		P	Ouais et encore vous êtes généreux, vous avez vu un peu deux ouais,	
239		E	(in)	
240		P	à la limite deux si on regarde les petites graduations du bas. le dispositif est presque moins précis que les graduations de la seringue. Donc deux c'est grand maximum, vous pouvez pas mettre	
241		E	(in)	
242		P	mieux que ça. Vous avez d'autres valeurs à me donner ?	
243		E	Une à rajouter, oui, avec 50 cm ³ et 703 pour la pression	
244		P	Oui, vous pouvez me mettre un volume plus petit, plus grand, ouais on va dire ; 703 vous me dites	
245		E	703	
246		P	703	

247		E	Plus grand qu'un ça va pas être possible	
248		P	Non, plus grand que 50 c'est possible ?	
249		E	(in)	
250		P	60, combien vous avez ?	
251		E	597	
252		P	Voilà, donc regardez. Voilà, j'ai trié par volume.	
253	Analyse des résultats : confrontation des résultats aux différentes formulations de la loi	P	On vérifie d'abord que quand le volume augmente, la pression diminue, ouf, tout ça pour ça. Maintenant on regarde : est-ce que c'est plutôt PV qui reste constant ou $P(V \text{ au carré } 2)$? Je pense que c'est assez clair : si on garde deux chiffres significatifs, ici ça fait 2,... , d'ailleurs l'unité de ce bidule c'est quoi ? C'est en quoi ça ?	(0:49:18.5)
254		E	en cm^3 ...	
255		P	Ouais en $\text{hPa} \cdot \text{cm}^3$. Peu importe, c'est une unité qui n'a beaucoup de sens. Alors, ça fait 3,0 E4, 3,3 E4, 3,4 E4, 3,5 E4, 3,6 E4. Bon, il pourrait peut-être monter, Mais alors regarder ici c'est la cata. 4,4 E5, presque 10 E5, 14 E5, 17 E5, 21 E5. C'est absolument pas constant, d'accord ? donc là, on va garder cette option là. Alors nos mesures est-ce qu'elle sont parfaitement en accord avec la relation ?	
256		E	non, mais elles s'approchent	
257		P	Non, mais elles s'approchent. D'accord, donc s'il faut choisir entre deux modèles, prendre le moins mauvais des deux modèles, on prend $PV = \text{cte} = k$, et on a une idée de la constante k d'ailleurs.	(0:50:55.8)
258	Domaine de validité de la loi : pour les faibles	P	Alors en fait si on allait faire plus de mesures, on pourrait même montrer qu'on s'approche d'autant mieux de la relation, nos mesures sont d'autant plus en accord avec la relation que les pressions sont petites. ça marche d'autant mieux que les pressions sont petites, quand on prend des pressions qui	

	pressions		commencent à être très importantes on s'écarte beaucoup du modèle, d'accord ? Donc le modèle qu'on garde c'est $PV = \text{constante}$, cette constante on l'appelle comme on veut mais on peut garder k_3 , d'accord, et c'est valable, d'autant plus valable c'est pas une vérité absolue, comme tout modèle, que la pression est faible. Alors le problème c'est que, comme toujours, faible on sait pas par rapport à quoi la pression est faible. Pour les fortes pressions, on va s'écarter beaucoup de la loi, loi de Boyle et Mariotte.	
260		P	Et du coup, dans les deux patates, vous la mettez où la relation ? C'est pas trop dur.	(0:52:15.1)
261		E	Dans le modèle	
262		P	Bien sûr, dans le modèle, maintenant, on va utiliser cette nouvelle relation, c'est la dernière question, c'est la conclusion, vous l'avez la conclusion sur votre, le l'ai donnée, oui, donc la relation entre pression et volume est du type c'est ça, on la met là-dedans, évidemment, et là on va l'utiliser pour déduire une prévision qu'on est capable de faire, une prévision concrète entre guillemets, que se passe-t-il pour la pression si je double le volume ? C'est la question n°7, qu'est-ce qui se passe si je double le volume ?	(0:52:36.5)
263		E	(in)	
264		P	On divise par deux pardon, si on diminue le volume d'un facteur 2 ? Faut que la pression, elle...	
265		E	Multipliée par un facteur 2	
266		P	Voilà, elle est multipliée par un facteur 2, et il y a même un verbe en français qui permet de dire ça ?	
267		E	Elle est doublée	
268		P	Bravo, elle double. D'accord ? Si V je le divise par deux, il faut absolument que la pression pour que ça reste constant, je l'augmente par deux. Alors ça vous pouvez le vérifier, Dounia qui voulait vérifier, prendre tel volume et regarder, prenez un volume, je sais pas, mettons de 60, puis après vous prenez un volume de 30 c'est une façon de vérifier la validité du modèle sur cette situation là. Prenez un volume de 60, vous regardez la pression, vous prenez un volume de 30 c'est divisé par deux, vous regardez si la pression a doublé. Alors là on peut regarder, c'est pas mal, alors on n'est pas exactement sur le	

			modèle, mais on a un accord avec le modèle qui est pas scandaleux. 30, 60, 600, il faudrait que ça aille à 1200, d'accord, avec 30 et 15 ouais, ça marche aussi, faudrait voir les autres, faudrait voir 80, bon, ça fonctionne, il y en a qui l'on fait, 30, 60, c'est bon ? Non elle l'a pas fait, Guillaume, question ? C'est bon ?	
269		P	Allez, on continue, activité 2. Alors on va changer de situation, mais vous allez voir, au niveau des méthodes c'est très ressemblant, si j'arrive à trouver la feuille, qu'est-ce que j'en ai fait, là. Aller, on se dépêche pour qu'on ait au moins le temps d'aller ensuite utiliser le modèle avec le simulateur, faut allumer les ordinateurs, d'ailleurs, ça fera gagner du temps, puis ensuite vous vous connecterez. Bon, Attention, dans le lien qualitatif, il n'y a pas de simulateur. Au début, c'est une petite manip, la manip est simplissime	(0:55:06.4)
270		P	P : On va raisonner sur l'air enfermé là-dedans. Donc je vous donne un bouchon, là ils en ont un, (bis), aller vous répondez aux questions c'est parti...(longue pause)	
271		E	pour la première question on sait toujours pas si c'est égal à	
272		P	oui	
273		P	Oui il y plein de questions qui, vous allez voir, qu'on a déjà traitées, ça va aller très vite. Aller... ah oui excuse-moi, surtout que j'ai tout changé (ndt : aparté avec moi)... Aller, ça va vite les premières questions, vous pouvez presque répondre sur votre feuille... comment ?	
274		P	Le volume on ne peut pas le mettre dans les grandeurs qui n'évoluent pas	
275		P	Pourquoi ?	
276		E	Parce qu'on avait vu dans les premiers TP que quand on faisait chauffer l'air	
277		P	euh, il évolue si il peut évoluer	
278		E	(in)	
279		E	Donc le volume je peux le fixer	

280		P	Oui, donc il peut rester constant	
281		P	Ah dans ce cas	
282			Il peut rester content aussi, mais pour un volume c'est plutôt constant	
283		P	d'accord	
284		E	On peut dire que la grandeur qui change lorsqu'on chauffe c'est la température ?	
285		P	Bravo, trop fort	
286		P	Ne cherchez pas des trucs compliqués	
287		P	On l'a déjà fait ça	
288		P	oui, sauf que maintenant on étudie entre pression et température. Je vous ai laissé les 4 grandeurs qui caractérisent l'état d'un gaz à gauche là, ça aide. Ne cherchez pas un truc compliqué pour la deuxième question. Y a pas de piège...(longue pause). Alors j'irai vous chercher un bain Marie tout à l'heure, vous essayez, alors, tout le monde a répondu au début. Vous êtes d'accord, objet événement, qu'est-ce qu'on fait, on chauffe, ça c'est un événement, je chauffe, je mets dans un bain Marie ou je prends un sèche-cheveu, je chauffe. L'objet de la deuxième question, c'est, dire, en terme de, en physique, on dirait quoi pour dire je chauffe ?	
289		E	J'augmente la température	
290		P	J'augmente la température? augmentation de la température. Alors là ensuite, il y a l'interprétation microscopique, que je vous demande d'utiliser. ON l'a déjà vue, c'était une question du devoir, qu'est-ce qui se passe quand la température augmente, microscopiquement	
291		E	les molécules s'excitent	
292		p	les molécules s'excitent, vous m'avez beaucoup mis ça, elles s'agitent (in) parce qu'elles s'excitent pas forcément beaucoup. Elles vont plus vite en moyenne, et alors y a une idée que vous avez souvent loupée dans le devoir, c'est que comme elles vont plus vite en moyenne, non seulement les chocs sont plus fréquents, mais ils augmentent en intensité, en vivacité, en	

			efficacité. Ca tape à la fois plus souvent, et à la fois plus fort, et donc la pression est plus grande, parce que sur une paroi donnée en un temps donné la pression va donc augmenter, d'accord donc.	
293		P	partir ? Parce que ça veut dire qu'en termes de force pressante, ça veut dire que la force exercée par l'air intérieur va devenir bien plus grande que la force exercée par l'air extérieur. Donc si on chauffe, peut-être que pouf ! ça va dégager	
294		E	(in)	
295		P	Be le volume est-ce qu'il augmente ?	
296		E	ben oui	
297		P	<p>Ben alors si ça part, très bien, on sort du cadre de cette étude, complètement. Dès l'instant où le volume dégage, hop, tout ce qu'on vient de dire cesse d'être vrai, d'accord ? Tout à fait, puisqu'on raisonne à volume constant. Alors, je vais aller vous chercher une bain Marie, et pendant ce temps là vous pouvez commencer à regarder la suite et vous allez aller sur les ordinateurs une fois que vous avez bien formulé, mais la correction est dans le devoir, si vous avez encore le corrigé sous les yeux, la question 3, c'est en gros la correction du devoir, c'est ce qu'on a dit, les particules en moyenne vont plus vites et les chocs sont plus fréquents et plus efficaces, donc la pression augmente... Aller, on y va, vous allez aller sur les ordinateurs.</p> <p>Alors attention, avec l'ordinateur, on ne va plus du tout confronter des mesures et le modèle. C'est comme l'autre jour le simulateur, qu'est-ce qu'il fait, il fait tourner le modèle. Ce qu'on a rentré pour programmer le simulateur, c'est uniquement les relations du modèle. Donc là si on fait des mesures, c'est plus des mesures, on est sûr que ça marche, c'est le modèle qu'on fait tourner, OK, mais c'est une façon d'aller explorer le modèle. Vous prenez le truc qui s'appelle, sur le bureau il doit y avoir un raccourci qui s'appelle microméga hatier seconde. Vous allez tomber là-dessus. Sur le bureau il doit y avoir un truc, Micromega, faut vous loger les filles là ! Ouais c'est ça physique chimie seconde ça doit marcher, très bien. C'est bon ? Aller, regardez, vous prenez les</p>	

			simulateurs de physique, vous y êtes là ? Valentin, regardez, parce que vous y êtes pas encore, alors essayez de retenir, simulateurs en physique, et vous prenez le dernier ici, voilà.	
298		E	C'est mignon	
299		P	<p>C'est mignon, mais c'est pas terrible, ils ont fait comme si c'était des vraies mesures, alors on pourrait faire un joli TP avec ça, on vous ferait faire des mesures. Alors c'est terrible, on vous fait mettre de l'air par exemple dans la seringue, on peut faire monter la température, regardez, je fais monter la température, yaong, dans un joli thermomètre qui fait croire à un thermomètre, je peux prendre le piston, je peux déplacer le piston, d'accord, mais c'est terrible parce qu'on fait, c'est pas du tout une vraie situation qu'on manipule, c'est une simulation où on manipule les 4 grandeurs. Donc si on fait des mesures, la on est sûr que ça marche nickel, le modèle est parfaitement respecté, puisque ce qui a été programmé, c'est la relation du modèle. Donc en fait il faut pas se laisser avoir par le graphisme, c'est pas du tout des objets qu'on est en train de manipuler, mais c'est vraiment des concepts qu'on est en train de manipuler, on est en train de faire varier ces 4 grandeurs là, d'accord ? Aller c'est parti vous avez quelques questions. La quantité de matière, c'est ici, vous pouvez la prendre directement avec ce curseur, ça marche bien, et vous la fixez une fois pour toute. Aller, au travail... (longue pause).</p> <p>Pendant ce temps là, je chauffe un tube à essai là, ce serait sympa d'éteindre les pressiomètres ils marchent à pile les pressiomètres. On va regarder si on arrive à... c'est pas évident, parce que ça dépend beaucoup de comment il est enfoncé, je n'ai pas regardé comment il était enfoncé. C'est vous qui l'avez mis le (in), le bouchon vous l'avez enfoncé très fort ? C'est moi... AH, on était pas loin. ON n'était pas loin du tout. On va recommencer, il était enfoncé à fond, donc, en fait ça veut dire que la pression n'augmente pas suffisamment, donc la force pressante n'est pas suffisante. Qu'est-ce qu'elle doit vaincre la force pressante ? Ce qui fait que ça décolle ?</p>	
300		E	la pression des forces extérieures	
301		P	Ah oui, mais pas seulement, il y a la force pressante extérieure, mais ça, vaincre, c'est facile, dès que la pression intérieure est plus grande ça devrait décoller, pourquoi ça décolle pas dès qu'il y a une différence de pression ?	

302		E	les frottements	
303		P	Il y a des frottements, ne les oubliez pas, si on fait un bilan hein (P recommence à chauffer le tube)	
304		P	Aller, ça doit être bientôt fini. Alors si vous voulez faire calculer les valeurs à l'ordinateur, vous pouvez utiliser Regressi, on l'a déjà fait dans l'année (in), ou sinon vous prenez Excel si vous savez calculer des valeurs sous Excel. Vous faites fichier/nouveau/clavier, et là vous rentrez les valeurs, non pas de P et de V mais de P et de T.	
305		P	et il faut rajouter à chaque fois 273,15	
306		P	oui ? 1 bar, c'est combien, on la vu ça, Voilà, un bar, c'est 10 puissance 5. C'est pas trop dur, il faut juste rajouter 10 puissance 5 là pour le coup c'est tranquille.	
307		E	et après, P fois T ou P sur T c'est la même choses, enfin...	
308		P	Si P est proportionnel à T, comment vérifier, si c'est le cas, que P est proportionnel à T ou que T est proportionnel à P ? Il faut calculer P fois T ou P sur T ?	
309		E	plutôt P fois T	
310		P	pour savoir si c'est proportionnel. Ca c'est une vraie question très générale qui dépasse très largement le cas des gaz	
311		Es	P sur T	
312		P	P sur T parce que si c'est proportionnel, P sur T sera	
313		E	toujours supérieur à	
314		P	euh non, pas un entier... sera...	
315		E	la même chose	
316		P	sera toujours la même chose. Comment vous écrivez en maths que A est proportionnel à B ?	
317		Es	(in)	

318		P	voilà, A sur B qu'est-ce qu'elle dit Patricia, A sur B égale, égale	
319		E	(in)	
320		P	C, M, n'importe quoi, voilà	
321		E	un coefficient	
322		P	un coefficient, quelque chose, une constante, en physique on dit que c'est égal à une constante, d'accord ? Donc si c'est proportionnel, il suffit de calculer P sur T et de regarder si c'est constant. Il va falloir songer à s'arrêter, il veut pas sauter le bouchon, rien à faire	
323		E	peut-être qu'il est trop serré	
324		P	Pourtant je l'ai pas enfoncé beaucoup mais	
325		E	(in)	
326		P	alors ça dépend de sa température aussi.	
327		E	à la température, à peu près, ambiante	
328		P	ah ben là in faut euh, pour avoir de l'air liquide à température ambiante, il faut, je vais dire des bêtises mais, comme ça, non, je dirais qu'en pression atmosphérique, il faut plusieurs milliers de fois la pression atmosphérique à mon avis, c'est énorme.	
329		P	Alors vous commencez à avoir quelques couples de valeurs, pour vérifier si le rapport P sur T est constant... Je vous montre quelques valeurs que j'ai prises. alors évidemment, votre rapport P sur T il dépend là encore de la quantité de gaz que vous avez enfermée. Tout le monde a mis 50 mL et 10 exp (-3) mole ? Alors je prends quelques couples de valeurs, dites moi, vous pouvez me donner des valeurs de T et de P ? Ouhou, qui me donne des valeurs ? Si vous avez tous mis la même quantité et le même volume, on peut prendre les couples des valeurs de différents groupes. Qu'est-ce que vous me proposez ? Allez, je vous écoute.	
330		E	273	
331		P	ouais, donc ça ça correspond à 0°C et	

332		E	(in)	
333		P	4,5	
334		E	exposant 4	
335		P	exposant 4 , OK, ensuite, un autre couple	
336		E	373,15	
337		P	373,15	
338		E	$6,2 \times 10 \text{ exp}4$	
339		P	OK, on continue... ah mince, vous m'avez donné des Pascal, là directement,	
340		E	(in)	
341		P	allez, j'aimerais avoir d'autres valeurs là	
342		E	200	
343		P	Vous y allez fort, vous, 200°, carrément	
345		E	473,15 K	
346		P	et combien en pression ?	
347		E	ça fait $16,8.10\text{exp}4$	
348		P	Valentin, si ta question de tout à l'heure, c'était est-ce que je peux rendre le truc liquide dans la seringue avec le logiciel, c'est pas possible : le logiciel il a été programmé avec le modèle des gaz, d'accord, donc de toute façon ça marchera jamais. Tu peux y aller, tu veux monter en pression, ça marchera pas. Alors je vais essayer de voir si on a quelque chose. Alors est-ce que P sur T est constant on va regarder ; P sur T, je mets le rapport, j'appelle ça rapport, je mets P sur T... Bon, qu'est-ce que vous en pensez, comme ça approximativement ? Qu'est-ce que vous en pensez, bon on a trois points, il nous faudrait regarder sur beaucoup de valeurs . Qu'est-ce qu'il y a Marie, tu as l'air très inquiète, qu'est-ce qui	

			t'arrive ?	
349		E	Quand on fait P sur T avec T= 273, nous on trouve 211	
350		P	273,15, d'accord, bien, Donc ça va fonctionner, on va être obligé de s'arrêter; mais effectivement, si l'une des deux solutions, on doit vérifier si c'est proportionnel, T et P , l'accord est convenable par rapport aux mesures, donc ensuite on a rien montré, mais on peut généraliser cette relation du modèle qui elle aussi est valable est d'autant plus convenable, correcte, que la pression est faible, on peut la généraliser, et effectivement, on a P proportionnelle à la température en Kelvin, elle se note T. On peut écrire ça $P = k$ fois T, k étant une constante. Il y a une question ensuite qui est intéressante, qui est	
351		E	(in)	
352		P	oui, la constante c'est à peu près ça du coup, ici, dans ce cas là	
353		P	mais de quoi elle dépend cette constante ? A votre avis ? Parce que c'est une constante, et elle dépend encore de plein de choses. Elle dépend de ce qu'on a fixé dans la simulation. Qu'est-ce qu'on a fixé dans la simulation une bonne fois pour toutes ? Le volume et la quantité. Donc cette constante là elle-même elle dépend de combien on a pris en volume et de combien on a pris en quantité, d'accord. Alors normalement j'avais prévu, ben on n'aura plus le temps, c'est pas grave. Il y a encore deux petites activités qui sont similaires à ce qu'on a fait là. Alors vous voyez qu'il nous reste des liens, on a fait température-pression, on a fait pression volume, il nous reste à faire température-volume, et puis on peut aussi faire pression-quantité, on peut le faire avec le modèle qui est sur l'ordinateur, d'accord ? Je vous les donne quand même pour mémoire, vous les collerez pour vos archives... si vous vous ennuyez cet été vous pouvez y réfléchir et puis quand même partez pas sans ça, vous reprenez votre modèle rouge, après je réponds à ta question Patricia, il y a une petite case à compléter, vous l'avez repérée, la petite case à compléter dans le modèle, il y a un encadré qu'il faut quand même qu'on complète même si on n'a pas fini d'explorer tout ça. L'encadré, c'est ce qu'on appelle la loi des gaz parfaits. Alors regardez : la loi des gaz parfaits elle dit ceci : pour un gaz, alors ça a un champ de validité bien particulier : gaz enfermé dans une enceinte (il faut avoir un récipient fermé), pression plutôt faible : attention, sinon on s'écarte beaucoup des mesures	

			faites. N a dit que PV était constant, mais il dépend de la température et a priori de la quantité. alors comme il en dépend : on a dit que P était proportionnel à T, ben ça on va le retrouver, on va retrouver T ici? alors on pourrait montrer que le volume la pression est aussi proportionnelle à la quantité de matière n et il reste une constante de proportionnalité qui s'appelle R. alors bon il se trouve qu'on la glissée au milieu ici	
354		E	on peut pas considérer que c'est proportionnel puisqu'il y en a deux	
355		P	ben , P et T sont proportionnels, mais la constante de proportionnalité elle dépend des autres grandeurs, c'est ça, mais c'est cohérent avec tout ce qu'on a dit jusqu'à maintenant : PV est constant lorsque n et T sont constants, P est proportionnel à T lorsque n et V sont fixés, V est proportionnel à T lorsque n et P sont fixés etc. Alors R ça c'est une constante par contre et elle c'est une vraie constante elle dépend plus de, presque rien en tout les cas, et elle dépend tellement plus de rien qu'on l'appelle constante des gaz et alors ce modèle est le modèle des gaz parfaits, ça marche pas pour tout évidemment, ça a un champ de validité bien particulier.	
356		E	c'est un gaz pur	
357		P	Alors non c'est pas du tout un gaz pur. C'est un gaz qu'on peut considérer à faible pression d'accord, pour lequel les interactions entre molécules peuvent être considérer comme uniquement des chocs mécaniques, tout ce qu'on a vu jusqu'à maintenant. Les petits simulateurs qu'on a utilisés simulent assez bien les gaz parfaits. Il peut y avoir d'autres types d'interactions entre les molécules et alors à ce moment là on sort du modèle des gaz parfait.	
358		E	dans la dernière question de l'activité 2, c'est ça qu'il fallait dire ?	
359		P	ah non, alors sans la dernière question de l'activité 2, "pour ce modèle donnez une nouvelle expression du produit PV en fonction de la température du gaz", on avait montré PV=constante, et on venait de montrer que P était proportionnel à T, donc ça voulait dire que cette constante c'était une nouvelle constante fois T. Cette constante de tout	

			à l'heure, c'est une constante qui elle-même est proportionnelle à la température, donc vous voyez comment on construit petit à petit cette formule, la formule très générale, mais il nous manque les activités 3 et 4 pour y arriver, c'est celle-ci	
360		E	il faut rajouter n aussi	
361		P	oui, à la fin de l'activité 2 on pouvait pas parler de n, d'accord ? Ben vous voyez , on triche, parce que là, pour trouver le modèle, on fait vivre le modèle sur l'ordinateur, on n'a pas fait de mesure.	

Enseignant : C

Niveau : seconde générale

Organisation : classe entière

Thème : vitesse de la lumière

1 Éléments d'appui pour l'analyse a priori

L'observation de la séance avec cet enseignant n'a pas fait l'objet d'un entretien ante pour des raisons techniques. Cependant, le choix de cette séance a fait l'objet d'échanges épistolaires au cours desquels les objectifs de la séance et des documents d'appui ont été fournis par l'enseignant.

2 Documents de travail-élèves

Qu'est-ce que « Mesurer » en physique ?

Les bases sur la mesure et les calculs en physique

Introduction

La démarche scientifique et expérimentale, dans sa version moderne inventée depuis 4 siècle, est d'une redoutable efficacité. Elle a permis d'étendre les connaissances humaines sur la nature d'une manière spectaculaire de l'infiniment petit à l'infiniment grand, sur des échelles de temps et de distances qui défient l'imagination. Elle a aussi permis d'innombrables découvertes technologiques qui peuplent aujourd'hui notre quotidien et permet à l'humanité d'avoir une influence inégalée sur son environnement. Au point de poser d'innombrables nouveaux problèmes éthiques face à la puissance de la technoscience ou philosophiques face aux nouvelles connaissances sur la matière et l'univers..

Mais avant de parler des limites de la science et de ses prouesses, il faut mieux en cerner les mécanismes.

Ainsi, il en est un mécanisme qui explique pour beaucoup la puissance de la démarche scientifique et expérimentale. C'est la mise en équation du monde par le biais de modèles mathématiques puissants et d'instruments de mesure de plus en plus performants. La physique a cette prise sur notre compréhension du monde entre autre parce qu'elle arrive à le mesurer sous toutes ses coutures, à le mettre en équation et donc à avoir un énorme pouvoir de prédiction sur son comportement. La modélisation informatique est aujourd'hui systématiquement utilisée pour étudier et prévoir des phénomènes toujours plus complexes.

Les mathématiques sont donc devenues l'alliée naturelle de la physique. Parce qu'elles s'occupent de nombre et de géométrie, de relations, de représentations symbolique, de logique, elles constituent le langage adéquat pour formuler des modèles physiques. Mais les mathématiques ne font pas tout. Encore faut-il inventer des instruments de mesure, élaborer des expériences, affiner des protocoles expérimentaux, définir des grandeurs physiques et leurs relations entre elles, vérifier la fiabilité d'un résultat, ... Bref vérifier ce que l'on met dans les calculs et savoir prendre du recul sur les résultats.

Enfin, si nous avons insisté sur la puissance des sciences expérimentales couplées à l'outil mathématique, il faut aussi en souligner les limites. Contrairement aux mathématiques qui traitent des « nombres purs », la physique traite de mesure inévitablement entachées d'erreurs, d'une précision forcément limitée et de démarches bien complexes. Et même si elle parvient à repousser de manière étonnante les limites de la précision et des domaines étudiés, la complexité du réel restera telle qu'il faudra toujours rester modeste.

un exemple de modélisation géométrique

Modélisations géométriques pour mesurer des longueurs

Points alignés

En plaçant notre œil au bon endroit, on peut superposer deux objets situés à des distances différentes. On modélise cela en disant que notre œil et ces deux points sont alignés. Ces alignements peuvent être réalisés et vérifiés au niveau expérimental grâce à la **propagation rectiligne de la lumière**.

Longueurs et angles

Une situation expérimentale peut être modélisée par une figure géométrique avec plusieurs points correspondant à des lieux réels. Les différentes longueurs et angles de la figure peuvent être éventuellement mesurée expérimentalement. Des théorèmes de géométrie peuvent donner des relations entre les grandeurs utilisées et ainsi permettre d'en calculer une à partir de la mesure des autres.

On parle alors de mesure indirecte.

Exemple de l'angle apparent

- Définition : l'angle apparent est l'angle sous lequel on voit un objet.
- Il dépend de la taille réelle de cet objet et de la distance à laquelle il est placé.

Exemple : un personne observe de loin un objet de grande taille. Voici la modélisation de la situation avec une figure géométrique et une formule reliant les grandeurs mesurable.

Autres modèles étudiés dans prochains chapitres

Modélisation des mouvements

Lorsqu'un objet se déplace, le temps intervient. De nouveaux modèles impliquant de nouvelles grandeurs : durée et vitesse, enregistrement de positions, trajectoire, référentiel... Au niveau du champ expérimental, l'utilisation de vidéo exploitée avec un ordinateur permet une étude poussée de nombreux mouvements.

Modélisation de la matière et ses transformations

Pour pouvoir faire des mesures sur la matière, il est souvent nécessaire de préparer au préalable des échantillons du type de matière à étudier. Au niveau théorique il faut utiliser une description microscopique et macroscopiques de la matière et de ses transformations (notions d'atomes, de molécules, d'espèces chimiques, d'éléments chimiques). Au grandeurs

de masse et de volume s'ajoutera la notion de quantité de matière. Au niveau expérimental, il faut maîtriser les techniques de manipulations de la matière au laboratoire de chimie.

Modèle ondulatoire de la lumière.

Il est possible de mesurer la lumière pour en tirer des informations très riches. Ainsi en séparant les différents rayonnements contenus dans une lumière, en mesurant ce qu'on appellera leur longueur d'onde, on peut remonter à plusieurs caractéristiques de la matière qui a émis cette lumière (température, composition, vitesse, ...). Il s'agira de découvrir un domaine expérimental et théorique important en physique appelé la spectroscopie (étude des spectres).

3 Verbatim de la séance

Tour de parole	P/E	verbatim	temps
1	P	Vous reconnaissez ce qu'il y a de projeté là-bas ? (<i>l'enseignant indique la direction du mur où est projeté une diapositive</i>)	
2	Ess	oui (les élèves ensembles)	
3	P	qu'est-ce que c'est ?	
4	E	immeuble	
5	P	donc c'est l'immeuble que vous avez mesuré hier. Alors est-ce que vous pouvez essayer de me rappeler d'abord quel était l'objectif chutt du TP d'hier ?	
6	E	mesurer la taille d'un objet en (in)	
7	P	c'est de mesurer la taille d'un objet à distance en restant toujours dans la même pièce	
8	E	en course d'orientation on l'avait fait	
9	P	il y a une partie d'entre nous qui avait fait ça en course d'orientation avec un arbre, c'est bien d'avoir fait le lien	
10	E	(bavardage)	
11	P	non mais arrête de parler, je t'ai mis devant exprès pour ça. Bon, donc, alors on va revenir sur ce TP, pour l'instant vous avez pris des notes dans vos cahiers de bord sur une certain nombre de choses et je vous demande pour lundi prochain, marquez-le dans votre cahier de texte, de me rendre chacun un compte rendu, au propre	
12	E	pour quand ?	

13	P	lundi prochain, c'est au tableau... à partir du brouillon que vous avez dans votre cahier de bord. Alors, ce que je voudrais, c'est qu'entre le brouillon que vous avez là normalement et le compte rendu au propre que vous me rendez, a priori vous devez encore essayer de l'améliorer, qu'il soit parfait, et vous essayerez de vous inspirer de ce qu'on va voir en cours maintenant pour améliorer votre compte rendu	
14	P	(s'adresse davantage à l'élève du premier rang) parce qu'il y a un problème qu'on peut régler avant de commencer le cours. Oui je sais on essaie de s'y mettre maintenant, OK ?(0:02:09.1)	02'09
15	P	Alors, on va revenir là dessus bientôt. Avant de revenir là-dessus, on va faire un petit moment de cours sur un exemple plus simple, parce que cet exemple, vous avez vu qu'il est pas forcément évident, pour aboutir à l'objectif qu'on s'est donné qui est de mesurer la taille de l'immeuble, faut passer par un certain nombre d'étapes, faut mesurer une distance sur une carte, faut faire une mesure avec la règle là-dessus, faut faire des calculs, des raisonnements, faire un schéma, faire de la géométrie, appliquer un théorème. Si en plus on rajoute là-dessus des choses sur la précision des mesures, la fiabilité du résultat, on a quelque chose de relativement compliqué et je voudrai commencer sur un exemple plus simple, voilà, et de cet exemple on va en tirer quelques enseignements que vous allez essayer de réinvestir après sur le TP sur les immeubles.	(0:02:10.6)
16	P	(s'adresse à un élève) : alors c'est le TP d'hier. Tu es dispensé de ça puisque tu ne l'as pas fait. En revanche, sur tout le reste là, tu as intérêt à être parfaitement au point.	
17	P	(à toute la classe) : alors tout le monde connaît ce phénomène, quand vous avez un orage, vous voyez les éclairs, et on entend souvent, en général, le tonnerre...	(0:03:23.1)
18	E	qui craque	
19	P	avec un certain décalage.	
20	E	(in) c'est par rapport à la distance	
21	P	des fois c'est en même temps, des fois c'est beaucoup plus tard, et il y a une technique qui est associée à ça, pour déterminer approximativement la distance d'un orage. Pour savoir si un orage est proche de vous ou pas, et ben il faut compter justement le décalage entre le moment où vous voyez l'éclair et le moment où vous entendez le tonnerre. Et si jamais vous divisez par trois, par exemple vous comptez un nombre de secondes entre l'éclair et le tonnerre et vous divisez par trois, ben vous avez approximativement la distance en kilomètre de l'orage. Par exemple, si vous comptez jusqu'à dix	

		entre le moment où vous voyez l'éclair et le moment où vous entendez le tonnerre, dix divisé par trois, ça fait ?	
	E	3,30	
22	P	à peu près trois, et bien ça veut dire que l'orage est à environ trois kilomètres. Alors soit vous le saviez, soit vous, ben je suis content de vous l'apprendre.	
23	P	Alors pourquoi, pourquoi ça marche comme ça ? Comment on peut expliquer ça, et je voudrai utiliser cet exemple pour montrer ce que c'est qu'une modélisation d'une situation en physique et comment on utilise des calculs, donc l'outil mathématique dans cette modélisation. Donc voilà l'objectif de ce que je vais vous raconter maintenant.	(0:04:46.3)
24	P	alors je pense qu'a priori vous devriez ne pas avoir de grande difficulté avec la difficulté de la physique qu'il y a là-dedans, d'accord ? Par contre, ce que je veux que vous comprenez bien, c'est la démarche qui va avec et comment ça fonctionne.	
25	P	Alors, qu'est-ce que c'est que la modélisation dans cet exemple, on fait des hypothèses, lesquelles, et on utilise des grandeurs physiques, lesquelles, et on a une démarche scientifique, laquelle ?(0:05:50.1)	(0:05:50.1)
27	P	Alors quelles sont les hypothèses ? qu'est-ce j'ai fait sur le schéma, là, qu'est-ce que j'ai représenté. Tout le monde voit le lien entre ce que j'ai raconté avant sur l'éclair et ça, regardez bien : il y a l'éclair, et là, deux choses qui se propagent jusqu'à nous... le tonnerre, c'est quoi le tonnerre d'un point de vue physique ?	
28	E	c'est l'éclair	
29	P	c'est l'éclair ? Non, le tonnerre c'est un bruit, c'est un son, et un son, vous savez que ça se propage, c'est à dire que quand je parle, le son il vient de ma bouche jusqu'à vous. C'est ce que j'ai représenté ici, on appelle ça des ondes sonores, même. L'éclair... alors ça va jusqu'à votre oreille, c'est pour cela que vous l'entendez. Notre oeil, lui, qu'est-ce qu'il voit ?	
30	E	la lumière	
31	P	il voit la lumière de l'éclair. C'est à dire que l'éclair il émet de la lumière qui se propage jusqu'à votre oeil. D'accord ? Alors, et tout ça ensuite, ben il y a votre cerveau qui reçoit le stimuli de ces deux trucs là, et puis qui va compter et réfléchir avec.	

32	P	Quelle hypothèse on fait pour appliquer la méthode précédente ? Je compte jusqu'à dix, je divise par trois, et j'ai la distance. (Il montre un élève du doigt et l'appelle par son prénom (in))	
33	E	On voit l'éclair, et après il y a la (in)	
34	P	Alors ça c'est ce que on... tu vois l'éclair et t'entend après, mais, avant de faire le calcul, on va faire une hypothèse particulière, pour justifier ces calculs, pourquoi ces calculs... excusez moi, je vais poser le problème autrement. J'ai dit 10s, je divise par 3, ça me donne à peu près 3,3 km, ça c'est le calcul que j'ai fait. La méthode c'est, vous divisez par trois le nombre seconde vous avez des kilomètres, vous appliquez bêtement. Ca vient d'où, ça, pourquoi c'est juste de faire ça ?	
35	E	parce qu'on connaît la vitesse du son	(0:08:02.7)
36	P	alors vas-y Lorenzo	
37	E	on connaît la vitesse du son et celle de la lumière	
38	P	alors il y a une histoire de vitesse du son et de la lumière. Ensuite ?	
39	E'	on le sait le calcul	
40	P	quel calcul ?	
41	E	je sais pas	
42	P	eh ben alors... c'est de la physique qui est à votre niveau, vous devez être capable de retrouver. Tu connais la vitesse du son, Lorenzo, ça vaut combien ?	
43	E	600; 500 mètres seconde	
44	P	non	
45	Es	500 mètres seconde... 1000	
46	P	330 mètres par seconde, on va prendre cette valeur, ça nous arrange. La vitesse de la lumière ? ... 300000 km par seconde. Bon, mais après ? Il y a une sacrée différence entre les deux.	
47	E	(in)	
48	P	est-ce qu'il y a d'autre noms ?	

50	P	Alors je vais vous poser, on va poser la deuxième question : quelles sont les grandeurs physiques utilisées pour décrire cette situation ?	(0:09:13.9)
51	E	(in)	
52	P°	tu réponds à la question qu'on a posée ou pas ?	
53	E	(in)	
54	P	alors quelles sont les grandeurs utilisées je repose ma question, vous savez tous ce que c'est une grandeur physique maintenant	
55	E	des kilomètres seconde	
56	P	ah des kilomètres seconde, ça c'est une unité. La vitesse, la vitesse de quoi ?	
57	E	du son	
58	P	du son et de la lumière, OK; là : deux premières grandeurs	
59	E	y a pas le temps aussi ?	
60	P	quel temps ?	
61	E	le temps entre l'éclair et (in)	
62	P	le temps entre le moment où on perçoit l'éclair et le moment où on perçoit le son. Temps, on va marquer, entre l'éclair et la tonnerre, je vais l'appeler t (in)	
63	E	il y a la distance	
64	P	autre grandeur qui intervient ? C'est quoi qu'on veut mesurer au final ?	
65	E	combien de kilomètres entre nous et	
66	P	là la question c'est: l'orage il est où ? D'accord, donc il y a la distance entre nous et l'orage... dans la direction où t'as vu l'éclair. (ndlr : l'enseignant écrit au tableau "entre nous et l'orage"), je vais l'appeler d	
67	E	pourquoi d est (in)	
68	P	vous voyez, là je commence à faire de la physique sur cet exemple. Voilà trois grandeurs qui vont nous permettre de faire des calculs.	

69	P	Quelle relation on a entre ces trois grandeurs ? Cassandra.	
70	E	E : (in)	
71	P	est-ce que tout le monde voit qu'il y a une relation entre ces trois grandeurs ? Alors, puis, mais le pourquoi de la relation c'est pas si évident que ça. Vladim	
72	E	t divisé par d égale (in)	
73	P	t divisé par d égale vitesse...	
74	E	(in)	
75	P	là je fais une toute petite parenthèse, je profite de cet exemple : vous n'êtes plus sûr d'une formule mais vous savez qu'il y a un lien entre les trois. Comment faire pour le retrouver à coup sûr ?	
76	E	Ben tester les trois	
77	P	P : non, ben tester comment, avec les valeurs ?	
78	E	E : ouais	
79	P	P : c'est un peu l...long, il y a beaucoup plus simple, avec les unités	
80	E	E : ben il y a marqué d divisé	
81	P	P : vladim, donne moi les unités de tout ça	
82	E	E : temps, distance	
83	P	P : temps, c'est quoi ? Les unités	
84	E	E : seconde	
85	P	P : seconde. Distance...mètre	
86	E	E : c'est v égale d	
87	P	et la vitesse c'est en quelle unité ?	
88	E	(in)	
89	P	d'accord, alors est-ce que c'est juste ?	
90	E	non, c'est l'inverse, c'est d divisé par t	

91	P	tout le monde voit qu'il y a une erreur là ? Voilà, donc, c'est des mètres divisés par des secondes, donc ça doit être l'inverse de ça	
92	E	(in)	
93	P	pardon ?	
94	E	(in)	
95	P	alors, delta t c'est la différence entre deux temps et si t t'appelles ça la durée entre les deux trucs tu peux mettre t directement. Donc on va dire, la vitesse c'est égal à d sur t	
96	E	et ce qui serait plus logique...	
97	P	euh, là c'est pas parfait, on parle de quelle vitesse ? Celle de la lumière ou celle du son ? Malik	
98	E	(in)	
99	P	alors OK c'est l'étape d'après. On va transformer cette formule parce que nous ce qu'on cherche c'est	
100	E	la distance	
101	P	la distance mais	
102	E	(in)	
103	P	attend avant d'aller là, tu vas trop vite et tu fais une erreur parce que cette formule, là, vous avez craché une formule v égale d sur t , mais vous avez pas bien réfléchi à ce qu'il y avait là dedans. Le d ici c'est la distance entre nous et l'orage, t c'est le temps entre le moment où je vois l'éclair et le moment où j'entends le son. V c'est quoi, c'est la vitesse du son, de la lumière, c'est quoi ?	(0:13:13.8)
104	E	du son	
105	E'	ben faut choisir	
106	E''	c'est les deux	
107	P	c'est les deux, ça marche pour les deux ?	
108	E	(in)	

109	E'	la différence des deux	
110	P	alors pour gagner un tout petit peu de temps, sinon, je pourrais vous faire réfléchir une demi-heure là-dessus pour faire les choses proprement, quelle hypothèse on fait pour simplifier nos raisonnements ? Est-ce qu'on s'occupe du temps que met la lumière pour venir jusqu'à notre oeil ?	
111	E	non (in)	
112	P	on s'en occupe pas, 300000 km/s, vous savez que ça fait, la France elle fait 1000 km de haut, donc en une seconde la lumière elle a le temps de faire 300 fois la France, d'accord ?	
113	E	quoi ?	
114	P	je répète la lumière elle parcourt 300 fois la distance de la France (l'enseignant indique des aller-retour avec sa main). Donc l'orage qui est là-bas, le temps que met la lumière pour parvenir jusqu'à votre oeil, c'est une fraction de seconde tellement rapide qu'on est incapable de la mesurer comme ça. Donc on fait une première hypothèse : la lumière arrive instantanément à notre oeil, en tout cas énormément plus vite que le son, et que le décalage qu'on voit entre les deux, c'est lié uniquement au temps que met le son pour venir. Ça va cette hypothèse pour tout le monde ?	
115	E	non	
116	P	non ? Est-ce que je vais faire des calculs avec ça ? (il entoure au tableau la valeur de la vitesse de la lumière)	
117	E	non	
118	P	ça ça me sert à dire quoi au juste ?	
119		E : euh, la vitesse de la lumière	
120		E' : c'est plus rapide	
121	P	ça me sert à dire que la lumière est énormément plus rapide que le son et je peux considérer qu'elle arrive tout de suite, et que le son, lui, il va mettre beaucoup plus de temps pour arriver. Donc ça je vais pas faire de calcul avec, je l'utilise pas (<i>ndlr : saut dans l'enregistrement</i>) comme mon hypothèse et je vais dire, le temps que je mesure, c'est le temps que met le son pour venir de l'orage jusqu'à moi, et à ce moment là, ce temps, c'est bien lié à la distance qu'il parcourt et à la vitesse du son. Donc ici c'est V_{son} .	
122	P	cette formule, je peux la dire, parce que je considère que le son du tonnerre	

		se propage sur une distance d pendant un temps t à une certaine vitesse, c'est ça qu'elle dit cette formule.	
123	E	(in)	
124	P	<p>alors tu peux l'utiliser pour la vitesse de la lumière, si tu veux tu vas dire que $V(\text{lumière})$, distance de l'orage sur le temps que met la lumière pour venir jusqu'à moi. Est-ce que tu le connais ce temps, est-ce que tu peux le mesurer ? Là, comme ça, j'ai aucun moyen de le mesurer. Donc ce temps, la seule chose que je peux faire, c'est de dire qu'il est, pour mon problème, quasiment nul, je peux pas lui donner d'autre valeur... d'accord donc OK cette formule, elle peut exister, elle ne va pas m'être utile pour mon problème, d'accord, donc, voilà je l'efface, elle m'intéresse pas, donc la seule chose que je dis c'est que le temps que met la lumière, c'est nul, et je me garde que cette formule là.</p> <p>Une fois qu'on a cette formule, donc j'ai une relation entre mes trois grandeurs, qu'est-ce qui nous intéresse, on revient au problème, c'est ce que tu disais Malik tout à l'heure (0:17:00.8)</p>	(0:17:00.8)
125	E	(in)	
126	P	on cherche à connaître quoi ?	
127	E	la distance	
128	P	la distance de l'orage, c'est ça qu'on veut	
129	E	(in)	
130	P	le temps, qu'est-ce qu'on en fait ? On l'obtient d'où, on l'obtient comment ce temps ?	
131	E	(in)	
132	P	on compte	
133	E	après que euh on voit la lumière	
134	P	on voit la lumière, on compte, on fait quoi en fait, on le mesure.	
135	E	ouais	
136	P	on fait une mesure, sauf qu'au lieu de faire une mesure avec un chronomètre, on pourrait, faire avec un chronomètre, avec un truc précis, en comptant dans	

		notre tête, c'est une façon de mesurer approximativement le temps. L'éclair apparaît d'un coup puis dès que tu vois l'éclair tu dis un, deux, trois, quatre,	
137	E	(in)	
138	P	ben si tu vois l'éclair...	
139	E	on peut pas (in)	
140	P	mais si, tu vois l'éclair	
141	E	(in)	
142	P	ben tu auras une incertitude d'une demi-seconde, c'est ton temps de réaction, ce sera l'imprécision de ta mesure, mais tu feras la mesure avec un chronomètre quand même. Donc ça on le mesure, on est d'accord que c'est une mesure que l'on fait pour le temps... et la vitesse du son ? Je le trouve en divisant les deux ? Ben non, je connais pas le v .	
143	E	ben c'est trois cents ...	
144	E	c'est distance égale temps divisé par v.	
145	P	alors c'est	
146	E	la vitesse du son on la connaît déjà	
147	P	alors voilà, on la connaît, c'est à dire que pour traiter ce problème, il faut qu'on connaisse la vitesse du son. Si vous connaissez pas la vitesse du son, ben vous êtes bloqués. Alors soit vous faites une autre expérience pour la mesurer par ailleurs, mais en général, vous allez dans n'importe quel bouquin de physique, vous allez à vitesse du son, c'est 330 m/s. On connaît déjà. Ou alors on connaît, Sofiane, d'une autre méthode, pareil, en faisant une autre expérience à un autre moment.	
148	P	Alors, raisonnement classique que vous ferez jusqu'à la fin de l'année très souvent, vous avez défini des grandeurs pour un problème, vous avez trouvé une formule qui relie ces grandeurs, vous regardez celles que vous voulez trouver, celles que vous connaissez déjà, celles que vous mesurez, et au final on fait un calcul avec... Malik, vas-y	(0:19:04.8)
149	E	$d = t \times v$	(0:19:31.2)

150	P	est-ce que c'est juste ? Comment on vérifie ?	
151	E	on remplace	
152	E'	calcul	
153	P	je l'ai dit tout à l'heure : comment vérifier qu'une relation est juste ?	
154	E	les unités	
155	P	on met les unités, cela doit être un réflexe. Aller, de toute façon, on, t c'est quoi ?	
156	E	seconde	
157	P	seconde, vitesse ?	
158	E	mètre seconde	
159	P	mètres par seconde, si je fais des secondes, fois des mètres divisés par des secondes, j'obtiens	
160	E	des mètres par seconde	
161	P	des mètres par seconde ? seconde, fois mètre divisé par seconde, les secondes s'annulent, il me reste bien des mètres, c'est logique pour une distance. Ma formule elle est cohérente, je peux l'appliquer	
162	E	(in)	
163	P	pardon ?	
164	E	(in) plusieurs élèves parlent en même temps	
165	P	alors on va y revenir , très bien allez-y... alors on fait le calcul, allons-y, chuttt, la distance c'est le temps, là on a compté dix secondes, fois la vitesse du son, fois 330 mètres, alors donc t ça fait combien ?	
166	E	3300	
167	P	3300 quoi ?	
168	E	mètres	

169	E'	mètres seconde	
	E'' E'''	mètres	
170	P	mètres. Alors qu'est-ce que j'avais dit là dans l'autre cas, regardez à côté.	
171	E	c'est divisé, ça n'a rien à voir	
172	P	oui, je divisais par trois, et là j'ai un résultat en kilomètre; alors c'est quoi au juste l'embrouille, là ? Quelle différence il y a entre les deux ?	
173	E	ben il y en en mètre et (in) kilomètre	
174	E'	c'est juste le temps, la mesure, euh, là c'est une valeur approchée	
175	P	il y a ça, l'histoire de précision du résultat, on a plus ou moins arrondi	
176	E	(in)... unité	
177	P	et il y a une histoire d'unité. Alors regardez, je reprends ma formule, d égale v fois t et cette fois-ci je veux un résultat en kilomètre. Alors pour avoir un résultat en kilomètre, qu'est-ce qu'il faut faire, si je veux un résultat en kilomètre, il faut que la vitesse elle soit en kilomètre par seconde. D'accord alors 330 mètres par seconde, ça fait combien de kilomètres par seconde ?	
178	E	(in)	
179	P	ça fait 0,33 kilomètre par seconde, et 0,33... avec votre machine, calculez un tiers	
180	E	3,33	
181	E'	un tiers, c'est 0,33	
182	P	un tiers c'est 0,3333. Alors l'embrouille entre guillemets c'est un truc tout simple, c'est à dire qu'au lieu, c'est plus facile de retenir qu'il faut diviser par trois que retenir qu'il faut multiplier par 0,33. Si je te dis fais moi de tête quelque chose fois 0,33, tu vas faire la grimace. Si je te dis, de tête quelque chose divisé par 3, tu as plus de chance d'y arriver, d'accord, donc c'est pour ça que ce qu'on retient c'est ça (frappe le tableau pour montrer la partie de la diapo concernée). Le calcul qu'on vous dit, c'est le nombre de seconde divisé par trois, ça vous donne la distance en kilomètre mais d'un point de vue rigoureux, le calcul c'est celui-là. C n'est rien d'autre que ça. D'accord ?	
183	E	(in)	23'09.

			5
184	P	<p>oui, je dirais c'est le truc de la vie de tous les jours qu'on peut connaître, et ça c'est la version (montre la diapo) en faisant de la physique de manière rigoureuse. Et moi ce que je veux vous apprendre à faire c'est de la physique de manière rigoureuse. Là c'est un cas très simple, mais sur un cas compliqué c'est indispensable de faire ça. Est-ce qu'il y en a qui ont des questions sur tout ça ? Est-ce que, normalement, enfin, il faut que ça ait été à peu près clair pour tout le monde.</p> <p>Alors, je récapitule, voilà les hypothèses qu'on a faites, alors je récapitule pour quoi faire, je vous dis, voilà une expérience, voilà une situation et on a une question scientifique qui est comment déterminer la distance de l'orage ? On va modéliser cette expérience avec des outils de la physique. Pour cela on va faire des hypothèses, on va utiliser des grandeurs, et on aura une certaine démarche, un certain raisonnement. Quelles sont les hypothèses qu'on fait ? Première hypothèse ; la lumière elle arrive instantanément depuis l'orage jusqu'à nos yeux. Deuxième hypothèse, le tonnerre, le son, la tonnerre c'est un son qui va à 330 mètres par seconde. Au passage, c'est une hypothèse forte : qui nous dit que le son il va pas vite au début et qu'il ralentit pas après ? Qui vous dit que plus l'éclair est fort, plus le son va vite ? Vous vous êtes pas posés cette question ? Est-ce que pour un petit éclair ou un gros éclair on va pas avoir un son qui va aller doucement ou rapidement ?</p>	
185	E	(in) fort	
186	P	ben ça c'est une hypothèse forte	
187	E	peut-être qu'il y aura plus de son mais ça changera pas la vitesse	
188	P	<p>alors voilà, ça c'est de la physique, les physiciens qui ont travaillé sur le son peuvent vous dire : le son il va à 330 mètres par seconde quelle que soit la force de ce son. D'accord, en gros faut le savoir, faut être physicien. Hum, enfin, le temps entre la réception des deux, la lumière et le son, c'est lié à la distance de l'orage. Voilà mes trois hypothèses que l'on fait. Les grandeurs qu'on utilise, le temps, qu'on peut mesurer entre la vision de l'éclair et du son, la vitesse du son qu'on connaît et la distance de l'orage. En rouge (ndlr : "Si on connaît deux de ces grandeurs, on doit pouvoir déterminer la troisième"), c'est un raisonnement que vous allez vous faire tout le temps; vous avez identifié vos grandeurs, vous vous dites si j'en connais deux des trois, je peux trouver la troisième. Est-ce que j'ai moyen d'en connaître deux des trois ? Le temps on peut le connaître, on peut le mesurer en comptant, la vitesse du son, ben il faut la connaître, on va chercher dans un livre, et si j'ai ces deux trucs là, je peux trouver la distance. Voilà la démarche, d'accord ? Ah je sais</p>	

		<p>que je vais pouvoir calculer la distance si j'ai les deux autres, c'est ce qu'on va essayer de faire. Donc on mesure le temps entre l'arrivée, on connaît la vitesse du son, on calcule la distance de l'orage, voilà le raisonnement qu'on a mené dans cet exemple. Quelle est la dernière chose qu'on fait ? Quand on fait un raisonnement en physique, on se pose toujours une question sur la validité du résultat qu'on obtient. Si je trouve que mon orage il se trouve à 3000 kilomètres en faisant mon calcul, je me suis un peu gouré quelque part, alors quels sont les types d'erreurs que j'ai pu faire... je me suis gourré dans les conversions, dans les unités que de faire mes calculs. Peut-être que ma méthode c'est pas la bonne, je me suis trompé, c'est pas divisé par trois mais multiplié par trois, peut-être que j'ai un mauvais souvenir et caetera. En tout cas on se pose toujours des questions sur est-ce que le résultat auquel on aboutit est acceptable ou pas. Ca va ça ?(27'19)</p> <p>Alors maintenant, vous vous rappelez ce schéma que je vous avais présenté déjà en début d'année (<i>ndlr : diapositive figurant un lien à double sens entre modèle théorique et expérience</i>). Quel lien y a t'il entre les mathématiques. Voyez là on a fait un petit exemple avec les calculs, on a utilisé des maths, des maths pas très compliquées, et la physique. Dans tout ce que j'ai fait, qu'est-ce qui relève des maths et qu'est-ce qui relève de la physique et en quoi les maths sont un outil pour la physique.</p>	
189	E	pour le calcul c'est les maths	
190	P	pour un outil c'est les calculs	
191	E	(in)	
192	P	alors oui et non, il y a une partie des raisonnements qui relève d'une logique mathématique. Je vous présente ça et vous me direz après si ça correspondait à ce que vous vouliez me dire. Donc, la physique telle qu'elle fonctionne, pour l'instant vous en êtes là. J'ai des modèles théoriques avec des notions des concepts et de relations entre eux. Dans mon exemple, c'est quoi ?	
193	E	(in)	
194	P	au niveau théorique, au niveau des modèles théoriques, on a des choses qui ont des relations entre elles. Qu'est-ce qui dans tout ce qu'on vient de faire relève du modèle théorique et donnez moi des exemples de notions ou de concepts qui sont reliés... Malik.	
195	E	(in)	
196	P	la vitesse du son, le temps, la distance, tout ça c'est des grandeurs que (in) de manière théorique et il y a un lien entre elles : plus l'orage est loin, plus il mettra du temps à nous parvenir, d'accord, ces deux trucs là sont liés, je donne pas de formule pour l'instant. Alors ensuite on précise justement ces	

		<p>notions ces concepts elles correspondent à des grandeurs physiques qu'on va pouvoir mesurer, d'accord ? Le temps, il se mesure, c'est à dire que selon mon expérience je vais pouvoir déterminer une valeur pour ce temps, en comptant dans ma tête. La distance de l'orage je veux trouver une valeur, 3 kilomètres qui sera plus ou moins fiable, l'orage, est-ce qu'il est concrètement à trois kilomètres, trois kilomètres et demi, le but de mon expérience, c'est justement d'arriver à déterminer cette valeur et comment j'y arrive à faire ce lien entre ces grandeurs, à faire des calculs à partir d'une mesure et à trouver une autre valeur, ben j'utilise des formules qui me viennent des mathématiques, c'est à dire que pour formuler mon modèle théorique j'utilise en partie mais en partie seulement le langage mathématique et sa logique. Voilà je reviens à la diapo que je vous avais montrée l'autre fois, d'accord, on la revoit ensemble un peu en conclusion de truc là : les mathématiques, elles ont leur démarche propre, d'accord, sa logique, les démonstrations. Quand on fait des maths, a priori on ne cherche pas à faire des expériences pour confronter ce qu'on a fait avec l'expérience. Alors là on a vu des exemples de formule, des exemples de calculs mais on a vu en TP hier un exemple avec de la géométrie. Donc on peut utiliser la géométrie en mathématique pour modéliser des situations. Et en physique, on utilise les maths comme un outil pour formuler les modèles. Euh, je vous inviterai à relire le texte d'introduction et dans la petite fiche de travail autonome, à essayer de me dire, si vous voulez, de le relire une deuxième fois, parce que c'est un texte qui n'est pas facile, et si vous pouvez mettre dans votre cahier de bord un petit commentaire sur ce que vous en avez compris ou pas ou l'intérêt que vous lui avez trouvé. Vous avez le droit de me dire que ce texte est incompréhensible et inintéressant, je ne le prendrai pas mal, mais je voudrais savoir ce que vous êtes capable d'en retirer à la lumière de ce cours. (31'30)</p> <p>Alors exercice maintenant : expliquez moi la démarche qu'on a mise en oeuvre en TP hier. On doit retrouver tous les mêmes éléments. Alors vous allez pas le faire en parlant là, vous reprenez votre cahier de bord, et on doit retrouver exactement le même type de propriété dans le TP d'hier</p>	
197	E	(in) on l'a donné	
198	P	comment ça on l'a donné ?	
199	E	on l'a trouvé (in)	
200	P	et bien si c'est clair dans ta tête c'est très bien, ça doit être clair dans la façon de la présenter dans le rapport	
201	E	(in)	

202	P	alors d'accord, mais la formule d'où elle vient, pourquoi c'est légitime de l'appliquer. Ben tu vois quand je dis, ben par exemple quand je te dis là le $V_{\text{son}} = c$ sur t , euh, j'ai discuté pas mal avant de vous dire qu'on avait le droit de faire ce calcul, j'ai fait des hypothèses sur le fait que la lumière elle arrive instantanément, le fait que le son il se propage à vitesse constante.	
203	E	(in)	
204	P	entre autres... pourquoi j'ai le droit de l'appliquer. Quand le vois cette photo là, ça me semble pas évident que j'ai un triangle avec des droites parallèles sur lequel je peux appliquer Thalès.	
205	E	si	
206	P	si ? Ben alors Bravo Lorenzo	
207	E	(in)	
208	P	oui, ben non, et après...	
209	E	(in)	
210	P	on va dire que le bas de l'immeuble il est ici, en fait ça fait aller à peu près 25 cm, et après	
211	E	après à partir de là, ben j'sais pas	
212	P	voilà. Donc, vous reprenez vos notes, s'il vous plaît, et je vous liste au tableau tout ce que je veux voir apparaître dans votre compte rendu (Problématique, grandeurs utilisées, relation entre les grandeurs, modélisation géométrique conclusion)	
213	E	(in)	
214	P	qu'est-ce qu'il y a ? Tu lui montres, ben c'est une façon de t'expliquer ce qu'elle a fait, ça lui fera un bon entraînement justement. (ndlr : pause pendant laquelle l'enseignant va écrire au tableau la liste des attendus). Bon, chut, aller, là très rapidement vous vous posez très rapidement la question, dans le TP sur la mesure de l'immeuble, quelle était la problématique, c'est à dire la problème auquel on voulait répondre (cite un prénom d'élève), quelles sont les grandeurs utilisées, quelle(s) relation(s) a-t-on entre ces grandeurs et, important, Seranne, cette relation, d'où vient-elle, pourquoi est-ce que c'est légitime de l'utiliser, et cette relation elle provient de ce qu'on va appeler un modèle géométrique. C'est à dire que l'expérience ici, Nabile, voilà l'expérience voilà ce que vous voyez avec votre règle; Ben pour expliquer ça, vous faites un schéma dans lequel vous faites de la	

		géométrie, vous dessinez des triangles, vous identifiez les différents points de votre triangle avec différentes choses qui existent dans la réalité, ça s'appelle faire un modèle géométrique, d'accord, et grâce à ça vous trouvez la relation entre les grandeurs. Je vous demande de me rédiger un compte rendu, alors si il est déjà fait et qu'il est très bien Nabile, c'est parfait t'as pas à le faire, mais relis le bien et vérifie qu'il y a tout ça dedans, d'accord ?	
215	E	(in)	
216	P	non, excuse moi, je ai pas encore eu le temps, tiens je te le re-prête, tu vérifie que tout y est. Alors quand c'est fini, donc vous faites ce travail là, puis quand vous avez terminé ce travail là, vous reprenez le travail en autonomie que je vous ai donné ce matin, la petite fiche, et vous voyez où vous en êtes.	
217	E	Monsieur, c'est quoi la grandeur utilisée ?	
218	P	(P à l'élève qui vient de l'appeler et lui a posé la question) : Les grandeurs utilisées ?	
219	E'	(le binôme du précédent : c'est mètre, distance	
220	E	c'est une des mesures ?	
221	P	Alors c'est pas les, chaque grandeur a une unité, mais en gros j'ai mesuré des choses / qu'est-ce que j'ai mesuré ? J'ai cherché et calculé quelque chose, qu'est-ce que j'ai calculé ? En gros c'est tous les trucs qui ont une valeur, une unité que tu as utilisée dans ton raisonnement.	
222	P	(à toute la classe) : Alors au passage... euh, non, je vous laisse 5 minutes pour vous replonger dedans puis après, deux trois petits autres choses pour trouver des sources d'erreurs. Euh, tous ceux qui pensent avoir fait un raisonnement correct avec des mesures valables vous venez marquer ici le résultat de votre mesure, c'est la distance, la hauteur de l'immeuble que vous trouvez. Aller, vous vous levez et vous venez le marquer	37'40
223	E	Monsieur on fait pas (in)	
224		ndlr : les élèves vont au tableau marquer les résultats : " <i>environ 41 m ; environ 73,34 m ; 40,83 m exactement ; 37 m ; 41,175 m</i> "	
225	E	(Un élève en discussion avec l'enseignant en aparté) : pour essayer de prouver notre résultat, comme je sais qu'il y a 15 étages, (in)	
226	P	C'est ce que je veux, que j'attends dans le meilleur cas en terme de conclusion	

		et de commentaire sur le résultat, c'est très bien alors Malik, si t'es au point là dessus, tu as du boulot. T'as fait tout le reste là, la deuxième fiche méthode, la lecture du cours, tout ça toutes les activités	
227	E	j'ai pratiquement tout refait, il me manque l'activité 4	
228	P	ben voilà, voilà, c'est ça.	
229	E	<i>(qui s'adresse à E' au tableau)</i> : tu sais pourquoi, t'as pas mis d'unités	
230	E	c'est quelque chose au cube	
231	P	alors oui, mais ça se mesure avec des éprouvettes graduées en chimie par exemple. Nabile, si tu es point là-dessus, si tu penses que tu n'as rien d'autre à faire, tu as la suite du travail à faire en autonomie. Tu reprends la petite fiche, tu regardes ce que tu as fait, pas fait, dans les fiches méthodes mathématiques, ben voilà, au boulot	
232	E	on est là pour apprendre <i>(cette élève n'est pas concernée par la remarque précédente de l'enseignant)</i>	
233	P	mets un point d'interrogation... tu t'es fait expliquer le TP d'hier Ali ?	
234	E	Ali ; Non.	
235	P	comment ça non ?	
236	E	je l'ai vu mais....	
237	P	je pense que si Serane il t'explique pas, tu va pas comprendre... alors tu prends une autre craie d'une autre couleur (à un autre élève), la craie orange et tu corriges ce qui va pas... (en aparté avec le premier élève) tu t'en souviens de ça , de ce que tu as fait (in) ? Tu as compris la méthode ?	
238	E	ouais j'ai compris	
239	P	et ben tu me rédiges un compte rendu comme si tu avais fait l'expérience alors, pour lundi ?	
240	E	(in) je l'ai pas fait	
241	P	et ben tu la fais tout seul là, tu te mets là et tu la fais	
242	E	tout seul ? maintenant ?	
243	P	Maintenant, tu prends une règle et vas-y. Tu as tout ce qu'il faut, tu as les trucs de mesure là-bas (l'élève se lève et va faire l'activité)	

244	P	(in) c'est les restes de mon repas si tu veux tout savoir, voilà	
245	E	(in)	
246	P	P à deux filles : c'est bon, elle est capable de comprendre ce que c'est là.	
247	P	P à toute la classe : Bon, qu'est-ce que vous en pensez de ces résultats, là ? Sofiane, tu devais pas avoir corrigé quelque chose ?	
248	E	Sofiane : si, j'ai corrigé	
249	P	Bon il y a des choses qui vont pas. Si vous marquez ça sur votre compte rendu, je vais pas être très content	
250	E	parce que d'une c'est pas arrondi au mètre près,	
251	P	alors premièrement un résultat, c'est pas parce que votre machine elle vous donne plein de chiffres après la virgule que ces chiffres sont en mètre. Ca ça veut dire quoi quand vous m'écrivez ça ?	
252	E	ça veut dire on mesure au millimètre près	
253	P	voilà, ça veut dire 41 m et 175 mm. Là vous êtes en train de me dire avec votre règle, en la tenant comme ça, vous mesurez la hauteur de l'immeuble au millimètre près	
254	E	c'est des malades	
255	E'	(in)	
256	P	faut pas se moquer du monde... Sofiane	
257	P	donc...chut... première règle mais que je vous ai déjà donnée mais que manifestement vous n'appliquez pas ici, c'est que tout résultat en physique doit être correctement arrondi, ni trop, ni pas assez, en fonction de la précision escomptée, donc là, supposons, ce que je vous demande de faire, que vous mesurez la hauteur de l'immeuble au mètre près avec cette méthode, ce qui reste à vérifier, tous ces résultats, il faut les arrondir correctement... où est passée ma craie... alors comment on arrondit ça ? 41 m ça va	
258	2Es	73	
259	P	73 m	

260	2Es	41	
261	P	41	
262	E	37 ça reste pareil	
263	P	37	
264	E	41 et 37	
265	P	et 37 m	
266	E	73 m... ça marche pas	
267	P	Bon, deuxième commentaire, a priori... on verra ça après, tu permets ... donc, deuxième problème, vous êtes quand même tous avoir censés, enfin, je vous avais donné comme consigne de mesurer la hauteur du plus grand immeuble, vous mesurez tous la même chose, donc, quand même en princ..., on devrait trouver en théorie la même résultat. Vous trouvez pas qu'il y a une sacrée différence entre tous vos résultats ?	
268	Es	(in)	
269	E	après ça dépend des calculs	
270	E'	(in)	
271	P	alors ça veut dire quoi, vous avez mesuré trois immeubles différents ? Alors, chut	
272	E	on va prendre 41	
273	P	on peut prendre 41	
274	E	c'est la majorité	
275	P	alors, c'est pas comme ça qu'on fonctionne, on prend pas la majorité	
276	E'	quand même 73 c'est les minoritaires, ça prouve que c'est lui qui a raison (ndlr : lui = l'élève précédent)	
277	P	quel enseignement... si ça se trouve, c'est 73 m qui est juste, j'en sais rien, moi j'en sais rien la hauteur de l'immeuble... vas-y qu'est-ce que tu voulais dire ?	
278	E	comme on sait qu'il y a quinze étage (in) et on estime l'étage à 2,5 m, on calcule le tout	

279	P	et ça fait combien ?	
280	E	ça fait 2,5 fois 15 ça fait...	
281	E'	30	
282	P	45	
283	E	non, 40 m	
284	P	40 m	
285	E	41 plus (in) 5 centimètres...	
286	P	bon, ce qu'a fait Malik, on rentre pas dans les détails du calcul, qu'est-ce qu'il a fait pour voir un peu la validité de son... il a essayé de trouver le même résultat par une autre méthode, donc là en gros en comptant le nombre d'étages, en estimant la taille d'un étage. Ca c'est très courant en physique, on fait une expérience pour mesurer quelques chose, on sait pas si cette expérience elle est très fiable ou pas, et ben si j'ai une autre méthode qui donne un résultat et qui co... qui a la même valeur et ben on peut avoir confiance dans notre résultat. Troisième enseignement : quelles sont les sources d'erreurs quand vous faites ce TP. Pourquoi, c'est pas parce qu'on a la bonne formule, le bon raisonnement, qu'on va avoir le bon résultat, il y a quelques chose de très important qui intervient à un moment donné : vous faites des mesures et quand on fait une mesure	
287	E	il faut être précis	
288	P	c'est facile de pas avoir la bonne valeur	
289	E	il faut bien regarder où ça commence et bien où ça s'arrête	
290	P	alors c'est là que j'en viens à ça	
291	E	parce que même à une centimètre près, ça peut faire une grande différence	
292	P	quand vous étiez tous en train de faire vos mesures, faite là deux fois, chacun doit la faire, parce qu'il y en a un qui la fait, comment est-ce qu'on a un moyen de vérifier que la lecture qu'il a faite sur la règle c'est la bonne ? Peut-être qu'il s'est trompé de graduation, peut-être que la personne qui a obtenu 73 m, elle a mal lu sur la règle, comment faire pour vérifier ça ?	
293	E	(in)	

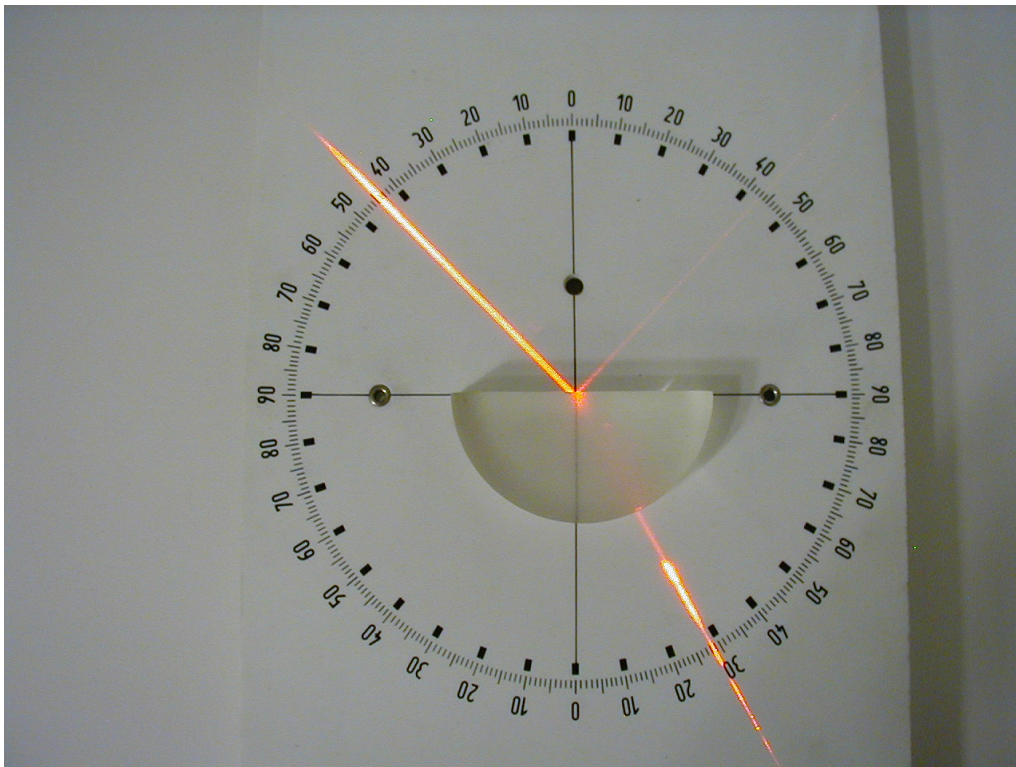
294	P	première façon, on refait, plein de personnes différentes...	
295	P	en aparté à Sofiane : une heure de concentration c'est trop dur Sofiane, manifestement	
296	E	Sofiane : Monsieur, j'écoute	
297	P	je suis en train de dire quoi alors ?	
298	E	Sofiane : que la personne qui a mesuré 73 m, elle a mal lu (rires)	
299	P	et qu'est-ce qu'on essaie de faire pour éviter ce genre de problème ?	
300	E	Sofiane : refaire la mesure plusieurs fois	
301	P	la même personne peut le faire plusieurs fois, plusieurs personnes peuvent faire la mesure, et trouver un autre méthode qui permettrait justement d'éviter ce côté subjectif, c'est à dire le fait qu'il a quelqu'un qui lit, on peut pas vérifier si ce qu'il lit est juste, parce que, il va prendre la règle à une certaine distance, il va regarder, mais vous pourrez jamais mettre votre oeil à la place du sien	
302	E	sinon on peut faire (in)	
303	P	alors tu peux replacer la règle à la même distance et voir autre chose, moi je voudrais vous proposer une méthode	
304	E	une (in) des calculs	
305	P	qu'est-ce que je vous montre là ?	
306	E	on prend une photo comme ça on est sûr...	
307	P	voilà, si on prend une photo avec un appareil photo de la règle et qu'on mesure bien et qu'on mesure bien proprement la distance entre l'appareil photo... on peut espérer améliorer la fiabilité de notre expérience	
308	E	(in)	
309	P	autre problème, voilà, faire une photo, c'est une manière d'améliorer le dispositif expérimental, de faire un système de mesure plus fiable. Autre problème, pour montrer que faire des mesures c'est pas aussi évident qu'il y paraît. La hauteur de l'immeuble là, ça vaut combien ?	
310	E	23 cm	

311	P	alors le haut il est ici, à 37, le bas il est où	
312	E	ça commence à 14 à peu près	
313	P	là ? là ? là? vous voyez que c'est pas aussi simple à faire que de lire. Comment déterminer au centimètre près la hauteur d'un immeuble, alors, bon, euh, la solution pff, j'ai pas le temps, je suis un peu flemmard, ben je dis le bas de l'immeuble c'est entre ici et là, et ça c'est l'incertitude sur la mesure, j'ai une grosse incertitude, ou alors si je veux essayer d'avoir quelque chose de plus précis, ben il faut essayer de faire un raisonnement alors on pourrait essayer de savoir ce qu'on a là, est-ce qu'on pourrait pas essayer de prolonger ici, enfin bref, ça demande une démarche qui est compliquée, longue. En un TP vous n'aviez le temps de comprendre la démarche, les calculs, etc, je propose pour ceux qui le veulent lundi prochain	
314	E	de refaire	
315	P	or, pas exactement de refaire, mais d'approfondir, c'est à dire de faire en sorte que les résultats ce soit pas des valeurs qui vont de 37 à 73 m mais soit quelque chose de plus précis où vous me donnez un résultat mais avec une précision : c'est 41 m à deux mètre près et je suis sûr que c'est compris entre 39 et 43 mètres, ça c'est un résultat physique solide. Si vous me dites c'est 41 m mais alors pff ma fiabilité j'en sais rien, c'est pas un résultat solide, d'accord ? Donc parmi vous il y en aura, je sais pas qui on verra ça lundi, qui referont ce protocole avec un appareil photo etc et je veux des résultats solides. OK ? Aller, il vous reste 10 minutes de travail et vous faites votre travail en autonomie sur les puissances de 10 et si vous avez des questions là-dessus vous n'hésitez pas.	
316	E	(in) ce qui feront pas le protocole	
317	P	alors ce qui feront pas le protocole il travailleront sur les puissances de 10 là avec les échelles, ça c'est la version simple, il travailleront aussi sur autre chose...la troisième activité que je vous proposerai lundi c'est de découvrir un logiciel qui s'appelle celestia qui permet de naviguer dans le système solaire, de se déplacer d'une planète à l'autre et regardez ce qu'il y a à côté là, c'est quoi ça ?	
318	E	(in)	
319	P	c'est le système solaire à l'échelle. Alors je genre de problème auquel vous serez amenés à réfléchir lundi pour ceux que ça intéresse, si ça c'est le soleil, entre ces trois trucs là, lequel est censé représenter la Terre ?	

320	Es	le milieu...non... la deuxième...entre la balle de tennis...	
321	P	aucun, ça ça représente Jupiter la plus grosse planète su système solaire, et si je veux représenter la Terre, il faut que je prenne un bille de stylo ou un gros grain de sable. Est-ce que vous avez un idée à quelle distance faut que je place Jupiter de ça pour représenter le système solaire à l'échelle ?	
322	E	60 m, non plus de de 60 m	
323	P	ouais, alors à quelques centaines de mètres, et la Terre ?	
324	E	60 mètres à peine	
325	P	donc un grain de sable, à quelques dizaines de mètres, je connais pas la valeur. Ce que je vous propose lundi c'est d'apprendre à faire les calculs qui permettent de trouver ça, holà, qui permettent de trouver ces valeurs en faisant des changements d'échelle, d'accord ? Alors, maintenant vous savez ce que vous faites lundi, vous réfléchissez à ce que vous avez envie de faire, et là commencez à vous, à planifier votre travail de physique jusqu'à la fin de la semaine	
326	E	il faut tenir compte de la précision recherchée	
327	P	(en aparté avec l'élève) : des deux. Il faut tenir compte des deux, il y a pas besoin	
328	E	(in)	
329	P	par exemple, je veux mesurer la largeur de la classe, est-ce que je vais la mesurer avec ça ?	
330	E	non	
331	P	pourquoi ?	
332	E	trop petit	
333	P	voilà, c'est ça, donc, la classe elle fait presque 10 mètres, il me faut au moins un instrument qui permet de mesurer quelque chose de dix mètres.	52'05

Annexe 2 : Exposé réalisé en vue de choisir un des trois enseignants de l'étude

Le dispositif d'étude de la réfraction couramment utilisé en classe de seconde est constitué d'un ou deux disques gradués concentriques, destinés à être fixés au tableau noir au moyen d'aimants ou bien à être utilisés horizontalement. Un hémicylindre de plexiglas occupe la moitié de la surface du disque, et constitue le milieu réfringent à l'entrée duquel la lumière



émise d'une source à proximité sera réfractée.

figure 1

Une lanterne, constituée d'une source lumineuse à incandescence et d'un miroir sphérique (plus complexe qu'il n'y paraît) pour obtenir un faisceau fin de rayons parallèles, ou bien d'un laser, constituent les sources de lumière possible (c'est le cas de la figure ci-dessus) pour faire fonctionner le dispositif. Les élèves et les étudiants « observent » donc que la « lumière » se réfracte (parce que change de direction) à la traversée du dioptre air-plexiglas. On mesure alors, en référence à la direction perpendiculaire au dioptre (graduation 0), considérée ainsi comme la normale à ce dernier, l'angle entre « le rayon lumineux » avant et après le dioptre.

Lors de visites d'évaluation des professeurs stagiaires en formation, nous avons pu constater que les enseignants au cours des séances de travaux pratiques qui conduisent à utiliser ce dispositif, demandaient aux élèves de reproduire sur leur cahier le schéma de l'expérience comme ci-dessous.

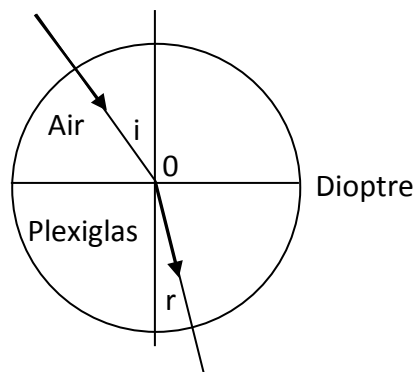


figure 2

Les élèves n'ont effectivement aucune difficulté à dessiner sur le cahier ce qui est visible sur le dispositif. On constate ainsi immédiatement que l'interprétation de l'expérience est la réplique de ce qui est observable sur le tableau : figurent sur le schéma des rayons lumineux représentés par des segments de droites et des flèches précisant le sens de parcours de la lumière. Les angles mesurés sur le dispositif sont donc les angles d'incidence i et de réfraction r aisément repérables.

Or un rayon lumineux n'est pas un objet matériel, et le programme précise dans le thème

dont cette séance fait partie qu'il s'agit du « modèle du rayon lumineux ». C'est un mode de représentation « géométrique » comme le dit l'optique que nous étudions, un « modèle » utilisé pour décrire en langage symbolique la propagation de la lumière. En particulier, il n'est pas possible de voir un rayon, car il s'agit d'une représentation géométrique qui nous sert à expliquer que la lumière va d'un point à un autre. Il est donc légitime de tracer des rayons lumineux sur une copie comme une représentation à visée explicative du phénomène observé. En revanche, il n'est pas concevable que ces rayons soient observés sur le plan du dispositif. Nous pouvons comparer cette situation à celle d'une expérience de monstration, selon le terme de Joshua et Dupin (1993), destinée à « montrer » le savoir à apprendre, en l'occurrence que la lumière change de direction lors de son passage d'un milieu à un autre.

Prenons appui sur la notion de « condition de visibilité d'un objet », développée dès le collège : pour qu'un objet soit observé par quelqu'un, il faut que de la lumière soit partie de cet objet et se soit propagée jusqu'à l'observateur. Cette règle élémentaire est fondatrice de l'enseignement actuel de l'optique géométrique au collège, mais est surtout dotée d'un sens physique rigoureux. Mais l'examen de la manière dont on enseigne souvent la réfraction en seconde nous conduit à penser que l'habitude d'utiliser des dispositifs pédagogiques a pris le pas sur l'enseignement de la physique, qui selon nous n'est pas de montrer aux élèves quelque chose de facile à voir et à comprendre mais quelque chose à partir duquel on peut enseigner de la physique. D'ailleurs, voir et comprendre sont deux aspects de la construction des connaissances scientifiques qui parfois, et même souvent sont incompatibles.

Nous allons donner notre version des faits :

Les traces lumineuses qui forment deux segments de droites sur le plan du dispositif (celles que l'on prend pour des rayons) sont visibles de la même manière par tout individu bien intentionné se trouvant globalement du même côté du tableau. Il n'y a pas de position privilégiée pour observer le phénomène. Ces traces lumineuses peuvent être interprétées

comme un ensemble de points lumineux constituant autant de sources secondaires, points du plan du dispositif éclairés la source. La lumière a suivi, pour une position donnée de l'observateur, le trajet lanterne – plan du dispositif – œil de l'observateur. La trace visible est constituée ainsi par des sources secondaires situées sur le tableau, émettant par diffusion la lumière qu'elles reçoivent de la source primaire constituée par la lanterne. On peut raisonner de la même manière pour la trace qui est visible après la traversée du dioptré. Celle-ci est constituée d'une multitude de points éclairés directement par la lumière issue de la lanterne, et la lumière a suivi le chemin lanterne – réfraction par le dioptré air/plexiglas – plan du dispositif – œil de l'observateur.

Mais alors trois questions se posent à propos de ce que l'on « voit » sur le dispositif :

a. Quel est le lien entre la trace lumineuse visible entre la lampe et le dioptré, et celle que l'on observe après le dioptré ?

Attendu que ce n'est pas la description que je viens de faire des observations qui est à remettre en cause, car celle ci nous semble-t-il est conforme à l'optique géométrique jusqu'à preuve du contraire, peut-être est-il temps de remettre en cause l'interprétation « traditionnelle » du trajet de la lumière avec ce dispositif.

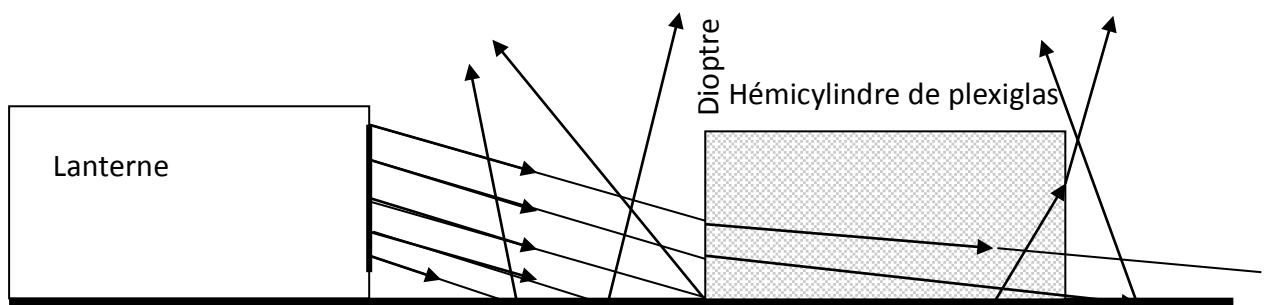
En effet, les deux traces visibles (qui ont été prises pour des rayons ou des faisceaux) n'ont rien à voir l'une avec l'autre, la lumière qui donne naissance à la trace lumineuse sur le plan du dispositif entre la lanterne et le dioptré est indépendante de celle qui donne naissance à la trace après le dioptré. Pour s'en convaincre, si le dispositif est aimanté au tableau, il suffit de disposer une fine languette perpendiculairement au tableau au voisinage de la fente de la lanterne de manière à faire « disparaître » la trace jusqu'au dioptré, et l'on pourra constater que la trace après le dioptré est toujours là. On peut aussi placer un miroir plan

rectangulaire de manière à recouvrir la première trace, et l'on constatera de même que rien ne change pour la deuxième trace. Ceci confirme l'idée de l'indépendance des deux traces.

Mais alors, comment comprendre que les angles que font les deux traces ont des sinus reliés par la loi de Descartes relative à la réfraction ?

Justement, la deuxième trace ne doit pas son existence à la réfraction de la lumière de la première trace par le dioptre. La seule affirmation acceptable, est que les deux traces ont été produites par de la lumière issue de la lanterne, cette lumière sortant de la fente sous la forme de faisceaux contenus dans des plans parallèles. Mais la première trace a été produite par de la lumière incidente directement sur le plan du dispositif, alors que la deuxième a été produite par de la lumière incidente sur le plan du dispositif, mais avec une direction qui croise le dioptre avant le plan, a été réfractée par ce dioptre en direction du plan du dispositif.

Ceci pourrait être schématisé de la manière suivante : dans ce schéma, pour des raisons de simplicité de représentation, nous n'avons considéré qu'un faisceau « plan » de rayons parallèles issus de la lanterne et ayant une inclinaison pas rapport au plan du dispositif ; il existe en réalité une infinité de faisceaux avec des inclinaisons possibles, et cette diversité assure la visibilité des traces.



b. Quel est le trajet suivi par la lumière ?

Le schéma précédent utilise bien les rayons lumineux comme interprétation du trajet suivi par la lumière, donc comme modèle explicatif. Il montre que pour le faisceau représenté, les rayons incidents sur le dioptre et les normales au dioptre en chacun des points d'incidence (un seul sur le schéma) définissent un plan d'incidence perpendiculaire au plan du dispositif si la normale au dioptre a pour direction la projection du rayon incident sur le plan du dispositif. La réfraction aura lieu dans ce même plan, qui est le plan de la feuille. Dans ce cas particulier où le plan du dioptre est perpendiculaire aux plans des faisceaux incidents, on voit que la réfraction ne se produit pas dans le plan du dispositif, tel que semblent le montrer les photographies précédentes, mais dans un plan perpendiculaire.

Mais lorsque l'on fait tourner l'hémicylindre pour modifier l'orientation de « la normale », les choses se compliquent énormément, puisque les plans d'incidences ne sont ni parallèles au plan du dispositif, ni perpendiculaires, mais font avec ces plans des angles différents suivant la direction des faisceaux incidents, et cela pour une position donnée du plan du dioptre.

c. Que mesure le dispositif en réalité ?

Les angles que les étudiants repèrent sur le plan du dispositif sont les angles d'incidence et de réfraction associés aux rayons parallèles au plan du dispositif, et qui sont les seuls à se réfracter dans des plans parallèles au plan du dispositif. La représentation que les élèves et les étudiants font sur leur cahier n'est pas incorrecte, car elle est relative à un phénomène qui existe bien avec le dispositif étudié, mais ce phénomène de réfraction est le seul que le dispositif ne permet pas de voir !!! Cependant, la représentation des rayons lumineux que les étudiants font sur leur schéma rend bien compte de la propagation de la lumière et cette

lumière est bien sûr « invisible ». En cela, la démarche est correcte.

Mais il reste que les angles d'incidence et de réfraction mesurés par les étudiants dans le plan du dispositif ne sont pas les angles qui entrent en jeu dans la réfraction de la lumière dont on observe effectivement la diffusion sur le plan du dispositif. Pourtant, pas un élève de lycée ou un étudiant de CAPES, n'a émis un doute sur la relation entre les angles mesurés et les traces lumineuses qu'ils sont censés repérer. Nous avons pu faire occasionnellement le même constat de la part des membres du jury lors des séances d'épreuves orales du CAPES de Physique Chimie.

D'autre part, et encore une fois, il n'y a pas de relation entre cette représentation graphique faisant figurer les rayons et les angles d'incidence et de réfraction, et ce qui est observé avec le dispositif. Or, de manière générale, un tel appareil à visée didactique sert à mettre en scène des phénomènes afin de mobiliser des connaissances théoriques pour les interpréter. Ici, l'optique géométrique n'est pas utilisée pour interpréter le phénomène de réfraction, et même la première loi de Descartes est occultée pour rendre compte des observations. Autrement dit, si le dispositif incriminé est utilisé pour mettre en évidence le phénomène de réfraction, alors l'interprétation que les étudiants ou les enseignants doivent en donner est analogue à celle que je viens de développer. Si cette interprétation est très au-delà de ce que les élèves peuvent apprendre, alors il doit falloir changer de dispositif. L'histoire des sciences nous permet de savoir que Ptolémée (90 - 168) dans ses études de la réfraction de la lumière a utilisé un dispositif simple mais sans doute moins commode à utiliser, mais qui ne pose pas les problèmes que nous venons de soulever du point de vue des relations entre observations et modèle.