

Travailler l'oral en mathématiques




**ACADÉMIE
DE LILLE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**ACADÉMIE
D'AMIENS**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Ce document propose différents exemples de pratiques dans la classe et en dehors de la classe permettant de développer, en mathématiques, des compétences d'expression orale. L'objectif de ce document est aussi de montrer en quoi l'oral est à la fois un outil au service des apprentissages mais également un objet d'apprentissage en lui-même.

Ce document pourra alimenter les réflexions en équipe disciplinaire ou lors des conseils pédagogiques autour de la mise en place d'un « parcours de formation à la prise de parole en mathématiques » du collège au lycée en vue de l'épreuve de terminale dite « Grand Oral ».



La mise en place du grand oral² du baccalauréat dans les voies générales et technologiques comme la présentation du chef-d'œuvre dans la voie professionnelle donnent une opportunité historique. L'objectif est que tout élève issu du système scolaire français sache non seulement parler en public mais s'y exerce avec plaisir. Que chacun(e) trouve, dans la pratique de l'oral en classe et dans les dynamiques de groupe qu'elle suscite, un chemin personnel de progression et, dans l'élaboration, l'interprétation et l'incarnation de sa parole en public, un moyen d'être soi.

Remarque Ce document comporte de nombreux liens hypertextes qui renvoient vers les ressources citées.

Sommaire

Les titres des parties permettent de naviguer dans le document.

Introduction	3
L'oral en mathématiques : outil d'apprentissage et d'enseignement	4
Exemples de situations permettant de développer les compétences orales en mathématiques	6
- Rituels	8
- Activités coopératives	9
- Exposés	12
- (Re)formulation	13
- Projets	14
L'évaluation des compétences orales des élèves	15
L'épreuve terminale dite « Grand Oral »	16
Bibliographie et sitographie	22

Les IA-IPR de mathématiques de la région académique des Hauts-de-France remercient Anne Keller et François Perruchaud, professeurs dans l'académie de Lille, pour leur relecture attentive et leurs conseils éclairés dans le cadre de l'élaboration de ce document.



Des ressources téléchargeables sur les sites disciplinaires de mathématiques des académies de Lille et d'Amiens seront progressivement mises en ligne pour illustrer certaines parties de ce document (activités de classe ...).

Lien vers le site disciplinaire de
mathématiques de l'académie
d'Amiens



Lien vers le site disciplinaire de
mathématiques de l'académie
de Lille



Introduction

Dans la continuité de l'épreuve orale de soutenance d'un projet au Diplôme National du Brevet, la réforme du lycée de 2019 réinterroge la place de l'oral dans le cadre du continuum Bac -3 / Bac +3 avec l'apparition d'une épreuve orale terminale dite « Grand Oral » parmi les épreuves du nouveau baccalauréat. C'est une épreuve nouvelle qui vise à évaluer les compétences orales que les élèves auront développées au cours de leur parcours scolaire. Élement de formation du citoyen indispensable pour tous les apprentissages et dans l'enseignement de toutes les disciplines, le développement des compétences orales est également une composante nécessaire de la formation de l'élève comme personne : expression et épanouissement de la confiance en soi, construction de la relation à l'autre ... C'est aussi une condition essentielle de réussite dans les formations de l'enseignement supérieur et dans la vie professionnelle.

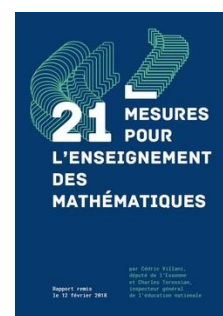
Puissant marqueur social, l'oral peut s'avérer discriminant. Permettre aux élèves de maîtriser les compétences orales constitue donc un des rôles majeurs de l'École. Une parole juste, soucieuse de l'autre, expression d'une culture étayée et bien appropriée, nécessite un apprentissage et une formation. Cette responsabilité de l'École suppose donc de multiplier les situations de prise de parole, dans l'ordinaire de la classe, dans les différentes disciplines, pour permettre aux élèves de s'entraîner dans des espaces sécurisants, fonctionnant sous le sceau de l'écoute, de l'entraide et de la bienveillance entre pairs et permettant l'expression de la créativité. De nombreuses situations propices au travail de l'oral sont déjà mises en œuvre dans les classes ; il ne s'agit pas de tout réinventer mais plutôt de réinvestir ces situations, voire de les repenser, sur le cycle terminal et plus généralement tout au long de la scolarité, pour les rendre plus explicites et progressives. Il s'agit également de les articuler de manière cohérente au sein du cours de mathématiques mais aussi, plus globalement, entre les disciplines.

Comme toutes les disciplines, les mathématiques contribuent au développement de ces compétences orales. Certaines figurent explicitement dans les référentiels de compétences du collège (cycle 3, cycle 4) et du lycée. Les préambules des programmes de mathématiques, du collège comme du lycée général et technologique, rappellent à ce titre les nombreuses situations qui se prêtent à la pratique de l'oral en mathématiques : reformulation par un élève d'un énoncé, explication d'une démarche, d'un raisonnement, participation à des débats mathématiques, échanges interactifs lors de la construction d'un cours, mises en commun après un temps de recherche, présentation d'une correction d'un exercice au tableau ou sous la forme d'une capsule vidéo, travaux de groupes, exposés individuels ou collectifs, devoirs hors du temps de classe sous forme d'enregistrement audio ...

5

Les étapes d'apprentissage

- Dès le plus jeune âge mettre en œuvre un apprentissage des mathématiques fondé sur
- la manipulation et l'expérimentation ;
 - la verbalisation ;
 - l'abstraction.



Le rapport Villani-Torossian de 2017 souligne en particulier que *la verbalisation et la reformulation sont nécessaires en mathématiques pour dépasser ce qui peut constituer un obstacle important à la réussite de certains élèves* et ce, dès la maternelle, où *le professeur encourage l'élève à raisonner à voix haute et à échanger avec les autres en mettant un haut parleur sur sa pensée*. Il rappelle que *le passage de la manipulation, de la découverte, vers l'abstraction doit vraiment prendre appui sur une phase*

intermédiaire, souvent oubliée ou trop implicite : la phase de verbalisation, de « mise en mots » par les élèves. Ce travail de mise en mots, notamment à l'oral, est nécessaire si l'on veut que les savoirs construits puissent être décontextualisés, séparés des conditions de leur apprentissage et ensuite utilisés dans d'autres contextes (processus d'institutionnalisation). Cette phase, essentielle dans les apprentissages, contribue également à la maîtrise du vocabulaire expert.

Ce document-ressource sur l'oral en mathématiques n'aborde pas les techniques fondamentales de l'oral (gestion de la voix, de la respiration, de la posture, du stress ...) ni le rôle particulier du jury lors de l'épreuve. Il traite spécifiquement du travail autour de l'oral en mathématiques, mais il va de soi que la formation à la maîtrise de l'oral est à penser dans un cadre plus large de formation à la compétence *Communiquer*, et notamment en articulation avec celle de l'écrit. En effet, l'une et l'autre s'enrichissent mutuellement du fait même de leurs complémentarités et de leurs différences, d'autant plus si elles sont soulignées.

Ce document s'adresse à l'ensemble des enseignantes et enseignants de mathématiques du collège et du lycée, entrant dans le métier ou plus expérimentés, afin d'alimenter leurs réflexions pour faire du Grand Oral en particulier, et de l'oral en général, un levier d'égalité des chances.

L'oral en mathématiques : outil d'apprentissage et d'enseignement

L'oral constitue un puissant levier d'apprentissage et d'enseignement. Au sein de la classe, la qualité des interactions entre pairs mais aussi entre le professeur et chaque élève contribue par ailleurs fortement à l'instauration d'une dynamique et d'un climat serein au sein de la classe.

Gérer le temps de parole

Il importe que la répartition du temps de parole entre le professeur et les élèves demeure équilibrée. Les occasions d'échanges professeur – élèves doivent par ailleurs permettre aux élèves d'avoir le temps d'élaborer une réponse réfléchie et construite. Des périodes de réflexion suffisantes sont donc nécessaires pour **donner la possibilité aux élèves d'élaborer leurs réponses**. Cela présente l'avantage de montrer aux élèves que la réflexion demande du temps, que c'est à eux de réfléchir. Par ailleurs, cela augmente le nombre d'élèves susceptibles de prendre la parole, en particulier pour les élèves les moins confiants, et entraîne des réponses plus abouties et créatives.



Solliciter les élèves à l'oral : questions ouvertes, questions fermées



Une vigilance particulière doit être portée à la nature des prises de parole des élèves. Il s'agit, pour le professeur, de créer des situations où la participation de l'élève ne se limite pas à répondre à des questions fermées appelant des réponses courtes, dans des échanges exclusifs professeur – élèves. Les questions fermées, rhétoriques ou « à trous » ont en effet tendance à freiner la communication et fournissent finalement peu d'information sur le niveau de compréhension des élèves.

En privilégiant des questions ouvertes, le professeur favorise l'émergence de diverses stratégies et réponses, stimule le questionnement et suscite la réflexion : *pourquoi peut-on affirmer que ... ?*, *qu'est-ce que cela nous permet de conclure ?*, *comment peut-on expliquer que ... ?* Ces questions font appel à des habiletés intellectuelles de niveau supérieur, soutiennent plus efficacement les apprentissages et permettent aussi d'évaluer la bonne compréhension des élèves. Ainsi la question « *Pourquoi 5 est-il un nombre premier ?* » présente **l'avantage de développer la réflexion et la construction d'une argumentation à l'oral** contrairement à la question « *5 est-il un nombre premier ?* ».

Ces questions ouvertes augmentent également la confiance en soi des élèves. La diversité des réponses, due à différents niveaux de compréhension ou de préparation, permet alors aux élèves de prendre conscience que ces questions ouvertes autorisent une variété de réponses.

Enfin, signalons que ces questions ouvertes ne doivent pas être à la destination exclusive des élèves les plus à l'aise. Les questions fermées, quant à elles, bien que rassurantes pour les élèves les plus fragiles, ne leur permettent cependant pas de dépasser leurs difficultés.

Tirer profit des erreurs

Parties intégrantes de la différenciation pédagogique, le repérage, l'identification et le traitement des blocages et des erreurs constituent à la fois pour l'élève un levier pour progresser dans ses apprentissages et pour le professeur un appui pour réguler son enseignement. L'atteinte de ce double objectif est cependant conditionnée par la perception du statut que l'un et l'autre (élève et professeur) accordent à l'erreur.



Ainsi, la prise de parole des élèves n'ayant pas pour objectif de conduire à tout prix à la « bonne » réponse pour *in fine* ne conserver qu'elle, le professeur gagne à tirer profit des mauvaises réponses et accroître la compréhension d'un élève. Sans donner la « bonne » réponse ou porter de jugement, le professeur pourra amener l'élève à donner une meilleure réponse à l'aide de questions lui permettant de préciser à l'oral sa pensée : *pourquoi affirmes-tu cela ? qu'est ce qui te permet d'affirmer que ? Peux-tu en être sûr ? Existe-t-il une autre façon de faire ?*

S'appuyer sur les propositions orales du reste de la classe en réponse à l'affirmation de l'élève permet également d'entretenir une écoute active et réflexive de tous. Il ne s'agit pas de « valoriser » les erreurs mais de les exploiter : une démarche erronée peut être riche de développements possibles et de questionnements pertinents. Autoriser l'expression de différents raisonnements permet également que s'expriment des conceptions erronées qui auraient pu, par la suite, constituer des obstacles.

Rendre visible le travail autour des compétences langagières

Les difficultés auxquelles sont confrontés les élèves ne proviennent pas seulement d'une pauvreté du vocabulaire, d'une syntaxe déficiente ... mais également de pratiques langagières qui peuvent être très éloignées de celles de l'École, comme énoncer une définition, justifier, négocier le sens d'un terme, questionner, émettre une conjecture, généraliser ... L'objectif est donc de proposer aux élèves des situations variées qui mettent en œuvre ces pratiques langagières diverses en leur permettant de progresser, de tâtonner, de revenir sur leur parole ...



On veillera à rendre visible ce travail langagier. Les situations de classe sont souvent opportunes pour solliciter des tâches ponctuelles de la part des élèves les amenant à réaliser des opérations langagières (expliciter une expression, définir un terme, reformuler un propos, une consigne, synthétiser plusieurs avis, illustrer une définition ...). Il s'agit de familiariser les élèves avec ces tâches en les proposant fréquemment. Il importe également d'identifier ces temps de travail autour de l'oral auprès des élèves, d'explicitier les compétences travaillées et de partager les critères de réussite associés, afin de permettre une prise de conscience, chez les apprenants, de ce travail et des progrès réalisés.

Se positionner au regard de ses pratiques pédagogiques

Dans le cadre de l'observatoire des pratiques en éducation prioritaire, l'académie de Créteil propose une grille thématisée décrivant la diversité des pratiques de l'oral en les jalonnant suivant trois niveaux, et permettant aux professeurs de s'auto-positionner.



Exemples de situations permettant de développer des compétences orales en mathématiques

La maîtrise de l'expression orale constitue un objectif de formation de l'élève en tant que tel. En effet, si la participation orale des élèves permet de favoriser une ambiance de classe vivante, cet objectif ne peut suffire. Le développement de compétences orales nécessite **des temps forts de travail clairement identifiés dont les objectifs sont explicités aux élèves**. Par ailleurs, plus que la durée des interventions, c'est la nature des prises de parole qui doit être examinée.

La maîtrise de l'oral gagnant à s'intégrer dans une perspective de communication, en réponse à un besoin de s'exprimer, on veillera tout d'abord à privilégier des situations de communication offrant de vrais enjeux pour les interlocuteurs : expliquer, décrire, argumenter, convaincre, décider ...

Ainsi, on diversifiera ces situations de communication : échanges pour s'assurer de la compréhension d'un énoncé, organisation d'un débat entre élèves, présentation d'une solution (avec dispositif de visualisation par exemple), compte rendu de l'avancée d'un travail de groupe, exposé d'un travail de recherche, aide à d'autres élèves dans le cadre du tutorat ...

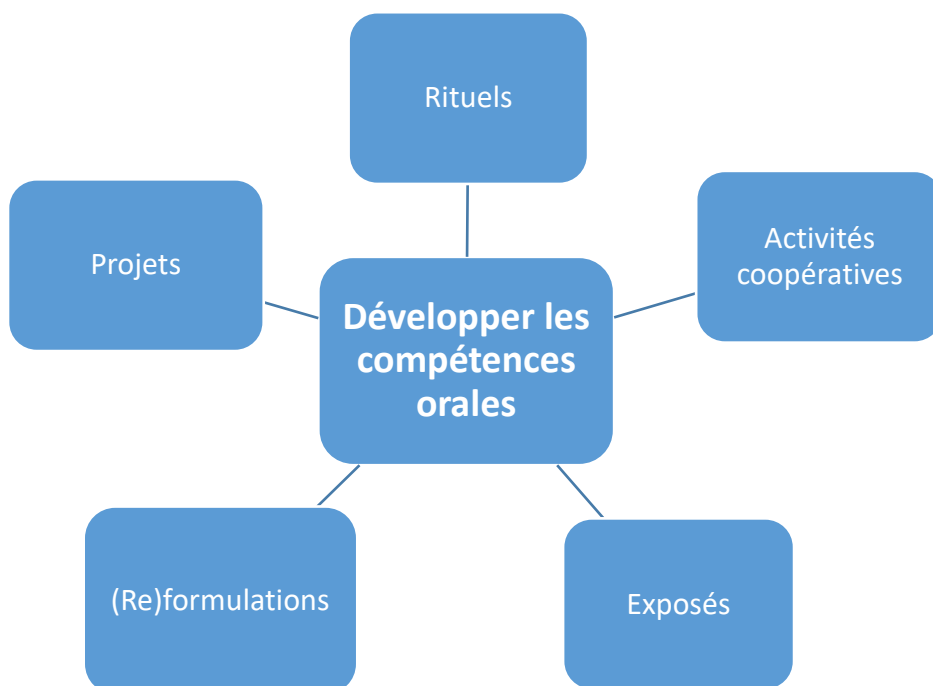
Pour atteindre ces objectifs, on prendra soin de réunir de bonnes conditions d'écoute, de former les élèves à la pratique **de l'écoute active**, de privilégier les questions appelant une réponse structurée et de solliciter tous les élèves.

L'écoute active est une technique de communication développée à partir des travaux du psychologue Carl Rogers. L'approche est basée sur l'empathie et le regard positif. Celui qui écoute est ainsi amené : à s'intéresser sincèrement à ce que dit l'autre, à donner de nombreux signes d'intérêt, à demander des clarifications ... Elle implique une attitude de bienveillance et de confiance.

Rappelons aussi l'importance de travailler l'oral en assurant une certaine progressivité :

- **au niveau de la tâche** : oral d'explicitation de la correction d'un exercice, exposé oral avec support puis sans support, oral avec interaction ;
- **au niveau des consignes** : temps de parole par exemple ;
- **au niveau de l'organisation** : enregistrement, devant un petit groupe d'élèves, devant la classe entière ;
- **au niveau de la posture de l'élève** : élève assis à sa place, debout à sa place, debout au tableau.

La suite du document présente quelques exemples de situations de classe permettant de développer les compétences orales dans le cours de mathématiques.



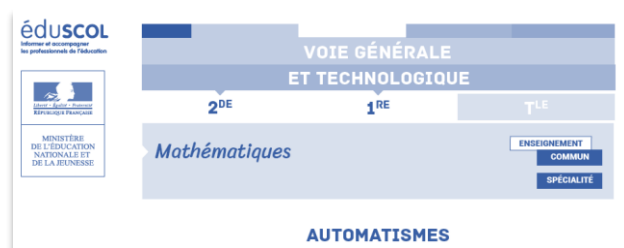
Proposée lors d'un temps court et dynamique, la pratique d'activités rituelles régulières est construite autour d'intentions pédagogiques telles que : consolider et élargir les acquis antérieurs, rendre disponibles des réflexes en situation de résolution de problèmes, remémorer régulièrement des éléments en cours d'apprentissage, faire verbaliser et formaliser des énoncés et définitions usuels, exploiter les erreurs rencontrées ...

→ Travail sur les automatismes

La pratique d'activités rituelles a notamment pour objectif de développer des automatismes. Parmi les activités suggérées dans les programmes du collège et du lycée pour construire, entretenir et automatiser un ensemble de connaissances, procédures, méthodes et stratégies tout au long des études secondaires, est préconisée la pratique de questions « flash ».



Cette modalité de travail doit être l'occasion de favoriser les interactions et l'expression au sein de la classe. Proposée de manière ritualisée, elle peut contribuer à dédramatiser les prises de parole des élèves. Lors du recensement des réponses et du temps de correction, on veillera à ne pas uniquement proposer la réponse correcte, mais plutôt à détailler les étapes et techniques qui ont permis d'aboutir au résultat. C'est l'occasion de demander aux élèves d'expliquer leurs démarches, leurs raisonnements, leurs



calculs. Cette étape de verbalisation, de reformulation ou d'explicitation par les apprenants doit permettre de confronter les procédures, afin de les enrichir, et à l'enseignant de s'assurer de la construction de représentations correctes ou d'identifier les représentations erronées pour les déconstruire.

Il est également envisageable de déléguer l'écriture de ces questions « flash » à un ou plusieurs élèves, selon un calendrier donné. Ces derniers peuvent également se voir confier la présentation à l'oral de l'énoncé, la gestion des réponses, la proposition d'une correction, les réponses aux questions de la classe, sous la supervision de l'enseignant. Ce travail peut donner lieu à une évaluation, entre autres, des compétences orales.

→ « Bilans de savoirs »

Les bilans de savoirs donnent l'occasion de reformuler à l'oral et de structurer ses savoirs. Ils peuvent constituer :

- des **rituels d'ouverture** : qu'avons-nous appris lors de la ou des séance(s) précédente(s) ?
- ou des **rituels de clôture de séances** : qu'avons-nous appris lors de cette séance ?

Les rituels d'ouverture peuvent prendre la forme d'une prestation orale, par exemple prévue par un calendrier fixant les dates de passage des élèves, chaque semaine. L'élève doit présenter et synthétiser le travail effectué en classe la semaine précédente, pendant 2 ou 3 minutes. Cette présentation est préparée en amont par l'élève. En début d'année, elle peut être réalisée avec support et assis, puis progressivement sans support, debout face au groupe classe. Le reste de la classe doit ensuite poser deux ou trois questions à l'élève orateur portant sur le contenu de la présentation, les obligeant à une écoute active et à la formulation précise de questions. Le rituel se clôt par un retour d'expérience de l'élève orateur, des élèves auditeurs et une conclusion de l'enseignant. Ce travail a l'avantage de reproduire les deux premiers temps du Grand Oral et gagne à être clairement explicité aux élèves par le biais, par exemple de critères d'évaluation.



De la même façon, les rituels de fermeture visent notamment à mettre des mots sur ce qui a été appris et sur les étapes de la démarche entreprise lors de la séance, à fixer oralement un état des savoirs et à réaliser la synthèse du chemin parcouru (récapituler, reformuler, structurer, synthétiser, nommer ...). Ils peuvent donner lieu à des échanges riches avec la classe.

Pour aller plus loin : le [document d'accompagnement](#), cycle 2, autour de « L'oral dans les rituels d'ouverture et de clôture », disponible sur *Eduscol*

Activités coopératives en mathématiques

Les pratiques pédagogiques de coopération, en mathématiques comme dans toute discipline, **créent des espaces où la parole de l'élève tient une place prépondérante**. Cette parole y est source de questionnements, de mode d'aide, de levier pour aboutir à une résolution commune, de modalité pour s'accorder sur la formulation d'une conjecture ... Ces pratiques nécessitent également une **écoute active de la part des élèves** et un certain « lâcher-prise » de la part de l'enseignant.

→ Travaux en groupes, en équipes

Les situations problème (situations d'introduction à un nouveau concept) sont propices à un *travail en groupe* permettant de confronter à l'oral les idées de chacun. Après un temps nécessaire de réflexion individuelle sur la situation proposée, l'instauration d'un « tour de table » permet à chaque élève d'exposer ses idées, d'apporter des premiers éléments de réponses et de les soumettre aux autres membres du groupe qui peuvent, en retour, exprimer leur avis voire faire émerger des désaccords. De ces questionnements et de ces échanges émergeront la nécessité, aux yeux des élèves, d'envisager d'autres procédures, de découvrir d'autres connaissances pour répondre au problème.



Proposés lors d'un travail en binômes ou *en équipe*, les résolutions de problèmes ouverts permettent également de travailler et d'évaluer les qualités orales des élèves. Les échanges oraux visent alors à ce que les élèves se mettent d'accord sur une résolution possible du problème. Cela nécessite pour chacun d'eux d'exprimer ses idées, de s'accorder sur une ou des expérimentation(s) à mener, en utilisant les TICE le cas échéant, à formuler une ou des conjecture(s) puis à argumenter en construisant une démonstration sur laquelle les différents membres de l'équipe vont s'accorder, pour enfin vérifier la cohérence du résultat.

Ces différentes formes de coopération contribuent au développement de compétences orales que le professeur gagnera au préalable à clairement identifier auprès des élèves, et qu'il pourra évaluer, en direct ou à partir d'enregistrements audio des échanges. Il peut être pertinent, lorsque le professeur circule entre les groupes d'élèves de commencer par une écoute active des échanges pour apprécier la qualité des interactions avant de demander aux élèves d'expliquer ce qu'ils font.

Ces travaux peuvent déboucher sur des présentations orales des élèves, qui elles-aussi, permettent un travail sur une ou plusieurs compétences orales spécifiques et donnent alors lieu à des débats. Il s'agira par ailleurs de faire en sorte que l'élève s'adresse directement à ses pairs (et non exclusivement à son professeur) pour les convaincre du bien-fondé de son assertion. Les élèves qui s'expriment prenant un risque (celui d'affirmer ce qu'ils pensent personnellement et de le soutenir avec leur propre argumentation dont les failles peuvent être mise au grand jour par les autres élèves de la classe), il appartient au professeur de mener une réflexion sur le statut de l'erreur au préalable. Lors de ces débats, le professeur assure alors un rôle de garant de la qualité des échanges pour éviter notamment les débats qui deviendraient improductifs car aboutissant à une impasse ou les arguments erronés. Il veille aussi à ce que la parole ne soit pas monopolisée par les plus habiles, ce qui rendrait le travail discriminant pour les moins familiers avec l'exercice. Il s'assure enfin que le rythme des échanges permet à chaque élève de ne pas se sentir exclu du débat.



Ces débats permettent de développer l'écoute pour prendre en compte l'avis d'un autre élève, le reformuler, confirmer le propos ou le réfuter et proposer sa propre argumentation. Ils permettent donc de faire vivre les valeurs de la République au sein de la classe.

Remarque Excluant toute compétition, ces modalités de travail favorisent un esprit de coopération qui peut dynamiser le groupe classe, en particulier celui de spécialité en Première et en Terminale où les élèves peuvent être issus de classes différentes.

→ Revue de projet

Dans le cadre par exemple d'un travail de groupe à long terme (exposé, recherches concernant une problématique, problème ouvert ...), il peut être utile de définir dès le départ un moment en classe pour une « revue de projet » présentée à l'oral avec ou sans supports.

La « revue de projet » est l'occasion de valoriser le travail des élèves en leur permettant de :

- présenter à la classe l'état d'avancement du projet et de définir les prochaines étapes à mettre en œuvre pour le finaliser ;
- faire un retour sur la gestion du projet (réussites, obstacles, pistes de réflexion ...) ;
- s'entraîner à communiquer à l'oral sur le projet.

En amont de cette « revue de projet », le professeur précise les modalités et le contenu des échanges.

Ainsi, chaque élève du groupe peut être chargé d'une intervention qu'il doit préparer :

- décrire la problématique ;
- présenter la méthode utilisée pour la recherche d'idées ;
- donner la répartition des tâches ;
- proposer de façon argumentée les différentes solutions recherchées ;
- justifier les choix opérés par le groupe.

Les « revues de projet » permettent, entre autres, de :

- contrôler que les échéances et délais sont respectés ;
- décider d'éventuelles réorientations dans les recherches ;
- fédérer à nouveau les élèves du groupe autour de la réussite du projet ;
- communiquer en face à face sur des temps courts d'intervention.



→ « World Café mathématique »

Le rapport Villani-Torossian insiste sur une étape fondamentale dans l'activité mathématiques : la phase de « verbalisation ». La technique du « World Café » peut favoriser cette phase de « mise en mots » chez les élèves. En effet, le « World Café » est une pratique collaborative qui permet de faciliter le dialogue constructif et le partage de connaissances et d'idées.

La classe est organisée en îlots. Chaque groupe d'élèves a pour consigne de résoudre un exercice (15 minutes). Chacun des groupes discute librement de la résolution de l'exercice. Avant de quitter une table, les élèves ont pour consigne de synthétiser la démarche du groupe (propositions issues des discussions, obstacles rencontrés, outils utilisés ...) et de réaliser une production pour permettre aux autres de comprendre l'exercice.



Selon un rythme séquencé (toutes les 5 minutes), les participants changent ensuite de table, tandis qu'un « hôte » reste à la table pour rendre compte à l'oral des recherches de son groupe aux nouveaux arrivés. Ces derniers ont pour consigne de prendre note de la démarche de leurs camarades et de laisser une trace écrite de la résolution de l'exercice dans leur cahier. Au terme du processus, tous les élèves ont partagé sur tous les exercices proposés.

Les bénéfices du « World Café Mathématique » sont multiples : stimuler l'intelligence collective, le format de petits groupes favorisant l'expression de tous et le développement des compétences orales ... Chaque changement de table permet également la « pollinisation » des idées.

Exposés mathématiques

L'exposé oral en classe est une situation de communication qui permet à l'élève (ou au groupe d'élèves) orateur de transmettre des savoirs et d'assumer une prise de parole autonome. D'une durée limitée, portant sur un thème donné, l'exposé peut être à dimension historique ou culturelle, ou concerner l'orientation. La pratique de l'exposé demande une bonne préparation qui doit porter autant sur le contenu que sur la forme. Ainsi, il importe de choisir et de bien délimiter le sujet d'étude avec l'élève (ou le groupe d'élèves).

Les exposés, individuels ou à plusieurs, permettent une articulation intéressante entre acquisition de compétences orales, travail d'instruction préalable sur un sujet et maîtrise des contenus. On veillera à ce que les attendus soient clairement explicités et partagés avec les élèves. On veillera également à ce que cet oral ne se résume pas en une transcription des codes de l'écrit, aboutissant à un « écrit oralisé ».

Par ailleurs, il pourra être pertinent d'encourager une écoute active des élèves qui assistent à l'exposé oral en fournissant une grille d'observation et de critères pour aider les élèves à apprécier la prestation de leur(s) camarade(s). Cela permet également que tous les élèves s'approprient les critères de réussite. Dans cet objectif, on pourra éventuellement répartir l'observation des éléments de la grille entre les élèves. Dans une démarche de formation, on pourra privilégier l'observation d'un unique élément de la grille, en fonction des besoins des élèves. Dans la phase d'échanges qui suivra, certains élèves seront chargés de poser des questions. Les autres pourront observer l'élève qui répond à ces questions mais également la formulation de ces questions. On pourra enfin conclure par un dernier temps de bilan, prenant en compte à la fois le fond et la forme de l'exposé.

L'enseignant veillera au préalable à instaurer un cadre rassurant (par exemple *via* les rituels de classe), rappelant à la classe le droit à l'erreur et l'importance de porter un regard critique mais constructif sur la prestation orale de chaque élève. Conscient que ces prestations orales constituent une prise de risque parce qu'elles nécessitent de s'exposer au regard d'autrui, le professeur pourra envisager une certaine progressivité, par exemple dans le public écoutant la prestation (un camarade tout d'abord, un petit groupe d'élèves ensuite, puis une demi-classe et enfin la classe entière). Les premières prestations peuvent aussi être envisagées du fond de la classe.

Ces exposés peuvent aussi prendre une autre forme de restitution : la vidéo ou le diaporama commenté. Cela permet à l'élève de travailler les différentes qualités orales et d'apprendre à synthétiser son propos. Il peut s'enregistrer, s'écouter et recommencer son enregistrement si nécessaire afin de répondre aux critères d'évaluation fixés.

(Re)formulation

La formulation des définitions ou des théorèmes énoncés dans le cours de mathématiques peut être issue d'un travail oral avec les élèves : après une expérimentation permettant l'approche d'un théorème, par exemple, on demande classiquement aux élèves de formuler une conjecture (un fait qui semble être vrai dans le contexte), on peut poursuivre en leur demandant de formuler la propriété pour le cours : ils doivent ainsi trouver une description du contexte, des hypothèses, de la prémisse ; et arriver à une formulation (non nécessairement unique) qui convienne à tous, y compris à l'enseignant. L'idée est alors de garder cette formulation pour le cours. Ce n'est pas seulement le résultat qui compte, les formulations choisies, mais le processus : le fait d'avancer progressivement et collectivement vers une formulation permet de discuter et d'intégrer la nécessité de précision et de rigueur (les demandes de précisions venant alors aussi des élèves lors de la discussion), les choix de présentation (en géométrie, fait-on une figure ou liste-t-on des éléments caractérisant la situation ? ou les deux ?). Au final, cela permet également aux élèves de s'approprier le théorème. Enfin, le professeur doit avoir le souci de la rigueur mathématique des propos tenus par les élèves à l'oral. Ainsi on veillera par exemple à créer des situations pour permettre à l'élève de devenir conscient de la polysémie des mots et de connaître le vocabulaire spécifique de la discipline.

Enfin, faire reformuler par les élèves les consignes proposées, éventuellement plusieurs fois, permet de vérifier que ces dernières ont bien été comprises. Cela peut se traduire notamment par une transformation des « consignes questions » en « consignes impératives », et vice-versa, ou bien par une redite de la consigne en modifiant syntaxe et lexique. Le contrôle du *feedback* est indispensable afin de s'assurer de la bonne compréhension de la consigne.

Exemples d'activités

→ Les figures téléphonées / les fonctions téléphonées

La pratique répandue au cycle 3 des figures téléphonées consiste en la production d'un programme de construction à partir d'une figure géométrique fournie et de sa transmission à un(d') autre(s) élève(s), qui ne voit(ent) pas la figure, pour qu'il(s) la reproduise(nt), et inversement. Chaque élève est donc à la fois émetteur et récepteur d'un message. Tout dessin superposable ou à un retournement près est accepté.

Ce travail demande à l'élève prise de recul, rigueur d'expression tout en l'obligeant à apprécier correctement le degré d'explicitation attendu. La motivation est favorisée par le fait que le travail à produire, qui peut être perçu comme ayant le statut « d'énoncé » et non de « solution », est à adresser à un autre camarade. Cette activité, traditionnellement envisagée à l'écrit, peut aussi se concevoir à l'oral. Ce type de production peut permettre à des élèves gênés à l'écrit de se lancer. Elle exige prise de recul et rigueur d'expression chez les élèves, tout en les obligeant à prendre en considération le récepteur et donc à ajuster correctement le degré d'explicitation nécessaire. Par ailleurs, lorsqu'un (ou des) élève(s) entend(ent) un énoncé confus ou imprécis, il devient laborieux de réaliser la figure. Les imprécisions ou erreur dans le vocabulaire ou la structure des phrases permet alors aux élèves de prendre conscience de l'importance d'utiliser les bons termes et la nécessité de proposer un programme de construction structuré et rigoureux.

Ce travail peut s'envisager individuellement ou en binôme. On pourra utilement jouer sur la complexité des figures pour différencier selon les niveaux. Lorsque l'activité est proposée à l'oral, le programme de construction peut également être transmis, si l'on dispose de dictaphones voire de *smartphones*, sous la forme d'un enregistrement audio. Ce travail autour des figures téléphonées gagnera à se prolonger sous la forme d'un temps d'échanges avec les élèves sur les erreurs les plus fréquemment rencontrées.

La pratique des fonctions téléphonées, variante des figures téléphonées, notamment pour le lycée, consiste à donner des instructions à l'oral pour qu'un interlocuteur soit en capacité de tracer une courbe donnée.

→ D'autres pistes seront progressivement disponibles sur les sites disciplinaires de mathématiques de l'académie d'Amiens et de l'académie de Lille

Lien vers le site disciplinaire de mathématiques de l'académie d'Amiens

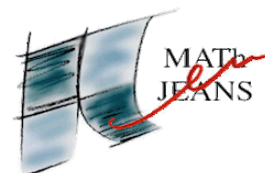


Lien vers le site disciplinaire de mathématiques de l'académie de Lille



Projets

- [MATH en JEANS](#)



Association loi 1901, agréée par l'Éducation Nationale, MATH.en.JEANS a pour but de développer "des actions de jumelage entre un mathématicien et des établissements scolaires, afin de mettre les jeunes en situation de recherche, permettre aux élèves comme à leurs parents de se faire une autre image des mathématiques que celle d'une discipline scolaire sélective ou de champ scientifique strict et achevé". MATH.en.JEANS a une très grande expérience pour préparer les élèves aux présentations orales en vue des nombreux congrès que MATH.en.JEANS a organisés. De plus un atelier MATH.en.JEANS, inscrit sur la durée, 1h par semaine, propose un cadre parfait pour préparer à cette démarche de questionnement et aux projets d'orientations de nos jeunes.

Accéder au site : [lien](#).

- [SchoolLab](#)

SchoolLab c'est... présenter un sujet scientifique en trois minutes, sur la base des 3C : Clarté, Contenu et Confiance en soi, s'exprimer en anglais à l'oral et rendre la science attrayante !

Accéder au site : [lien](#).



L'évaluation des compétences orale des élèves

La grille reproduite dans les textes définissant le Grand Oral (notes de service [n°2020-036](#) et [n°2020-037](#)) est proposée à titre indicatif. Elle peut être une source d'inspiration afin d'établir, en équipe, une grille d'évaluation formative et d'auto-évaluation d'une prestation orale qui sera utilisée en classe. Chaque palier de maîtrise, pour chacune des compétences identifiées, gagnera à être formulé en des termes positifs afin de ne pas être décourageant pour l'élève. **Les critères de réussite gagnent également à être partagés, explicités voire construits avec les élèves.**

L'utilisation de cette grille sera facilitée si celle-ci est utilisée par les élèves dès la classe de seconde. Cette grille contenant de nombreux observables, il peut être pertinent de les répartir entre différents groupes d'élèves observateurs, qui axeront alors leurs regards sur une ou deux qualités oratoires. Un temps d'échanges pour confronter l'auto-évaluation de l'élève, les observations des groupes mais aussi celles du professeur permet de s'accorder progressivement sur les critères de réussite et à l'élève en situation d'oral de dégager des axes de progrès.

Enfin, il est important d'identifier tôt dans l'année les points d'appui et points de progrès de chaque élève concernant les différentes compétences langagières au travers d'évaluations diagnostiques, dans l'objectif de répondre aux besoins individuels de chaque élève. En cours de formation, on privilégiera par ailleurs des évaluations formatives, l'évaluation entre pairs ou l'auto-évaluation. Outre une meilleure appropriation des critères de réussite par les élèves, cela permet aussi de dédramatiser ce temps d'évaluation et de mettre en confiance les élèves. La prise de parole est en effet une prise de risque et nécessite de s'exposer devant les autres. Instaurer un climat de confiance est donc nécessaire pour permettre le respect de chacun et autoriser de telles prises de risque, l'engagement de l'élève et sa progression, afin que la peur du jugement et du regard de l'autre se mue en capacité à prendre appui sur son auditoire.

La grille indicative d'évaluation

	Qualité orale de l'épreuve	Qualité de la prise de parole en continu	Qualité des connaissances	Qualité de l'interaction	Qualité de la construction de l'argumentation
Très insuffisant	Difficilement audible sur l'ensemble de la prestation. Le candidat ne parvient pas à capter l'attention.	Énoncés courts, ponctués de pauses et de faux démarrages ou énoncés longs à la syntaxe mal maîtrisée.	Connaissances imprécises, incapacité à répondre aux questions, même avec une aide et des relances.	Réponses courtes ou rares. La communication repose principalement sur l'évaluateur	Pas de compréhension du sujet, discours non argumenté et décousu.
Insuffisant	La voix devient plus audible et intelligible au fil de l'épreuve mais demeure monotone. Vocabulaire limité ou approximatif.	Discours assez clair mais vocabulaire limité et énoncés schématiques.	Connaissances réelles, mais difficulté à les mobiliser en situation à l'occasion des questions du jury.	L'entretien permet une amorce d'échange. L'interaction reste limitée.	Début de démonstration mais raisonnement lacunaire. Discours insuffisamment structuré.
Satisfaisant	Quelques variations dans l'utilisation de la voix ; prise de parole affirmée. Il utilise un lexique adapté. Le candidat parvient à susciter l'intérêt.	Discours articulé et pertinent, énoncés bien construits.	Connaissances précises, une capacité à les mobiliser en réponses aux questions du jury avec éventuellement quelques relances.	Répond, contribue, réagit. Se reprend, reformule en s'aidant des propositions du jury.	Démonstration construite et appuyée sur des arguments précis et pertinents.
Très satisfaisant	La voix soutient efficacement le discours. Qualités prosodiques marquées (débit, fluidité, variations et nuances pertinentes, etc.). Le candidat est pleinement engagé dans sa parole. Il utilise un vocabulaire riche et précis.	Discours fluide, efficace, tirant pleinement profit du temps et développant ses propositions.	Connaissances maîtrisées, les réponses aux questions du jury témoignent d'une capacité à mobiliser ces connaissances à bon escient et à les exposer clairement.	S'engage dans sa parole, réagit de façon pertinente. Prend l'initiative dans l'échange. Exploite judicieusement les éléments fournis par la situation d'interaction.	Maîtrise des enjeux du sujet, capacité à conduire et exprimer une argumentation personnelle, bien construite et raisonnée.



Textes officiels

- [Arrêté du 16 juillet 2018 relatif aux épreuves du baccalauréat général à compter de la session de 2021](#)
- [Arrêté du 16 juillet 2018 relatif aux épreuves du baccalauréat technologique à compter de la session de 2021](#)
- [Note de service n° 2020-036 \(NOR : MENE2002780N\)](#) définissant l'épreuve pour la voie générale
- [Note de service n° 2020-037 \(NOR : MENE2002781N\)](#) définissant l'épreuve pour la voie technologique

Finalité du « Grand Oral »

« L'épreuve permet au candidat de montrer sa capacité à prendre la parole en public de façon claire et convaincante. Elle lui permet aussi de mettre les savoirs qu'il a acquis, particulièrement dans ses enseignements de spécialité, au service d'une argumentation, et de montrer comment ces savoirs ont nourri son projet de poursuite d'études, voire son projet professionnel ».

Déroulé du « Grand Oral »

▪ Avant le jour de l'épreuve

- Le candidat prépare deux questions, accompagné de ses professeurs de spécialité, éventuellement avec d'autres camarades. Ces deux questions portent, en voie générale, sur les deux enseignements de spécialité (soit pris isolément, soit abordés de manière transversale). En voie technologique, les questions portent sur l'enseignement de spécialité pour lequel le programme prévoit la réalisation d'une étude approfondie.
- Ces deux questions sont inscrites sur une feuille signée par les professeurs des deux spécialités et l'établissement y appose son cachet.

▪ Le jour de l'épreuve

- Le candidat propose au jury sa feuille avec ses deux questions.
- Le jury choisit une des deux questions.
- Le candidat dispose de 20 min pour mettre en ordre ses idées et réaliser, s'il le souhaite, un support remis au jury (graphique, carte, schéma, formule, équation ...). Ce support n'est pas évalué.

■ Le déroulé de l'épreuve



Présentation d'une question

1

- Le candidat explique pourquoi il a choisi de préparer cette question, la développe et y répond.
- L'exposé se fait sans note et debout.
- Le jury évalue les capacités argumentatives et les qualités oratoires du candidat.

5 min

Échange avec le candidat

2

- Le jury interroge ensuite le candidat pour l'amener à préciser et à approfondir sa pensée.
- Il peut interroger le candidat sur tout ou partie du programme du cycle terminal de ses enseignements de spécialité et évaluer ainsi la solidité des connaissances et les capacités argumentatives du candidat.

10 min

Échange sur le projet d'orientation du candidat

3

- Le candidat explique en quoi la question traitée éclaire son projet de poursuite d'études, voire son projet professionnel. Il expose les différentes étapes de la maturation de son projet (rencontres, engagements, stages, mobilité internationale, intérêts pour les enseignements communs, choix des spécialités, etc.) et la manière dont il souhaite le mener après le baccalauréat.

5 min

■ L'évaluation par le jury

Le jury mesure la capacité du candidat à conduire et à exprimer une réflexion personnelle témoignant de sa curiosité intellectuelle et de son aptitude à exprimer ses motivations.

Préparation : 20 min

Durée : 20 min

Temps 1 : debout (sauf handicap)

Temps 2 et 3 : debout ou assis, au choix



Jury de deux professeurs

- ✓ 1 d'un enseignement de spécialité de Terminale du candidat (*)
- ✓ 1 de l'autre enseignement de spécialité ou d'un enseignement commun ou d'un professeur documentaliste.



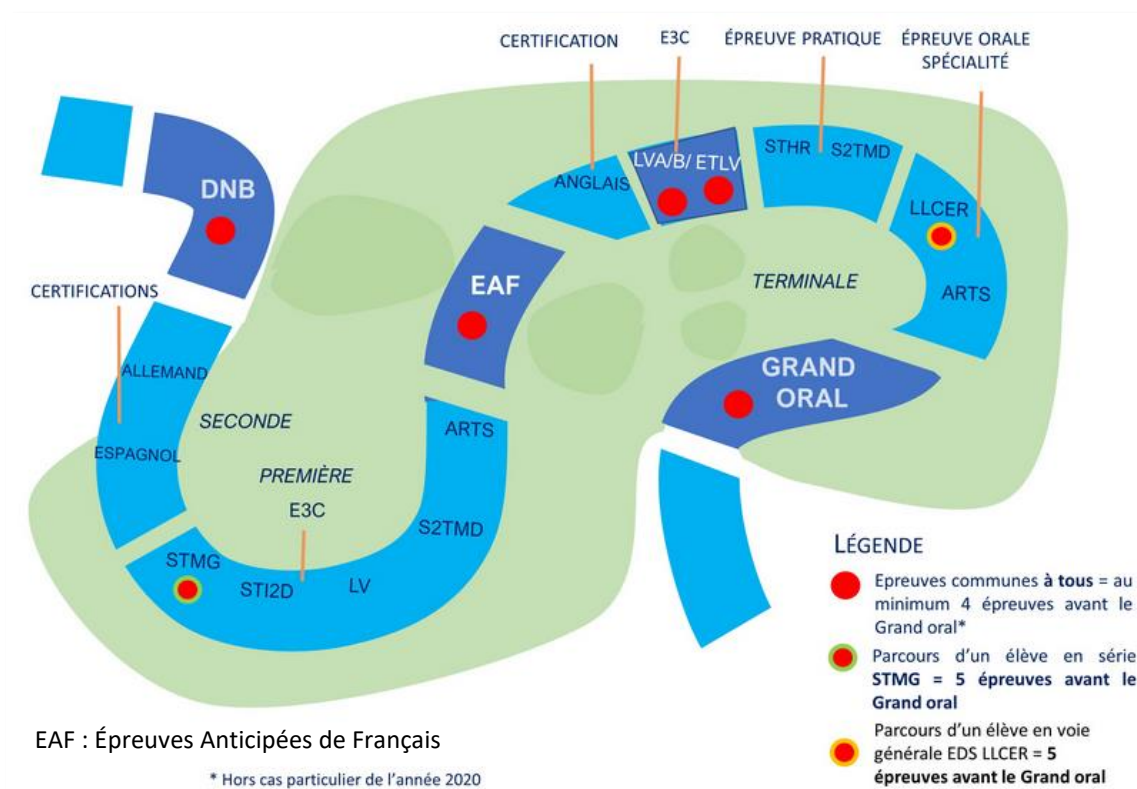
L'épreuve est notée sur 20 points (coefficient 10 en voie générale, 14 en voie technologique).



Le jury valorise la solidité des connaissances du candidat, sa capacité à argumenter et à relier les savoirs, son esprit critique, la précision de son expression, la clarté de son propos, son engagement dans sa parole, sa force de conviction. Il peut s'appuyer sur la grille indicative reproduite page 15.

(*) en voie technologique, il s'agit du professeur de l'enseignement de spécialité pour lequel le programme prévoit la réalisation d'une étude approfondie.

Quels sont les autres moments de la scolarité d'un élève où celui-ci est soumis à une épreuve orale ?



Source : PNF « Formation à la préparation et à l'évaluation du Grand Oral »

Quelle progressivité pour la préparation de ce grand Oral ?

La pratique de l'oral doit être continue et développée dans toutes les disciplines. Les enseignements de spécialité ont naturellement vocation à prendre une part importante dans la préparation de l'oral, mais tous les enseignements doivent contribuer au développement des compétences orales.

Le troisième trimestre de la classe de terminale est un temps particulier qui permet un travail plus poussé sur la préparation de ce Grand Oral. La réflexion sur le choix des questions peut être amorcée dès la fin de la classe de première et articulée au choix des deux enseignements de spécialité poursuivis.

Les deux questions sont choisies en lien avec les programmes d'enseignements de spécialité du candidat. Elles sont soit transversales au programme soit spécifiques à un élément précis du programme choisi. Un travail de maturation de la question est nécessaire (formulation, analyse et traitement de la question, explication des étapes qui ont conduit à ces choix) tout au long de l'année.

Chaque temps de l'épreuve est spécifique et fait donc l'objet d'un travail particulier et progressif.

Quelles questions s'appuyant sur les programmes d'enseignement de spécialité Mathématiques du cycle terminal de la voie générale ?

La note de service indique que les questions sont « adossées à tout ou partie du programme du cycle terminal. Pour les candidats scolarisés, elles ont été élaborées et préparées par le candidat avec ses professeurs et, s'il le souhaite, avec d'autres élèves. »

Les programmes du cycle terminal de l'enseignement de spécialité Mathématiques précisent que « les approfondissements proposés par le programme ont aussi pour objectif de donner des pistes exploitables par les élèves pour choisir le thème de leur projet pour l'épreuve orale terminale. »

Exemples de questions

Les deux exemples de questions proposés ci-dessous sont issus de documents d'accompagnement du site Eduscol : <https://eduscol.education.fr/cid45766/mathematiques-au-lycee.html>

Thème : mathématiques et finance

Question possible

Acheter ou louer son appartement ?

Modéliser et étudier une situation avec des suites

Tableur, algorithmique

Projet d'orientation

Métiers de la banque



Quand on paye un loyer, on a souvent le sentiment de gaspiller son argent et on se dit qu'il vaudrait mieux avec cette somme acquérir un patrimoine.

D'un autre coté, on est bien conscient que l'achat d'un appartement ou d'une maison, coûte en remboursement d'emprunt souvent plus cher qu'un loyer, sans compter les intérêts et l'on se demande si finalement c'est vraiment financièrement rentable.

On admettra que la mensualité se calcule par la formule suivante : $m = \frac{C_0 \times t}{1 - (1 + t)^{-n}}$

C_0 est la somme empruntée,
 m le montant de la mensualité,
 t le taux d'intérêt mensuel.

n le nombre total de mensualités correspondant à la durée du crédit.

pondant à la durée du crédit.

2	Taux mensuel	0,004583333
6	Durée Ans	15
7	Durée Mois	180
8		
	Capital restant	
9	Rang	dû
10	0	150000
11	1	149461,8748
12	2	148921,2832

D	E	F	G	H	I
Import initial	50000				
Mensualité	$=(\$B\$3*\$B\$4/12)/(1-(1+\$B\$4/12)^N-12*\$B\$6)$				

	Capital restant	Amortissement	Interêt	Mensualité
0	150000	538,1251819	687,5	1225,62518
1	149461,8748	540,591589	685,033593	1225,62518
2	148921,2832	543,0693005	682,555881	1225,62518

Thème : mathématiques et infographie

Question possible

Comment fonctionne le cube colorimétrique en infographie ?

Projet d'orientation

Métiers de l'infographie

Repérage dans l'espace.

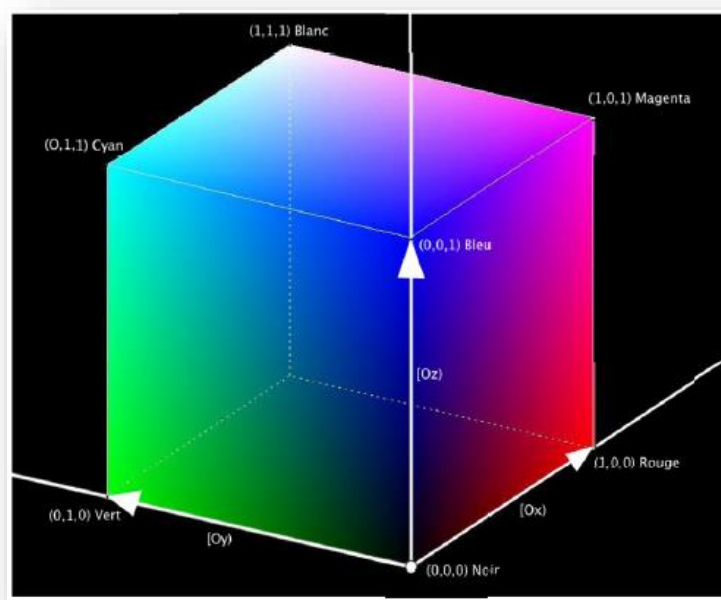
Section d'un solide.

Équation cartésienne d'un plan.

Logiciel de visualisation



<https://www.onisep.fr/Les-metiers-animes/Nouvelles-technologies/Infographiste>



Voici six équations de plan :

$$(P1) x + y - 2z = 0 \quad (P2) x + 2y + 2z = 2 \quad (P3) x + y = 1$$

$$(P4) 2x + 2y + 2z = 3 \quad (P5) x + y + z = 1 \quad (P6) 2x - y - z = 0$$

Retrouver pour chacune des sections précédentes l'équation de plan qui lui correspond.

On pourra déterminer les coordonnées de certains points en identifiant leur couleur. On conclut qu'un plan a généralement pour équation $ax+by+cz=d$, où a, b, c, d sont quatre réels fixés.

Thème : mathématiques et laboratoire de biologie

Question possible

Comment tester l'efficacité d'un médicament ?

Projet d'orientation

Métiers de la santé

Dérivée, primitive



Un laboratoire a mis au point un traitement contre une maladie.

Ce traitement consiste en n injections successives d'un produit dans le sang, n étant un entier strictement positif. Afin de ne pas engendrer d'effets secondaires chez le patient, ces injections sont espacées d'au moins 8 heures.

La concentration du médicament dans le sang, en g/L, x heures après la $n^{\text{ième}}$ injection est modélisée par la fonction f_n définie sur l'intervalle $]0 ; 7]$ par :

$$f_n(x) = \frac{2}{x} - \frac{\ln x}{x^n}$$

Les observations ont conduit à observer que le traitement est efficace après la $n^{\text{ième}}$ injection si les trois conditions suivantes sont vérifiées :

- (1) $f_n(2) > 0,65$;
- (2) f_n est strictement positive sur l'intervalle $]0 ; 7]$;
- (3) la concentration moyenne en g/L du médicament dans le sang entre la 1^{ère} et la 7^{ème} heure lors de la $n^{\text{ième}}$ injection est strictement supérieure à 0,6.

On rappelle ici que la valeur moyenne d'une fonction f sur un segment $[a ; b]$ est égale à

$$\frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

Quel support proposer ?

Le candidat peut, s'il le souhaite, fournir un support au jury sur une feuille. Ce support n'est pas évalué. Ce support pourra se révéler utile si le candidat ou la candidate souhaite exploiter une formule, une équation, un tracé de courbe, un diagramme, un programme ...

Bibliographie et sitographie

Autour de l'oral

- Communiquer à l'oral et à l'écrit, document ressource cycle 4, Eduscol, mars 2016
- Mathématiques et maîtrise de la langue, document ressource cycles 3 et 4, Eduscol, mars 2016
- La place de l'oral dans les enseignements à l'école primaire, rapport IGEN, 2000
- L'oral dans les rituels d'ouverture et de clôture, rendre visibles les compétences orales travaillées, document ressource cycles 2, 3, 4, Eduscol, novembre 2018
- Travailler l'oral, ressource pour la voie professionnelle, Eduscol, juillet 2013
- Monde l'oral et monde de l'écrit en mathématiques, Fabrice Baudart, Armand Colin (article disponible en ligne)
- Dossier « Enseigner l'oral qui structure la pensée », Animation et Education, n° 274, janvier-février 2020
- Dossier « Pédagogie de l'oral », Cahiers pédagogiques, n°553, mai 2019
- Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse, Marc Legrand, Repères IREM n°10, janvier 1993
- Je parle, tu dis, nous écoutons : apprendre avec l'oral, Dossier de veille de l'IFE n°117, avril 2017
- L'oral en éducation prioritaire, Observatoire des pratiques en éducation prioritaire, 2019-2020
- L'art de questionner de façon efficace, Série d'apprentissage professionnel, Edition spéciale du secrétariat, n°21, novembre 2011
- Évaluer l'oral, Claudine Garcia-Deban, In : Pratiques : linguistique, littérature, didactique, n°103-104, novembre 1999
- L'art de la parole, Cyril Delhay, Edition Dalloz, 2019

Vers le Grand Oral

- Faire du grand oral un levier d'égalité des chances, rapport de Cyril Delhay, juin 2019
- Pages Eduscol dédiées au grand oral
 - <https://eduscol.education.fr/cid149452/presentation-du-grand-oral.html>
 - <https://eduscol.education.fr/cid153457/plan-de-formation-grand-oral.html>
- Page Recherche et Innovation en Physique-Chimie - Des activités orales ... à l'épreuve orale terminale
 - <https://eduscol.education.fr/cid129214/recherche-et-innovation-en-physique-chimie.html>
- Formations M@gistère en ligne
 - Sur la préparation du Grand Oral : <https://magistere.education.fr/f874>
 - Organiser un débat pour construire des compétences : <https://magistere.education.fr/f173>
- Les petits tutos du Grand Oral, disponibles sur Lumni : <https://www.lumni.fr/programme/les-petits-tutos-du-grand-oral>
- Mathématiques et Parcours Avenir
 - https://interstices.info/wp-content/uploads/jalios/metiers/zoom_math2006.pdf
 - <http://tangente-mag.com/numero.php?id=180>

