

La résolution de problèmes en physique-chimie, de la seconde à la terminale

par Anne BOISTEUX

Lycée Emmanuel Mounier - 49000 Angers

anne-nicol.boisteux@ac-nantes.fr

DANS CET ARTICLE est abordée la résolution de problèmes en physique-chimie, de la classe de seconde à celle de terminale. En effet, ce type d'activités permet de développer chez les élèves, la pratique de la démarche scientifique, et bien d'autres compétences. Plusieurs questions seront abordées dans cet article : comment créer une résolution de problème ? Comment mettre en œuvre une résolution de problème dans la classe, en tenant compte de la diversité des élèves ? Qu'apprennent les élèves lors d'une résolution de problème ? Comment les élèves perçoivent-ils ce type d'activité ? Pour illustrer les réponses à certaines de ces questions, quelques exemples concrets seront développés, en particulier une résolution de problème sur l'airsoft, qui constituera en quelque sorte, un exemple « fil rouge » de l'article.

INTRODUCTION

Le terme « résolution de problèmes » est employé dès l'école primaire. Par exemple, au cycle 2, on peut demander aux élèves de résoudre le problème « Aujourd'hui dans la classe, il y a beaucoup d'absents. Il reste huit filles et onze garçons. Combien d'élèves sont présents ? », ou au cycle 3 « Un sportif parcourt chaque jour 6 km en courant. Combien de jours mettra-t-il pour parcourir 300 km ? » [1]. Il s'agit dans ce cas de résoudre un problème numérique, ce qui nécessite une mise en relation entre des données et un outil mathématique. Des problèmes s'appuyant sur les sciences expérimentales peuvent aussi être posés aux élèves à l'école primaire : « Quel est le meilleur liquide pour faire des bulles qui s'envolent ? » ou « Comment peut-on élever ou soulever un objet sans trop forcer ? » [2].

Dans le second degré, en physique-chimie, l'activité de type « résolution de problèmes » a d'abord été proposée en enseignement de spécialité en terminale S. Une ressource intitulée « Résolution de problèmes » [3] a été publiée par le ministère de l'Éducation nationale (DGESCO-IGEN), en juillet 2012. Ce document fait référence à l'ouvrage de Georges Polia *Comment poser et résoudre un problème ?* [4], qui explicite notamment p. 11, les quatre phases de travail pour résoudre un problème « Tout d'abord, il faut comprendre le problème, c'est-à-dire voir clairement ce qui est demandé. En second lieu, il faut saisir le lien qui existe entre les divers éléments, voir ce qui unit

l'inconnue aux données pour trouver l'idée de la solution, pour dresser un plan. Troisièmement, mettre notre plan à exécution ; enfin, revenir en arrière sur la solution, une fois qu'elle est acquise, la passer au crible et la discuter». L'évolution des sujets du baccalauréat a montré que les questions ouvertes s'apparentant à une résolution de problèmes n'étaient pas réservées au seul enseignement de spécialité en terminale S, mais pouvaient être aussi proposées en enseignement spécifique. Pour cela et pour bien d'autres raisons qui seront explicitées dans cet article, il est nécessaire de commencer à travailler les résolutions de problèmes avec les élèves bien en amont de la classe de terminale. Un document « Résoudre un problème de physique-chimie dès la seconde » [5] a d'ailleurs été publié par le GRIESP (Groupe de recherche et d'innovation pour l'enseignement des sciences physiques), en juillet 2014. Quand on évoque au collège, la démarche d'investigation, n'est-ce pas déjà parfois une forme de résolution de problème ?

Dans cet article, va être abordée la résolution de problèmes en physique-chimie de la seconde à la terminale. On verra, à travers des exemples, comment créer une résolution de problème, comment mettre en œuvre ce type d'activité dans la classe. On s'intéressera également à ce qu'apprennent les élèves lors d'une résolution de problème, et comment ils perçoivent ce type d'activité.

1. COMMENT CRÉER UNE RÉOLUTION DE PROBLÈME ?

1.1. Comment choisir une situation contextualisée ?

Une résolution de problème est une « tâche complexe », ou « tâche avec prise d'initiatives ». L'élève s'appuie sur des ressources externes (documents fournis, Internet, expériences...) et des ressources internes, comme ses connaissances personnelles, ses habiletés.

Comme dans toute tâche complexe, il est important de contextualiser la situation, c'est-à-dire de s'appuyer sur une situation concrète qui donne lieu à une problématique ou un questionnement. Comme dans tout type d'activité de physique-chimie mettant en œuvre une démarche active, que ce soit une résolution de problème ou pas, nous pouvons partir d'une expérience, de photos, d'une vidéo, d'un article que nous avons lu dans une revue scientifique, sur un site, à partir du portail Éduthèque⁽¹⁾ par exemple...

Pour créer une résolution de problème, notre source d'inspiration peut être variée.

(1) Créé dans le cadre du service public du numérique éducatif prévu par la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République du 8 juillet 2013, Éduthèque est un portail construit pour les enseignants qui rassemble des ressources pédagogiques s'appuyant sur des grands établissements publics à caractère culturel et scientifique : <http://www.edutheque.fr>

Nous pouvons partir d'un exercice assez guidé, que nous allons transformer en résolution de problème. Par exemple, l'idée qui a conduit au problème « Quel est l'ordre de grandeur de la masse de peinture qu'il faut prévoir pour chacune des campagnes d'entretien de la Tour Eiffel ? » [6] est venue en lisant un exercice guidé proposé dans un manuel scolaire.

Nous pouvons aussi nous appuyer sur une situation vécue ou racontée. Par exemple la résolution de problème sur « l'airsoft », proposée en annexe 1 de cet article, a été conçue à partir d'une discussion avec un jeune adulte pratiquant cette activité de loisir. N'ayant jamais entendu parler de ce jeu, l'auteure lui demande alors de quoi il s'agit. En expliquant, il fait référence à « l'énergie cinétique de la bille qui ne doit pas dépasser 2 J », ce qui interpelle alors l'auteure, en tant que professeure de physique, et qui la conduit à en savoir plus, en consultant Internet, et la Fédération française d'airsoft (FFA). En pensant à l'intérêt que pourrait susciter chez les élèves, une accroche basée sur ce jeu, lui vient alors l'idée de créer une résolution de problème sur le sujet.

Enfin, une visite d'entreprise ou de laboratoire peut aussi être une source d'inspiration, qui permet, de plus, de fournir des données scientifiques fiables. Ainsi, la visite récente d'un laboratoire à l'IMN (Institut des matériaux Jean Rouxel, à l'Université de Nantes) a donné à l'auteure une idée de résolution de problème sur les piles à combustible.

1.2. Quels documents ou matériel mettre à disposition des élèves ?

On peut considérer que les résolutions de problème sont globalement de deux types. Elles peuvent être de nature documentaire, ou de nature expérimentale, ce qui n'exclut d'ailleurs pas de mettre aussi à disposition des élèves des documents ; mais dans ce dernier cas, les élèves pourront s'appuyer sur des expériences pour résoudre le problème.

Des documentations diverses, en volume raisonnable, concernant l'objet de la résolution de problème, et éventuellement le matériel scientifique, sont souvent fournies. Certains documents ou informations présentes dans les documents peuvent d'ailleurs être inutiles à la résolution, ce qui rend nécessaire le tri par l'élève des informations utiles. Par exemple, dans la résolution de problème sur la protection de la Tour Eiffel [6] déjà évoquée, les dimensions de la Tour Eiffel données dans le document 2 ne présentent pas d'utilité pour résoudre le problème.

À l'inverse, certaines données peuvent être manquantes. Par exemple, dans la résolution de problème sur l'airsoft, les élèves ont à connaître un ordre de grandeur de la valeur de l'accélération de la pesanteur g . Ils ont aussi à prendre des initiatives, comme choisir la hauteur de tir en faisant une hypothèse sur la taille du tireur.

De même, pour renforcer la prise d'initiatives des élèves lors d'une résolution de problèmes de nature expérimentale, le matériel peut ne pas être visible et être sorti à la demande des élèves.

1.3. Comment formuler la problématique et les consignes ?

La problématique n'est parfois pas facile à formuler, et peut nous conduire à plusieurs versions avant d'arriver à une problématique cohérente et compréhensible par les élèves. Par exemple, dans le cas de la résolution de problème sur l'airsoft, la première version de la problématique n'était pas celle proposée *in fine*. Il a fallu plusieurs versions avant d'arriver à : « Un joueur, debout, éjecte horizontalement une bille avec son arme, à la vitesse maximale autorisée. Combien de temps un joueur situé à terre dispose-t-il pour se relever, avant d'être touché par la bille ? ».

Il est important également que la consigne soit claire et complète, de manière à ce que l'élève sache vraiment ce qui est attendu de lui dans la résolution du problème. Une consigne globale et précise explicite les attentes de l'enseignant afin d'orienter l'élève sans lui indiquer la démarche. Elle doit donc laisser la place à l'initiative. Elle peut préciser à l'élève la forme attendue, par exemple « Vous devrez rédiger un paragraphe d'une quinzaine de lignes, pour répondre à la problématique ». Elle peut préciser un contenu attendu, comme « Vous apporterez un regard critique sur le résultat ». Elle peut indiquer à l'élève les critères d'évaluation, par exemple « Toute initiative cohérente, prise pour résoudre la question posée sera valorisée ».

Par exemple, dans l'activité sur l'airsoft, l'auteure a précisé dans les consignes « Vous explicitez la démarche, en développant les étapes du raisonnement, de manière littérale. Puis, vous effectuerez un ou des calculs et porterez un jugement critique sur le résultat obtenu » et comme dans la plupart des résolutions de problème : « Certaines informations données ne sont pas directement utiles à la résolution et d'autres, qui relèvent de la culture générale, ne sont pas rappelées ; vous devrez donc faire preuve d'initiative ».

2. COMMENT METTRE EN ŒUVRE UNE RÉOLUTION DE PROBLÈME DANS LA CLASSE EN TENANT COMPTE DE LA DIVERSITÉ DES ÉLÈVES ?

2.1. Comment prendre en compte la diversité des élèves dans la classe ?

Différentes stratégies sont possibles pour tenir compte de la diversité des élèves et de leur hétérogénéité.

On peut proposer aux élèves des **versions différentes**. C'est le cas dans la banque de résolutions de problèmes du GRIESP (Groupe de recherche et d'innovation en

sciences physiques) [5] qui propose des versions différentes d'un même problème : niveau initiation, niveau confirmé, niveau expert. Ce qui varie essentiellement dans ces versions, c'est le degré d'autonomie de l'élève.

Il est possible aussi, sans forcément faire plusieurs versions, de proposer des questions préalables, de manière à faciliter l'appropriation du problème par les élèves. Par exemple, dans le problème sur l'airsoft, il peut être proposé aux élèves d'identifier les deux erreurs de nature scientifique commises par la FFA, ce qui peut les aider à s'approprier les documents.

Le **travail de groupe** permet aussi de gérer l'hétérogénéité des élèves, et présente un intérêt majeur lorsque ces derniers débudent les résolutions de problème. Le travail en groupes hétérogènes a pour effet de « dédramatiser », de rassurer les élèves qui seraient découragés par une résolution de problème, et pour d'autres élèves, qui se contenteraient seulement d'arriver au résultat, de les obliger à préciser leur démarche de résolution. Il donne lieu aussi à des échanges enrichissants qui permettent de résoudre le problème plus efficacement. Par exemple, lors d'une résolution de problèmes « Combien de coups de pompe pour gonfler un ballon de foot ? » (document « Gonflage d'un ballon de foot » proposé dans le document du GRIESP [4], p. 50) menée en classe de seconde par l'auteure, des échanges très intéressants ont eu lieu, à l'intérieur d'un groupe d'élèves, au niveau de la validation du résultat. Suite à leur démarche comprenant des calculs, le groupe avait obtenu cent dix coups de pompe. Dans la phase de validation, l'élève qui était plus moteur et qui avait impulsé la démarche, fait part de son étonnement aux autres et pense que leurs calculs sont faux. Un autre élève du groupe, plutôt en décrochage scolaire, fait part de son expérience de footballeur et assure que ce résultat n'est pas faux selon lui. Il apparaît au cours des échanges dans le groupe que le premier considère que le ballon est partiellement gonflé, tandis que le deuxième considère que le ballon est « à plat ». L'intérêt de la contextualisation et du travail de groupe a ainsi été mis en évidence, dans cette résolution de problème ; et cette séance a contribué modestement à encourager la persévérance scolaire.

Des **aides ou « coups de pouce »** peuvent aussi être prévus pour les élèves ou les groupes qui ont besoin d'être accompagnés pour réaliser la tâche complexe qu'est une résolution de problème. Pour cela, il est nécessaire d'identifier les obstacles auxquels peuvent être confrontés les élèves. Les aides proposées sont de différents types : aide à l'appropriation des documents, apport de connaissances nécessaires à la résolution, apports de savoir-faire ou aide à la démarche de résolution... Concernant, la résolution de problème sur l'airsoft déjà évoqué plus haut, des aides sont proposées en fin d'annexe 1.

On peut profiter des séances d'accompagnement personnalisé, pour **travailler la méthodologie** d'une résolution de problème, en ciblant au préalable les besoins des

élèves, identifiés par exemple lors d'une évaluation formative (cf. sous-paragraphe 3.2.).

Il est sans doute important également d'insister sur la **place du brouillon**. Si un élève a proposé au brouillon, sa démarche de résolution, sous forme d'un organigramme schématisant les différentes étapes à suivre, le professeur pourra relever et accepter ce brouillon, qui aura la même valeur pour l'évaluation qu'un travail sur une copie. Cela peut aussi être un moyen de rassurer l'élève. Dans un même ordre d'idée, un enseignant pourrait conseiller à un élève qui aurait des difficultés de rédaction, de réaliser une carte mentale, à partir des documents fournis et de ses connaissances, et ainsi l'aider à s'appropriier les différentes ressources.

2.2. Quelle posture pour le professeur, lors d'une résolution de problème en classe ?

L'enseignant s'assure que tous les élèves ou les groupes sont au travail et veille au rythme de la séance. Son rôle est fondamental dans la phase d'appropriation. Il aide les élèves dans l'appropriation du problème posé, sans trop les orienter ni vers la solution qu'ils doivent trouver, ni même vers le chemin à emprunter pour y parvenir. Cela peut consister à leur faire reformuler avec leurs mots la problématique, à expliquer ou à aider à trouver le sens de mots qu'ils ne comprendraient pas dans un document... L'enseignant peut suggérer à l'élève de faire un schéma, pour mieux s'approprier la situation. Cela a été le cas par exemple pour de nombreux élèves, dans la résolution de problème sur l'airsoft.

Lorsque l'élève ou le groupe élabore la stratégie de résolution puis la réalise, le professeur prend du recul, observe, identifie les blocages ; il se met à disposition des élèves et les accompagne. Dans cette posture d'accompagnateur, il peut renvoyer l'élève à des ressources précédemment manipulées au cours des apprentissages ; fournir des aides ciblées orales ou écrites selon les besoins, comme évoqué précédemment.

L'enseignant peut aussi valoriser l'élève ou le groupe d'élèves, pour l'encourager, tout en évitant de lui dire si c'est juste ou faux, pour que l'élève ou le groupe mène le plus possible la démarche en autonomie. Pour l'enseignant, c'est un « dosage » entre le fait de laisser suffisamment d'autonomie aux élèves, et ne pas les décourager de ce type d'exercices. Et pour les élèves qui démarrent la séance en étant certains de ne pas arriver à résoudre le problème (« On n'y arrivera jamais, ce n'est pas faisable »), et qui y parviennent, surmonter cet obstacle permet une prise de confiance en leurs possibilités.

3. QU'APPRENNENT LES ÉLÈVES LORS D'UNE RÉOLUTION DE PROBLÈMES ?

3.1. Quelles compétences développent les élèves ?

Outre le fait d'acquérir ou de mobiliser des connaissances de physique-chimie, une résolution de problème permet de développer une multitude de compétences

chez les élèves, en plus de la prise d'initiatives, du travail en autonomie, du travail en équipe, évoqués plus haut. Dans un premier temps, les élèves doivent s'APPROPRIER le problème, puis l'ANALYSER, c'est-à-dire établir une stratégie de résolution. Il ne s'agit donc pas pour eux de suivre les étapes de résolution qui seraient imposées par la rédaction d'un exercice, mais d'imaginer eux-mêmes une ou plusieurs pistes pour répondre à la question scientifique posée. Ils doivent ensuite le plus souvent RÉALISER des calculs, pour mettre en œuvre la stratégie, et VALIDER le(s) résultat(s) obtenu(s), en portant un regard critique sur ces derniers, notamment par l'évaluation d'un ordre de grandeur ou par des considérations sur l'homogénéité. La compétence COMMUNIQUER à l'écrit est également développée, lorsque les élèves présentent leur stratégie de résolution. On peut noter aussi que dans certains cas, à l'issue d'un travail d'équipe par exemple, un rapporteur vient expliquer à la classe la stratégie de résolution établie par son groupe, ce qui développe aussi la compétence de *communication orale*.

Dans l'annexe 1, un tableau récapitule les compétences mobilisées ou évaluées dans la résolution de problème sur l'airsoft.

3.2. Quel est l'intérêt, pour les élèves d'une évaluation formative, d'une co-évaluation ou d'une auto-évaluation lors d'une résolution de problème ?

En amont d'une résolution de problème proposée aux élèves lors d'une séance, il est important de préciser les capacités que les élèves devront développer, ainsi que les indicateurs de réussite. Dans le tableau des compétences développées lors de la résolution de problème sur l'airsoft, en annexe 1, on trouve les capacités, ainsi que les indicateurs de réussite correspondant au niveau A⁽²⁾.

Ces indicateurs permettent aux élèves de s'autoévaluer, en leur distribuant la grille à la fin de la séance. Ils permettent aussi à l'enseignant de réaliser une évaluation formative, en observant les élèves tout au long de la séance. S'il est difficile d'évaluer tous les élèves présents en même temps, une alternative peut consister à évaluer un nombre réduit de groupes ou d'élèves au cours d'une séance, par exemple quatre élèves. Ces derniers comprennent que l'évaluation peut les aider à progresser, en identifiant leurs points forts et leurs points faibles, ce qui leur permet de s'impliquer davantage dans leur réussite.

On peut envisager aussi une **co-évaluation** professeur/élève à la fin de la séance, c'est-à-dire, en présence de l'élève, faire une comparaison entre la grille complétée par l'élève et celle complétée par le professeur. Le fait de porter son attention sur la même grille que l'élève, permet à ce dernier ou cette dernière, de comparer et demander

(2) Le niveau A fait référence aux niveaux de maîtrise de chaque compétence. L'attribution s'appuie sur les indicateurs de réussite présents dans la production de l'élève. Le niveau A est attribué si les indicateurs choisis apparaissent pratiquement dans leur totalité.

éventuellement des explications. Ceci a l'avantage de cerner la compétence où l'élève est le plus à l'aise et celle au contraire où il est le moins à l'aise. Quelquefois, cela sert également à clarifier des malentendus sur certains points que l'on croyait compris.

Il est possible ensuite en accompagnement personnalisé de travailler plus particulièrement sur une compétence pour laquelle un groupe d'élèves éprouverait des difficultés. Pour aider certains à s'approprier le problème, on peut leur conseiller de faire un schéma de la situation ; repérer la grandeur à chercher ; repérer les informations utiles et les grandeurs utiles données dans les documents et leur attribuer un symbole ; mobiliser les connaissances de cours utiles et les grandeurs non précisées dans l'énoncé du problème ou les documents. Pour ceux qui ont des difficultés à analyser le problème, on peut les inciter à faire d'abord un schéma d'analyse de la démarche de résolution, pour mettre en exergue les différentes étapes du raisonnement, et donc travailler sur des schémas de résolution.

4. COMMENT LES ÉLÈVES PERÇOIVENT-ILS LES RÉOLUTIONS DE PROBLÈMES ?

Un questionnaire permettant de recueillir l'avis de lycéens sur les résolutions de problèmes, a été distribué à une classe de seconde, et aux élèves de première S et terminale S du lycée Emmanuel-Mounier à Angers. Le questionnaire et le bilan qui en a été fait se trouvent en annexe 2. Ce bilan qui se base sur quatre-vingt-deux réponses n'a pas la prétention d'avoir une valeur statistique, étant donné d'une part la taille de l'échantillon, et d'autre part le fait qu'il ne concerne qu'un lycée (présentant une mixité sociale et un taux d'élèves dont les familles sont de catégories socioprofessionnelles défavorisées, supérieur aux moyennes académique et nationale), mais il permet d'avoir une idée de ce que pensent des lycéens, des activités de type résolution de problème.

À la question «**Quels adjectifs ou mots évoquent pour vous une résolution de problème ?**», les mots proposés par les élèves portent majoritairement sur la démarche : «réfléchir par soi-même», «faire des liens entre tout ce que l'on sait/apprend». Un élève de terminale explicite même : «Cela m'évoque une démarche à faire afin de répondre au problème posé qui peut être abordé de différentes manières et non un seul modèle possible. On est libre de choisir notre démarche».

Au niveau du ressenti des élèves, les réponses sont parfois partagées : «Prise de tête, mais intéressant quand on y arrive», «Je trouve que la résolution de problème est intéressante, mais difficile», ou encore «C'est compliqué selon moi parfois et du coup cela peut être stressant selon la difficulté». Résoudre un problème entraîne aussi une motivation pour certains élèves, car cela s'apparente à un «défi» ou un «challenge».

Concernant la deuxième question portant sur la nature des résolutions de problèmes, en seconde les élèves préfèrent à 80 % les résolutions de problème basées sur les expériences, essentiellement pour le caractère concret, et la facilité de compré-

hension : « Je préfère les résolutions de problème basées sur des expériences, car cela nous permet de manipuler et de voir nous-mêmes les résultats de ce que nous faisons : on apprend plus facilement, c'est plus marquant » ; « J'arrive mieux à comprendre le problème et à imaginer la situation ». Ils considèrent également qu'ils sont plus actifs lorsqu'ils effectuent des expériences, et donc que le temps passe plus vite. Quelques élèves de seconde préfèrent une résolution de problème basée sur des documents : « parce que la réponse est dedans, alors que les expériences on ne sait pas toujours comment les faire ». En première S et terminale S, la réponse est beaucoup plus nuancée. Si certains élèves évoquent le plaisir de manipuler « Je préfère les résolutions de problème basées sur des expériences, car c'est plus agréable de manipuler, et de faire sa propre expérience que d'en étudier une sans la faire », ou une plus grande facilité de validation des résultats « Je préfère les résolutions de problème s'appuyant sur des expériences, car cela nous permet plus facilement d'évaluer le taux d'incertitudes, et de porter un regard critique », d'autres au contraire préfèrent les résolutions de problème basées sur des documents pour la complétude et la certitude des informations : « Je préfère les documents, car il y a souvent plus d'informations et donc plus d'aides afin de résoudre le problème », « ...je suis certaine des informations ». D'autres évoquent une plus grande facilité de résolution : « Je préfère les résolutions de problème basées sur des documents, car le texte aide beaucoup à se souvenir des connaissances acquises. C'est donc plus facile de résoudre le problème, car on sait dans quelles directions aller ». Enfin, quelques élèves n'ont pas de préférence entre les résolutions de problème s'appuyant sur des documents, et d'autres s'appuyant sur des expériences : « Je pense que cela dépend de la difficulté », « Je préfère un mélange des documents et expériences, car chacun apporte des informations différentes et complémentaires ».

À la question « Que vous apporte le travail de groupe dans une activité de type "résolution de problème" », les élèves reconnaissent, même s'ils ne le disent pas explicitement, que le travail de groupe permet de développer des compétences sociales et civiques. Des élèves de seconde évoquent : « J'aime travailler en groupe, car au début de l'année, ça aide à faire des connaissances... », « Cela permet de mieux connaître les personnes de la classe ». Un élève de terminale précise « Ça apprend à s'ouvrir aux autres, à imposer ses idées, écouter les autres ». D'autres évoquent aussi : « Le travail de groupe permet d'échanger entre nous et d'aider si on est avec des personnes qui ont le plus de difficultés ». Ainsi le mot « entraide » revient très souvent dans les réponses des élèves, que ce soit en seconde, première ou terminale. Un élève précise avec ses mots « Explications de la part d'un camarade parfois plus compréhensives ». Beaucoup d'élèves évoquent le partage des hypothèses, des connaissances, des idées, ce qui permet une meilleure compréhension du sujet, une meilleure argumentation, et ainsi une plus grande efficacité de résolution du problème : « Le travail de groupe me permet de mieux comprendre les notions où j'ai des difficultés, et d'avancer ensemble, sans bloquer, et ne pas comprendre. Et c'est plus agréable d'avancer en groupe que tout

seul» ; «On peut communiquer nos connaissances. Les résolutions de problèmes semblent alors plus simples, car on peut rassembler nos connaissances pour résoudre le problème» ; «Chacun apporte son point de vue, sa méthode, ses idées, et cela permet de fournir une résolution plus complète». D'autres reconnaissent au travail de groupe un côté rassurant : «Il m'aide à savoir si j'ai fait des erreurs» ou encore le plaisir de travailler ensemble : «Ça nous permet de réfléchir au problème à plusieurs, à comprendre plus facilement ; et d'un autre côté, ça nous donne plus envie de travailler, puisque ça donne presque un côté ludique au travail demandé». Deux phrases d'élèves, dépassant d'ailleurs le cadre d'une résolution de problème, résumant assez bien ce que peut leur apporter le travail de groupe : «Cela donne plus envie de travailler, car on partage nos hypothèses, et on peut s'aider entre nous si une personne ne comprend pas» ; «On peut s'aider, se comprendre tous ensemble pour pouvoir réussir à plusieurs. On avance mieux à plusieurs». Enfin, un élève évoque «Lorsque les résolutions de problème sont par groupe, on peut être seul à travailler, alors que les autres attendent». Le professeur peut avoir un rôle à jouer dans la constitution des groupes, et dans la régulation du travail au sein des groupes.

Au sujet des coups de pouce qui peuvent être apportés par le professeur lors d'une résolution de problème, tous les élèves, ou presque, reconnaissent l'utilité, voire la grande utilité de ces coups de pouce, en cas de blocage : «Ça fait avancer dans le raisonnement lorsque nous sommes bloqués», ou en cas de difficultés de compréhension : «Ils sont très utiles pour nous aider quand on ne comprend pas tout». D'autres évoquent le côté rassurant : «Ça permet de savoir qu'on peut avoir de l'aide si on est bloqué» ; «Cela permet de valider une piste ou d'éviter un hors sujet». Quelques-un(e)s ont conscience qu'il est important de chercher avant de demander un coup de pouce : «Bonne aide. Permet d'avancer, mais il faut un travail conséquent avant», et de chercher après l'avoir obtenu : «Cela permet d'avancer en cas de blocage, sans nous donner directement la réponse». Ainsi, même si certains groupes ne veulent pas de «coups de pouce», car ils souhaitent trouver seuls, dans la majorité des cas, les élèves apprécient l'aide qui leur est distribuée, pour pouvoir avancer dans la résolution du problème. Un autre élève déclare avec ses mots à lui : «Je pense que le coup de pouce peut permettre de débloquent un problème, mais on hésite toujours de demander un coup de pouce, de peur que cette aide peut éventuellement nous pénaliser». Il est donc important dans la relation pédagogique avec ses élèves que l'enseignant(e) explicite à leur égard l'utilisation des coups de pouce. Si les élèves reconnaissent dans leur très grande majorité l'utilité des coups de pouce, quelques élèves déplorent le manque de précisions de certains d'entre eux, ou leur nombre insuffisant : «Cela dépend des coups de pouce, certains nous débloquent, mais d'autres nous laissent encore dans le flou» ; «coups de pouce pas très explicites et trop peu en nombre». Enfin, quelques-uns regrettent qu'il n'y ait pas de coups de pouce lors de l'épreuve écrite du baccalauréat : «Ces coups de pouce ne sont pas dans l'épreuve du bac ; c'est dommage, car ils pourraient apporter de l'aide si nécessaire».

À la question «**Quelles compétences pensez-vous développer dans une activité de type “résolution de problème”**», on remarque tout d’abord dans la synthèse des questionnaires, que des élèves de seconde et de première ne répondent pas ou disent ne pas savoir répondre à cette question. Il semble donc important que le professeur explicite à ses élèves les compétences travaillées. Cela permettra notamment, à ceux qui ne sont pas convaincus par ce type d’activité, de prendre conscience de l’intérêt d’une résolution de problèmes, pour progresser au niveau des compétences. Pour les élèves qui répondent à la question, le mot qui revient le plus est «réflexion». Un lycéen de première évoque ainsi : «Je pense que l’on développe de la réflexion. Cet exercice nous permet de faire des liens entre plusieurs idées et connaissances, mais cela demande beaucoup de méthode et une application dans ce que l’on fait». Un élève de terminale évoque «la réflexion et la mise en commun de plusieurs documents afin d’aboutir à une explication au problème». Travailler en équipe est également une compétence évoquée par les élèves. Ces derniers ont aussi conscience de développer l’autonomie, comme l’évoque précisément un lycéen : «Mine de rien, ça nous fait prendre de l’autonomie : on apprend à réfléchir tout seul, à chercher des solutions tout seul, sans être trop guidé», ou encore la prise d’initiative comme le dit un élève de seconde avec ses mots : «Ça permet de développer la débrouillardise» ou comme l’explicite un élève de terminale : «Je pense développer la prise d’initiative et la recherche personnelle : accepter de se tromper, porter un jugement critique, recommencer».

Concernant l’expression libre sur les résolutions de problème proposée à la fin du questionnaire, seuls quelques élèves ont complété cette rubrique. Des élèves, en particulier en seconde, ont écrit : «J’aime» ; «Je trouve ça intéressant» ; «En faire plus souvent». D’autres, en première S, insistent sur le côté pénalisant et stressant d’une résolution de problème : «stressant, peut pénaliser une personne qui connaît son cours, mais qui part sur un hors sujet» ou encore «Je sens que cela sera difficile durant l’épreuve du bac, car avec le stress, la compréhension sera encore plus difficile» en ajoutant «Ça prend trop de points pour le bac». D’autres ont une analyse plus fine d’une résolution de problème «Un très bon exercice, mais parfois complexe. Il faudrait avoir plus de méthodologie pour savoir comment répondre correctement à une résolution de problème. Par contre, c’est moins intéressant que les expériences». ou encore «Pour réussir, il faut de l’entraînement. Sans ça, il est très compliqué, voir impossible d’y arriver». Enfin, des élèves de terminale signalent : «En tronc commun, nous n’en faisons pas assez» ou «Il serait mieux d’en faire plus dans le tronc commun». Un autre élève résume bien la pensée de la majorité d’entre eux qui transparait dans ce questionnaire : «C’est un exercice intéressant, car il change des autres, même si ce n’est pas toujours facile».

CONCLUSION

Travailler les résolutions de problème dès la seconde, et même travailler des questions ouvertes dès le collège, permettra aux élèves d'acquérir progressivement les compétences nécessaires à ce type d'activité. En seconde, un point de vigilance semble néanmoins s'imposer : être assez modeste au niveau des résolutions de problème, pour ne pas décourager les élèves (à la fois ceux qui poursuivront en première S, et ceux qui n'envisagent pas des études scientifiques). Un travail de groupe, au moins dans un premier temps, permettra aux élèves d'être rassurés par rapport à ce type d'activité qui pourrait leur « faire peur » *a priori*. Le fait d'apporter des coups de pouce à certains élèves ou certains groupes permettra aussi de soutenir leur motivation.

La résolution de problèmes ne s'arrête pas en terminale, mais se poursuit en Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE). Dans les programmes de la voie PCSI (Physique, chimie et sciences de l'ingénieur) en chimie [7], on peut lire « Dans l'acquisition de l'autonomie, la "résolution de problème" est une activité intermédiaire entre l'exercice cadré qui permet de s'exercer à de nouvelles méthodes, et la démarche par projet, pour laquelle le but à atteindre n'est pas explicite ». Nous voyons donc bien une continuité sur ce type d'activités, après le second degré. De même, dans les épreuves du CAPES (Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré), sont apparues ces dernières années des résolutions de problèmes.

Aussi, dans les métiers que nos élèves exerceront plus tard, ils seront forcément confrontés à des résolutions de problèmes, d'où la nécessité de les préparer dès le lycée, pour qu'ils apprennent à développer des compétences variées, qui seront réinvesties ultérieurement.

REMERCIEMENTS

Merci à M. Benoît Marius, président de la Fédération française d'airsoft (FFA).

BIBLIOGRAPHIE ET NETOGRAPHIE

- [1] M.-C. Jollivet et S. Moisan (Conseiller pédagogique Angoulême Sud), « Huit séquences pour résoudre des problèmes au cycle 3 » :
http://www.ac-grenoble.fr/ien.haut-gresivaudan/IMG/pdf/resolution_probleme_cycleIII_Angoulême.pdf
- [2] M. Thouin, *Résoudre des problèmes scientifiques et technologiques au préscolaire et au primaire*, Éditions MultiMondes, Canada : Québec, 2006.
- [3] MEN/DGESCO-IGEN, « Résolution de problèmes – Physique-chimie, série S », juillet 2012 :
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/SPC/50/8/Resolution_de_problemes_221508.pdf

- [4] G. Polya, *Comment poser et résoudre un problème*, Édition Jacques Gabay.
- [5] GRIESP, «Résoudre un problème de physique-chimie dès la seconde», juillet 2014 :
http://eduscol.education.fr/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/resolution_problemes_Griesp.pdf
- [6] «Résolution de problème sur la protection de la Tour Eiffel», en ligne sur le site de l'académie de Nantes :
<http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/physique-chimie/publications/dossiers/resolution-de-problemes/>
- [7] Programmes des Classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE), filière scientifique, voie Physique, chimie et sciences de l'ingénieur (PCSI), ministère de l'Enseignement supérieur, 2013 :
https://www.scei-concours.fr/CPGE/BO/Chimie_PCSI.pdf

Remarques

- ◆ En tant que professeure, l'auteure met en place dans ses classes des résolutions de problèmes pour les élèves qu'elle a en charge. En tant que formatrice, elle apporte des pistes aux collègues pour la mise en place des résolutions de problèmes dans leurs classes. En tant que chargée de mission, elle a aussi coordonné un travail réalisé par les formateurs et formatrices en physique-chimie au lycée, ce qui a conduit à une banque d'activités de type «résolution de problèmes» en physique-chimie, dans l'académie de Nantes :
<http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/physique-chimie/publications/dossiers/resolution-de-problemes/>
- ◆ En tant que référente pour l'égalité filles-garçons dans son établissement d'enseignement, l'auteure est très sensible à la féminisation des noms de métiers, fonctions, grades ou titres. Ainsi, quand il est indiqué le professeur, il faut comprendre le ou la professeur(e) ; de même pour un enseignant, il faut entendre un(e) enseignant(e) ; ou encore un(e) lycéen(ne). Et quand il est écrit «un élève», il faut comprendre un ou une élève (langage épïcène).

Annexe 1

Résolution de problème « L'airsoft »

(Énoncé - Éléments de résolution - Compétences - Coups de pouce)

1. ÉNONCÉ

Objectif : réinvestir des notions de cinématique et dynamique newtoniennes

DOCUMENT 1 : Qu'est-ce que l'airsoft ?

Historique et création

L'airsoft est à sa manière une conséquence de mise en place de la nouvelle constitution du Japon en 1946, et plus exactement de l'article 9 de ladite constitution.

Suite à celle-ci, un certain nombre de lois passèrent pour limiter la détention d'armes sur le sol japonais. Ce sont les collectionneurs d'armes qui les premiers eurent l'idée de faire des maquettes d'armes réelles, au début non fonctionnelles, dans les années 70. Un système de piston couplé à un ressort que l'on compresse manuellement permit non seulement à ces collectionneurs d'en admirer le côté esthétique, mais en plus de jouer avec seul ou entre amis en tirant de petites billes de 6 mm de diamètre en plastique.

Par la suite, dans les années 80, le système de compression par engrenage électrique fut inventé. Ce nouveau système et les nouvelles répliques créées grâce à celui-ci donnèrent un nouvel essor à l'activité qui commença alors à s'exporter. C'est dans le milieu des années 80 qu'apparurent les premières répliques airsoft sur le territoire français. D'abord cantonné à un public de connaisseurs, le succès alla grandissant jusqu'à aujourd'hui où plus de quarante mille personnes jouent régulièrement à ce jeu d'enfant réservé aux adultes.

Qu'est-ce qu'une réplique d'airsoft en France ?

C'est un objet ayant l'apparence d'une arme et qui tire un projectile avec une énergie à la sortie du canon inférieure à 2 joules.

Qu'est-ce que le jeu d'airsoft ?

C'est une activité ludique réunissant une ou plusieurs personnes qui utilisent les répliques d'airsoft. Cette activité peut se présenter sous plusieurs aspects très différents incluant selon les pratiquants une part de jeu de rôle, de jeu de simulation de combat ou simplement du tir sur cible.

L'aspect le plus commun est une opposition de deux équipes constituées dont les joueurs essayent de s'éliminer mutuellement en se touchant avec les projectiles tirés par les répliques d'airsoft.

Cette activité n'est actuellement régie par aucune réglementation précise, mais doit cependant impérativement être pratiquée avec les répliques d'airsoft telles que définies par la loi (décrets 95-589 et 99-240) et obligatoirement avec des lunettes de protection oculaire correspondant à la norme EN166B ou équivalent (norme FR, EU ou US)

Source (texte et photo) : Fédération française d'airsoft (FFA)

<http://ffairsoft.org/site/decouvrir-lairsoft/>



DOCUMENT 2 : La législation en France

Les répliques d'armes qu'utilisent les joueurs d'airsoft sont désormais considérées comme des armes factices : « objet ayant l'apparence d'une arme à feu susceptible d'expulser un projectile non métallique avec une énergie à la bouche inférieure à 2 joules » au sens du Décret n° 2013-700 du 30 juillet 2013 portant application de la loi n° 2012-304 du 6 mars 2012 relative à l'établissement d'un contrôle des armes moderne, simplifié et préventif.

Elles sont soumises au décret n° 99-240 du 24 mars 1999 qui interdit : « la mise en vente, la vente, la distribution à titre gratuit ou la mise à disposition à titre onéreux ou gratuit des objets neufs ou d'occasion ayant l'apparence d'une arme à feu, destinés à lancer des projectiles rigides, lorsqu'ils développent à la bouche une énergie supérieure à 0,08 joule et inférieure ou égale à 2 joules » aux mineurs.

Les mesures de puissance s'effectuent généralement par rapport à la vitesse de sortie (ft/s ou FPS : pied par seconde) et au poids du projectile (bille de 0,20 gramme généralement utilisée pour référence).

Source (texte) : Wikipedia

https://fr.wikipedia.org/wiki/Airsoft#En_France

DOCUMENT 3 : Les billes d'airsoft

Les billes d'airsoft ou bbs ont un diamètre de 6 ou 8 mm sur certains modèles produits par la firme Marushin. Le plus souvent les billes sont en plastique mais peuvent être biodégradables et sont alors à base d'amidon de maïs ou d'un mélange de résine et de fragments d'orge, il faut savoir que la fabrication de celles-ci sont sujettes aux normes européennes, un certificat de conformité peut être obtenu sur simple demande à la marque de la bille. La durée de fragmentation des billes est sensiblement identique en apparence. Cependant, les billes en matière plastique polluent fortement les sols pendant plusieurs centaines d'années tandis que les billes biodégradables disparaissent au bout de quelques années.



Il existe différentes calibrages de billes et différents grammages allant de 0,12 à 0,45 g et même plus. La vitesse de sortie baisse proportionnellement à l'augmentation du poids de la bille, mais sa stabilité dans l'air s'en trouve alors accrue. Elle permet ainsi d'avoir une trajectoire plus stable. Le choix du grammage est choisi selon le type de réplique et ses conditions.

Source du texte : Wikipedia

https://fr.wikipedia.org/wiki/Airsoft#En_France

Source de la photo : Fédération française d'airsoft (FFA)

<http://ffairsoft.org/site/decouvrir-lairsoft/>

DOCUMENT 4

On trouve sur le site de la FFA les informations suivantes (extraits) :

Table des puissances [...]

colonne 1 : vitesse en fps (feet per seconde)

colonne 2 : vitesse convertie en mètre/seconde

colonne 3 à 11 : puissance, en joule, selon le poids des billes (bb)

Lignes

Autorisé aux mineurs

Autorisé aux personnes majeures, interdit aux mineurs

Interdit aux majeurs et mineurs (+ de 2 Joules = armes)

Vitesse fps	Vitesse m/s	bb 0,12 g	bb 0,20 g	bb 0,23 g	bb 0,25 g	bb 0,28 g	bb 0,30 g	bb 0,36 g	bb 0,40 g	bb 0,43 g
10	3,05	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J	0,00 J
30	9,14	0,01 J	0,01 J	0,01 J	0,01 J	0,01 J	0,01 J	0,02 J	0,02 J	0,02 J
50	15,23	0,01 J	0,02 J	0,03 J	0,03 J	0,03 J	0,03 J	0,04 J	0,05 J	0,05 J
70	21,32	0,03 J	0,05 J	0,05 J	0,06 J	0,06 J	0,07 J	0,08 J	0,09 J	0,10 J
90	27,42	0,05 J	0,08 J	0,09 J	0,09 J	0,11 J	0,11 J	0,14 J	0,15 J	0,16 J
110	33,51	0,07 J	0,11 J	0,13 J	0,14 J	0,16 J	0,17 J	0,20 J	0,22 J	0,24 J
130	39,60	0,09 J	0,16 J	0,18 J	0,20 J	0,22 J	0,24 J	0,28 J	0,31 J	0,34 J
150	45,69	0,13 J	0,21 J	0,24 J	0,26 J	0,29 J	0,31 J	0,38 J	0,42 J	0,45 J
170	51,78	0,16 J	0,27 J	0,31 J	0,34 J	0,38 J	0,40 J	0,48 J	0,54 J	0,58 J
190	57,88	0,20 J	0,33 J	0,39 J	0,42 J	0,47 J	0,50 J	0,60 J	0,67 J	0,72 J
210	63,97	0,25 J	0,41 J	0,47 J	0,51 J	0,57 J	0,61 J	0,74 J	0,82 J	0,88 J
230	70,06	0,29 J	0,49 J	0,56 J	0,61 J	0,69 J	0,74 J	0,88 J	0,98 J	1,06 J
250	76,15	0,35 J	0,58 J	0,67 J	0,72 J	0,81 J	0,87 J	1,04 J	1,16 J	1,25 J
270	82,25	0,41 J	0,68 J	0,78 J	0,85 J	0,95 J	1,01 J	1,22 J	1,35 J	1,45 J
290	88,34	0,47 J	0,78 J	0,90 J	0,98 J	1,09 J	1,17 J	1,40 J	1,56 J	1,68 J
310	94,43	0,54 J	0,89 J	1,03 J	1,11 J	1,25 J	1,34 J	1,61 J	1,78 J	1,92 J
330	100,52	0,61 J	1,01 J	1,16 J	1,26 J	1,41 J	1,52 J	1,82 J	2,02 J	2,17 J
350	106,62	0,68 J	1,14 J	1,31 J	1,42 J	1,59 J	1,71 J	2,05 J	2,27 J	2,44 J
370	112,71	0,76 J	1,27 J	1,46 J	1,59 J	1,78 J	1,91 J	2,29 J	2,54 J	2,73 J
390	118,80	0,85 J	1,41 J	1,62 J	1,76 J	1,98 J	2,12 J	2,54 J	2,82 J	3,03 J
410	124,89	0,94 J	1,56 J	1,79 J	1,95 J	2,18 J	2,34 J	2,81 J	3,12 J	3,35 J
430	130,98	1,03 J	1,72 J	1,97 J	2,14 J	2,40 J	2,57 J	3,09 J	3,43 J	3,69 J
450	137,08	1,13 J	1,88 J	2,16 J	2,35 J	2,63 J	2,82 J	3,38 J	3,76 J	4,04 J
470	143,17	1,23 J	2,05 J	2,36 J	2,56 J	2,87 J	3,07 J	3,69 J	4,10 J	4,41 J
490	149,26	1,34 J	2,23 J	2,56 J	2,78 J	3,12 J	3,34 J	4,01 J	4,46 J	4,79 J
510	155,35	1,45 J	2,41 J	2,78 J	3,02 J	3,38 J	3,62 J	4,34 J	4,83 J	5,19 J
530	161,45	1,56 J	2,61 J	3,00 J	3,26 J	3,65 J	3,91 J	4,69 J	5,21 J	5,60 J
550	167,54	1,68 J	2,81 J	3,23 J	3,51 J	3,93 J	4,21 J	5,05 J	5,61 J	6,03 J
570	173,63	1,81 J	3,01 J	3,47 J	3,77 J	4,22 J	4,52 J	5,43 J	6,03 J	6,48 J
600	182,77	2,00 J	3,34 J	3,84 J	4,18 J	4,68 J	5,01 J	6,01 J	6,68 J	7,18 J

Question préalable

Relever deux erreurs (au niveau des termes utilisés) de nature scientifique commises par le site de la Fédération française d'airsoft (FFA).

Résolution de problème

Un joueur, debout, éjecte horizontalement une bille avec son arme, à la vitesse maximum autorisée. Combien de temps un joueur situé à terre dispose-t-il pour se relever, avant d'être touché par la bille ?

Vous explicitez la démarche, en développant les étapes du raisonnement, de manière littérale. Puis, vous effectuerez un ou des calculs et porterez un jugement critique sur le résultat obtenu.

Certaines informations données ne sont pas directement utiles à la résolution et d'autres, qui relèvent de la culture générale, ne sont pas rappelées ; vous devrez donc faire preuve d'initiative.

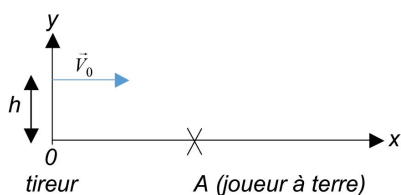
2. ÉLÉMENTS DE RÉOLUTION

Question préalable : deux erreurs de nature scientifique

- ◆ Il s'agit d'un tableau d'énergies (cinétiques) en Joule, et non d'une table de puissance.
- ◆ Ce sont les masses des billes qui sont données, et non leur poids.

Résolution du problème

Démarche possible



On suppose que le joueur à terre est à la portée du tireur.

- ◆ On peut déterminer la vitesse initiale de la bille :

$$E_c = 1/2 m v^2 \text{ avec } m = 0,20 \times 10^{-3} \text{ kg ; } E_{c_{\max}} = 2 \text{ J (règlementation).}$$

En considérant une bille de 0,20 g, on en déduit la vitesse V_0 de la bille qui sort du canon. On peut utiliser aussi les données du tableau du document 4 pour obtenir la vitesse.

- ◆ On établit les équations horaires du mouvement de la bille lancée avec vitesse horizontale, en négligeant les frottements : $x = f(t)$ et $y = f(t)$.

Hypothèses : tireur de taille égale à 1,80 m. À $t = 0$, en $x = 0$, il tire avec son bras horizontal situé à environ $h = 1,50$ m du sol.

Pour le repère, on prend $y = 0$ au niveau du sol.

- ◆ L'autre joueur étant au sol, on a $y_A = 0$.

On cherche donc t_A quand $y_A = 0$ (on peut trouver x aussi). La valeur de g doit être connue.

Résolution possible

- ◆ On détermine la vitesse initiale de la bille :

$E_c = 1/2 m v^2$ avec $m = 0,20 \times 10^{-3}$ kg ; $E_{c\max} = 2$ J (réglementation).

On en déduit la vitesse de la bille qui sort du canon V_0 :

$$V_0 = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} \text{ d'où } V_0 = \sqrt{\frac{2 \times 2}{0,20 \times 10^{-3}}} = 1 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On peut utiliser aussi le tableau du document 4.

- ◆ On établit les équations horaires du mouvement de la bille lancée avec vitesse horizontale, en négligeant les frottements : $x = f(t)$ et $y = f(t)$.

– *Système* : la bille de masse m .

– *Référentiel* : terrestre supposé galiléen.

– *Bilan des forces* : poids $\mathbf{P} = m \mathbf{g}$ (on néglige les forces de frottement de l'air).

– *Application de la deuxième loi de Newton* : $\Sigma \mathbf{F}_{\text{ext}} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$ où \mathbf{p} est le vecteur quantité de mouvement.

$$\Sigma \mathbf{F}_{\text{ext}} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} \text{ or } m = \text{cte} \text{ donc } \Sigma \mathbf{F}_{\text{ext}} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt},$$

relation équivalente à $\Sigma \mathbf{F}_{\text{ext}} = m \mathbf{a}_G$.

Or $\Sigma \mathbf{F}_{\text{ext}} = \mathbf{P}$ et donc $m \mathbf{a}_G = \mathbf{P}$ soit encore : $m \mathbf{a}_G = m \mathbf{g}$ et par suite $\mathbf{a}_G = \mathbf{g}$.

Projection dans le repère (O, x, y) :

$$\mathbf{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

En prenant la primitive, et en tenant compte de la condition initiale sur la vitesse

$\mathbf{v}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases}$ on obtient :

$$\mathbf{v} \begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = -g t \end{cases}$$

En prenant la primitive, et en tenant compte de la condition initiale sur la position (on considère que le bras du tireur à $t = 0$ est à $h = 1,50$ m du sol donc $x_0 = 0$ et $y_0 = h$) :

$$\mathbf{OG} \begin{cases} x = V_0 t \\ y = -1/2 g t^2 + h \end{cases}$$

- ♦ L'autre joueur étant au sol, on a $y_A = 0$. On cherche donc t_A quand $y_A = 0$.

$$0 = -1/2 g t_A^2 + h \quad \text{soit} \quad t_A = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{et donc} \quad t_A = \sqrt{\frac{2 \times 1,5}{9,8}} = 0,55 \text{ s.}$$

- ♦ Avec les hypothèses faites (on a supposé que le joueur à terre était à la portée du tireur, on a fait une hypothèse sur la taille du joueur et on a négligé les frottements), le joueur à terre n'aura même pas une seconde pour se relever. Il ne pourra donc pas échapper à la bille.

On pourrait refaire les calculs avec un joueur plus petit ou plus grand, puisque l'hypothèse faite sur la position initiale h de la bille dépend de la position du bras du tireur et donc de sa taille. On remarque que la masse et la vitesse initiale de la bille n'interviennent pas dans le calcul de t_A .


3. COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES

Capacités / Indicateurs de réussite correspondant au niveau A	Niveau (A/B/C/D)
S'APPROPRIER	
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Porter un regard critique sur les informations disponibles (question préalable) : énergie au lieu de puissance ; masse au lieu de poids. ♦ Rechercher, extraire et organiser les informations des documents joints : énergie cinétique maximum, masse de la bille. ♦ Identifier les grandeurs physiques pertinentes (leur attribuer éventuellement un symbole : E_i ; m, g, V_0). ♦ Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées : hauteur de tir ; connaître la valeur de g. 	
ANALYSER (Établir une stratégie de résolution)	
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Décomposer le problème en des problèmes plus simples : identifier les étapes, en mettant en évidence le point de départ, le point d'arrivée et les étapes intermédiaires : déterminer la vitesse initiale de la bille ; établir les équations horaires du mouvement de la bille dans le champ de pesanteur ; établir à quelle date la bille arrive à terre. ♦ Énoncer les relations ou lois utilisées : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$; deuxième loi de Newton. 	
RÉALISER (Mettre en œuvre la stratégie)	
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée : détermination de la date à laquelle la bille arrive à terre. ♦ Effectuer des calculs (simples) : vitesse initiale de la bille ; date pour $y = 0$. 	

Capacités / Indicateurs de réussite correspondant au niveau A	Niveau (A/B/C/D)
VALIDER (Avoir un regard critique sur les résultats obtenus)	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ S'assurer que l'on a répondu à la question posée. ◆ S'interroger sur la pertinence du résultat trouvé ; porter un regard critique sur le résultat : avec les hypothèses faites, le joueur aura le temps de se relever... On pourrait refaire les calculs avec un joueur plus petit, ou avec une masse de bille différente. 	
COMMUNIQUER	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Utiliser les notions et le vocabulaire scientifique adaptés. ◆ Présenter la stratégie de résolution (présenter le raisonnement et les résultats en tenant compte des unités) et une conclusion de manière cohérente complète et compréhensible. 	
FAIRE PREUVE D'INITIATIVE	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Prendre des initiatives : (choisir la masse de la bille) / choisir la hauteur de tir / connaître la valeur de g. 	Déjà évalué dans « S'approprier »

4. QUESTIONS OUVERTES / COUPS DE POUCE

Questions ouvertes possibles	
Appropriation (APP)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Que peut-on faire pour mieux « visualiser » la situation ? (schéma) ◆ Quelles sont les unités des différentes grandeurs évoquées ? (puissance en W, énergie en J...) ◆ Quelle information importante peut-on extraire du document 1 ? (énergie max : 2 J)
Analyse du problème (ANA)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Quelle grandeur doit-on déterminer pour résoudre le problème ? (temps $t...$ pour $y = 0$) ◆ Quel type d'équation doit-on trouver ? ($y = f(t)$ soit une des équations horaires) ◆ Quel type d'énergie mécanique connaissez-vous ? (énergie cinétique...). ◆ Quelle grandeur cette énergie peut-elle permettre d'obtenir ? (une vitesse... la vitesse de la bille)
Réalisation, mise en œuvre (REA)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Quel système va-t-on considérer ? ◆ Quelles sont les forces auxquelles la bille est soumise ? Lesquelles peuvent être considérées comme négligeables ? ◆ Quelle loi applique-t-on en général pour obtenir les équations horaires d'un mouvement ? ◆ Quelles sont les conditions initiales sur la vitesse et la position de la bille ?
Validation (VAL)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ À quoi devez-vous comparer la valeur obtenue ? (ou plus précisément : Combien de temps est-il nécessaire pour qu'une personne à terre se relève ?)

Coups de pouce possibles				
Coup de pouce - APP S'approprier la situation, les conditions de l'étude				
				
Coup de pouce - ANA Analyser le problème				
<div><div>Cette vitesse peut être obtenue à partir du document 4, ou peut être calculée à partir de l'énergie cinétique maximum de la bille</div><p>Un joueur, debout, éjecte horizontalement une bille, à la vitesse maximum autorisée.</p><p>Combien de temps un joueur situé à terre dispose-t-il pour se relever, avant d'être touché par la bille ?</p></div>				
Coup de pouce - ANA Analyser le problème				
<div><div>Quand le joueur est au sol, $y = 0$. On doit donc chercher la date t, telle que $y = 0$.</div><p>Un joueur, debout, éjecte horizontalement une bille, à la vitesse maximum autorisée.</p><p>Combien de temps un joueur situé à terre dispose-t-il pour se relever, avant d'être touché par la bille ?</p></div>				
Coup de pouce - ANA Analyser le problème				
Pour résoudre le problème, on a besoin d'obtenir une équation entre y et t , donc d'établir les équations horaires du mouvement de la bille.				
Coup de pouce - REA				
Pour obtenir les équations horaires du mouvement de la bille, on applique la deuxième loi de Newton.				
Coup de pouce - REA				
Les vecteurs position, vitesse et accélération sont liés :				
<div>vecteur position $\mathbf{OG}(t)$</div>	<div><div>$\xrightarrow{\text{dérivée}}$</div><div>$\xleftarrow{\text{primitive}}$</div></div>	<div>vecteur vitesse $\mathbf{v}(t) = \frac{d \mathbf{OG}}{dt}(t)$</div>	<div><div>$\xrightarrow{\text{dérivée}}$</div><div>$\xleftarrow{\text{primitive}}$</div></div>	<div>vecteur accélération $\mathbf{a}(t) = \frac{d \mathbf{v}}{dt}(t)$</div>

Coups de pouce possibles
Coup de pouce - REA Condition initiale sur la position de la bille
Pour le repère, on prend $y = 0$ au niveau du sol. Hypothèses : tireur de taille égale à 1,80 m. À $t = 0$, en $x = 0$, il tire avec son bras horizontal situé à environ $h = 1,50$ m du sol.
Coup de pouce - VAL Ordre de grandeur du résultat obtenu
Les calculs montrent que la bille touche le sol environ 0,5 seconde après avoir été lancée.

Annexe 2

Questionnaire proposé à des élèves de seconde, de première S, et de terminale S (année 2015-2016) et bilan des questionnaires

1. CE QUE VOUS PENSEZ DES RÉOLUTIONS DE PROBLÈME

Au lycée, vous travaillez des résolutions de problème en physique-chimie (« gonflage d'un ballon de foot », « histoire d'extra-terrestre... »), en vous appuyant sur des documents ou des expériences. Merci de donner votre avis sur ce type d'activités, en répondant aux questions suivantes :

1. Quand vous pensez aux résolutions de problème que vous avez travaillées, quels adjectifs ou mots cela vous évoque-t-il ?

.....

.....

.....

.....

2. Préférez-vous les résolutions de problème s'appuyant sur des documents, ou sur des expériences ? Pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

3. Que vous apporte le travail de groupe dans une activité de type « résolution de problème » ?

.....

.....

.....

.....

4. Que pensez-vous des coups de pouce qui peuvent vous être apportés lors d'une résolution de problème ?

.....

.....

.....

.....

5. Quelles compétences pensez-vous développer dans une activité de type «résolution de problème» ?

.....

.....

.....

.....

6. Expression libre sur les résolutions de problème

2. BILAN DES QUESTIONNAIRES

Le questionnaire a été proposé à trente élèves de seconde, à trente-deux élèves de première S, à vingt élèves de terminale S, soit au total à quatre-vingt-deux élèves du Lycée Emmanuel Mounier, à Angers.

1. Quand vous pensez aux résolutions de problème que vous avez travaillées, quels adjectifs ou mots cela vous évoque-t-il ?

Réponses	Élèves de...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectifs	Pourcentage (par rapport à l'effectif total)
Connaissances à mobiliser ♦ Savoir ♦ Formule ♦ Documents - Étude de doc ♦ Lecture de textes ♦ Expériences ♦ Travaux pratiques ♦ Calculs ♦ Exploitation de données ♦ Faire des liens	12	8	5	25	30,5 %
Problème ♦ Question ♦ Recherche ♦ Tentative - Échec ♦ Pourquoi ? Comment ? ♦ Arguments ♦ Réflexion - Réfléchir par soi-même ♦ Travail d'analyse ♦ Démarche ♦ Raisonnement ♦ Logique ♦ Technique ♦ Réponse organisée ♦ Méthodologie ♦ Complet ♦ Regard critique	8	13	19	40	49 %
Travail de groupe ♦ Entraide ♦ Collectif	4	1	2	7	8,5 %
Intéressant ♦ Avantageux ♦ Gratifiant ♦ Instructif ♦ Bien ♦ Motivant	11	11	2	24	29 %
Challenge ♦ Défi		7		7	8,5 %
Autonomie ♦ Prise d'initiatives			5	5	6 %
Rapidité - Brièveté		3	1	4	5 %
Ennuyant ♦ Long ♦ Interminable	4	5		9	11 %

Réponses	Élèves de...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectifs	Pourcentage (par rapport à l'effectif total)
Difficile - Difficulté ♦ Complicé ♦ Complexe ♦ Piégeux ♦ Démotivant ♦ Stressant ♦ « Prise de tête » ♦ Pénalisant	1	23	5	29	35 %
Bac		2		2	2,5 %

2. Préférez-vous les résolutions de problème s'appuyant sur des documents, ou sur des expériences ?

Pourquoi ?

Résolutions de problème s'appuyant sur...	Réponses des élèves de...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectif	Pourcentage
des expériences	24 élèves soit 80 %	14 élèves soit 44 %	10 élèves soit 50 %	48	58,5 %
des documents	5 élèves soit 17 %	13 élèves soit 41 %	7 élèves soit 35 %	25	30,5 %
des documents et des expériences	1 élève soit 3 %	5 élèves soit 15 %	3 élèves soit 15 %	9	11 %

Remarque : Les pourcentages figurant dans les colonnes situées au milieu du tableau sont donnés par rapport au nombre d'élèves dans chaque niveau (seconde, première S ou terminale S).

Arguments

Résolutions de problème s'appuyant sur...	Arguments donnés par les élèves
des expériences	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Caractère concret des expériences. ♦ Facilité de compréhension. ♦ Plus d'activité, d'implication (le fait de faire les expériences par eux-mêmes, plutôt que d'exploiter des résultats qui seraient déjà dans les documents). ♦ Caractère ludique / Plaisir de manipuler.
des documents	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Plus simple de chercher dans les documents / Réponse plus facile à trouver. ♦ Validité des informations. ♦ Abondance des informations.
des documents et des expériences	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Complémentarité des informations.

3. Que vous apporte le travail de groupe dans une activité de type «résolution de problème» ?

Réponses des élèves (parfois multiples).	Élèves de ...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectifs	Pourcentage (par rapport à l'effectif total)
Entraide ♦ Mieux connaître les personnes de la classe ♦ Se faire de nouvelles connaissances en début d'année ♦ Apprendre à se connaître ♦ Meilleure compréhension des autres ♦ S'ouvrir aux autres «Esprit de groupe»	10	9	7	26	32 %
Interagir ensemble ♦ Communiquer ♦ Échanger ♦ Débattre	6	3	1	10	12 %
Partage des hypothèses, des connaissances, des idées ♦ Réfléchir à plusieurs ♦ Avoir plusieurs avis ♦ Points de vue différents ♦ Pluralité d'idées ♦ Mise en commun des compétences de chacun	16	16	14	46	56 %
Meilleure compréhension du sujet, du problème ♦ Plus de facilité	3	2	2	7	8,5 %
Plus grande efficacité ♦ Résolution plus complète ♦ Résolution plus rapide	4	1	5	10	12 %
Caractère rassurant	1		1	2	2,5 %
Plaisir de travailler en groupe	3	1	1	5	6 %

4. Que pensez-vous des coups de pouce qui peuvent vous être apportés lors d'une résolution de problème ?

Réponses au sujet des coups de pouce apportés.	Élèves de...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectifs	Pourcentage (par rapport à l'effectif total)
Utiles ♦ Très utiles ♦ Bien ♦ Parfaits pour nous aider ♦ Pratique	20	13	6	39	48 %
Aide pour débiter, ou pour avancer ♦ Aide en cas de difficulté ♦ Aide pour avancer le raisonnement en cas de blocage ♦ Aide à réfléchir plus rapidement ♦ Aide à la compréhension.	15	13	14	42	51 %
Orienter le raisonnement ♦ Mettre sur la piste ♦ Éviter un hors sujet	2	6	4	12	14,5 %
Rassurer.	1	1		2	2,5 %
Peur que les coups de pouce soient pénalisants		2	1	3	3,5 %
Trop flous parfois ♦ Pas très explicite et trop peu en nombre	1	4		5	6 %
Pas de coups de pouce au bac		3		3	3,5 %

5. Quelles compétences pensez-vous développer dans une activité de type « résolution de problème » ?

Réponses au sujet des compétences développées.	Élèves de ...			Total	
	Seconde	Première S	Terminale S	Effectifs	Pourcentage (par rapport à l'effectif total)
Autonomie : prise d'initiative	3	2	6	11	13,5 %
Recherche ♦ Sélection d'idées	2	4	5	11	13,5 %
Restitution et utilisation des connaissances		2	3	5	6 %
Esprit d'analyse, d'interprétation ♦ Raisonnement et argumentation ♦ Réflexion ♦ Raisonnement scientifique ♦ Rigueur du raisonnement ♦ Logique ♦ Déduction ♦ Faire des liens ♦ Mettre en relation les documents ♦ Développement de l'organisation des idées	15	19	12	46	56 %
Rédaction ♦ Expression écrite		2	2	4	5 %
Travail de groupe ♦ Écoute des autres	2	4	3	9	11 %
Porter un regard critique	1	1	2	4	5 %
Curiosité, intérêt	3			3	3,5 %
Culture générale	1	1	1	3	3,5 %
Compétences liées aux manipulations ♦ Utilisation de matériel ou de certains logiciels		4		4	5 %
Absence de réponse ♦ « Je ne sais pas ».	5	4		9	11 %

**Anne BOISTEUX***Formatrice et chargée de mission dans l'académie de Nantes**Professeure**Lycée Emmanuel Mounier**Angers (Maine-et-Loire)*