International Baccalaureate
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide de mathématiques NM

Premiers examens en 2014

International Baccalaureate
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide de mathématiques NM

Premiers examens en 2014

Programme du diplôme
Guide de mathématiques NM

Version française de l'ouvrage publié originalement en anglais
en mars 2012 sous le titre *Mathematics SL guide*

Publié en mars 2012
Mis à jour en juin 2016

Publié pour le compte de l'Organisation du Baccalauréat International, fondation éducative à but non lucratif sise
15 Route des Morillons, CH-1218 Le Grand-Saconnex, Genève, Suisse, par

International Baccalaureate Organization (UK) Ltd
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Pays de Galles CF23 8GL
Royaume-Uni
Téléphone : +44 29 2054 7777
Télécopie : +44 29 2054 7778
Site Web : www.ibo.org

L'Organisation du Baccalauréat International (couramment appelée l'IB) propose trois programmes d'éducation stimulants et de grande qualité à une communauté mondiale d'établissements scolaires, dans le but de bâtir un monde meilleur et plus paisible. Cette publication fait partie du matériel publié pour appuyer la mise en œuvre de ces programmes.

L'IB peut être amené à utiliser des sources variées dans ses travaux, mais vérifie toujours l'exactitude et l'authenticité des informations employées, en particulier dans le cas de sources participatives telles que Wikipédia. L'IB respecte les principes de la propriété intellectuelle et s'efforce toujours d'identifier les détenteurs des droits relatifs à tout matériel protégé par le droit d'auteur et d'obtenir d'eux, avant publication, l'autorisation de réutiliser ce matériel. L'IB tient à remercier les détenteurs de droits d'auteur qui ont autorisé la réutilisation du matériel apparaissant dans cette publication et s'engage à rectifier dans les meilleurs délais toute erreur ou omission.

Le générique masculin est utilisé ici sans aucune discrimination et uniquement pour alléger le texte.

Dans le respect de l'esprit international cher à l'IB, le français utilisé dans le présent document se veut mondial et compréhensible par tous, et non propre à une région particulière du monde.

Vous pouvez vous procurer les articles et les publications de l'IB par l'intermédiaire du magasin en ligne de l'IB sur le site http://store.ibo.org. Toute question d'ordre général concernant les commandes doit être adressée au service des ventes et du marketing à Cardiff.

Téléphone : +44 29 2054 7746
Télécopie : +44 29 2054 7779
Courriel : sales@ibo.org

Imprimé au Royaume-Uni par Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire 5034

Déclaration de mission de l'IB

Le Baccalauréat International a pour but de développer chez les jeunes la curiosité intellectuelle, les connaissances et la sensibilité nécessaires pour contribuer à bâtir un monde meilleur et plus paisible, dans un esprit d'entente mutuelle et de respect interculturel.

À cette fin, l'organisation collabore avec des établissements scolaires, des gouvernements et des organisations internationales pour mettre au point des programmes d'éducation internationale stimulants et des méthodes d'évaluation rigoureuses.

Ces programmes encouragent les élèves de tout pays à apprendre activement tout au long de leur vie, à être empreints de compassion, et à comprendre que les autres, en étant différents, puissent aussi être dans le vrai.

Profil de l'apprenant de l'IB

Tous les programmes de l'IB ont pour but de former des personnes sensibles à la réalité internationale, conscientes des liens qui unissent entre eux les humains, soucieuses de la responsabilité de chacun envers la planète et désireuses de contribuer à l'édification d'un monde meilleur et plus paisible.

Les apprenants de l'IB s'efforcent d'être :

Des investigateurs Ils développent leur curiosité naturelle. Ils acquièrent les compétences nécessaires à la conduite d'investigations et de recherches et font preuve d'autonomie dans leur apprentissage. Ils ont vraiment envie d'apprendre et ce plaisir d'apprendre les accompagnera tout au long de leur vie.

Informés et instruits Ils explorent des concepts, des idées et des problèmes qui sont d'importance à l'échelle locale et mondiale. Ce faisant, ils acquièrent des connaissances approfondies et développent une bonne compréhension dans un éventail de disciplines vaste et équilibré.

Des penseurs Ils s'exercent à appliquer leurs capacités de réflexion de façon critique et créative, afin d'identifier et d'aborder des problèmes complexes et de prendre des décisions réfléchies et éthiques.

Des communicateurs Ils comprennent et expriment des idées et des connaissances avec assurance et créativité dans plus d'une langue ou d'un langage et en utilisant une variété de modes de communication. Ils collaborent efficacement et volontairement avec les autres.

Intègres Ils adhèrent à des principes d'intégrité et d'honnêteté, et possèdent un sens profond de l'équité, de la justice et du respect de la dignité de chaque individu, des groupes et des communautés. Ils sont responsables de leurs actes et de leurs conséquences.

Ouverts d'esprit Ils comprennent et apprécient leurs propres cultures, racines et vécus, mais n'en sont pas moins réceptifs aux points de vue, valeurs et traditions d'autres individus et communautés. Ils ont l'habitude de rechercher et d'évaluer un éventail de points de vue et sont disposés à en tirer des enrichissements.

Altruistes Ils font preuve d'empathie, de compassion et de respect envers les besoins et sentiments des autres. Ils accordent une grande importance au service et ils œuvrent concrètement à l'amélioration de l'existence d'autrui et de l'état de l'environnement.

Audacieux Ils abordent situations inhabituelles et incertitudes avec courage et discernement et ils ont l'indépendance d'esprit nécessaire pour explorer de nouveaux rôles, idées et stratégies. Ils sont courageux et savent défendre leurs convictions avec éloquence.

Équilibrés Ils comprennent l'importance d'un bon équilibre intellectuel, physique et affectif dans l'atteinte de leur bien-être personnel et de celui des autres.

Réfléchis Ils opèrent un retour sur eux-mêmes et examinent de façon critique leur propre apprentissage et leurs expériences. Ils sont capables d'évaluer et de comprendre leurs points forts et leurs limites afin d'appuyer leur apprentissage et leur développement personnel.

Table des matières

Objet de ce document

Cette publication a pour but de guider la planification, l'enseignement et l'évaluation de la matière dans les établissements scolaires. Elle s'adresse avant tout aux enseignants concernés, même si ces derniers l'utiliseront également pour fournir aux élèves et à leurs parents des informations sur la matière.

Ce guide est disponible sur la page du Centre pédagogique en ligne (CPEL) consacrée à cette matière. Le CPEL est un site protégé par mot de passe, conçu pour aider les enseignants des programmes de l'IB. Il est consultable à l'adresse http://occ.ibo.org. Ce guide est également en vente sur le site du magasin de l'IB, accessible à l'adresse http://store.ibo.org.

Ressources complémentaires

D'autres publications, telles que du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques, des instructions concernant l'évaluation interne et des descripteurs de notes finales se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des spécimens d'épreuves d'examen, des épreuves de sessions précédentes ainsi que des barèmes de notation sont en vente sur le site du magasin de l'IB.

Les enseignants sont encouragés à consulter régulièrement le CPEL où ils pourront trouver des ressources complémentaires créées ou utilisées par d'autres enseignants. Ils pourront également y ajouter des informations sur des ressources qu'ils ont trouvées utiles, telles que des sites Web, des ouvrages de référence, des vidéos, des revues ou des idées d'ordre pédagogique.

Premiers examens en 2014

Le Programme du diplôme

Le Programme du diplôme est un programme d'études pré-universitaires rigoureux qui s'étend sur deux ans et s'adresse aux jeunes de 16 à 19 ans. Il couvre une grande sélection de domaines d'études et a pour but d'encourager les élèves non seulement à développer leurs connaissances, mais également à faire preuve de curiosité intellectuelle ainsi que de sensibilité et de compassion. Ce programme insiste fortement sur le besoin de favoriser chez les élèves le développement de la compréhension interculturelle, de l'ouverture d'esprit et des attitudes qui leur seront nécessaires pour respecter et évaluer tout un éventail de points de vue.

La structure du Programme du diplôme

Le programme est divisé en six domaines d'études, répartis autour d'un noyau de composantes obligatoires ou tronc commun (voir figure 1). Cette structure en hexagone favorise l'étude simultanée d'une palette de domaines d'études. Ainsi, les élèves étudient deux langues vivantes (ou une langue vivante et une langue classique), une matière de sciences humaines ou de sciences sociales, une science expérimentale, les mathématiques et une discipline artistique. C'est ce vaste éventail de matières qui fait du Programme du diplôme un programme exigeant conçu pour préparer efficacement les élèves à leur entrée à l'université. Une certaine flexibilité est néanmoins accordée aux élèves dans leur choix de matière au sein de chaque domaine d'études. Ils peuvent ainsi opter pour des matières qui les intéressent tout particulièrement et qu'ils souhaiteront peut-être continuer à étudier à l'université.

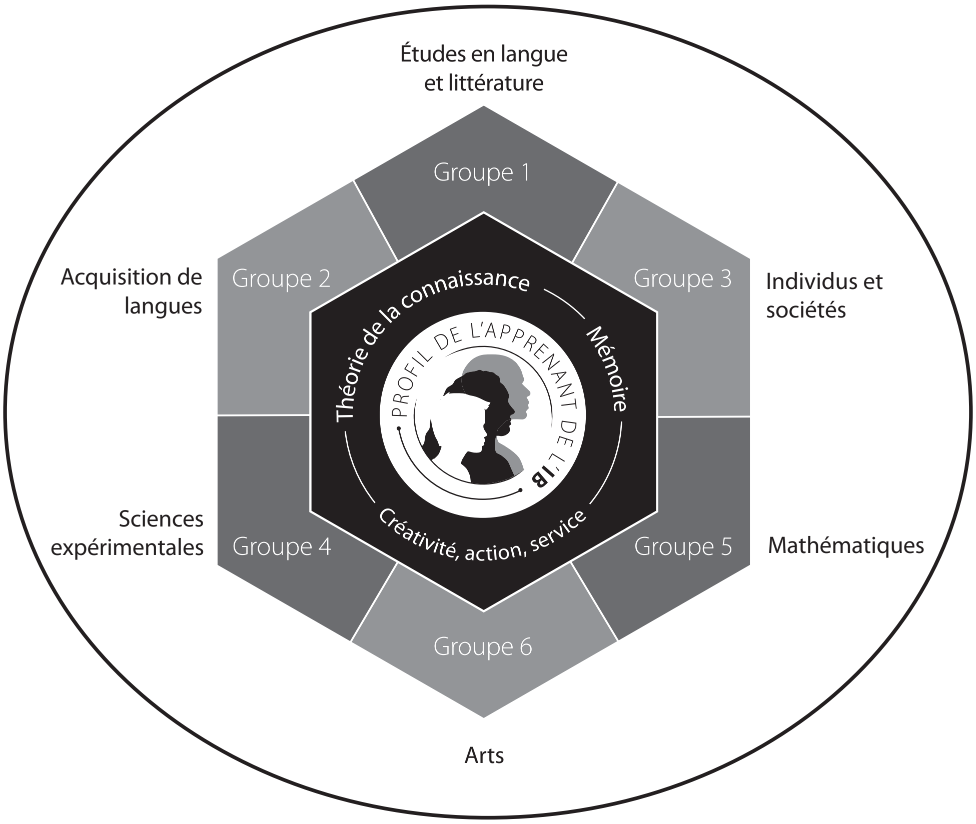

Figure 1
Structure du Programme du diplôme

Choix de la bonne combinaison

Les élèves doivent choisir une matière dans chaque domaine d'études. Ils ont cependant la possibilité de choisir une deuxième matière dans les groupes 1 à 5 à la place d'une matière du groupe 6. En principe, trois matières (et quatre au plus) doivent être présentées au niveau supérieur (NS) et les autres au niveau moyen (NM). L'IB recommande 240 heures d'enseignement pour les matières du NS et 150 heures pour celles du NM. Au niveau supérieur, l'étude des matières est plus étendue et plus approfondie qu'au niveau moyen.

De nombreuses compétences sont développées à ces deux niveaux, en particulier les compétences d'analyse et de réflexion critique. À la fin du programme, les aptitudes des élèves sont évaluées au moyen d'une évaluation externe. Dans de nombreuses matières, l'évaluation finale comprend également une part de travaux évalués directement par les enseignants. Les élèves peuvent présenter les examens en anglais, en français ou en espagnol, à l'exception des matières des groupes 1 et 2, pour lesquelles les examens doivent être passés dans la langue étudiée.

Le tronc commun du programme

Tous les élèves du Programme du diplôme prennent part aux trois composantes obligatoires qui constituent le tronc commun du programme. Le travail de réflexion attendu des élèves au cours de toutes ces activités est l'un des principes sous-tendant le Programme du diplôme.

Le cours de théorie de la connaissance invite les élèves à réfléchir sur la nature de la connaissance et sur le processus d'apprentissage de toutes les matières qu'ils étudient dans le cadre du Programme du diplôme. Il les incite également à établir des liens entre les domaines d'études. Le mémoire, quant à lui, est un important travail écrit de 4 000 mots maximum permettant aux élèves d'étudier un sujet de leur choix qui les intéresse tout particulièrement. Il les amène également à développer des compétences de recherche autonome qui seront attendues d'eux à l'université. Enfin, le programme de créativité, action, service implique les élèves dans un apprentissage expérientiel au moyen d'activités artistiques, sportives, physiques et de services.

La déclaration de mission de l'IB et le profil de l'apprenant de l'IB

Le Programme du diplôme vise à développer chez les jeunes les connaissances, les compétences et les attitudes dont ils auront besoin pour atteindre les objectifs établis par l'IB, tels que définis dans la déclaration de mission de l'organisation et dans le profil de l'apprenant. Ainsi, l'enseignement et l'apprentissage dans le Programme du diplôme sont la concrétisation quotidienne de la philosophie pédagogique de l'organisation.

Nature du cours

Introduction

La nature des mathématiques peut être résumée de nombreuses façons : par exemple, comme un ensemble bien défini de connaissances, comme un système d'idées abstraites, ou comme un outil utile. Pour beaucoup, il s'agit probablement d'une combinaison de ces trois éléments mais il n'y a aucun doute quant au fait que le savoir mathématique est fondamental pour comprendre le monde dans lequel nous vivons. Les mathématiques interviennent dans notre vie de nombreuses façons : lorsque nous faisons des achats au marché, consultons un horaire, lisons le journal, chronométrons un procédé ou estimons une longueur. Pour la plupart d'entre nous, les mathématiques interviennent également dans la profession que nous avons choisie : les artistes graphiques doivent apprendre la perspective, les musiciens doivent apprécier les relations mathématiques inhérentes à un rythme et entre des rythmes différents, les économistes doivent reconnaître les tendances dans les marchés financiers et les ingénieurs doivent prendre en considération les modèles de résistance des différents matériaux. Les scientifiques considèrent les mathématiques comme un langage essentiel à notre compréhension des phénomènes qui surviennent dans le monde naturel. Certains apprécient les défis que leur offre la logique mathématique et l'aventure qu'une preuve mathématique peut représenter du point de vue du raisonnement. D'autres apprécient le côté esthétique des mathématiques et les considèrent même comme une pierre angulaire de la philosophie. L'omniprésence des mathématiques dans nos vies, avec toutes ses connexions interdisciplinaires, suffit à justifier l'étude obligatoire de cette matière pour les élèves préparant le diplôme complet.

Résumé des cours proposés

Chaque élève ayant des besoins, des aptitudes et des intérêts différents, il y a quatre cours de mathématiques différents. Ces cours sont conçus pour différents types d'élèves : ceux qui désirent approfondir l'étude des mathématiques comme une matière à part entière ou par intérêt pour des domaines connexes aux mathématiques, ceux qui souhaitent atteindre un certain niveau de compréhension et de compétence en mathématiques afin d'améliorer leur compréhension d'autres disciplines et enfin, ceux qui ne réalisent peut-être pas encore l'importance des mathématiques pour leurs études et dans leur quotidien. Chaque cours est conçu pour satisfaire les besoins d'un groupe particulier d'élèves. Il est donc essentiel de choisir avec soin le cours qui convient le mieux à chaque élève.

Lors de ce choix, il est conseillé à chaque élève de tenir compte des points suivants :

- ses aptitudes personnelles en mathématiques et le type de mathématiques dans lesquelles il peut réussir ;
- son propre intérêt pour les mathématiques et en particulier pour les domaines spécifiques de cette matière qui l'intéressent le plus ;
- les autres matières qu'il a choisies dans le cadre du Programme du diplôme ;
- ses projets d'études, en particulier, les matières qu'il souhaite étudier dans le futur ;
- ses choix de carrière.

On attend des enseignants qu'ils aident leurs élèves à faire leur choix et les conseillent dans ce sens.

Études mathématiques NM

Ce cours est offert uniquement au niveau moyen et son statut est équivalent au cours de mathématiques NM, mais il répond à des besoins différents. Il met l'accent sur les applications des mathématiques et la plus grande partie du cours porte sur les techniques statistiques. Il est conçu pour les élèves ayant des aptitudes et des acquis mathématiques variés. Il donne aux élèves l'occasion d'apprendre des techniques et des concepts importants et d'acquérir une compréhension d'une large variété de thèmes mathématiques. Il prépare les élèves à être capables de résoudre des problèmes dans diverses situations, de développer des raisonnements mathématiques plus sophistiqués et de développer leur sens critique. Le projet individuel est un travail important reposant sur une recherche personnelle impliquant le recueil, l'analyse et l'évaluation de données. Les élèves choisissant ce cours sont bien préparés pour une carrière dans les sciences sociales, les sciences humaines, les langues ou les arts. Ils auront peut-être besoin dans leurs études futures d'utiliser les statistiques et le raisonnement logique qu'ils auront appris dans le cadre du cours d'études mathématiques NM.

Mathématiques NM

Ce cours s'adresse à des élèves qui possèdent déjà une connaissance des concepts mathématiques de base et qui ont les compétences requises pour appliquer correctement des techniques mathématiques simples. La plupart de ces élèves pensent avoir besoin de solides connaissances en mathématiques alors qu'ils se préparent à poursuivre leurs études dans des domaines comme la chimie, l'économie, la psychologie et la gestion d'entreprise.

Mathématiques NS

Ce cours s'adresse à des élèves ayant de bonnes connaissances en mathématiques et qui possèdent une variété de compétences techniques et analytiques. Pour la majorité de ces élèves, les mathématiques occuperont une place importante dans leurs études supérieures, soit comme matière à part entière, soit dans le cadre d'autres matières comme la physique, l'ingénierie ou la technologie. D'autres élèves peuvent choisir ce cours parce qu'ils ont un intérêt très marqué pour les mathématiques et qu'ils aiment relever les défis et résoudre les problèmes propres à cette matière.

Mathématiques complémentaires NS

Ce cours est offert uniquement au niveau supérieur. Il s'adresse à des élèves qui ont de très bonnes connaissances en mathématiques, qui possèdent un éventail de compétences techniques et analytiques de haut niveau et qui manifestent un intérêt considérable pour cette matière. La plupart de ces élèves ont l'intention de poursuivre l'étude des mathématiques à l'université, soit en tant que matière à part entière, soit en tant que composante majeure d'une matière connexe. Ce cours est spécialement conçu pour permettre aux élèves d'étudier en profondeur diverses branches des mathématiques et d'en apprécier les applications pratiques. Il est attendu des élèves qui suivent ce cours qu'ils suivent également le cours de mathématiques NS.

Remarque : le cours de mathématiques NS est une matière idéale pour des élèves pour qui les mathématiques occuperont une place importante dans leurs études supérieures, soit comme matière à part entière, soit dans le cadre d'autres matières comme la physique, l'ingénierie ou la technologie. Ces élèves ne doivent pas obligatoirement suivre le cours de mathématiques complémentaires NS ; cette matière doit plutôt être considérée comme une option pour des élèves particulièrement doués et intéressés par les mathématiques, leur permettant d'étudier des aspects plus étendus et approfondis de cette discipline. Il ne s'agit en aucun cas d'une qualification nécessaire pour poursuivre des études en vue d'obtenir un diplôme universitaire en mathématiques.

Description détaillée du cours de mathématiques NM

Ce cours s'attache à présenter des concepts mathématiques importants par le développement de techniques mathématiques. Le but est de familiariser les élèves avec ces concepts de façon cohérente et compréhensible, plutôt que d'insister sur la rigueur mathématique exigée dans le cours de mathématiques NS. Les élèves doivent, dans la mesure du possible, appliquer les connaissances mathématiques qu'ils ont acquises à la résolution de problèmes concrets, situés dans un contexte pertinent.

L'exploration, qui constitue la composante évaluée en interne, permet aux élèves de développer leur autonomie dans leur apprentissage mathématique. Les élèves sont encouragés à adopter une approche réfléchie face à des activités mathématiques variées et d'explorer différentes idées mathématiques. L'exploration permet également aux élèves de travailler sans les contraintes de temps des épreuves écrites et de développer les compétences nécessaires à la communication d'idées mathématiques.

Ce cours n'a cependant pas la profondeur du cours de mathématiques NS. Les élèves qui désirent étudier des matières avec un important contenu mathématique devraient donc plutôt choisir le cours de mathématiques NS plutôt qu'un cours de mathématiques NM.

Acquis préliminaires

Les mathématiques sont une matière dont le programme est linéaire, et on attend de la plupart des élèves qui commencent un cours de mathématiques du Programme du diplôme qu'ils aient étudié les mathématiques pendant au moins dix années. Les thèmes qu'ils ont étudiés sont très variés, tout comme les méthodes d'enseignement et d'apprentissage auxquelles ils ont été exposés. Ainsi, les élèves disposent de compétences et de connaissances variées lorsqu'ils débutent le cours de mathématiques NM. La plupart des élèves ont des connaissances en arithmétique, algèbre, géométrie, trigonométrie, probabilités et statistiques. Certains ont déjà emprunté une approche reposant sur la recherche, et ont peut-être déjà eu la possibilité de réaliser un projet important en mathématiques.

Au début de la section détaillant le programme figure une liste de thèmes considérés comme relevant des acquis préliminaires pour le cours de mathématiques NM. Il est possible que cette liste contienne des thèmes que certains élèves ne connaissent pas, mais il est escompté que ces derniers soient familiarisés avec d'autres thèmes du programme même. Les enseignants doivent planifier leurs cours pour y inclure les thèmes signalés qui ne sont pas connus de leurs élèves.

Liens avec le Programme de premier cycle secondaire

Les thèmes liés aux acquis préliminaires pour le cours du Programme du diplôme ont été écrits en conjonction avec le guide de mathématiques du Programme de premier cycle secondaire (PPCS). Les méthodes d'enseignement et d'apprentissage pour les mathématiques dans le Programme du diplôme sont développées dans la continuité des approches utilisées dans le PPCS. Elles comprennent la recherche, l'exploration et un éventail d'outils d'évaluation.

Le document intitulé *Le continuum de mathématiques de l'IB : du PPCS au Programme du diplôme* (novembre 2010) est disponible sur les pages du Centre pédagogique en ligne (CPEL) consacrées aux cours de mathématiques du Programme du diplôme. Cette publication approfondie est focalisée sur l'alignement des mathématiques entre le PPCS et le Programme du diplôme. Elle a été élaborée en réponse aux retours d'information reçus de la part des écoles du monde de l'IB qui ont exprimé le besoin d'articuler la transition du PPCS au Programme du diplôme pour les mathématiques. Cette publication souligne également les similarités et les différences entre les mathématiques du PPCS et celles du Programme du diplôme. Il s'agit d'une ressource précieuse pour les enseignants.

Mathématiques et théorie de la connaissance

Le guide *Théorie de la connaissance* (mars 2006) identifie quatre modes de la connaissance, qui sont considérés comme jouant tous un rôle dans l'acquisition des connaissances mathématiques. Bien qu'elles soient peut-être initialement inspirées par des données issues de la perception sensorielle, les mathématiques sont dominées par la raison, et certains mathématiciens affirment que leur matière est un langage, qui est, en quelque sorte, universel. Il n'y a également aucun doute sur le fait que les mathématiciens perçoivent la beauté dans les mathématiques et que l'émotion peut jouer un rôle déterminant dans la recherche des connaissances mathématiques.

En tant que domaine de la connaissance, les mathématiques semblent proposer une certitude qui peut être absente des autres disciplines. Cela peut être en lien avec la « pureté » de cette matière, qui semble parfois être éloignée de la réalité. Cependant, les mathématiques fournissent également des connaissances importantes sur le monde, et la pratique des mathématiques en science et technologie est l'une des forces motrices du progrès scientifique.

En dépit de toute la puissance indiscutable de cette discipline dans les domaines de la compréhension et du progrès, les mathématiques sont dans le fond un phénomène troublant. L'une des questions fondamentales pour tout sujet connaissant est de savoir si les connaissances mathématiques existent réellement indépendamment de notre réflexion. Sont-elles « en attente d'être découvertes » ou sont-elles une création humaine ?

L'attention des élèves doit être attirée sur les questions associant théorie de la connaissance (TdC) et mathématiques et ils doivent être encouragés à soulever de telles questions eux-mêmes en cours de mathématiques et en cours de théorie de la connaissance. Cela implique notamment de remettre en question toutes les affirmations énoncées plus haut dans cette section du guide. Des exemples de problématiques liées à la TdC sont donnés dans la colonne « Liens » des tableaux de la section « Contenu du programme ». Les enseignants peuvent également discuter de questions telles que celles soulevées dans la section « Domaines de la connaissance » du guide de TdC.

Les mathématiques et la dimension internationale

Les mathématiques sont, en un sens, un langage international et, hormis des notations légèrement différentes, les mathématiciens du monde entier peuvent communiquer dans leur domaine. Les mathématiques transcendent les politiques, les religions et les nationalités. Tout au long de l'Histoire, les grandes civilisations ont dû leur succès en partie à la capacité de leurs mathématiciens à créer et maintenir des structures sociales et architecturales complexes.

Certes les technologies de l'information et de la communication ont bénéficié de récentes avancées, mais l'échange d'informations et d'idées mathématiques à l'échelle mondiale n'est pas un phénomène nouveau et a été essentiel pour l'évolution des mathématiques. En effet, un certain nombre des fondements des mathématiques modernes ont été posés, entre autres, par les civilisations arabe, grecque, indienne et chinoise, il y a de cela plusieurs siècles. Les enseignants peuvent utiliser des sites Internet pour présenter de manière chronologique les contributions des différentes civilisations aux mathématiques, non seulement pour leur contenu mathématique, mais également pour illustrer les caractères et les personnalités des mathématiciens concernés, ainsi que le contexte historique au sein duquel ils ont travaillé, afin de mettre en évidence la dimension humaine et culturelle des mathématiques.

L'importance des sciences et de la technologie dans le quotidien est claire, mais le rôle primordial des mathématiques n'est pas aussi bien reconnu. Les mathématiques sont le langage de la science et sont à la base de la plupart des développements en science et technologie. La révolution digitale, qui est en train de transformer le monde, en est un bon exemple puisqu'elle s'appuie entièrement sur le système de numération binaire des mathématiques.

Il existe maintenant beaucoup d'organismes internationaux chargés de promouvoir les mathématiques. Les élèves sont encouragés à consulter les sites Internet d'organisations mathématiques internationales pour développer leur appréciation de la dimension internationale de cette matière et prendre part aux questions d'ordre mondial qui s'y rapportent.

Des exemples de questions d'ordre mondial concernant la sensibilité internationale sont donnés dans la colonne « Liens » des tableaux de la section « Contenu du programme ».

Objectifs globaux

Objectifs globaux du groupe 5

Les objectifs de tous les cours de mathématiques du groupe 5 visent à permettre aux élèves :

1. de prendre plaisir à faire des mathématiques, et de développer un goût pour l'élégance et la puissance des mathématiques ;
2. de développer une compréhension des principes et de la nature des mathématiques ;
3. de communiquer de façon claire et avec assurance dans différents contextes ;
4. de développer la pensée logique, critique et créative ainsi que la patience et la ténacité dans la résolution de problèmes ;
5. d'utiliser et d'affiner leur capacité à l'abstraction et à la généralisation ;
6. d'appliquer et de transposer des compétences à d'autres situations, à d'autres domaines de la connaissance et à des développements futurs ;
7. d'apprécier comment les développements en technologie et en mathématiques s'influencent mutuellement ;
8. d'apprécier les implications morales, sociales et éthiques soulevées par les travaux des mathématiciens et les applications des mathématiques ;
9. d'apprécier la dimension internationale des mathématiques en prenant conscience de leur universalité et de leurs perspectives multiculturelles et historiques ;
10. d'apprécier la contribution des mathématiques à d'autres disciplines, et comme « domaine de la connaissance » à part entière dans le cadre du cours de TdC.

Objectifs d’évaluation

La résolution de problèmes est au cœur de l’apprentissage des mathématiques, et cela implique l’acquisition de concepts et de compétences mathématiques dans un large éventail de situations, y compris des problèmes ouverts, dans des contextes nouveaux et tirés du monde réel. Les élèves ayant suivi un cours de mathématiques NM du Programme du diplôme doivent être en mesure de démontrer les capacités suivantes.

1. **Connaissances et compréhension :** se souvenir, sélectionner et utiliser leurs connaissances des faits, concepts et techniques mathématiques dans une variété de contextes familiers ou nouveaux.
2. **Résolution de problèmes :** se souvenir, sélectionner et utiliser leurs connaissances des compétences, résultats et modèles mathématiques dans des contextes aussi bien réels qu’abstraits pour résoudre des problèmes.
3. **Communication et interprétation :** transposer des contextes courants du monde réel en mathématiques ; commenter ce contexte ; esquisser ou dessiner des diagrammes, représentations graphiques ou constructions mathématiques aussi bien sur papier qu’en utilisant la technologie ; prendre note des méthodes, solutions et conclusions en utilisant des notations standard.
4. **Technologie :** utiliser la technologie de façon appropriée, rigoureuse et efficace, à la fois pour explorer de nouvelles idées et pour résoudre des problèmes.
5. **Raisonnement :** formuler une argumentation mathématique en utilisant des affirmations précises, des déductions et des inférences logiques, et par la manipulation d’expressions mathématiques.
6. **Approche par investigation :** explorer des situations inhabituelles, aussi bien abstraites que venant du monde réel, nécessitant l’organisation et l’analyse d’informations, l’élaboration de conjectures et de conclusions et la critique de leur validité.

Résumé du programme

Composantes du programme	Heures d'enseignement NM
Tous les thèmes sont obligatoires. Les élèves doivent étudier tous les sujets de chacun des thèmes du programme tels que listés dans ce guide. Les élèves doivent également connaître l'ensemble des thèmes liés aux acquis préliminaires.	
Thème 1 Algèbre	9
Thème 2 Fonctions et équations	24
Thème 3 Fonctions trigonométriques et trigonométrie	16
Thème 4 Vecteurs	16
Thème 5 Statistiques et probabilités	35
Thème 6 Analyse	40
Exploration mathématique L'évaluation interne en mathématiques NM est une exploration individuelle. Il s'agit d'un travail écrit impliquant une investigation dans un domaine des mathématiques.	10
Nombre total d'heures d'enseignement	**150**

Manières d'aborder l'enseignement et l'apprentissage du cours

Tout au long du cours de mathématiques NM du Programme du diplôme, les élèves sont encouragés à développer leur compréhension de la méthodologie et de la pratique des mathématiques. Les processus d'**investigation mathématique**, de **modélisation et des applications mathématiques** ainsi que **l'utilisation de la technologie** doivent être introduits opportunément. Ces processus doivent être utilisés tout au long du cours et non pas traités de manière isolée.

Investigation mathématique

Dans le profil de l'apprenant de l'IB, l'apprentissage par l'expérimentation, le questionnement et la découverte sont encouragés. Dans une classe de l'IB, les élèves apprendront généralement les mathématiques en étant des participants actifs d'activités d'apprentissage plutôt que des auditeurs passifs d'instructions. Les enseignants doivent donc fournir aux élèves des opportunités d'apprendre à travers une investigation mathématique. Cette approche est illustrée par la figure 2.

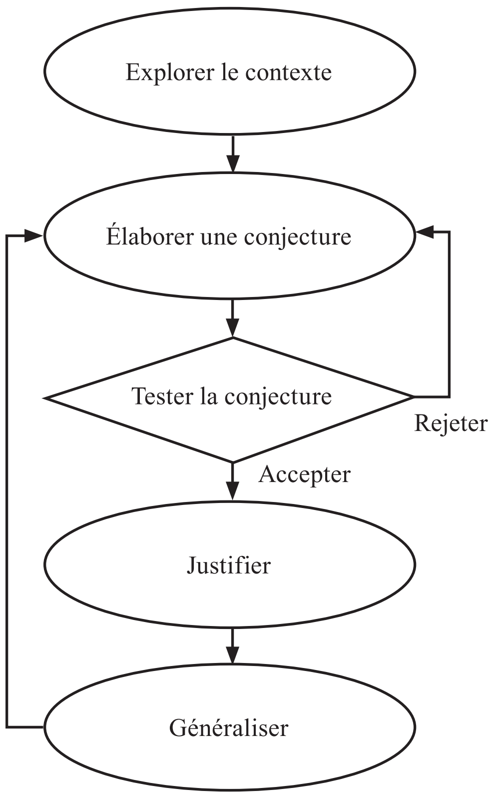

Figure 2

Modélisation et applications mathématiques

Les élèves doivent être capables d'utiliser les mathématiques pour résoudre des problèmes du monde concret. Impliquer les élèves dans un processus de modélisation mathématique leur en donne l'occasion. Les élèves doivent développer, appliquer et analyser de façon critique des modèles. Cette approche est illustrée par la figure 3.

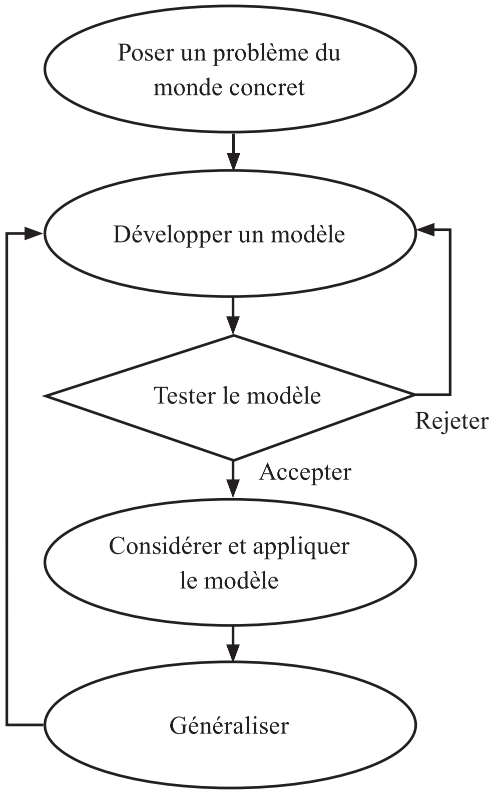

Figure 3

Technologie

La technologie est un moyen puissant d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. On peut utiliser la technologie pour améliorer la visualisation et renforcer la compréhension qu'ont les élèves des concepts mathématiques. La technologie peut aussi aider lors du recueil, de l'enregistrement, de l'organisation et de l'analyse de données. Elle permet d'élargir le champ des situations que les élèves peuvent aborder dans les problèmes. L'utilisation de la technologie augmente les possibilités pour que les élèves abordent des problèmes dans des contextes intéressants où les élèves peuvent réfléchir, raisonner, résoudre des problèmes et prendre des décisions.

Lorsque les enseignants associent les thèmes unificateurs que sont **l'investigation mathématique**, **la modélisation et les applications mathématiques**, et **l'utilisation de la technologie**, ils doivent commencer par conseiller leurs élèves, puis progressivement les encourager à devenir des penseurs et chercheurs plus indépendants. Les élèves de l'IB doivent apprendre à communiquer avec aisance le langage des mathématiques. Les enseignants doivent créer un environnement d'apprentissage sécurisant dans lequel les élèves n'ont pas peur de prendre des risques.

Les enseignants sont encouragés à faire des liens entre les mathématiques qui sont étudiées, les autres matières et le monde réel, et particulièrement les thèmes qui, pour leurs élèves, ont un intérêt ou une signification particulière. Des problèmes et des questions de la vie de tous les jours peuvent être introduits dans les leçons pour motiver les élèves et donner du sens à la matière ; des suggestions sont fournies dans la colonne « Liens » du programme. L'exploration mathématique offre la possibilité d'étudier l'utilité, la pertinence et l'occurrence des mathématiques dans le monde réel et elle ajoutera une dimension supplémentaire au cours. L'accent est mis sur la communication avec l'utilisation d'outils de présentation mathématique (par exemple, formules, diagrammes, représentations graphiques, etc.) accompagnés de commentaires. La modélisation, l'investigation, la réflexion, la communication mathématique et l'engagement personnel doivent dès lors être mis en avant dans la classe de mathématiques du Programme du diplôme.

Pour obtenir des informations complémentaires concernant les « Méthodes d'enseignement d'un cours du Programme du diplôme », veuillez vous référer à la publication *Le Programme du diplôme : des principes à la pratique* (avril 2009). Les enseignants trouveront des ressources variées sur le CPEL ainsi que des informations concernant les ateliers de perfectionnement professionnel sur le site Web public de l'IB.

Présentation du programme

- **Contenu :** la première colonne liste les sujets qui doivent être enseignés pour chaque thème.
- **Recommandations supplémentaires :** cette colonne contient des informations plus détaillées sur les sujets spécifiques listés dans la colonne « Contenu ». Elle précise le contenu pour les épreuves écrites.
- **Liens :** cette colonne fournit des liens utiles vers les objectifs globaux du cours de mathématiques NM ainsi que des suggestions de débat, des exemples de la vie quotidienne et des idées d'explorations. **Ces suggestions sont données à titre indicatif pour introduire et illustrer le sujet et ne sont pas exhaustives.** Ces liens sont titrés de la manière suivante.

Application	exemples de la vie quotidienne et liens avec d'autres matières du Programme du diplôme
Objectif global 8	implications morales, sociales et éthiques de ce sujet
Dimension internationale	sensibilité internationale en lien avec le thème
Théorie de la connaissance	suggestions de sujets à débattre

Veuillez noter que toute référence à des guides pédagogiques d'autres matières dans la colonne « Liens » correspond à l'édition de ces guides en vigueur en 2012.

Notes à propos du programme

- Les formules qui se trouvent dans ce document y apparaissent uniquement pour lever d'éventuelles ambiguïtés. Toutes les formules nécessaires pour ce cours sont dans le livret de formules pour le cours de mathématiques NM.
- Le terme « technologie » est utilisé pour signifier tout type de calculatrices ou d'ordinateurs mis à la disposition des élèves. Il y aura cependant des restrictions sur le type de technologie autorisée en examen. Elles seront précisées dans les documents appropriés.
- Les termes « analytique » et « approche analytique » sont généralement utilisés en référence à une approche qui n'utilise pas la technologie.

Programme d’études

Le contenu de l’ensemble des six thèmes du programme doit être enseigné, mais pas nécessairement dans l’ordre dans lequel ils apparaissent dans ce guide. On attend des enseignants qu’ils élaborent un programme d’études qui couvre les besoins de leurs élèves et qui comprenne, si nécessaire, les thèmes cités parmi les acquis préliminaires.

Intégration du travail mené dans le cadre de l’exploration mathématique

Le travail mené dans le cadre de l’exploration doit être intégré au sein du programme d’études. De plus amples informations sur la marche à suivre sont présentées dans la section sur l’évaluation interne et dans le matériel de soutien pédagogique.

Volume horaire

Le nombre d’heures d’enseignement recommandé pour les cours au niveau moyen est de 150 heures. Pour les mathématiques NM, il est prévu de consacrer 10 heures à l’exploration. La répartition des heures d’enseignement donnée dans ce guide est approximative et vise simplement à suggérer comment répartir les 140 heures d’enseignement restantes. Cependant, le temps exact consacré à chaque thème dépendra d’un certain nombre de facteurs, notamment des acquis préliminaires et du niveau de préparation de chaque élève. Les enseignants devront donc adapter ces durées aux besoins de leurs élèves.

Utilisation de calculatrices

Les élèves doivent disposer d’une calculatrice à écran graphique à tout moment durant le cours. Les capacités minimales requises sont révisées en parallèle avec les avancées technologiques. Les informations mises à jour seront fournies aux établissements scolaires. Les enseignants et les établissements scolaires doivent contrôler l’usage des calculatrices en se référant à la politique qui régit leur utilisation. Les règles concernant les types de calculatrices autorisées pour les examens sont détaillées dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*. Des informations supplémentaires et des conseils sont disponibles dans la publication *Mathématiques NS/NM (calculatrices à écran graphique) – Matériel de soutien pédagogique* (septembre 2005) et sur le CPEL.

Livret de formules pour le cours de mathématiques NM

Chaque élève doit disposer d’un exemplaire non annoté de ce livret pendant les épreuves d’examen. Il est recommandé aux enseignants de s’assurer que leurs élèves connaissent le contenu de ce document dès le début du cours. Il est de la responsabilité des établissements scolaires d’en télécharger un exemplaire depuis IBIS ou depuis le CPEL, de vérifier qu’il n’y a pas d’erreur d’impression et de s’assurer que suffisamment d’exemplaires sont disponibles pour tous les élèves.

Matériel de soutien pédagogique

Du matériel de soutien pédagogique varié accompagne ce guide. Il contient des conseils pour les enseignants sur l’introduction, la planification et l’évaluation des explorations ainsi que des spécimens d’épreuves d’examen et de barèmes de notation.

Mots-consignes et liste des notations

Les enseignants et les élèves doivent se familiariser avec les notations et les mots-consignes de l’IB, puisque ceux-ci seront utilisés sans explication dans les sujets d’examen. Le « Glossaire des mots-consignes » et la « Liste des notations » sont donnés en annexe de ce guide.

Thèmes liés aux acquis préliminaires

Comme indiqué dans la section précédente sur les acquis préliminaires, tous les élèves doivent déjà posséder des connaissances approfondies en mathématiques, mais les enseignants doivent s'attendre à ce que ces connaissances soient diverses. Les élèves de mathématiques NM doivent connaître les thèmes suivants avant de passer les épreuves d'examen car les questions d'examen sont élaborées en partant du principe que ces connaissances sont acquises. Les enseignants doivent donc s'assurer que tous les thèmes mentionnés ici qui ne sont pas maîtrisés par leurs élèves au début du cours soient introduits très tôt. Ils doivent également prendre en compte les connaissances mathématiques acquises par leurs élèves afin de concevoir un programme d'études approprié pour le cours de mathématiques NM. Ce tableau liste les connaissances qui, avec le contenu du programme, sont essentiels pour suivre avec succès le cours de mathématiques NM.

Les élèves doivent connaître le Système international (SI) d'unités de longueur, de masse et de temps, ainsi que les unités qui en sont dérivées.

Thème	Contenu
Nombres	Utilisation élémentaire de l'addition, de la soustraction, de la multiplication et de la division sur les nombres entiers, les nombres décimaux et les fractions simples, y compris l'ordre des opérations. Exposants positifs simples. Simplification d'expressions comportant des racines (nombres irrationnels ou radicaux). Nombres premiers et facteurs premiers, y compris le plus grand commun diviseur et le plus petit commun multiple. Applications simples des rapports, pourcentages et proportions liées au concept de similarité. Définition et traitement élémentaire de la valeur absolue (module), $\lvert a \rvert$. Arrondis, approximations décimales et chiffres significatifs, y compris l'appréciation des erreurs. Expression des nombres sous la forme standard (notation scientifique), c'est-à-dire, $a \times 10^k$, $1 \leq a < 10$, $k \in \mathbb{Z}$.

Thème	Contenu
Ensembles et nombres	Concepts d'ensemble, d'élément, d'ensemble universel (référence), d'ensemble vide, de complémentaire, de sous-ensemble, d'égalité d'ensembles, d'ensembles disjoints et les notations associées à ces concepts. Opérations sur les ensembles : union et intersection. Commutativité, associativité et distributivité. Diagrammes de Venn. Les ensembles de nombres : entiers naturels, $\mathbb{N}$; entiers relatifs, $\mathbb{Z}$; nombres rationnels, $\mathbb{Q}$, et irrationnels ; nombres réels, $\mathbb{R}$. Intervalles sur la droite des nombres réels utilisant la notation des ensembles et les inégalités. Expression de l'ensemble-solution d'une inéquation du premier degré sur la droite numérique et avec la notation des ensembles. Application des éléments d'un ensemble dans un autre. Représentations au moyen d'ensembles de couples ordonnés, de tableaux, de diagrammes et de représentations graphiques.
Algèbre	Manipulation d'expressions algébriques simples ; pratique de la factorisation et du développement, y compris sur des expressions du second degré. Réarrangement, calcul et combinaison de formules simples. Des exemples d'autres matières, particulièrement des matières scientifiques, doivent être inclus. La fonction affine et sa représentation graphique, sa pente et son ordonnée à l'origine. Addition et soustraction de fractions algébriques. Propriétés des relations d'ordre : $<, \leq, >, \geq$. Résolution d'équations et d'inéquations à une inconnue, y compris celles avec coefficients rationnels. Résolution de systèmes d'équations à deux inconnues.
Trigonométrie	Mesure des angles en degrés. Directions et positions données au compas (la position d'un point B par rapport à un point A est l'angle de rotation, dans le sens des aiguilles d'une montre, entre une droite dirigée vers le nord et passant par A et AB. Cet angle s'exprime en degrés et est une mesure à 3 chiffres ; par exemple, 045°, 229°). La trigonométrie dans le triangle rectangle. Applications simples à la résolution des triangles. Le théorème de Pythagore et sa réciproque.

Thème	Contenu
Géométrie	Transformations géométriques simples : translation, symétrie, rotation, homothétie. Congruence et similarité, y compris le concept de rapport d'une homothétie. Le cercle, son centre et son rayon, son aire et sa circonférence. Les termes « arc », « secteur », « corde », « tangente » et « segment ». Périmètre et aire de figures planes. Propriétés des triangles et quadrilatères, y compris les parallélogrammes, losanges, rectangles, carrés, cerfs-volants et trapèzes ; figures composées. Volumes des prismes, pyramides, sphères, cylindres et cônes.
Géométrie analytique	Géométrie élémentaire du plan, y compris les concepts de dimension pour le point, la droite, le plan et l'espace. L'équation d'une droite sous la forme $y = mx + c$. Droites parallèles et perpendiculaires, y compris $m_1 = m_2$ et $m_1 m_2 = -1$. Géométrie de figures planes simples. Le plan cartésien : couples ordonnés (x, y), origine, axes. Le milieu d'un segment de droite et la distance entre deux points du plan cartésien ou de l'espace en trois dimensions.
Statistiques et probabilités	Statistiques descriptives : recueil de données brutes, représentation des données sous forme de représentations graphiques ou de diagrammes (par exemple, diagrammes circulaires, pictogrammes, diagrammes à tiges et feuilles, graphiques en bâtons et graphiques linéaires). Obtenir des statistiques simples à partir de données discrètes et continues, y compris moyenne, médiane, mode, quartiles, étendue, intervalle interquartile. Calculer les probabilités d'événements simples.

Contenu du programme

Thème 1 – Algèbre

9 heures

L'objectif de ce thème est d'initier les élèves à certains concepts et applications algébriques de base.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
1.1	Suites et séries arithmétiques ; somme des séries arithmétiques finies ; suites et séries géométriques ; somme des séries géométriques finies et infinies. La notation sigma. Applications.	La technologie peut être utilisée de différentes façons pour générer et afficher des suites. Lien avec les fonctions exponentielles en 2.6. Les exemples comprennent les intérêts composés et la croissance d'une population.	**Dimension internationale :** la légende du jeu d'échecs (Sissa Ben Dahir). **Dimension internationale :** Âryabhata est quelquefois considéré comme le « père de l'algèbre ». Comparer avec al-Khawarizmi. **Théorie de la connaissance :** comment Gauss a-t-il fait la somme des entiers de 1 à 100 ? Discuter de l'idée que l'intuition mathématique est à la source des démonstrations formelles. **Théorie de la connaissance :** débattre de la validité de la notion d'« infini ». Les finitistes comme L. Kronecker considèrent qu'un objet mathématique n'existe pas à moins qu'il puisse être construit à partir des nombres entiers naturels en un nombre fini d'étapes. **Théorie de la connaissance :** qu'est-ce que le paradoxe de la dichotomie de Zénon ? Jusqu'où les faits mathématiques peuvent-ils s'éloigner de l'intuition ?

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
1.2	Traitement élémentaire des exposants et des logarithmes. Lois des exposants ; lois des logarithmes. Changement de base.	*Exemples* : $16^{\frac{3}{4}} = 8$; $\frac{3}{4} = \log_{16} 8$; $\log 32 = 5 \log 2$; $(2^3)^{-4} = 2^{-12}$. *Exemples* : $\log_4 7 = \frac{\ln 7}{\ln 4}$, $\log_{25} 125 = \frac{\log_5 125}{\log_5 25} \left(= \frac{3}{2}\right)$. Lien avec les fonctions logarithmiques en 2.6.	**Application :** chimie 18.1 (calcul de pH). **Théorie de la connaissance :** les logarithmes sont-ils une invention ou une découverte ? (Ce thème offre aux enseignants l'occasion de développer une réflexion sur la « nature des mathématiques ».)
1.3	La formule du binôme de Newton : développement de $(a+b)^n$, $n \in \mathbb{N}$. Calcul des coefficients binomiaux avec le triangle de Pascal et $\binom{n}{r}$. **Non exigé :** le traitement formel des permutations et la formule de ${}^nP_r$.	Les dénombrements peuvent être utilisés dans le développement de ce théorème. $\binom{n}{r}$ doit pouvoir être trouvé par la formule **et** avec la technologie. *Exemple :* trouvez $\binom{6}{r}$ en saisissant $y = 6^nC_rX$ puis en lisant les coefficients dans la table. Lien avec la distribution binomiale en 5.8.	**Objectif global 8 :** le triangle de Pascal. Attribution d'une découverte mathématique au mauvais mathématicien. **Dimension internationale :** le soi-disant « triangle de Pascal » était connu en Chine bien avant Pascal.

Thème 2 – Fonctions et équations — 24 heures

Les objectifs de ce thème sont d'explorer la notion de fonction en tant que thème unificateur en mathématiques et d'utiliser les fonctions dans des situations mathématiques variées. On s'attend à une importante utilisation de la technologie (tant pour le développement que pour l'application de ce thème) plutôt que l'acquisition de techniques analytiques élaborées. Dans les épreuves d'examen, on pourra poser des questions demandant la représentation graphique de fonctions qui ne sont pas explicitement mentionnées dans le programme et les élèves peuvent avoir à choisir la fenêtre de visualisation appropriée. Pour les fonctions explicitement mentionnées, on pourra aussi poser des questions sur la composition de ces fonctions avec la fonction affine $y = ax + b$.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.1	Le concept de fonction : $f : x \mapsto f(x)$. Domaine, image de *f* ; image (valeur).	*Exemple* : pour $x \mapsto \sqrt{2-x}$, le domaine est $x \le 2$, l'image de *f* est $y \ge 0$. Une représentation graphique peut aider à visualiser l'image d'une fonction.	**Dimension internationale :** le développement de l'étude des fonctions, René Descartes (France), Gottfried Wilhelm Leibniz (Allemagne) et Leonhard Euler (Suisse).
	Fonctions composées.	$(f \circ g)(x) = f(g(x))$.	**Théorie de la connaissance :** est-ce que zéro est la même chose que « rien » ?
	Fonction identité. Fonction réciproque f^{-1}. **Non exigé :** restriction du domaine.	$(f \circ f^{-1})(x) = (f^{-1} \circ f)(x) = x$. Dans les épreuves d'examen, on demandera uniquement aux élèves de trouver la réciproque d'une fonction bijective.	**Théorie de la connaissance :** les mathématiques sont-elles un langage formel ?

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.2	Représentation graphique d'une fonction ; son équation $y = f(x)$.		**Application :** chimie 11.3.1 (esquisser et interpréter des représentations graphiques) ; compétences géographiques. **Théorie de la connaissance :** à quel point la représentation visuelle d'un concept mathématique est-elle exacte ? (Les limites des informations qu'une représentation graphique peut donner à propos d'une fonction ou plus généralement d'un phénomène, l'importance des méthodes de représentation.)
	Techniques de représentation graphique des fonctions.	**Noter** la différence entre les mots-consignes « dessiner » et « esquisser ».	
	Recherche des éléments clés d'une représentation graphique, tels que les valeurs maximums et minimums, les abscisses et ordonnées à l'origine, les asymptotes horizontales et verticales, les symétries et toute considération sur le domaine et l'image de la fonction.		
	Utilisation de la technologie pour représenter graphiquement une variété de fonctions, y compris celles qui ne sont pas spécifiquement mentionnées.	On attend aussi une approche analytique pour les fonctions simples, y compris toutes celles qui sont listées sous le thème 2.	
	La représentation graphique de $y = f^{-1}(x)$ en tant que symétrie par rapport à la droite $y = x$ de la représentation graphique de $y = f(x)$.	Lien avec les maximums et minimums locaux en 6.3.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.3	Transformations des représentations graphiques : Translations : $y = f(x) + b$; $y = f(x - a)$. Symétries (par rapport aux axes) : $y = -f(x)$; $y = f(-x)$. Affinité verticale de rapport p : $y = pf(x)$. Affinité de rapport $\frac{1}{q}$ dans la direction de l'axe des abscisses : $y = f\left(qx\right)$. Composition des transformations.	La technologie doit être utilisée pour explorer ces transformations. La translation de vecteur $\begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}$ représente un déplacement horizontal de 3 unités vers la droite, et un déplacement vertical de 2 unités vers le bas. *Exemple :* $y = x^2$ utilisé pour obtenir $y = 3x^2 + 2$ par une affinité de rapport 3 dans la direction de l'axe des ordonnées suivie d'une translation de $\begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$.	**Application :** économie 1.1 (translation des courbes de l'offre et de la demande).
2.4	La fonction du second degré : $x \mapsto ax^2 + bx + c$: sa représentation graphique, son ordonnée à l'origine $(0, c)$. Axe de symétrie. La forme $x \mapsto a(x - p)(x - q)$, les abscisses à l'origine $(p, 0)$ et $(q, 0)$. La forme $x \mapsto a(x - h)^2 + k$, le sommet (h, k).	On attend des candidats qu'ils soient capables de passer d'une forme à l'autre. Liens avec les transformations en 2.3 et les équations du second degré en 2.7.	**Application :** chimie 17.2 (la loi de l'équilibre). **Application :** physique 2.1 (cinématique). **Application :** physique 4.2 (mouvement harmonique simple). **Application :** physique 9.1 (NS seulement) (mouvement d'un projectile).

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.5	La fonction inverse : $x \mapsto \frac{1}{x}, : x \neq 0$: sa représentation graphique et le fait qu'elle soit sa propre fonction réciproque. La fonction rationnelle $x \mapsto \frac{ax+b}{cx+d}$ et sa représentation graphique. Asymptotes verticales et horizontales.	*Exemples* : $h(x) = \frac{4}{3x-2}, x \neq \frac{2}{3}$; $y = \frac{x+7}{2x-5}, x \neq \frac{5}{2}$. Les figures doivent inclure toutes les asymptotes et les intersections avec les axes.	
2.6	Les fonctions exponentielles et leurs représentations graphiques : $x \mapsto a^x$, $a > 0$, $x \mapsto e^x$. Les fonctions logarithmiques et leurs représentations graphiques : $x \mapsto \log_a x$, $x > 0$, $x \mapsto \ln x$, $x > 0$. Les relations entre les fonctions suivantes : $a^x = e^{x \ln a}$; $\log_a a^x = x$; $a^{\log_a x} = x$, $x > 0$.	Liens avec les suites géométriques en 1.1 ; les lois des exposants et des logarithmes en 1.2 ; les fonctions réciproques en 2.1 ; la représentation graphique des fonctions réciproques en 2.2 et les limites en 6.1.	**Dimension internationale :** la méthode des Babyloniens pour multiplier : $ab = \frac{(a+b)^2 - a^2 - b^2}{2}$. Les sulbas sutras de l'Inde ancienne et le manuscrit Bakhshali contiennent une formule algébrique résolvant l'équation du second degré.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.7	Résolution d’équations, aussi bien graphiquement qu’analytiquement. Utilisation de la technologie pour résoudre une variété d’équations, y compris celles pour lesquelles il n’y a pas d’approche analytique appropriée.	Les solutions sont appelées aussi racines d’une équation ou zéros d’une fonction. Liens avec les techniques de représentation graphique des fonctions en 2.2 ; et les équations impliquant des fonctions particulières en 2.3 – 2.6. *Exemples* : $e^x = \sin x,\ x^4 + 5x - 6 = 0$.	
	Résolution de $ax^2 + bx + c = 0$, $a \neq 0$. Les formules du second degré.		
	Le discriminant $\Delta = b^2 - 4ac$ et la nature des racines, c’est-à-dire, deux racines réelles distinctes, deux racines réelles égales, pas de racines réelles.	*Exemple :* trouver k étant donné que l’équation $3kx^2 + 2x + k = 0$ admet deux racines réelles égales.	
	Résolution d’équations exponentielles.	*Exemples* : $2^{x-1} = 10$, $\left(\frac{1}{3}\right)^x = 9^{x+1}$. Lien avec les exposants et logarithmes en 1.2.	
2.8	Applications des techniques de représentation graphique et de résolution d’équations à des situations concrètes.	Lien avec les séries géométriques en 1.1.	**Application :** intérêts composés, croissance et désintégration, mouvement d’un projectile ; distance de freinage ; circuits électriques. **Application :** physique 7.2.7 – 7.2.9, 13.2.5, 13.2.6, 13.2.8 (désintégration radioactive et demi-vie radioactive).

Thème 3 – Fonctions trigonométriques et trigonométrie 16 heures

Les objectifs de ce thème sont d'explorer les fonctions trigonométriques et de résoudre des problèmes en utilisant la trigonométrie. Dans les épreuves d'examen, l'unité sera le radian sauf indication contraire.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
3.1	Le cercle : mesure des angles en radians ; longueur d'un arc ; aire d'un secteur.	Les mesures en radians peuvent être exprimées comme des multiples exacts de π ou des nombres décimaux.	**Dimension internationale :** le calcul des dix premières décimales de π par Seki Takakazu. **Dimension internationale :** Hipparque, Ménélaüs et Ptolémée. **Dimension internationale :** pourquoi y a-t-il 360 degrés dans un cercle complet ? Liens avec les mathématiques babyloniennes. **Théorie de la connaissance :** quelle est la meilleure unité pour mesurer les angles : le radian ou le degré ? Quels sont les « meilleurs » critères pour en décider ? **Théorie de la connaissance :** les axiomes d'Euclide, les fondements de la géométrie euclidienne. Lien avec la géométrie non euclidienne.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
3.2	Définition de $\cos\theta$ et $\sin\theta$ à partir du cercle unité. Définition de $\tan\theta$ comme $\frac{\sin\theta}{\cos\theta}$. Les valeurs exactes des rapports trigonométriques pour $0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}$ et de leurs multiples.	L'équation d'une droite passant par l'origine est $y = x\tan\theta$. *Exemples* : $\sin\frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos\frac{3\pi}{4} = -\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\tan 210° = \frac{\sqrt{3}}{3}$.	**Objectif global 8 :** qui a vraiment découvert le « théorème de Pythagore » ? **Dimension internationale :** le premier texte qui parle explicitement du sinus comme une fonction d'un angle est l'Aryabhatiya d'Aryabhata (env. 510). **Théorie de la connaissance :** la trigonométrie a été développée par des civilisations et cultures successives. Comment les connaissances mathématiques sont-elles considérées d'un point de vue socioculturel ?
3.3	L'identité de Pythagore $\cos^2\theta + \sin^2\theta = 1$. Identités de l'angle double pour le sinus et le cosinus. Relations entre les rapports trigonométriques.	Des figures géométriques simples et/ou la technologie peuvent être utilisées pour illustrer les identités de l'angle double (et les autres identités trigonométriques). *Exemples* : Étant donné $\sin\theta$, trouver les valeurs possibles de $\tan\theta$ sans calculer θ. Étant donné $\cos x = \frac{3}{4}$ et que x est aigu, trouver $\sin 2x$ sans calculer x.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
3.4	Les fonctions trigonométriques : $\sin x$, $\cos x$ et $\tan x$, leurs domaines et leurs images ; leur amplitude, leur périodicité ; et leurs représentations graphiques.		**Application :** physique 4.2 (mouvement harmonique simple).
	Les fonctions composées de la forme $f(x) = a\sin\left(b(x+c)\right)+d$.	*Exemples* : $f(x) = \tan\left(x - \frac{\pi}{4}\right)$, $f(x) = 2\cos\left(3(x-4)\right)+1$.	
	Transformations.	*Exemple* : $y = \sin x$ utilisé pour obtenir $y = 3\sin 2x$ par une affinité de rapport 3 dans la direction de l'axe des ordonnées et une affinité de rapport $\frac{1}{2}$ dans la direction de l'axe des abscisses. Lien avec les transformations des représentations graphiques en 2.3.	
	Applications.	Les exemples comprennent la hauteur des marées, le mouvement d'une grande roue.	
3.5	Résolution d'équations trigonométriques dans un intervalle fini, à la fois graphiquement et analytiquement.	*Exemples* : $2\sin x = 1$, $0 \le x \le 2\pi$, $2\sin 2x = 3\cos x$, $0^{\circ} \le x \le 180^{\circ}$, $2\tan\left(3(x-4)\right) = 1$, $-\pi \le x \le 3\pi$.	
	Équations se ramenant à une équation du second degré en termes de $\sin x$, $\cos x$ ou $\tan x$. **Non exigé :** la solution générale d'équations trigonométriques.	*Exemples* : $2\sin^2 x + 5\cos x + 1 = 0$ pour $0 \le x < 4\pi$, $2\sin x = \cos 2x$, $-\pi \le x \le \pi$.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
3.6	Résolution des triangles.	Reconnaître le théorème de Pythagore comme un des cas particulier de la loi des cosinus.	**Objectif global 8 :** attribution d'une découverte mathématique au mauvais mathématicien.
	La loi des cosinus. La loi des sinus, y compris le cas ambigu. L'aire d'un triangle, $\frac{1}{2}ab\sin C$.	Lien avec le produit scalaire en 4.2 en remarquant que : $\boldsymbol{c}=\boldsymbol{a}-\boldsymbol{b} \quad \Rightarrow \quad \lvert\boldsymbol{c}\rvert^2=\lvert\boldsymbol{a}\rvert^2+\lvert\boldsymbol{b}\rvert^2-2\boldsymbol{a}\cdot\boldsymbol{b}$.	**Dimension internationale :** la loi des cosinus : Al-Kashi et Pythagore.
	Applications.	Les exemples comprennent des problèmes de navigation, des problèmes en deux et trois dimensions, avec des angles d'élévation et de dépression.	**Théorie de la connaissance :** géométrie non euclidienne : la somme des angles sur un globe est supérieure à 180°.

Thème 4 – Vecteurs

16 heures

L'objectif de ce thème est d'offrir une introduction élémentaire aux vecteurs, comprenant à la fois des approches algébriques et géométriques. L'utilisation de logiciel de géométrie dynamique est extrêmement efficace pour aider à visualiser les situations en trois dimensions.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
4.1	Les vecteurs en tant que déplacements dans le plan et dans l'espace à trois dimensions.	Lien avec la géométrie en trois dimensions, les axes des abscisses, des ordonnées et des cotes (Ox, Oy et Oz).	**Application :** physique 1.3.2 (la somme ou la différence de deux vecteurs) ; physique 2.2.2, 2.2.3 (vecteurs résultants). **Théorie de la connaissance :** comment faisons-nous le lien entre une théorie et son auteur ? Qui est à l'origine de l'analyse vectorielle : J.W. Gibbs ou O. Heaviside ?
	Les coordonnées d'un vecteur ; représentation en colonne ; $\boldsymbol{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = v_1\boldsymbol{i} + v_2\boldsymbol{j} + v_3\boldsymbol{k}$.	Les coordonnées sont données par rapport aux vecteurs unitaires $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}$ et $\boldsymbol{k}$ (base standard).	
	Approches algébriques et géométriques des thèmes suivants :	Les applications aux figures géométriques simples sont essentielles.	
	• la somme et la différence de deux vecteurs ; le vecteur nul ; le vecteur $-\boldsymbol{v}$;	La différence de $\boldsymbol{v}$ et $\boldsymbol{w}$ est $\boldsymbol{v} - \boldsymbol{w} = \boldsymbol{v} + (-\boldsymbol{w})$. Les vecteurs somme et différence peuvent être représentés par les diagonales d'un parallélogramme.	
	• la multiplication par un scalaire, $k\boldsymbol{v}$; des vecteurs parallèles ;	La multiplication par un scalaire peut être illustrée par une homothétie.	
	• la norme d'un vecteur, $\lvert\boldsymbol{v}\rvert$;		
	• les vecteurs unitaires ; les vecteurs de base ; $\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}$ et $\boldsymbol{k}$;		
	• les vecteurs position $\overrightarrow{\mathrm{OA}} = \boldsymbol{a}$;		
	• $\overrightarrow{\mathrm{AB}} = \overrightarrow{\mathrm{OB}} - \overrightarrow{\mathrm{OA}} = \boldsymbol{b} - \boldsymbol{a}$.	La distance entre les points A et B est la norme de $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
4.2	Le produit scalaire de deux vecteurs.	Le produit scalaire est également appelé « produit intérieur ». Lien avec la loi des cosinus en 3.6.	
	Vecteurs perpendiculaires ; vecteurs parallèles.	Pour des vecteurs non nuls, $\boldsymbol{v} \cdot \boldsymbol{w} = 0$ est équivalent à des vecteurs $\boldsymbol{v}$ et $\boldsymbol{w}$ perpendiculaires. Pour des vecteurs parallèles, $\boldsymbol{w} = k\boldsymbol{v}$, $\lvert \boldsymbol{v} \cdot \boldsymbol{w} \rvert = \lvert \boldsymbol{v} \rvert \lvert \boldsymbol{w} \rvert$.	
	L'angle entre deux vecteurs.		
4.3	L'équation vectorielle d'une droite en deux et trois dimensions $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{a} + t\boldsymbol{b}$.	La signification de $\boldsymbol{a}$ (position) et de $\boldsymbol{b}$ (direction). L'interprétation de t comme le temps et de $\boldsymbol{b}$ comme le vecteur vitesse, avec $\lvert \boldsymbol{b} \rvert$ représentant la vitesse.	**Objectif global 8 :** la théorie des vecteurs est utilisée pour suivre le mouvement d'objets, à la fois dans des buts pacifiques et belliqueux. **Théorie de la connaissance :** est-ce que l'algèbre et la géométrie sont deux domaines séparés de la connaissance ? (L'algèbre vectorielle offre une bonne occasion de discuter comment les propriétés géométriques sont décrites et généralisées par les méthodes algébriques.)
	L'angle entre deux droites.		
4.4	La distinction entre des droites confondues et des droites parallèles. Trouver le point d'intersection de deux droites. Déterminer si deux droites se coupent.		

Thème 5 – Statistiques et probabilités

35 heures

L'objectif de ce thème est d'introduire des concepts de base. On s'attend à ce que la plupart des calculs demandés soient effectués en utilisant la technologie, mais l'explication des calculs faits à la main peut améliorer la compréhension. L'accent est mis sur la compréhension et l'interprétation des résultats obtenus dans leur contexte. Les tables statistiques ne seront plus autorisées pendant les examens. Même si la plupart des calculs demandés dans les épreuves d'examen sont des estimations, les mots-consignes « écrire », « trouver » et « calculer » seront probablement utilisés.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.1	Concepts de population, d'échantillon, d'échantillon aléatoire, de données continues et discrètes.	Données discrètes et continues.	**Application :** psychologie – statistiques descriptives, échantillon aléatoire (plusieurs occurrences dans le guide). **Objectif global 8 :** statistiques trompeuses. **Dimension internationale :** le paradoxe de Saint-Petersbourg, Tchebychev, Pavlovsky.
	Présentation des données : distributions d'effectifs (tableaux d'effectifs) ; histogrammes des effectifs avec des intervalles de largeurs égales ; diagrammes en boîte à moustaches, valeurs aberrantes.	Une valeur est aberrante si elle est à plus de $1,5 \times$ IIQ du quartile le plus proche. La technologie peut être utilisée pour produire des histogrammes et des diagrammes en boîte à moustaches.	
	Données groupées : utilisation de la valeur centrale d'un intervalle pour les calculs ; amplitude d'un intervalle ; bornes inférieure et supérieure d'un intervalle ; intervalle modal. **Non exigé :** histogrammes des fréquences.		

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.2	Mesures statistiques et leurs interprétations. Mesures de tendance centrale : moyenne, médiane, mode. Quartiles, centiles. Mesures de dispersion : intervalle interquartile ; variance ; écart type. Effets d’une modification constante des données. Applications.	Dans les épreuves d’examen, les données seront considérées comme la population. Calcul de la moyenne en utilisant la formule et la technologie. Les élèves doivent utiliser les valeurs centrales des intervalles pour estimer la moyenne de données groupées. Calcul de l’écart type et de la variance seulement en utilisant la technologie. Lien avec les transformations en 2.3. *Exemples* : Si 5 est soustrait de chacune des données, alors la moyenne est diminuée de 5 et l’écart type n’est pas modifié. Si chacune des données est doublée, la moyenne est doublée et la variance est multipliée par un facteur 4.	**Application :** psychologie : statistiques descriptives (plusieurs occurrences dans le guide). **Application :** calculs statistiques pour mettre en évidence des motifs et des évolutions ; compétences géographiques ; courbes statistiques. **Application :** biologie 1.1.2 (calculer la moyenne et l’écart type) ; biologie 1.1.4 (comparer les moyennes et l’étalement des données entre deux ou plusieurs échantillons). **Dimension internationale :** discussion des différentes formules pour la variance. **Théorie de la connaissance :** est-ce que différentes mesures de tendance centrale traduisent des propriétés différentes des données ? Ces mesures ont-elles été inventées ou découvertes ? Pourrait-on créer en mathématiques d’autres formules tout aussi vraies ? Qu’est-ce que cela nous suggère à propos des vérités mathématiques ? **Théorie de la connaissance :** à quel point est-ce facile de mentir avec les statistiques ?

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.3	Effectifs cumulés ; courbes des effectifs cumulés ; leur utilisation pour trouver la médiane, les quartiles et les centiles.	Les valeurs de la médiane et des quartiles calculées à l'aide de la technologie peuvent être différentes de celles obtenues à partir d'une courbe des effectifs cumulés.	
5.4	Corrélation linéaire pour des données à deux variables. Le coefficient de corrélation de Pearson, r. Diagrammes de dispersion ; droite de régression. Équation de la droite de régression pour y en fonction de x. Utilisation de l'équation de la droite de régression pour faire des prévisions. Interprétation mathématique et contextuelle. **Non exigé :** le coefficient de détermination R^2.	Variable indépendante x, variable dépendante y. La technologie devrait être utilisée pour le calcul de r. Cependant, un calcul manuel de r peut améliorer la compréhension. Corrélation positive, nulle, négative ; forte, faible ; absence de corrélation. La droite de régression passe par le point moyen. La technologie devrait être utilisée pour trouver l'équation. Interpolation, extrapolation.	**Application :** chimie 11.3.3 (courbes d'ajustement optimal). **Application :** géographie (compétences géographiques). **Application :** biologie 1.1.6 (corrélation n'implique pas causalité). **Théorie de la connaissance :** peut-on prévoir la valeur de x à partir de celle de y, en utilisant cette équation ? **Théorie de la connaissance :** est-ce que toutes les données peuvent être modélisées par une fonction mathématique (connue) ? Considérez la fiabilité et la validité des modèles mathématiques pour décrire les phénomènes réels.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.5	Concepts d'essai, de résultat possible, de résultats équiprobables possibles ; d'univers des possibles (U) et d'événement. La probabilité d'un événement A est $P(A)=\frac{n(A)}{n(U)}$. Les événements contraires A et A' (non A). Utilisation des diagrammes de Venn, des diagrammes en arbre et de tableaux de résultats possibles.	L'univers des possibles peut être représenté par des diagrammes de beaucoup de façons. Des expériences avec des pièces de monnaie, des dés, des cartes à jouer etc. peuvent améliorer la compréhension de la différence entre les fréquences (expérimentales) et les probabilités (théoriques). Les simulations peuvent être utilisées pour renforcer ce thème. Lien avec les effectifs en 5.1 et les effectifs cumulés en 5.3.	**Théorie de la connaissance :** dans quelle mesure les mathématiques offrent-t-elles des modèles du monde réel ? Y a-t-il toujours une fonction pour modéliser le comportement des données ?
5.6	Événements composés : $P(A\cup B)$. Événements mutuellement incompatibles : $P(A\cap B)=0$. Probabilité conditionnelle ; la définition $P(A\mid B)=\frac{P(A\cap B)}{P(B)}$. Événements indépendants ; la définition $P(A\mid B)=P(A)=P(A\mid B')$. Probabilités avec et sans remise.	La non-exclusivité du « ou ». Les problèmes peuvent souvent être résolus plus facilement à l'aide d'un diagramme de Venn ou d'un diagramme en arbre plutôt qu'en utilisant explicitement les formules.	**Objectif global 8 :** la question du jeu : l'utilisation des probabilités dans les casinos. Est-ce que les mathématiques peuvent ou doivent aider à augmenter les revenus du jeu ? **Théorie de la connaissance :** les mathématiques sont-elles utiles pour mesurer les risques ? **Théorie de la connaissance :** est-ce que parier aux jeux peut être considéré comme une application des mathématiques ? (C'est une bonne occasion pour lancer un débat sur la nature, le rôle et l'éthique des mathématiques à propos de ses applications.)

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.7	Concept de variables aléatoires discrètes et leurs distributions de probabilités. Espérance mathématique (moyenne), $\mathrm{E}(X)$ pour des données discrètes. Applications.	Uniquement des exemples simples, tels que : $\mathrm{P}(X=x)=\frac{1}{18}(4+x)$ pour $x\in\{1,2,3\}$; $\mathrm{P}(X=x)=\frac{5}{18},\frac{6}{18},\frac{7}{18}$. $\mathrm{E}(X)=0$ caractérise un jeu équitable où X représente le gain de l'un des joueurs. Les exemples comprennent les jeux de hasard.	
5.8	Distribution binomiale. Moyenne et variance de la distribution binomiale. **Non exigé :** la démonstration formelle de la moyenne et de la variance.	Lien avec la formule du binôme de Newton en 1.3. Les conditions sous lesquelles une variable aléatoire suit cette distribution. La technologie est habituellement le meilleur moyen de calculer les probabilités binomiales.	
5.9	Les distributions normales et les courbes normales. Réduction des variables normales (valeurs z, cotes z). Propriétés de la distribution normale.	Les probabilités et les valeurs de la variable doivent être trouvées en utilisant la technologie. Lien avec les transformations en 2.3. La cote (z) donne l'écart à la moyenne mesurée avec l'écart type comme unité.	**Application :** biologie 1.1.3 (liens avec la distribution normale). **Application :** psychologie : statistiques descriptives (plusieurs occurrences dans le guide).

Thème 6 – Analyse

40 heures

L'objectif de ce thème est d'initier les élèves aux concepts et aux techniques de base du calcul différentiel et intégral ainsi qu'à leurs applications.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
6.1	Notions informelles sur les limites et la convergence. Notation des limites. Définition de la dérivée comme $f'(x)=\lim_{h\to 0}\left(\frac{f(x+h)-f(x)}{h}\right)$.	*Exemple :* 0,3 ; 0,33 ; 0,333 ; … converge vers $\frac{1}{3}$. La technologie devrait être utilisée pour explorer l'idée de limite, numériquement et graphiquement. *Exemple :* $\lim_{x\to\infty}\left(\frac{2x+3}{x-1}\right)$ Lien avec la série géométrique infinie en 1.1 ; les fonctions rationnelles et exponentielles et les asymptotes en 2.5 – 2.7. Utilisation de cette définition de la dérivée uniquement pour des fonctions polynomiales simples. La technologie peut être utilisée pour illustrer d'autres dérivées. Lien avec la formule du binôme de Newton en 1.3. Utilisation des deux notations, $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}$ et $f'(x)$, pour la dérivée première.	**Application :** économie 1.5 (coût marginal, revenu marginal, profit marginal). **Application :** chimie 11.3.4 (interprétation de la pente d'une courbe). **Objectif global 8 :** le débat sur l'auteur de la découverte de certains concepts de l'analyse, Newton ou Leibnitz. **Théorie de la connaissance :** de quelle valeur est la connaissance des limites ? Est-ce-que le comportement au niveau infinitésimal s'applique au monde réel ? **Théorie de la connaissance :** l'occasion de discuter de la genèse d'une hypothèse, de sa mise à l'épreuve par des tests et enfin de la recherche d'une démonstration formelle en comparant certains cas dans une approche d'investigation.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
	Interprétation de la dérivée comme la pente d'une fonction et comme un taux de variation instantané.	Identification des intervalles sur lesquels une fonction est croissante ou décroissante.	
	Tangentes et normales, et leurs équations.	Utilisation d'approches analytiques et de la technologie.	
	Non exigé : méthodes analytiques pour calculer des limites.	La technologie peut être utilisée pour explorer des représentations graphiques et leurs dérivées.	
6.2	Les dérivées de x^n ($n \in \mathbb{Q}$), $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$, e^x et $\ln x$.		
	Dérivation d'une somme et du produit par un réel des fonctions ci-dessus.		
	La règle de dérivation d'une fonction composée.	Lien avec la composition des fonctions en 2.1.	
	Les règles de dérivation du produit et du quotient.	La technologie peut être utilisée pour étudier la règle de dérivation d'une fonction composée.	
	La dérivée seconde.	Utilisation des deux notations, $\frac{d^2y}{dx^2}$ et $f''(x)$.	
	Extension aux dérivées d'ordre supérieur.	$\frac{d^ny}{dx^n}$ et $f^{(n)}(x)$.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
6.3	Maximums et minimums locaux. Tests pour un maximum ou un minimum.	Utilisation d'un changement de signe de la dérivée première et utilisation du signe de la dérivée seconde. Utilisation des expressions « concave vers le haut » pour $f''(x) > 0$, et expressions « concave vers le bas » pour $f''(x) < 0$.	**Application :** profit, aire, volume.
	Points d'inflexion avec des pentes nulles et non nulles.	En un point d'inflexion, $f''(x) = 0$ et change de signe (changement de concavité). $f''(x) = 0$ n'est pas une condition suffisante pour avoir un point d'inflexion : par exemple, $y = x^4$ en $(0,0)$.	
	Le comportement graphique des fonctions, y compris les relations entre les représentations graphiques de f, f' et f''. Optimisation.	Comportement à la fois « global » (pour $\|x\|$ grand) et « local ». La technologie permet d'afficher la représentation graphique d'une dérivée sans explicitement trouver une expression de la dérivée. Utilisation du test de la dérivée première ou celui de la dérivée seconde pour justifier une valeur maximum et/ou minimum.	
	Applications. **Non exigé :** les points d'inflexion où $f''(x)$ n'est pas définie : par exemple, $y = x^{1/3}$ en $(0,0)$.	Les exemples comprennent profit, aire, volume. Lien avec la représentation graphique d'une fonction en 2.2.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
6.4	Intégration indéfinie comme la réciproque de la dérivation.		
	Intégrale indéfinie de x^n $(n \in \mathbb{Q})$, $\sin x$, $\cos x$, $\frac{1}{x}$ et e^x.	$\int \frac{1}{x} dx = \ln x + C$, $x > 0$.	
	Les composées de chacune de ces fonctions avec la fonction affine $ax + b$.	*Exemple :* $f'(x) = \cos(2x+3) \quad \Rightarrow \quad f(x) = \frac{1}{2}\sin(2x+3) + C$.	
	Intégration à vue ou par changement de variables de la forme $\int f(g(x))g'(x)dx$.	*Exemples* : $\int 2x\left(x^2+1\right)^4 dx$, $\int x \sin x^2 dx$, $\int \frac{\sin x}{\cos x} dx$.	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
6.5	Intégration avec des conditions initiales pour déterminer le terme constant.	*Exemple* : si $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = 3x^2 + x$ et $y = 10$ quand $x = 0$, alors $y = x^3 + \frac{1}{2}x^2 + 10$.	**Dimension internationale :** la réussite du calcul du volume d'une pyramide tronquée par les anciens Égyptiens (papyrus mathématique de Moscou). Utilisation des infiniment petits par les géomètres grecs.
	Intégrales définies, aussi bien analytiquement qu'avec la technologie.	$\int_a^b g'(x)\mathrm{d}x = g(b) - g(a)$. La valeur de certaines intégrales définies ne peut être trouvée qu'en utilisant la technologie.	Le calcul exact du volume d'un cylindre par le mathématicien chinois Liu Hui.
	Aires sous une courbe (entre la courbe et l'axe des abscisses). Aire entre des courbes. Volumes de révolution autour de l'axe des abscisses.	On attend des élèves qu'ils écrivent d'abord une expression correcte avant de calculer l'aire. La technologie peut être utilisée pour améliorer la compréhension de l'aire et du volume.	**Dimension internationale :** Ibn Al Haytham : le premier mathématicien qui a calculé l'intégrale d'une fonction pour trouver le volume d'un paraboloïde.
6.6	Problème de cinématique mettant en jeu le déplacement s, la vitesse v et l'accélération a. Distance totale parcourue.	$v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$; $a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2}$. Distance totale parcourue $= \int_{t_1}^{t_2} \lvert v \rvert \, \mathrm{d}t$.	**Application :** physique 2.1 (cinématique).

L’évaluation dans le Programme du diplôme

Généralités

L’évaluation fait partie intégrante de l’enseignement et de l’apprentissage. Dans le Programme du diplôme, elle a avant tout pour but de soutenir les objectifs pédagogiques fixés et de favoriser chez les élèves un bon apprentissage. L’évaluation externe et l’évaluation interne sont toutes deux utilisées dans le Programme du diplôme. Les examinateurs de l’IB notent ainsi les travaux produits pour l’évaluation externe, tandis que ceux produits pour l’évaluation interne sont notés par les enseignants avant de faire l’objet d’une révision de notation externe par l’IB.

Deux types d’évaluation sont identifiés par l’IB.

- L’évaluation formative oriente l’enseignement et l’apprentissage. Elle fournit aux élèves et aux enseignants des commentaires utiles et précis, d’une part, sur le type d’apprentissage prenant place et, d’autre part, sur la nature des points forts et des points faibles des élèves, afin de développer la compréhension et les compétences de ces derniers. L’évaluation formative peut également contribuer à améliorer la qualité de l’enseignement car elle peut fournir des informations permettant de mesurer les progrès réalisés vers l’atteinte des objectifs du cours.
- L’évaluation sommative donne une vue d’ensemble des connaissances acquises avant le cours et permet de mesurer les accomplissements des élèves.

Dans le Programme du diplôme, l’évaluation est essentiellement de nature sommative et est utilisée afin de mesurer l’accomplissement des élèves à la fin ou vers la fin du cours. Toutefois, de nombreux outils d’évaluation du cours peuvent également être utilisés de manière formative pendant la période d’enseignement et d’apprentissage ; cette pratique est même vivement recommandée. Un plan d’évaluation complet doit faire partie intégrante de l’apprentissage, de l’enseignement et de l’organisation du cours. De plus amples renseignements sont fournis dans le document de l’IB intitulé *Normes de mise en œuvre des programmes et applications concrètes*.

Le mode d’évaluation utilisé par l’IB est critérié et non pas normatif. Ce mode d’évaluation juge donc le travail des élèves par rapport à des critères d’évaluation définis et non par rapport au travail des autres élèves. L’ouvrage *Principes et pratiques d’évaluation au Programme du diplôme* contient de plus amples renseignements sur l’évaluation dans le cadre du Programme du diplôme.

Afin d’aider les enseignants dans la planification, l’enseignement et l’évaluation des matières du Programme du diplôme, des ressources variées sont mises à leur disposition sur le CPEL ou en vente sur le site du magasin de l’IB (http://store.ibo.org). Du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques, des instructions concernant l’évaluation interne, des descripteurs de notes finales et des ressources fournies par d’autres enseignants se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des spécimens d’épreuves d’examen, des épreuves de sessions précédentes ainsi que des barèmes de notation sont en vente sur le site du magasin de l’IB.

Méthodes d’évaluation

L’IB utilise différentes méthodes pour évaluer les travaux des élèves.

Critères d’évaluation

Les critères d’évaluation sont utilisés lorsque la tâche d’évaluation est dite « ouverte ». Chaque critère se concentre sur une compétence particulière que les élèves sont censés démontrer. Ainsi, si un objectif d’évaluation décrit ce que les élèves doivent être capables de faire, les critères d’évaluation décrivent de quelle manière et à quel niveau ils doivent le faire. L’utilisation des critères permet d’évaluer différemment des réponses différentes et encourage leur variété. Chaque critère d’évaluation est composé d’un ensemble de descripteurs de niveaux classés par ordre hiérarchique. Chaque descripteur de niveaux équivaut à un ou plusieurs points. Chaque critère est utilisé indépendamment en suivant un modèle qui consiste à trouver le descripteur qui résume le mieux le niveau atteint (approche dite de meilleur ajustement). Le total des points attribuables peut différer d’un critère à l’autre selon leur importance. Les points ainsi attribués pour chaque critère sont ensuite additionnés pour arriver à la note totale du travail évalué.

Bandes de notation

Les bandes de notation expliquent en détail les niveaux d’accomplissement attendus par rapport auxquels les travaux sont évalués. Ce sont des descripteurs de niveaux qui, ensemble, forment un critère global. À chaque descripteur de niveaux correspond une gamme de notes, ce qui permet de différencier les accomplissements des élèves. L’approche dite de meilleur ajustement est utilisée afin de déterminer quelle note en particulier doit être choisie parmi la gamme de notes proposées pour chaque descripteur de niveaux.

Barèmes de notation

Cette expression générique fait référence aux barèmes de notation analytiques qui sont élaborés pour des épreuves d’examen spécifiques. Les barèmes de notation analytiques sont conçus pour les questions d’examen pour lesquelles un certain type de réponse ou une réponse spécifique sont attendus des élèves. Ces barèmes donnent aux examinateurs des instructions détaillées sur la manière de décomposer le total des points correspondant à chaque question pour noter différentes parties de la réponse. Les barèmes de notation peuvent comprendre des indications du contenu attendu dans les réponses aux questions ou peuvent être constitués de pistes de notation donnant des conseils quant à l’utilisation des critères d’évaluation.

Résumé de l'évaluation

Premiers examens en 2014

Composantes d'évaluation	Pondération
Évaluation externe (3 heures)	**80 %**
Épreuve 1 (1 heure 30 minutes) Calculatrice non autorisée. (90 points) **Section A** Questions obligatoires à réponse courte portant sur l'ensemble du programme. **Section B** Questions obligatoires à réponse développée portant sur l'ensemble du programme.	**40 %**
Épreuve 2 (1 heure 30 minutes) Calculatrice à écran graphique obligatoire. (90 points) **Section A** Questions obligatoires à réponse courte portant sur l'ensemble du programme. **Section B** Questions obligatoires à réponse développée portant sur l'ensemble du programme.	**40 %**
Évaluation interne Cette composante est évaluée en interne par l'enseignant puis révisée en externe par l'IB à la fin du programme. **Exploration mathématique** L'évaluation interne en mathématiques NM est une exploration individuelle. Il s'agit d'un travail écrit impliquant une investigation dans un domaine des mathématiques. (20 points)	**20 %**

Évaluation externe

Généralités

Des barèmes de notation sont utilisés pour évaluer les élèves dans les deux épreuves. Les barèmes de notation sont spécifiques à chaque examen.

Description détaillée de l'évaluation externe

Épreuve 1 et épreuve 2

Ces deux épreuves sont rédigées et corrigées en externe. Ensemble, elles représentent 80 % de la note finale du cours. Ces épreuves sont conçues pour permettre aux élèves de démontrer leurs connaissances et leurs aptitudes.

Calculatrices

Épreuve 1

Les élèves ne sont pas autorisés à utiliser de calculatrice. Les questions demanderont principalement des élèves qu'ils adoptent une démarche analytique pour trouver des solutions au lieu d'utiliser une calculatrice à écran graphique. Le but n'est pas de faire réaliser aux élèves des calculs complexes dans lesquels ils risquent de commettre des fautes d'inattention. Les questions demanderont néanmoins la réalisation de quelques calculs arithmétiques si ceux-ci sont essentiels au développement de la réponse.

Épreuve 2

Les élèves doivent disposer d'une calculatrice à écran graphique à tout moment. Cependant, toutes les questions ne nécessiteront pas forcément l'utilisation d'une calculatrice à écran graphique. Les règles concernant les types de calculatrice à écran graphique autorisés sont détaillées dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*.

Livret de formules pour le cours de mathématiques NM

Chaque élève doit disposer d'un exemplaire non annoté de ce livret pendant les épreuves d'examen. Il est de la responsabilité des établissements scolaires d'en télécharger un exemplaire depuis IBIS ou depuis le CPEL et de s'assurer que suffisamment d'exemplaires sont disponibles pour tous les élèves.

Attribution des points

Des points peuvent être attribués pour la méthode, la précision, les réponses et le raisonnement, ainsi que pour l'interprétation des résultats.

Dans les épreuves 1 et 2, le total des points ne sera pas nécessairement attribué pour une réponse correcte s'il n'y a pas de raisonnement écrit. Les réponses doivent être accompagnées d'un raisonnement et/ou d'explications (par exemple, sous forme de diagrammes, représentations graphiques ou calculs). En cas de réponse inexacte, des points peuvent être attribués lorsque l'élève a utilisé une méthode correcte et que le raisonnement est présenté par écrit. Tous les élèves doivent donc être encouragés à toujours indiquer leur raisonnement.

Épreuve 1

Durée : 1 heure 30 minutes

Pondération : 40 %

- Cette épreuve comprend la section A (questions à réponse courte) et la section B (questions à réponse développée).
- Les élèves ne sont pas autorisés à utiliser de calculatrice pour cette épreuve.

Programme couvert

- La connaissance de **tous** les thèmes est exigée pour cette épreuve. Cependant, tous les thèmes ne sont pas nécessairement évalués lors de chaque session d'examen.

Répartition des points

- Cette épreuve vaut **90** points et représente **40 %** de la note finale.
- La longueur et le niveau de difficulté des questions posées varient. Par conséquent, chaque question ne vaut pas nécessairement le même nombre de points. Le nombre exact de points pour chaque question est indiqué au début de la question.

Section A

Cette section comporte des questions obligatoires à réponse courte portant sur l'ensemble du programme. Elle représente 45 points.

Le but de cette section est de tester les connaissances et la compréhension des élèves sur l'ensemble du programme. Cependant, il ne faut pas supposer que tous les thèmes se verront accorder la même importance.

Type de questions

- Un petit nombre d'étapes est nécessaire pour résoudre chaque question.
- Les questions peuvent être présentées sous forme de texte, de symboles, de tableaux ou diagrammes, ou d'une combinaison de ces derniers.

Section B

Cette section comporte un petit nombre de questions obligatoires à réponse développée portant sur l'ensemble du programme. Elle représente environ 45 points. Certaines questions peuvent exiger la connaissance de plusieurs thèmes.

Le but de cette section est de tester en profondeur les connaissances et la compréhension des élèves sur le programme d'études. L'étendue des thèmes testés dans cette section peut être plus limitée que celle des thèmes testés dans la section A.

Type de questions

- Les questions exigent des réponses développées nécessitant un raisonnement soutenu.
- Chaque question portera sur un seul thème.
- Les questions peuvent être présentées sous forme de texte, de symboles, de tableaux ou diagrammes, ou d'une combinaison de ces derniers.
- Chaque question présente normalement un degré croissant de difficulté, allant d'une tâche relativement facile au début de la question à une tâche relativement difficile à la fin de la question. L'accent est mis sur la résolution de problèmes.

Épreuve 2

Durée : 1 heure 30 minutes

Pondération : 40 %

Cette épreuve comprend la section A (questions à réponse courte) et la section B (questions à réponse développée). Une calculatrice à écran graphique est obligatoire pour cette épreuve, même si elle ne sera pas forcément utilisée pour toutes les questions.

Programme couvert

- La connaissance de **tous** les thèmes est exigée pour cette épreuve. Cependant, tous les thèmes ne sont pas nécessairement évalués lors de chaque session d'examen.

Répartition des points

- Cette épreuve vaut **90** points et représente **40 %** de la note finale.
- La longueur et le niveau de difficulté des questions posées varient. Par conséquent, chaque question ne vaut pas nécessairement le même nombre de points. Le nombre exact de points pour chaque question est indiqué au début de la question.

Section A

Cette section comporte des questions obligatoires à réponse courte portant sur l'ensemble du programme. Elle représente environ 45 points.

Le but de cette section est de tester les connaissances et la compréhension des élèves sur l'ensemble du programme. Cependant, il ne faut pas supposer que tous les thèmes se verront accorder la même importance.

Type de questions

- Un petit nombre d'étapes est nécessaire pour résoudre chaque question.
- Les questions peuvent être présentées sous forme de texte, de symboles, de tableaux ou diagrammes, ou d'une combinaison de ces derniers.

Section B

Cette section comporte un petit nombre de questions obligatoires à réponse développée portant sur l'ensemble du programme. Elle représente environ 45 points. Certaines questions peuvent exiger la connaissance de plusieurs thèmes.

Le but de cette section est de tester en profondeur les connaissances et la compréhension des élèves sur le programme d'études. L'étendue des thèmes testés dans cette section peut être plus limitée que celle des thèmes testés dans la section A.

Type de questions

- Les questions exigent des réponses développées nécessitant un raisonnement soutenu.
- Chaque question portera sur un seul thème.
- Les questions peuvent être présentées sous forme de texte, de symboles, de tableaux ou diagrammes, ou d'une combinaison de ces derniers.
- Chaque question présente normalement un degré croissant de difficulté, allant d'une tâche relativement facile au début de la question à une tâche relativement difficile à la fin de la question. L'accent est mis sur la résolution de problèmes.

Évaluation interne

But de l’évaluation interne

L’évaluation interne fait partie intégrante du cours et elle est obligatoire pour tous les élèves. Elle leur permet de prouver leurs compétences et leurs connaissances, et de s’attacher à des domaines qui les intéressent, sans les contraintes de temps et restrictions associées aux épreuves d’examen. L’exploration doit, autant que possible, être une partie intrinsèque de l’enseignement en classe et ne doit pas être une activité séparée menée à la fin du programme d’études.

L’évaluation interne du cours de mathématiques NM consiste en une exploration individuelle. Cette exploration est un travail écrit impliquant une investigation dans un domaine des mathématiques. Il est noté à l’aide de cinq critères d’évaluation.

Direction de l’exploration et authenticité

L’exploration remise pour l’évaluation interne doit être le travail personnel de l’élève. Cela ne signifie pas pour autant que les élèves doivent décider d’un titre ou d’un sujet, puis sont livrés à eux-mêmes sans le soutien de l’enseignant dans la poursuite de leur exploration. L’enseignant doit jouer un rôle important, tant durant la planification du travail que pendant la réalisation de l’exploration. Il incombe à l’enseignant de s’assurer que les élèves connaissent :

- les exigences concernant le type de travail qui sera soumis à l’évaluation interne ;
- la politique de l’IB en matière d’intégrité en milieu scolaire publiée sur le CPEL ;
- les critères d’évaluation. Les élèves doivent comprendre que le travail qu’ils remettront doit bien tenir compte de ces critères.

Les enseignants et les élèves doivent discuter ensemble de l’exploration. Les élèves doivent être incités à entamer des discussions avec l’enseignant pour obtenir des conseils et des informations et ils ne doivent pas être pénalisés pour cela. Toutefois, si un élève ne peut terminer son exploration sans l’aide substantielle de l’enseignant, cela doit être mentionné sur le formulaire prévu à cet effet disponible dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*.

Les enseignants sont chargés de s’assurer que tous leurs élèves comprennent la signification et l’importance des concepts liés à l’intégrité en milieu scolaire, et plus particulièrement l’authenticité et la propriété intellectuelle. Les enseignants doivent vérifier que l’exploration remise par l’élève a été effectuée conformément aux exigences et doivent expliquer clairement aux élèves que cette exploration doit être entièrement la leur.

Dans le cadre du processus d’apprentissage, les enseignants peuvent donner des conseils aux élèves sur une **version préliminaire** de l’exploration. Ces conseils doivent porter sur la façon dont le travail pourrait être amélioré, mais l’enseignant ne doit pas annoter ni réviser en profondeur cette version. La version suivante remise à l’enseignant doit être la version finale.

Les enseignants doivent authentifier tout travail envoyé à l’IB pour révision de notation ou évaluation. Ils ne doivent pas envoyer de travaux qui, à leur connaissance, constituent des cas de fraude présumée ou confirmée. Chaque élève doit signer la page de couverture de l’évaluation interne afin de confirmer que son travail est authentique et qu’il s’agit de la version finale de ce travail. Une fois qu’un élève a remis la version finale de son travail à l'enseignant (ou au coordonnateur) pour évaluation interne ainsi que la page de couverture signée, il ne peut plus retirer son travail.

L'authenticité du travail peut être vérifiée en discutant avec l'élève du contenu de son travail et en examinant en détail un ou plusieurs des éléments suivants :

- le projet initial de l'élève ;
- la version préliminaire ;
- les références citées ;
- le style d'écriture, en comparaison avec d'autres travaux de l'élève.

L'exigence selon laquelle les enseignants et les élèves doivent signer la page de couverture pour l'évaluation interne s'applique au travail de tous les élèves et non pas seulement à l'échantillonnage de travaux qui sera envoyé à un examinateur pour la révision de notation. Si l'enseignant et l'élève signent la page de couverture, mais que cette dernière comporte une remarque expliquant que le travail de l'élève est susceptible de ne pas être authentique, aucune note ne sera décernée à l'élève pour cette composante et aucune note finale ne sera attribuée. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez vous reporter à la publication *Intégrité en milieu scolaire* ainsi qu'aux articles pertinents du *Règlement général du Programme du diplôme*.

Un même travail ne peut être soumis pour satisfaire aux exigences de l'évaluation interne et du mémoire.

Travail en groupe

Le travail en groupe n'est pas autorisé pour les explorations. Chaque exploration est un travail individuel.

Il doit être clairement indiqué aux élèves que tout travail en rapport avec leur exploration, y compris sa rédaction, doit être le fruit de leur travail personnel. Il est donc important que les enseignants encouragent les élèves à être des apprenants responsables afin qu'ils s'approprient leur travail et puissent en être fiers.

Volume horaire

L'évaluation interne fait partie intégrante du cours de mathématiques NM ; elle correspond à 20 % de l'évaluation finale. Cette pondération doit se refléter dans le temps alloué à l'enseignement des connaissances, des compétences et de la compréhension requises pour cette composante, de même que dans le temps total alloué pour effectuer le travail requis.

Il est recommandé d'allouer environ 10 heures d'enseignement pour l'exploration. Ce volume horaire doit comprendre :

- le temps nécessaire à l'enseignant pour expliquer aux élèves les modalités de l'exploration ;
- les heures de cours nécessaires pour permettre aux élèves de travailler sur leur exploration ;
- le temps nécessaire à chaque élève pour consulter son enseignant ;
- le temps nécessaire pour mesurer les progrès effectués et vérifier l'authenticité du travail.

Utilisation des critères d'évaluation interne

L'évaluation interne se base sur un certain nombre de critères. Chaque critère d'évaluation comprend des descripteurs définissant des niveaux d'accomplissement spécifiques auxquels correspond une gamme de points. Bien que les descripteurs de niveaux portent sur les aspects positifs du travail, la notion d'échec peut être incluse dans la description, pour les niveaux les plus bas.

Les enseignants doivent noter les travaux remis pour l'évaluation interne à l'aide des critères d'évaluation en utilisant les descripteurs de niveaux.

- Le but consiste à trouver, pour chaque critère, le descripteur qui correspond le mieux au niveau de l'élève.
- Lorsqu'ils évaluent le travail d'un élève, les enseignants doivent, pour chaque critère, lire les descripteurs de niveaux en commençant par le niveau 0, jusqu'à ce qu'ils arrivent à un descripteur décrivant un niveau non atteint par le travail à évaluer. Le niveau atteint par l'élève est donc celui qui précède et c'est ce dernier qui doit être consigné.
- Seuls les nombres entiers seront retenus. Les notes partielles, c'est-à-dire les fractions et les décimales, ne sont pas acceptées.
- Les enseignants ne doivent pas penser en termes de réussite ou d'échec, mais plutôt chercher à déterminer le descripteur adéquat pour chaque critère d'évaluation.
- Les descripteurs les plus élevés ne correspondent pas nécessairement à un travail parfait et doivent être à la portée des élèves. Les enseignants ne doivent pas hésiter à choisir les extrêmes s'ils décrivent adéquatement le niveau du travail évalué.
- Un élève qui a atteint un niveau élevé pour un critère donné n'atteindra pas nécessairement un niveau élevé pour les autres critères. De même, l'atteinte d'un niveau bas pour un critère donné n'implique pas nécessairement que le travail atteindra aussi un niveau bas pour les autres critères. Les enseignants ne doivent pas s'attendre à voir l'évaluation de l'ensemble des élèves suivre une distribution particulière de notes.
- Les critères d'évaluation doivent être mis à la disposition des élèves.

Description détaillée de l'évaluation interne

Exploration mathématique

Durée : 10 heures d'enseignement
Pondération : 20 %

Introduction

La composante de ce cours évaluée en interne est une exploration mathématique. Il s'agit d'un court rapport rédigé par l'élève. Ce rapport se base sur un sujet qu'il ou elle a choisi et il doit s'attacher aux mathématiques de ce domaine particulier. L'accent est mis sur la communication mathématique (y compris les formules, les diagrammes, les représentations graphiques etc.) en les accompagnant de commentaires appropriés, sur une écriture mathématique de qualité et sur une réflexion approfondie. Un élève doit développer son propre sujet en tenant compte des commentaires de l'enseignant en participant, par exemple, à des discussions et des échanges. Cela permettra aux élèves d'approfondir un ou des domaines qui les intéressent sans les contraintes de temps associées aux épreuves d'examen et permettra à tous les élèves d'éprouver un sentiment de réussite.

Le rapport final doit comprendre entre 6 et 12 pages environ. Il peut au choix être écrit à la main ou rédigé avec un logiciel de traitement de texte. Les élèves doivent être capables d'expliquer toutes les étapes de leur travail d'une façon qui démontre une bonne compréhension. Bien qu'il ne soit pas exigé des élèves qu'ils présentent leur travail devant leur classe, celui-ci doit être écrit de telle manière que leurs pairs puissent le suivre assez facilement. Le rapport doit comprendre une bibliographie détaillée, les sources doivent être référencées conformément à la politique de l'IB en matière d'intégrité en milieu scolaire. Les citations directes doivent être également référencées.

But de l'exploration

Les objectifs globaux du cours de mathématiques se traduisent en objectifs d'évaluation qui sont formellement évalués comme éléments constitutifs du cours par des épreuves d'examen, par l'exploration ou par les deux. En plus de tester ces objectifs, l'exploration cherche à fournir aux élèves l'occasion d'améliorer leur compréhension des concepts et processus mathématiques, et de développer une appréciation plus large des mathématiques. Cela est noté dans les objectifs globaux de ce cours, **en particulier dans les objectifs 6 à 9 (applications, technologie, implications morales, sociales et éthiques, et dimension internationale)**. Il est attendu qu'à travers l'exploration, les élèves tireront profit des activités mathématiques entreprises et qu'ils les trouveront à la fois stimulantes et enrichissantes. Cela permettra aux élèves d'acquérir les qualités du profil de l'apprenant de l'IB.

L'exploration a pour but :

- de développer chez les élèves la compréhension de la nature des mathématiques et de développer leur capacité à poser leurs propres questions sur cette discipline ;
- de fournir aux élèves l'occasion d'achever un travail mathématique sur une longue période de temps ;
- de permettre aux élèves d'expérimenter la satisfaction d'utiliser des processus mathématiques de façon indépendante ;
- de permettre aux élèves de faire par eux-mêmes l'expérience de la beauté, la puissance et l'utilité des mathématiques ;
- d'encourager les élèves, le cas échéant, à découvrir, utiliser et apprécier la puissance de la technologie comme outil mathématique ;
- de permettre aux élèves de développer des qualités de patience et de persévérance, et de réfléchir sur la signification de leur travail ;
- de donner aux élèves des occasions de montrer, avec assurance, comment ils se sont développés mathématiquement.

Gestion de l'exploration

Le travail sur l'exploration doit être intégré au cours de façon à ce que les élèves aient l'occasion d'acquérir les compétences dont ils ont besoin. Il est donc possible de consacrer des heures de cours à une discussion générale sur les domaines d'étude ainsi qu'à familiariser les élèves aux critères d'évaluation.

Des informations supplémentaires concernant l'élaboration de l'exploration sont données dans le matériel de soutien pédagogique.

Exigences et recommandations

Les élèves ont le choix parmi une grande variété d'activités, comme par exemple, des modélisations, des investigations ou des applications mathématiques. Pour aider les enseignants et les élèves à choisir un sujet, une liste de suggestions est disponible dans le matériel de soutien pédagogique. Cependant, les élèves ne sont pas limités à cette liste.

L'exploration ne doit normalement pas dépasser 12 pages, y compris les diagrammes et les représentations graphiques, mais en excluant la bibliographie. Cependant, la qualité de l'écrit mathématique importe plus que la longueur.

L'enseignant doit être en mesure de donner des conseils appropriés aux élèves à chaque étape de l'exploration, par exemple, en dirigeant les élèves vers des pistes d'enquêtes plus productives, en suggérant des sources d'informations pertinentes et en donnant des conseils généraux sur le contenu et la clarté de l'exploration lors de sa rédaction.

Il est de la responsabilité des enseignants d'indiquer aux élèves la présence d'erreurs, mais non pas de les corriger de façon explicite. Il est important de noter que les enseignants doivent s'attendre à ce que les élèves les consultent tout au long du processus.

Tous les élèves doivent connaître les exigences relatives à l'exploration ainsi que les critères d'évaluation utilisés. Les élèves doivent commencer à planifier leur exploration le plus tôt possible au cours du programme. Des échéances doivent être fermement fixées. Il faut prévoir une date pour soumettre le sujet de l'exploration et une brève description du plan, une date pour la remise de la version préliminaire et, bien sûr, une date pour l'achèvement de l'exploration.

Lors de l'élaboration de leurs explorations, les élèves doivent utiliser les mathématiques apprises dans le cadre du cours. Le niveau de complexité des mathématiques doit être comparable à celui du programme. Il n'est pas attendu des élèves qu'ils produisent un travail en lien avec des thèmes ne faisant pas partie du programme de mathématiques NM ; cependant, cela n'est pas pénalisé.

Critères d'évaluation interne

L'exploration est évaluée en interne par l'enseignant et révisée en externe par l'IB à l'aide des critères d'évaluation qui se rapportent aux objectifs d'évaluation des mathématiques NM.

Chaque exploration est évaluée suivant les cinq critères suivants. La note finale pour chaque exploration est la somme des points obtenus pour chaque critère. La note finale maximale possible est 20.

Les élèves ne recevront pas de note finale pour les mathématiques NM s'ils n'ont pas présenté une exploration.

Critère A	Communication
Critère B	Présentation mathématique
Critère C	Engagement personnel
Critère D	Réflexion
Critère E	Utilisation des mathématiques

Critère A : communication

Ce critère évalue l'organisation et la cohérence de l'exploration. Une exploration bien organisée comprend une introduction, a une raison d'être (qui explique pourquoi ce sujet a été choisi), décrit le but de l'exploration et a une conclusion. Une exploration cohérente est développée de façon logique et est facile à suivre.

Les représentations graphiques, tableaux et diagrammes doivent illustrer dans le corps du travail la partie à laquelle ils se rapportent et non être simplement annexés à la fin du document.

Niveau	Descripteur
0	L'exploration n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1	L'exploration présente une certaine cohérence.
2	L'exploration présente une certaine cohérence et une certaine organisation.
3	L'exploration est cohérente et bien organisée.
4	L'exploration est cohérente, bien organisée, concise et complète.

Critère B : présentation mathématique

Ce critère évalue dans quelle mesure l'élève est capable :

- d'utiliser un langage mathématique approprié (notations, symboles, terminologie) ;
- de définir les termes clés aux moments nécessaires ;
- d'utiliser des formes multiples de représentation mathématique, telles que des formules, des diagrammes, des tableaux, des schémas, des représentations graphiques et des modèles, le cas échéant.

On attend des élèves qu'ils utilisent un langage mathématique lorsqu'ils transmettent des idées mathématiques, leur raisonnement et leurs résultats.

Les élèves sont encouragés à choisir et à utiliser, le cas échéant, des outils technologiques appropriés, tels que des calculatrices à écran graphique, des captures d'écran, des graphiciels, des tableurs, des bases de données, des logiciels de dessin et de traitement de texte, afin d'améliorer la communication mathématique.

Niveau	Descripteur
0	L'exploration n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1	La présentation mathématique est parfois appropriée.
2	La présentation mathématique est la plupart du temps appropriée.
3	La présentation mathématique est appropriée tout au long de l'exploration.

Critère C : engagement personnel

Ce critère évalue dans quelle mesure l'élève s'engage dans son exploration et se l'approprie. L'engagement personnel peut se manifester par différentes qualités et compétences. Il peut s'agir, par exemple, de penser de façon indépendante et/ou créative, d'aborder des questions d'intérêt personnel et de présenter des idées mathématiques de sa propre façon.

Niveau	Descripteur
0	L'exploration n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1	L'élève fait preuve d'un engagement personnel limité ou superficiel.
2	L'élève fait preuve d'un certain engagement personnel.
3	L'élève fait preuve d'un engagement personnel important.
4	L'élève fait preuve en abondance d'un engagement personnel remarquable.

Critère D : réflexion

Ce critère évalue comment l’élève révise, analyse et évalue son exploration. Bien que la réflexion puisse s’observer dans la conclusion de l’exploration, elle peut aussi apparaître tout au long de l’exploration.

Niveau	Descripteur
0	L’exploration n’atteint pas l’un des niveaux décrits ci-dessous.
1	L’élève fait preuve d’une réflexion limitée ou superficielle.
2	L’élève fait preuve d’une réflexion constructive.
3	L’élève apporte des preuves solides d’une réflexion critique.

Critère E : utilisation des mathématiques

Ce critère évalue dans quelle mesure l’élève utilise des mathématiques dans son exploration.

On attend des élèves qu’ils produisent un travail qui est d’un niveau similaire à celui du cours. Les mathématiques explorées doivent, soit faire partie du programme, soit être d’un niveau similaire ou supérieur. L’exploration ne peut pas uniquement porter sur les mathématiques listées dans les acquis préliminaires. Si le niveau des mathématiques n’est pas d’un niveau similaire à celui du cours, on ne pourra attribuer plus de deux points pour ce critère.

Le travail peut être considéré comme correct s’il ne comporte que quelques petites erreurs qui ne compromettent pas la fluidité des mathématiques ou qui ne conduisent pas à un résultat absurde.

Niveau	Descripteur
0	L’exploration n’atteint pas l’un des niveaux décrits ci-dessous.
1	Quelques mathématiques pertinentes sont utilisées.
2	Quelques mathématiques pertinentes sont utilisées. Une compréhension limitée est démontrée.
3	Des mathématiques pertinentes et d’un niveau similaire à celui du cours sont utilisées. Une compréhension limitée est démontrée.
4	Des mathématiques pertinentes et d’un niveau similaire à celui du cours sont utilisées. Les mathématiques explorées sont en partie correctes. Une certaine connaissance et compréhension sont démontrées.
5	Des mathématiques pertinentes et d’un niveau similaire à celui du cours sont utilisées. Les mathématiques explorées sont la plupart du temps correctes. Une bonne connaissance et compréhension sont démontrées.
6	Des mathématiques pertinentes et d’un niveau similaire à celui du cours sont utilisées. Les mathématiques explorées sont correctes. Une connaissance et compréhension approfondies sont démontrées.

Glossaire des mots-consignes

Mots-consignes et définitions

Les mots-consignes, autrefois appelés « termes utilisés dans le cadre de l'évaluation » et présentés ci-après, sont des termes et formules clés utilisés dans les questions d'examen. Les élèves doivent les connaître et les comprendre dans le sens des définitions données. Bien que ces mots-consignes soient ceux qui reviennent le plus souvent dans les questions d'examen, il est possible que d'autres termes soient parfois utilisés pour amener les élèves à présenter leur argumentation d'une autre façon.

À partir de là	Utiliser le travail fait précédemment pour obtenir le résultat désiré.
À partir de là ou par toute autre méthode	Il est suggéré d'utiliser le travail fait précédemment, mais d'autres méthodes pourraient également être acceptées.
Calculer	Obtenir une réponse numérique en montrant les étapes pertinentes du raisonnement.
Commenter	Fournir un jugement basé sur un énoncé ou sur le résultat d'un calcul donné.
Comparer	Exposer les similarités qui existent entre deux ou plusieurs éléments ou situations et se référer à ces deux ou à tous ces éléments tout du long.
Comparer et opposer	Exposer les similarités et les différences qui existent entre deux ou plusieurs éléments ou situations et se référer à ces deux ou à tous ces éléments tout du long.
Construire	Exposer des informations sous forme schématique ou logique.
Décrire	Exposer de façon détaillée.
Déduire	Arriver à une conclusion à partir d'informations fournies.
Démontrer	Rendre clair par un raisonnement ou par une preuve, en donnant des exemples ou des applications pratiques.
Dessiner	Représenter à l'aide d'un diagramme ou d'une représentation graphique précise et légendée, en utilisant un crayon. Une règle doit être utilisée pour dessiner les droites. Les diagrammes doivent être dessinés à l'échelle. Les points des représentations graphiques doivent être placés correctement (si nécessaire) et joints par des segments de droite ou par une ligne courbe.
Déterminer	Obtenir la seule réponse possible.
Distinguer	Clarifier les différences qui existent entre deux ou plusieurs concepts ou éléments.
Écrire	Donner la ou les réponses, habituellement en extrayant des informations. Peu ou pas de calculs sont nécessaires. Le raisonnement n'a pas besoin d'être écrit.
Énumérer	Donner une série de réponses brèves sans explication.
Esquisser	Représenter à l'aide d'un diagramme ou d'une représentation graphique (légendé de manière appropriée). Une esquisse doit donner une idée générale de la forme ou de la relation à représenter et comporter des caractéristiques principales.

Estimer	Obtenir une valeur approchée.
Expliquer	Exposer de façon détaillée, y compris les raisons ou les causes.
Identifier	Fournir une réponse à partir de plusieurs possibilités.
Indiquer	Donner un nom spécifique, une valeur ou toute autre réponse brève sans explication ni calcul.
Intégrer	Obtenir l'intégrale d'une fonction.
Interpréter	Utiliser ses connaissances et sa compréhension afin de reconnaître des tendances et de tirer des conclusions à partir d'informations fournies.
Justifier	Donner des raisons ou des preuves valables pour étayer une réponse ou une conclusion.
Légender	Ajouter des légendes à un diagramme.
Montrer	Donner les étapes d'un calcul ou d'une manipulation.
Montrer que	Obtenir le résultat demandé (en utilisant, le cas échéant, les informations données) sans la formalité d'une preuve. En général, les questions de ce type ne nécessitent pas l'utilisation d'une calculatrice.
Opposer	Exposer les différences qui existent entre deux ou plusieurs éléments ou situations et se référer à ces deux ou à tous ces éléments tout du long.
Placer les points	Indiquer la position de points sur un diagramme.
Prédire	Donner un résultat attendu.
Rechercher	Observer, étudier ou effectuer un examen minutieux et systématique en vue d'établir des faits et de parvenir à des conclusions nouvelles.
Résoudre	Obtenir la ou les réponses en utilisant des méthodes algébriques, numériques et/ou graphiques.
Suggérer	Proposer une solution, une hypothèse ou une autre réponse possible.
Trouver	Obtenir une réponse en montrant les étapes pertinentes du raisonnement.
Trouver la dérivée	Trouver la dérivée d'une fonction.
Vérifier	Fournir des arguments qui valident le résultat.

Liste des notations

Parmi toutes les notations en usage, l'IB a choisi d'adopter un système de notation basé sur les recommandations de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Ces notations seront utilisées dans les épreuves d'examen de ce cours sans explication. Si d'autres formes de notation que celles présentées dans ce guide sont utilisées dans une épreuve d'examen particulière, elles seront alors définies dans la question où elles apparaissent.

Puisque les élèves doivent reconnaître les notations de l'IB dans les épreuves d'examen, sans nécessairement les utiliser, il est recommandé aux enseignants de présenter ces notations à leurs élèves le plus tôt possible. Les élèves ne sont **pas** autorisés à accéder aux informations concernant ces notations pendant les examens.

Les élèves doivent toujours utiliser des notations mathématiques correctes, et non les notations qui peuvent apparaître sur leur calculatrice.

$\mathbb{N}$	l'ensemble des entiers positifs et zéro, $\{0, 1, 2, 3, ...\}$
$\mathbb{Z}$	l'ensemble des entiers relatifs, $\{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, ...\}$
$\mathbb{Z}^+$	l'ensemble des entiers strictement positifs, $\{1, 2, 3, ...\}$
$\mathbb{Q}$	l'ensemble des nombres rationnels
$\mathbb{Q}^+$	l'ensemble des nombres rationnels strictement positifs, $\{x \mid x \in \mathbb{Q}, x > 0\}$
$\mathbb{R}$	l'ensemble des nombres réels
$\mathbb{R}^+$	l'ensemble des nombres réels strictement positifs, $\{x \mid x \in \mathbb{R}, x > 0\}$
$\{x_1, x_2, ...\}$	l'ensemble contenant les éléments $x_1, x_2, ...$
$n(A)$	le nombre d'éléments de l'ensemble fini A
$\{x \mid \quad \}$	L'ensemble de tous les x tels que
$\in$	appartient à
$\notin$	n'appartient pas à
$\varnothing$	l'ensemble vide
U	l'ensemble universel
$\cup$	union

$\cap$	intersection
$\subset$	est un sous-ensemble propre de
$\subseteq$	est un sous-ensemble de
A'	le complémentaire de l'ensemble A
$a \mid b$	a divise b
$a^{1/n}$, $\sqrt[n]{a}$	a à la puissance $\frac{1}{n}$, n$^{\text{ième}}$ racine de a (si $a \geq 0$ alors $\sqrt[n]{a} \geq 0$)
$\lvert x \rvert$	le module ou la valeur absolue de x, c'est-à-dire $\begin{cases} x & \text{pour } x \geq 0,\ x \in \mathbb{R} \\ -x & \text{pour } x < 0,\ x \in \mathbb{R} \end{cases}$
$\approx$	est à peu près égal à
$>$	est supérieur à
$\geq$	est supérieur ou égal à
$<$	est inférieur à
$\leq$	est inférieur ou égal à
$\not>$	n'est pas supérieur à
$\not<$	n'est pas inférieur à
u_n	le n$^{\text{ième}}$ terme d'une suite
d	la raison d'une suite arithmétique
r	la raison d'une suite géométrique
S_n	la somme des n premiers termes d'une suite, $u_1 + u_2 + ... + u_n$
S_∞	la somme d'une suite infinie $u_1 + u_2 + ...$
$\sum_{i=1}^{n} u_i$	$u_1 + u_2 + ... + u_n$
$\binom{n}{r}$	le $r^{\text{ième}}$ coefficient binomial, $r = 0, 1, 2, \ldots$, dans le développement de $(a+b)^n$
$n!$	$n(n-1)(n-2) \times \ldots \times 3 \times 2 \times 1$

$f : A \to B$	f est une fonction telle que chaque élément de l'ensemble A possède une image dans l'ensemble B
$f : x \mapsto y$	f est une fonction telle que x est associé à y
$f(x)$	l'image de x par la fonction f
f^{-1}	la fonction réciproque de la fonction f
$f \circ g$	la fonction composée de f et g
$\lim_{x \to a} f(x)$	la limite de $f(x)$ lorsque x tend vers a
$\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}$	la dérivée de y par rapport à x
$f'(x)$	la dérivée de $f(x)$ par rapport à x
$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2}$	la dérivée seconde de y par rapport à x
$f''(x)$	la dérivée seconde de $f(x)$ par rapport à x
$\frac{\mathrm{d}^n y}{\mathrm{d}x^n}$	la dérivée nième de y par rapport à x
$f^{(n)}(x)$	la dérivée nième de $f(x)$ par rapport à x
$\int y \, \mathrm{d}x$	l'intégrale indéfinie de y par rapport à x
$\int_a^b y \, \mathrm{d}x$	l'intégrale définie de y par rapport à x entre $x = a$ et $x = b$
e^x	la fonction exponentielle (base e) de x
$\log_a x$	le logarithme de base a de x
$\ln x$	le logarithme népérien de x, $\log_{\mathrm{e}} x$
sin, cos, tan	les fonctions trigonométriques
$\mathrm{A}(x, y)$	le point A du plan de coordonnées cartésiennes x et y
[AB]	le segment de droite d'extrémités A et B
AB	la longueur de [AB]
(AB)	la droite passant par les points A et B
$\hat{A}$	l'angle en A

$\text{C}\hat{\text{A}}\text{B}$	l'angle entre $[\text{CA}]$ et $[\text{AB}]$
ΔABC	le triangle dont les sommets sont A, B et C
$\boldsymbol{v}$	le vecteur $\boldsymbol{v}$
$\overrightarrow{\text{AB}}$	le vecteur représenté en norme et direction par le segment orienté de A à B
$\boldsymbol{a}$	le vecteur position $\overrightarrow{\text{OA}}$
$\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$	les vecteurs unitaires dans les directions des axes de coordonnées cartésiennes
$\lvert\boldsymbol{a}\rvert$	la norme du vecteur $\boldsymbol{a}$
$\lvert\overrightarrow{\text{AB}}\rvert$	la norme du vecteur $\overrightarrow{\text{AB}}$
$\boldsymbol{v}\cdot\boldsymbol{w}$	le produit scalaire de $\boldsymbol{v}$ et $\boldsymbol{w}$
$\text{P}(A)$	la probabilité de l'événement A
$\text{P}(A')$	la probabilité de l'événement « non A »
$\text{P}(A \mid B)$	la probabilité de l'événement A étant donné que l'événement B s'est produit
$x_1, x_2, \ldots$	les observations
$f_1, f_2, \ldots$	les effectifs associés aux observations $x_1, x_2, \ldots$
$\binom{n}{r}$	nombre de possibilités de choisir r objets parmi n objets
$\text{B}(n, p)$	la distribution binomiale de paramètres n et p
$\text{N}(\mu, \sigma^2)$	la distribution normale de moyenne μ et de variance σ^2
$X \sim \text{B}(n, p)$	la variable aléatoire X suit une distribution binomiale de paramètres n et p
$X \sim \text{N}(\mu, \sigma^2)$	la variable aléatoire X suit une distribution normale de moyenne μ et de variance σ^2
μ	la moyenne de la population
σ^2	la variance de la population

σ	l'écart type de la population
$\bar{x}$	la moyenne d'un ensemble de données, $x_1, x_2, x_3, \ldots$
z	la variable aléatoire normale centrée réduite, $z = \dfrac{x-\mu}{\sigma}$
Φ	la fonction de distribution cumulative d'une variable normale centrée réduite de distribution $\mathrm{N}(0,\ 1)$
r	le coefficient de corrélation de Pearson