



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide d'études mathématiques NM

Premiers examens en 2014



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide d'études mathématiques NM

Premiers examens en 2014



Programme du diplôme Guide d'études mathématiques NM

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

Publié en mars 2012

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

© Organisation du Baccalauréat International 2012

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.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire, ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite préalable de l'IB ou sans que cela ne soit expressément autorisé par la loi ou par la politique et le règlement de l'IB en matière d'utilisation de sa propriété intellectuelle. Veuillez consulter à cet effet la page <http://www.ibo.org/fr/copyright>.

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

International Baccalaureate, Baccalauréat International et Bachillerato Internacional
sont des marques déposées de l'Organisation du Baccalauréat International.

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

Introduction	1
Objet de ce document	1
Le Programme du diplôme	2
Nature du cours	4
Objectifs globaux	9
Objectifs d'évaluation	10
Programme	11
Résumé du programme	11
Manières d'aborder l'enseignement et l'apprentissage du cours	12
Thèmes liés aux acquis préliminaires	15
Contenu du programme	17
Évaluation	39
L'évaluation dans le Programme du diplôme	39
Résumé de l'évaluation	41
Évaluation externe	42
Évaluation interne	44
Annexes	54
Glossaire des mots-consignes	54
Liste des notations	56

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 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.

Remerciements

L'IB tient à remercier les professionnels de l'éducation et leur établissement pour la généreuse contribution qu'ils ont apportée à l'élaboration de ce guide en termes de temps et de ressources.

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 matières 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.

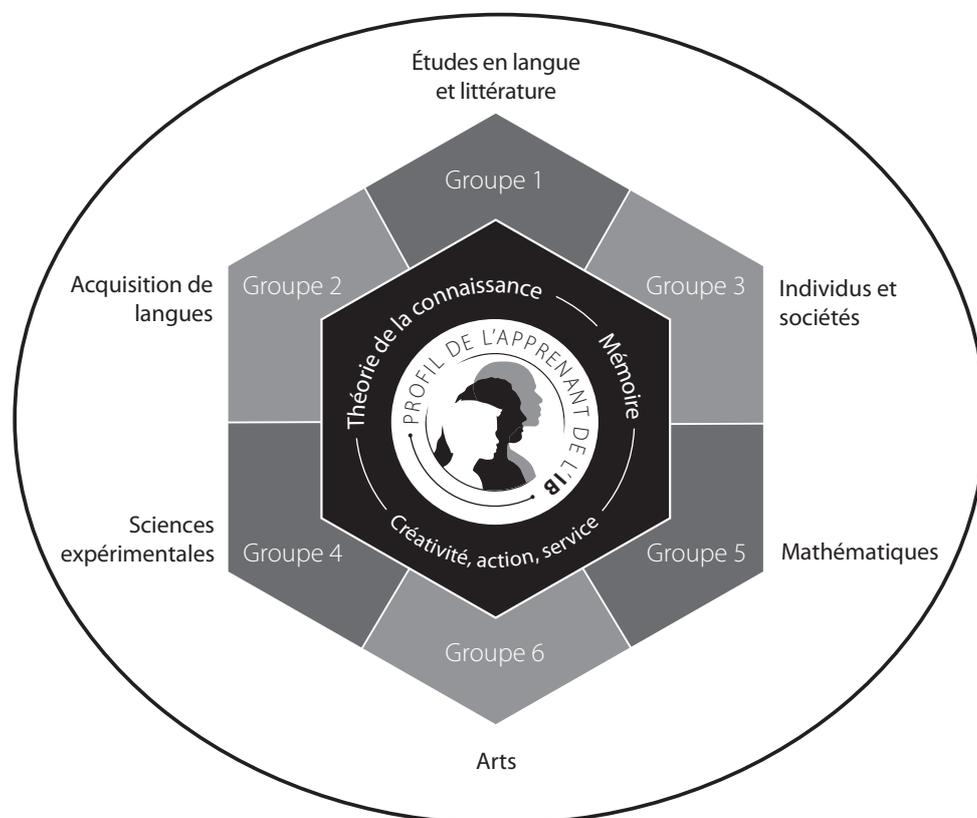


Figure 1
Structure du Programme du diplôme

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 existe 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 d'études mathématiques NM

Le programme du cours est centré sur des thèmes mathématiques importants qui sont interconnectés. Le programme est organisé et structuré avec les principes suivants à l'esprit : accorder plus d'importance à la compréhension par l'élève de concepts fondamentaux qu'aux manipulations symboliques et à la virtuosité dans les calculs ; plus insister sur le développement des raisonnements mathématiques des élèves que sur la pratique des opérations de routine ; résoudre des problèmes mathématiques dans une grande diversité de contextes ; utiliser avec efficacité la calculatrice.

Ce cours inclut la réalisation d'un projet, qui est une caractéristique propre au cours d'études mathématiques NM au sein du groupe 5. Chaque élève doit réaliser un projet qui s'appuie sur ses propres recherches ; il est conseillé et encadré par son enseignant. Le projet offre aux élèves la possibilité d'entreprendre un travail de nature mathématique dans un domaine de leur choix en utilisant leurs propres expériences, ainsi que les connaissances et les compétences qu'ils ont acquises durant le cours. Ce processus permet aux élèves de prendre l'entière responsabilité d'une partie de leurs études en mathématiques.

Les élèves les plus susceptibles de choisir ce cours sont ceux dont les principaux centres d'intérêt se situent hors du domaine des mathématiques et, pour beaucoup d'élèves, il s'agira de leur dernière expérience d'un cours formel de mathématiques. Toutes les parties du programme ont donc été soigneusement sélectionnées afin qu'il soit possible de les aborder à partir des principes de base. Ainsi, les élèves peuvent utiliser leur propre logique personnelle et n'ont pas besoin de s'appuyer sur des algorithmes standard et des formules mémorisées. Il est conseillé aux élèves qui risquent d'avoir besoin des mathématiques dans leurs études ultérieures d'envisager l'un des autres cours de mathématiques proposés.

En raison de la nature du cours d'études mathématiques NM, les enseignants peuvent trouver les méthodes traditionnelles d'enseignement inappropriées pour ce cours et opter pour des techniques d'apprentissage partagées moins formelles, mais qui peuvent s'avérer plus stimulantes et enrichissantes pour les élèves. Des leçons utilisant une approche reposant sur la recherche, avec comme point de départ des recherches pratiques dans la mesure du possible, suivies d'une analyse des résultats, qui mène à la compréhension d'un principe mathématique et à sa formulation dans le langage mathématique, sont souvent plus efficaces pour susciter l'intérêt des élèves. De plus, ce type d'approche aidera probablement les élèves à comprendre les mathématiques en leur fournissant un contexte porteur de sens et en les amenant à mieux comprendre la façon d'organiser leur travail pour le projet.

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. Ils étudient une grande variété de thèmes et différentes méthodes d'enseignement et d'apprentissage. Ainsi, les élèves disposent de compétences et de connaissances variées lorsqu'ils débent le cours d'études mathématiques NM. La plupart des élèves ont quelques bases 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 d'études 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. 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 au retour d'informations reçu 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 pour le 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 (**Dimension internationale**) sont donnés dans la colonne « Liens » des tableaux de la section « Contenu du programme ».

Objectifs globaux

Objectifs globaux du groupe 5

Les objectifs globaux 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 le cours d'études 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'abstraites 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 nécessitant l'organisation et l'analyse d'informations ou de mesures, l'élaboration de conclusions, la critique de leur validité et la prise en compte de leur portée et de leurs limites.

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 Nombres et algèbre	20
Thème 2 Statistiques descriptives	12
Thème 3 Logique, ensembles et probabilités	20
Thème 4 Applications statistiques	17
Thème 5 Géométrie et trigonométrie	18
Thème 6 Modélisation mathématique	20
Thème 7 Introduction au calcul différentiel	18
Projet Le projet est un travail individuel impliquant le recueil d'informations ou la production de mesures ainsi que l'analyse et l'évaluation de ces informations ou mesures.	25
Nombre total d'heures d'enseignement	150

Il est essentiel que les enseignants se voient accorder le minimum prescrit d'heures d'enseignement nécessaire pour répondre aux exigences du cours d'études mathématiques NM. Ce nombre d'heures s'élève à 150 au NM.

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

Dans le cadre de ce cours, les élèves auront la possibilité de comprendre et d'apprécier à la fois l'usage pratique des mathématiques et leurs aspects esthétiques. Ils seront encouragés à développer leurs connaissances aussi bien à partir de leurs acquis préliminaires en mathématiques et dans d'autres matières qu'à partir de leurs propres expériences. Il est important que les élèves développent une intuition mathématique et comprennent comment ils peuvent mettre en application les mathématiques dans la vie courante.

Une certaine flexibilité dans l'enseignement est nécessaire pour permettre différents styles d'apprentissage. Les élèves suivant le cours d'études mathématiques NM ont des profils variés et aborder l'enseignement à l'aide de méthodes visuelles, auditives et kinesthésiques peut faire naître de nouvelles idées. L'utilisation de la technologie, particulièrement de la calculatrice à écran graphique et des logiciels informatiques, peut être très utile car elle permet aux élèves d'explorer des idées dans un contexte riche. L'initiative est laissée à chaque enseignant de décider de l'ordre de présentation des différents thèmes, mais les activités d'enseignement et d'apprentissage doivent combiner les différentes parties du programme et souligner leur interdépendance. Par exemple, le lien entre suite géométrique et fonction exponentielle peut être illustré en prenant en considération les intérêts composés.

Les enseignants peuvent souhaiter introduire certains thèmes par des calculs faits à la main pour offrir un premier regard sur les principes. Cependant, une fois la compréhension acquise, l'utilisation de la calculatrice graphique permettra de réaliser les travaux ultérieurs et simplifiera les calculs (par exemple, la statistique du χ^2).

Les enseignants peuvent mettre à profit l'intuition mathématique des élèves en abordant l'enseignement des probabilités d'une manière qui ne repose pas uniquement sur des formules.

Le projet d'études mathématiques NM est conçu pour ne pas être seulement un outil d'évaluation, mais également permettre un niveau complexe d'apprentissage. Il s'agit d'un travail de recherche indépendant mais bien dirigé, utilisant des méthodes mathématiques pour tirer des conclusions et répondre à des questions relevant des centres d'intérêt de chaque élève. Le projet doit être une partie intégrante du cours de telle sorte que les élèves ont l'occasion d'acquérir les compétences nécessaires pour réaliser un projet réussi. Le projet ne doit pas être réalisé avant que les élèves n'aient expérimenté un éventail de techniques pour le rendre significatif. Le plan de travail doit être conçu en conséquence.

Les enseignants doivent encourager les élèves à découvrir des liens et des applications dans le cadre d'autres matières du programme et le tronc commun de l'hexagone. 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 » des tableaux de la section « Contenu du programme ».

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 d'études mathématiques NM ainsi que des suggestions de débat, des exemples de la vie quotidienne et des idées de projets. **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.

Veillez 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.

Programme d'études

Le contenu de l'ensemble des sept 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 du projet

Le travail mené dans le cadre du projet 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 études mathématiques NM, il est prévu de consacrer 25 heures au projet. La répartition des heures d'enseignement donnée dans ce guide est approximative et vise simplement à suggérer comment répartir les 125 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.

Des heures ont été allouées dans chaque section du programme pour rendre possible l'enseignement des thèmes nécessitant l'utilisation de la calculatrice à écran graphique.

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 épreuves écrites sont détaillées dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*. Des informations supplémentaires et des conseils sont disponibles dans la publication *Études mathématiques NM (calculatrices à écran graphique) – Matériel de soutien pédagogique* (septembre 2005) et sur le CPEL.

Livret de formules pour le cours d'études 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 projets 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 d'études 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 d'études 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.

Les références données dans la colonne de gauche correspondent aux thèmes listés dans le contenu du programme ; par exemple, le point **1.0** renvoie aux acquis préliminaires pour le thème 1, « Nombres et algèbre ».

L'utilisation efficace de la calculatrice à écran graphique fera partie intégrante du cours, et ne sera traitée séparément. Le temps alloué à chaque thème de ce programme tient compte de ce fait.

	Contenu	Recommandations supplémentaires
1.0	<p>Utilisation élémentaire des quatre opérations arithmétiques sur les nombres entiers, les nombres décimaux et les fractions, y compris l'ordre des opérations.</p> <p>Nombres premiers, facteurs et multiples.</p> <p>Applications simples des rapports, pourcentages et proportions.</p> <p>Manipulation élémentaire d'expressions algébriques simples, y compris factorisation et développement.</p> <p>Manipulation de formules.</p> <p>Évaluation d'expressions par substitution.</p> <p>Résolution d'équations du premier degré à une inconnue.</p> <p>Résolution de systèmes d'équations du premier degré à deux inconnues.</p> <p>Évaluation d'expressions exponentielles à valeurs entières.</p> <p>Utilisation des signes</p>	<p><i>Exemples</i> : $2(3 + 4 \times 7) = 62$; $2 \times 3 + 4 \times 7 = 34$.</p> <p><i>Exemples</i> : $ab + ac = a(b + c)$; $(x + 1)(x + 2) = x^2 + 3x + 2$.</p> <p><i>Exemple</i> : $A = \frac{1}{2}bh \Rightarrow h = \frac{2A}{b}$.</p> <p><i>Exemple</i> : Si $x = -3$ alors $x^2 - 2x + 3 = (-3)^2 - 2(-3) + 3 = 18$.</p> <p><i>Exemples</i> : $3(x + 6) - 4(x - 1) = 0$; $\frac{6x}{5} + 4 = 7$.</p> <p><i>Exemple</i> : $3x + 4y = 13$, $\frac{1}{3}x - 2y = -1$.</p> <p><i>Exemples</i> : $a^b, b \in \mathbb{Z}$; $2^{-4} = \frac{1}{16}$; $(-2)^4 = 16$.</p> <p><i>Exemple</i> : $2 < x \leq 5, x \in \mathbb{R}$.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires
	<p>Résolution d'inéquations du premier degré.</p> <p>Connaissance des devises habituellement acceptées dans le monde.</p>	<p><i>Exemple</i> : $2x + 5 < 7 - x$.</p> <p><i>Exemples</i> : franc suisse (CHF) ; dollar américain (USD) ; livre sterling (GBP) ; euro (EUR) ; yen japonais (JPY) ; dollar australien (AUD).</p>
2.0	Recueil de données et leur représentation à l'aide de diagrammes en bâtons, de diagrammes circulaires et de graphiques figuratifs.	
5.0	<p>Concepts élémentaires de la géométrie : point, droite, plan, angle.</p> <p>Figures simples dans le plan et leurs propriétés, y compris périmètres et aires des cercles, triangles, quadrilatères et figures composées.</p> <p>Unités du SI pour les longueurs et les aires.</p> <p>Théorème de Pythagore.</p> <p>Coordonnées dans le plan.</p> <p>Milieus, distance entre deux points.</p>	

Contenu du programme

Thème 1 – Nombres et algèbre

20 heures

L'objectif de ce thème est d'introduire quelques éléments et concepts de base des mathématiques ainsi que leurs liens avec les applications financières ou autres.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>1.1 Entiers naturels, \mathbb{N} ; entiers relatifs, \mathbb{Z} ; nombres rationnels, \mathbb{Q} ; nombres réels, \mathbb{R}.</p> <p>Non exigé : démonstration de l'irrationalité, par exemple, de $\sqrt{2}$.</p>	<p>Lien avec domaine et image en 6.1.</p>	<p>Dimension internationale : le développement historique des systèmes de numération. Prise de conscience que nos chiffres modernes ont été formés à partir des chiffres arabes.</p> <p>Théorie de la connaissance : les symboles mathématiques ont-ils une signification de la même manière que les mots ont une signification ? Zéro est-il différent ? Ces nombres ont-ils été créés ou découverts ? Est-ce que ces nombres existent ?</p>
<p>1.2 Approximation : chiffres après la virgule ; chiffres significatifs. Pourcentage d'erreur.</p>	<p>Les élèves doivent avoir conscience des erreurs qui peuvent provenir d'arrondissements prématurés.</p>	<p>Application : approximation de valeurs en devise à l'entier le plus proche, par exemple, peso, yen. Approximation de valeurs en devise au centime/penny le plus proche, par exemple, euro, dollar, livre sterling.</p> <p>Application : physique 1.1 (ordres de grandeur). Application : météorologie, autres méthodes d'arrondissement.</p> <p>Application : biologie 2.1.5 (mesure microscopique).</p> <p>Théorie de la connaissance : prise de conscience des différences d'échelle dans les nombres, et de l'usage des nombres de manières qui vont bien au-delà de notre expérience quotidienne.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>1.3</p>	<p>Expression des nombres sous la forme $a \times 10^k$, avec $1 \leq a < 10$ et k entier relatif.</p> <p>Opérations avec des nombres exprimés sous cette forme.</p>	<p>Les élèves doivent savoir utiliser leur calculatrice à écran graphique en mode scientifique.</p> <p>Les notations propres aux calculatrices ne sont <i>pas</i> acceptables.</p> <p>Par exemple, $5.2E3$ n'est <i>pas</i> acceptable.</p>	<p>Application : les très grands et les très petits nombres, par exemple, les distances astronomiques, les particules subatomiques : physique 1.1 ; les valeurs financières en macroéconomie.</p> <p>Application : chimie 1.1 (la constante d'Avogadro).</p> <p>Application : physique 1.2 (notation scientifique).</p> <p>Application : chimie et biologie (notation scientifique).</p> <p>Application : sciences de la terre (échelle de mesure des tremblements de terre).</p>
<p>1.4</p>	<p>Unités du SI (<i>Système international</i>) et autres unités de mesure de base : par exemple, kilogramme (kg), mètre (m), seconde (s), litre (l), mètre par seconde ($m s^{-1}$), degré Celsius.</p>	<p>Les élèves doivent savoir effectuer des conversions entre différentes unités.</p> <p>Lien avec la notation sous la forme décrite en 1.3, par exemple, $5 \text{ km} = 5 \times 10^6 \text{ mm}$.</p>	<p>Application : vitesse, accélération, force ; physique 2.1, physique 2.2 ; concentration d'une solution ; chimie 1.5.</p> <p>Dimension internationale : notation du SI.</p> <p>Théorie de la connaissance : l'utilisation de la notation du SI nous aide-t-elle à penser les mathématiques comme un langage universel ?</p> <p>Théorie de la connaissance : qu'est-ce qui est mesurable ? Comment peut-on mesurer les capacités mathématiques ?</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
1.5	Conversion de devises.	Les élèves doivent savoir effectuer des conversions de devises comportant une commission de change.	<p>Application : économie 3.2 (taux de change).</p> <p>Objectif global 8 : les conséquences éthiques des échanges en devise et leurs effets sur différentes communautés nationales.</p> <p>Dimension internationale : les effets de l'évolution des taux de change sur le commerce international.</p>
1.6	Utilisation de la calculatrice à écran graphique pour résoudre : <ul style="list-style-type: none"> des systèmes de deux équations du premier degré à deux inconnues ; des équations du second degré. 	<p>Dans les épreuves écrites, il ne sera exigé aucune méthode particulière de résolution.</p> <p>La terminologie courante telle que zéros ou racines doit être enseignée.</p> <p>Lien avec les modèles du second degré en 6.3.</p>	<p>Théorie de la connaissance : équations sans solution. Prise de conscience que lorsque des mathématiciens parlent de nombres « imaginaires » ou « réels », ils utilisent des termes techniques précis qui n'ont pas le sens qu'ils ont dans la vie courante.</p>
1.7	Suites et séries arithmétiques et leurs applications. Utilisation des formules pour le $n^{\text{ième}}$ terme et la somme des n premiers termes de la suite.	<p>Les élèves peuvent utiliser une calculatrice à écran graphique pour effectuer les calculs, mais ils doivent savoir identifier le premier terme et la raison.</p>	<p>Théorie de la connaissance : raisonnement formel et informel en mathématique. En quoi une démonstration mathématique diffère-t-elle d'un bon raisonnement de la vie quotidienne ? Le raisonnement mathématique est-il différent du raisonnement scientifique ?</p> <p>Théorie de la connaissance : la beauté et l'élégance en mathématique. La suite de Fibonacci et son lien avec le nombre d'or.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>1.8</p>	<p>Suites et séries géométriques.</p> <p>Utilisation des formules pour le $n^{\text{ième}}$ terme et la somme des n premiers termes de la suite.</p> <p>Non exigé : démonstration formelle des formules.</p> <p>Non exigé : utilisation des logarithmes pour trouver n, étant donné la somme des n premiers termes ; somme d'une série infinie.</p>	<p>Les élèves peuvent utiliser une calculatrice à écran graphique pour effectuer les calculs, mais ils doivent être capables d'identifier le premier terme et la raison.</p>	
<p>1.9</p>	<p>Applications à la finance des suites et des séries géométriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • intérêts composés ; • dépréciation annuelle. <p>Non exigé : utilisation des logarithmes.</p>	<p>L'utilisation d'une calculatrice à écran graphique est requise, y compris les modules financiers déjà installés.</p> <p>Le concept des intérêts simples peut être utilisé comme une introduction aux intérêts composés mais ne sera pas évalué lors des épreuves d'examen.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions demandant aux élèves d'en déduire la formule.</p> <p>Les intérêts composés peuvent être calculés annuellement, semestriellement, trimestriellement ou mensuellement.</p> <p>Lien avec le modèle exponentiel en 6.4.</p>	<p>Application : économie 3.2 (taux de change).</p> <p>Objectif global 8 : considérations éthiques concernant les emprunts et les prêts d'argent.</p> <p>Dimension internationale : les sociétés voient-elles toutes les investissements et les intérêts de la même façon ?</p>

Thème 2 – Statistiques descriptives

12 heures

L'objectif de ce thème est de développer des techniques pour décrire et interpréter des ensembles de données, en préparation à des applications statistiques ultérieures.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>2.1 Classification de données en données discrètes ou continues.</p>	<p>Les élèves doivent comprendre les concepts de population, d'échantillon représentatif et d'échantillon aléatoire. L'échantillonnage ne fera pas l'objet de questions d'examen mais pourra être utilisé pour l'évaluation interne.</p>	<p>Application : psychologie 3 (méthodologie de la recherche). Application : biologie 1 (l'analyse statistique). Théorie de la connaissance : validité des données et introduction des préjugés.</p>
<p>2.2 Données discrètes simples : tableaux d'effectifs.</p>		
<p>2.3 Données discrètes ou continues groupées : tableaux d'effectifs ; valeurs centrales des intervalles ; bornes inférieure et supérieure d'un intervalle. Histogrammes des effectifs.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen, les histogrammes des effectifs utilisent des intervalles de largeurs égales.</p>	<p>Application : géographie (analyses géographiques).</p>
<p>2.4 Tableaux des effectifs cumulés pour des données discrètes groupées et pour des données continues groupées ; courbes des effectifs cumulés, médiane et quartiles. Diagramme en boîte à moustaches. Non exigé : traitement des données aberrantes.</p>	<p>Utilisation de la calculatrice à écran graphique pour produire des histogrammes et des diagrammes en boîte à moustaches.</p>	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
2.5	<p>Mesures de tendance centrale.</p> <p>Pour des données discrètes simples : moyenne ; médiane ; mode.</p> <p>Pour des données groupées discrètes et continues : estimation de la moyenne ; classe modale.</p>	<p>Les élèves doivent utiliser les valeurs centrales des intervalles pour estimer la moyenne de données groupées.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions utilisant la notation Σ.</p>	<p>Objectif global 8 : les conséquences éthiques de l'utilisation trompeuse des statistiques.</p>
2.6	<p>Mesures de dispersion : étendue ; intervalle interquartile ; écart type.</p>	<p>Les élèves doivent utiliser les valeurs centrales des intervalles pour estimer l'écart type des données groupées.</p> <p>Dans les épreuves d'examen :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les élèves doivent utiliser une calculatrice à écran graphique pour calculer l'écart type ; • l'ensemble des données est considéré comme étant la population. <p>Les élèves doivent savoir que la notation utilisée par l'IB peut être différente de celle affichée par leur calculatrice à écran graphique.</p> <p>L'utilisation d'un logiciel informatique de type tableur est encouragée dans l'étude de ce thème.</p>	<p>Dimension internationale : les avantages du partage et de l'analyse des données de différents pays.</p> <p>Théorie de la connaissance : est-ce que l'écart type est une découverte mathématique ou une création de l'esprit humain ?</p>

Thème 3 – Logique, ensembles et probabilités

20 heures

Les objectifs de ce thème sont d'introduire les principes de la logique, d'utiliser la théorie des ensembles pour introduire les probabilités, et de déterminer la probabilité d'événements aléatoires par une variété de techniques.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>3.1 Concepts de base de la logique symbolique : définition d'un énoncé ; notation symbolique des énoncés.</p>		
<p>3.2 Énoncés composés : implication, \Rightarrow ; équivalence, \Leftrightarrow ; négation, \neg ; conjonction, \wedge ; disjonction, \vee ; disjonction exclusive, $\underline{\vee}$.</p> <p>Traduction entre des énoncés exprimés sous forme verbale et des énoncés symboliques.</p>		
<p>3.3 Tables de vérité : concepts de contradiction logique et de tautologie.</p>	<p>Les tables de vérité sont limitées à un maximum de trois énoncés.</p> <p>Les tables de vérité peuvent être utilisées pour illustrer l'associativité et la distributivité des connecteurs ainsi que pour des variantes d'énoncés faisant intervenir l'implication et l'équivalence, comme, par exemple $\neg q \Rightarrow \neg p$.</p>	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>3.4</p>	<p>Réciproque, inverse, contraposée. Équivalence logique.</p> <p>Évaluation de la validité d'arguments simples en utilisant des tables de vérité.</p>	<p>Le thème peut être élargi pour inclure les syllogismes. Dans les épreuves d'examen, ceux-ci ne sont pas évalués.</p>	<p>Application : utilisation de la logique dans le développement d'arguments.</p> <p>Application : programmation informatique ; circuits logiques ; physique NS 14.1 ; physique NMC1.</p> <p>Théorie de la connaissance : logique inductive et déductive, raisonnements faux.</p>
<p>3.5</p>	<p>Concepts de base de la théorie des ensembles : élément $x \in A$, sous-ensemble $A \subset B$; intersection $A \cap B$; union $A \cup B$; complémentaire A'.</p> <p>Diagrammes de Venn et applications simples.</p> <p>Non exigé : connaissance des lois de De Morgan.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen, l'ensemble universel U ne contient pas plus de trois sous-ensembles.</p> <p>L'ensemble vide est noté \emptyset.</p>	
<p>3.6</p>	<p>Univers des possibles ; événement A ; événement contraire, A'.</p> <p>Probabilité d'un événement.</p> <p>Probabilité d'un événement contraire.</p> <p>Espérance mathématique.</p>	<p>Les probabilités peuvent être présentées et enseignées de manière pratique, en utilisant des pièces de monnaie, des dés, des cartes et d'autres exemples pour illustrer un comportement aléatoire.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions concernant des cartes à jouer.</p>	<p>Application : études d'actuariat, probabilité de durée de vie et leur effet sur les assurances.</p> <p>Application : prévisions gouvernementales fondées sur des valeurs projetées.</p> <p>Théorie de la connaissance : probabilités théoriques et expérimentales.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
3.7	<p>Probabilités d'événements composés, d'événements mutuellement incompatibles, d'événements indépendants.</p> <p>Utilisation de diagrammes en arbre, de diagrammes de Venn, de représentations de l'univers des possibles et tableaux des résultats possibles.</p> <p>Probabilité sur des tirages « avec remise » et « sans remise ».</p> <p>Probabilité conditionnelle.</p>	<p>Les élèves doivent être incités à utiliser la méthode la plus appropriée pour résoudre une question donnée.</p> <p>Les questions de probabilités sont situées dans un contexte et font usage de représentation en diagramme.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions demandant l'usage exclusif de la formule de la section 3.7 du livret de formules.</p>	<p>Application : biologie 4.3 (génétique théorique); biologie 4.3.2 (carré de Punnett).</p> <p>Application : physique NS 13.1 (positionnement d'un électron); physique NM B1.</p> <p>Objectif global 8 : l'éthique des jeux d'argent.</p> <p>Théorie de la connaissance : la perception du risque, en affaire, en médecine et pour la sécurité du voyageur.</p>

Thème 4 – Applications statistiques

17 heures

Les objectifs de ce thème sont de développer des techniques de statistiques inférentielles pour analyser des ensembles de données, tirer des conclusions et les interpréter.

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
4.1	<p>La distribution normale.</p> <p>Les concepts d'une variable aléatoire ; des paramètres μ et σ ; de la courbe en cloche ; de la symétrie par rapport à $x = \mu$.</p> <p>Représentation avec des diagrammes.</p> <p>Calculs de probabilités normales.</p> <p>Espérance mathématique.</p> <p>Calculs des réciproques de probabilités normales.</p> <p>Non exigé : transformation d'une variable normale quelconque en une variable normale centrée réduite.</p>	<p>Les élèves doivent savoir qu'approximativement 68 % des données sont à l'intérieur de $\mu \pm \sigma$, 95 % sont à l'intérieur de $\mu \pm 2\sigma$ et 99 % sont à l'intérieur de $\mu \pm 3\sigma$.</p> <p>Les élèves doivent produire des esquisses de courbe normale avec des zones hachurées lorsqu'ils utilisent une calculatrice à écran graphique.</p> <p>Les élèves doivent utiliser une calculatrice à écran graphique pour calculer des probabilités et pour l'opération réciproque.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas demandé de trouver la moyenne ou l'écart type par le calcul des réciproques de la probabilité normale.</p> <p>La transformation d'une variable normale quelconque en une variable normale centrée réduite, z, peut être appropriée pour l'évaluation interne.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions utilisant la variable normale centrée réduite, z.</p>	<p>Application : exemple de mesures, depuis les phénomènes psychologiques jusqu'aux phénomènes physiques, qui peuvent être approchés à des degrés divers par la distribution normale.</p> <p>Application : biologie 1 (l'analyse statistique).</p> <p>Application : physique 3.2 (théorie du mouvement moléculaire).</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
4.2	<p>Données à deux variables : le concept de corrélation.</p> <p>Diagrammes de dispersion ; droite de régression trouvée visuellement, passant par le point moyen.</p> <p>Le coefficient de corrélation de Pearson, r.</p> <p>Interprétation de corrélations positives, nulles ou négatives, fortes ou faibles.</p>	<p>Les élèves doivent savoir faire la distinction entre corrélation et causalité.</p> <p>Des calculs à la main de r peuvent favoriser la compréhension.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, les élèves doivent calculer r avec une calculatrice à écran graphique.</p>	<p>Application : biologie ; physique ; chimie ; sciences sociales.</p> <p>Théorie de la connaissance : une corrélation implique-t-elle une causalité ?</p>
4.3	<p>La droite de régression pour y en fonction de x.</p> <p>Utilisation de la droite de régression pour faire des prévisions.</p>	<p>Des calculs à la main de la droite de régression peuvent favoriser la compréhension.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, les élèves doivent utiliser une calculatrice à écran graphique pour trouver la droite de régression.</p> <p>Les élèves doivent être conscients des dangers des extrapolations.</p>	<p>Application : chimie 11.3 (techniques graphiques).</p> <p>Théorie de la connaissance : peut-on utiliser avec confiance l'équation de la droite de régression pour faire des prévisions ?</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
4.4	<p>Le test d'indépendance du χ^2 : formulation de l'hypothèse nulle et de l'hypothèse alternative ; seuils de signification ; tableaux de contingence ; effectifs théoriques ; degrés de liberté ; les valeurs p.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen :</p> <ul style="list-style-type: none"> le nombre maximum de lignes et de colonnes dans un tableau de contingence est 4 ; le nombre de degrés de liberté est toujours supérieur à un ; la valeur critique du χ^2 est toujours donnée ; seules des questions sur des tests unilatéraux à droite sont posées avec les seuils de signification habituels (1 %, 5 %, 10 %). <p>Les calculs des effectifs théoriques doivent être faits à la main.</p> <p>Des calculs à la main du χ^2 peuvent favoriser la compréhension.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, les élèves doivent calculer la statistique du χ^2 avec une calculatrice à écran graphique.</p> <p>S'ils utilisent pour l'évaluation interne le test du χ^2, les élèves doivent être conscients des limites de ce test pour de faibles effectifs théoriques ; les effectifs théoriques doivent être supérieurs à 5.</p> <p>Si le nombre de degrés de liberté est 1, alors la correction de continuité de Yates doit être utilisée.</p>	<p>Application : biologie (évaluation interne) ; psychologie ; géographie.</p> <p>Théorie de la connaissance : méthode scientifique.</p>

Thème 5 – Géométrie et trigonométrie

18 heures

Les objectifs de ce thème sont de développer la capacité à dessiner des schémas clairs dans le plan, et d'appliquer des techniques géométriques et trigonométriques appropriées à la résolution de problème dans le plan et dans l'espace.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>5.1</p> <p>Équation d'une droite dans le plan : les formes $y = mx + c$ et $ax + by + d = 0$.</p> <p>Pente ; intersections avec les axes (ordonnée à l'origine et abscisse à l'origine).</p> <p>Points d'intersection de droites.</p> <p>Droites de pentes m_1 et m_2.</p> <p>Droites parallèles, $m_1 = m_2$.</p> <p>Droites perpendiculaires, $m_1 \times m_2 = -1$.</p>	<p>Lien avec les fonctions affines en 6.2.</p> <p>Liens avec la résolution des systèmes de deux équations du premier degré à deux inconnues en 1.6.</p>	<p>Application : pentes d'une route de montagne, par exemple la route transcanadienne. Pente d'une rampe d'accès.</p> <p>Application : économie 1.2 (élasticité).</p> <p>Théorie de la connaissance : Descartes a montré que les problèmes de géométrie pouvaient se résoudre algébriquement et réciproquement. Que pouvons-nous en déduire à propos des représentations mathématiques et des connaissances mathématiques ?</p>
<p>5.2</p> <p>Utilisation des rapports du sinus, du cosinus et de la tangente pour déterminer les côtés et les angles d'un triangle rectangle.</p> <p>Angles d'élévation et de dépression.</p>	<p>Les problèmes peuvent faire intervenir le théorème de Pythagore.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, les questions ne sont posées qu'en degrés.</p>	<p>Application : triangulation, réalisation de cartes, mesures concrètes en utilisant la trigonométrie.</p> <p>Dimension internationale : représentations schématiques du théorème de Pythagore découvertes dans d'anciens manuscrits chinois et indiens. Les premières références à la trigonométrie se trouvent dans les mathématiques indiennes.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>5.3</p>	<p>Utilisation de la loi des sinus :</p> $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}.$ <p>Utilisation de la loi des cosinus :</p> $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A;$ $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}.$ <p>Utilisation de l'aire d'un triangle =</p> $\frac{1}{2} ab \sin C.$ <p>Transcription de descriptions verbales en diagrammes légendés.</p>	<p>Dans toutes les parties de cette section, les élèves doivent être encouragés à esquisser des diagrammes bien légendés pour étayer leurs solutions.</p> <p>Le cas ambigu peut être enseigné, mais ne fera pas l'objet d'une question d'examen.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, les questions ne sont posées qu'en degrés.</p>	<p>Application : vecteurs ; physique 1.3 ; 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°).</p> <p>Théorie de la connaissance : utiliser le fait que la loi des cosinus est une généralisation possible du théorème de Pythagore pour étudier le concept de « généralité ».</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
5.4	<p>Géométrie des solides dans l'espace : parallépipède rectangle ; prisme droit ; pyramide droite ; cône droit ; cylindre ; sphère ; demi-sphère ; et des assemblages de ces solides.</p> <p>La distance entre deux points ; par exemple, entre deux sommets, entre un sommet et un milieu ou entre deux milieux.</p> <p>La mesure d'un angle entre deux droites ou entre une droite et un plan.</p> <p>Non exigé : angle entre deux plans.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen, dans le contexte des solides de l'espace, les questions de trigonométrie sont uniquement posées dans le triangle rectangle.</p>	<p>Théorie de la connaissance : qu'est-ce qu'un système axiomatique ?</p> <p>La somme des angles d'un triangle est-elle toujours 180° ?</p> <p>Géométrie non-euclidienne, comme la géométrie de Riemann. Plan de vol des lignes aériennes.</p> <p>Application : architecture et conception.</p>
5.5	<p>Volume et aire des solides de l'espace définis en 5.4.</p>		

Thème 6 – Modélisation mathématique

20 heures

L'objectif de ce thème est de développer la compréhension de quelques fonctions mathématiques qui peuvent modéliser des situations concrètes. Il faut encourager l'utilisation généralisée de la calculatrice à écran graphique pour ce thème.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>6.1 Concept de fonction, domaine, image et représentation graphique. Notation d'une fonction, par exemple $f(x)$, $v(t)$, $C(n)$. Concept de fonction en tant que modèle mathématique.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen :</p> <ul style="list-style-type: none"> le domaine est l'ensemble de tous les réels sauf mention du contraire ; la notation fléchée $f : x \mapsto y$ n'est pas utilisée. 	<p>Théorie de la connaissance : pourquoi pouvons-nous utiliser les mathématiques pour décrire le monde et formuler des prévisions ? Est-ce parce que nous découvrons le fondement mathématique du monde ou est-ce parce que nous imposons nos propres structures mathématiques sur le monde ? La relation entre les problèmes du monde réel et les modèles mathématiques.</p>
<p>6.2 Les modèles du premier degré. Les fonctions affines et leurs représentations graphiques, $f(x) = mx + c$.</p>	<p>Lien avec l'équation d'une droite en 5.1</p>	<p>Application : courbes de conversion, par exemple température ou conversion de devise ; physique 3.1 ; économie 3.2.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>6.3</p>	<p>Les modèles du second degré. Les fonctions du second degré et leurs représentations graphiques (paraboles) : $f(x) = ax^2 + bx + c$; $a \neq 0$ Propriétés d'une parabole : symétrie ; sommet ; intersections avec les axes des abscisses et des ordonnées. Équation de l'axe de symétrie, $x = -\frac{b}{2a}$</p>	<p>Lien avec l'équation du second degré en 1.6. Sont incluses les fonctions avec aucune, deux ou plusieurs racines réelles.</p> <p>L'équation correspondant à l'axe de symétrie peut d'abord être trouvée en effectuant une recherche.</p> <p>Les propriétés doivent être illustrées avec une calculatrice à écran graphique ou un logiciel de représentation graphique.</p>	<p>Application : fonctions de coût ; balistique ; physique 9.1 ; fonctions d'aire.</p>
<p>6.4</p>	<p>Les modèles exponentiels. Les fonctions exponentielles et leurs représentations graphiques : $f(x) = ka^x + c$, $a \in \mathbb{Q}^+$; $a \neq 1$, $k \neq 0$. $f(x) = ka^{-x} + c$, $a \in \mathbb{Q}^+$; $a \neq 1$, $k \neq 0$.</p> <p>Concept et équation d'une asymptote horizontale.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen, les élèves doivent utiliser des méthodes graphiques, y compris la calculatrice à écran graphique, pour résoudre des problèmes.</p>	<p>Application : biologie 5.3 (les populations). Application : biologie 5.3.2 (croissance démographique); physique 13.2 (désintégration radioactive) ; physique I2 (atténuation des rayons X) ; refroidissement d'un liquide ; propagation d'un virus ; dépréciation.</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>6.5</p>	<p>Les modèles utilisant des fonctions de la forme $f(x) = ax^m + bx^n + \dots$; $m, n \in \mathbb{Z}$.</p> <p>Les fonctions de ce type et leurs représentations graphiques.</p> <p>L'axe des ordonnées comme asymptote verticale.</p>	<p>Dans les épreuves d'examen, les élèves doivent utiliser des méthodes graphiques, y compris les calculatrices à écran graphique, pour résoudre des problèmes.</p> <p><i>Exemples</i> : $f(x) = 3x^4 - 5x + 3$, $g(x) = 3x^2 - \frac{4}{x}$.</p>	
<p>6.6</p>	<p>Dessiner des représentations graphiques exactes.</p> <p>À partir d'informations données, établir une esquisse.</p> <p>Transcrire sur le papier une représentation graphique depuis l'écran de la calculatrice.</p> <p>Lecture, interprétation et prévision à partir de représentations graphiques.</p> <p>Sont inclus toutes les fonction ci-dessus, leur somme et différence.</p>	<p>Les élèves doivent prendre conscience de la différence entre les mots-consignes « dessiner » et « esquisser ».</p> <p>Toute représentation graphique doit être légendée et présenter une indication d'échelle.</p> <p><i>Exemples</i> : $f(x) = x^3 + 5 - \frac{2}{x}$, $g(x) = 3^{-x} + x$.</p>	<p>Théorie de la connaissance : une représentation graphique sans légendes ni indication d'échelle a-t-elle un sens ?</p>

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
6.7	Utilisation de la calculatrice à écran graphique pour résoudre des équations qui combinent les fonctions ci-dessus.	<p><i>Exemples</i> : $x + 2 = 2x^3 + 3x - 1$, $5x = 3^x$.</p> <p>D'autres fonctions peuvent être utilisées en modélisation pour l'évaluation interne mais elles n'apparaîtront pas dans les épreuves d'examen.</p>	

Thème 7 – Introduction au calcul différentiel

18 heures

L'objectif de ce thème est d'introduire le concept de dérivée d'une fonction et de l'utiliser dans des problèmes d'optimisation ou autre.

Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>7.1</p> <p>Le concept de la dérivée en tant que taux de variation. Tangente à une courbe. Non exigé : traitement formel des limites.</p>	<p>On recommande aux enseignants d'introduire la dérivée par des considérations graphiques plutôt que par des calculs formels. L'accent est mis sur l'interprétation de ce concept dans différents contextes. Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions sur la dérivation à partir de sa définition.</p>	<p>Application : taux de variation en économie, cinématique et médecine. Objectif global 8 : plagiat et citation des sources, par exemple, la querelle entre Newton et Leibnitz, qui abordèrent le développement de l'analyse à partir de points de vue différents. Théorie de la connaissance : l'intuition est-elle une source de connaissance valable en mathématiques ? Comment est-il possible de parvenir à la même conclusion à partir d'itinéraires de recherche différents ?</p>
<p>7.2</p> <p>Le principe selon lequel $f(x) = ax^n \Rightarrow f'(x) = anx^{n-1}$. La dérivée de fonctions de la forme $f(x) = ax^n + bx^{n-1} + \dots$, où tous les exposants sont des entiers relatifs.</p>	<p>Les élèves doivent connaître l'autre notation pour les dérivées $\frac{dy}{dx}$ ou $\frac{dV}{dr}$. Dans les épreuves d'examen, on ne suppose pas de connaissances sur la dérivée seconde.</p>	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
<p>7.3</p>	<p>Les pentes des courbes pour des valeurs données de l'abscisse. Les valeurs de l'abscisse pour un $f'(x)$ donné. Équation de la tangente en un point donné. Équation de la droite perpendiculaire à la tangente en un point donné (droite normale).</p>	<p>L'utilisation de la technologie pour trouver la pente en un point est aussi recommandée. L'utilisation de la technologie pour dessiner les droites tangente et normale est aussi recommandée. Liens avec les droites perpendiculaires en 5.1.</p>	
<p>7.4</p>	<p>Fonctions croissantes et décroissantes. Interprétation graphique de $f'(x) > 0$, $f'(x) = 0$ et $f'(x) < 0$.</p>		
<p>7.5</p>	<p>Valeurs de l'abscisse où la pente d'une courbe est zéro. Solution de $f'(x) = 0$. Points stationnaires. Maximums et minimums locaux.</p>	<p>L'utilisation de la technologie pour afficher $f(x)$ et $f'(x)$ et pour trouver les solutions de $f'(x) = 0$ est aussi recommandée. Prise de conscience qu'un maximum/minimum local n'est pas nécessairement la plus grande/petite valeur de la fonction sur le domaine donné. La prise de conscience de la présence de points d'inflexion où la pente est nulle est encouragée, mais n'est pas évaluée lors des épreuves d'examen.</p>	

	Contenu	Recommandations supplémentaires	Liens
7.6	Problèmes d'optimisation.	<p><i>Exemples</i> : maximiser un profit, minimiser un coût, maximiser un volume pour l'aire d'une surface donnée.</p> <p>Dans les épreuves d'examen, il n'est pas posé de questions sur la cinématique.</p>	<p>Application : utilisation efficace des matériaux d'emballage.</p> <p>Application : physique 2.1 (cinématique).</p>

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 d'évaluer 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 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
<p>Évaluation externe (3 heures)</p> <p>Épreuve 1 (1 heure 30 minutes) 15 questions obligatoires à réponse courte portant sur l'ensemble du programme. (90 points)</p> <p>Épreuve 2 (1 heure 30 minutes) 6 questions obligatoires à réponse développée portant sur l'ensemble du programme. (90 points)</p>	<p>80 %</p> <p>40 %</p> <p>40 %</p>
<p>Évaluation interne</p> <p>Cette composante est évaluée en interne par l'enseignant puis révisée en externe par l'IB à la fin du programme.</p> <p>Projet</p> <p>Le projet est un travail individuel impliquant le recueil d'informations ou la production de mesures ainsi que l'analyse et l'évaluation de ces informations ou mesures. (20 points)</p>	<p>20 %</p>

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

Informations générales

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

Les élèves doivent disposer d'une calculatrice à écran graphique à tout moment durant les deux épreuves d'examen. 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 d'études 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

Outre les points accordés pour des réponses correctes, des points sont également attribués pour la méthode, la précision et le raisonnement.

Dans l'épreuve 1, le total des points est attribué pour chaque réponse correcte, sans tenir compte de la présence ou absence du raisonnement écrit. Lorsqu'une réponse est incorrecte, des points sont accordés pour une méthode correcte. Tous les élèves doivent donc être encouragés à toujours indiquer leur raisonnement.

Dans l'épreuve 2, le total des points ne sera pas nécessairement attribué pour une réponse correcte si elle n'est pas accompagnée d'une justification écrite. Les réponses doivent être étayées par un raisonnement et/ou des explications. Lorsqu'une réponse est incorrecte, des points sont donnés pour une méthode correcte. Tous les élèves doivent donc être encouragés à toujours indiquer leur raisonnement.

Épreuve 1

Durée : 1 heure 30 minutes

Pondération : 40 %

- Cette épreuve consiste en 15 questions obligatoires à réponse courte.
- Chaque question vaut 6 points.

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.
- Le but de cette épreuve 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

- Les questions peuvent être présentées sous forme de texte, de symboles, de tableaux ou de diagrammes, ou d'une combinaison de ces derniers.
- Le niveau des questions posées est varié.
- Une ou plusieurs étapes peuvent être nécessaires pour répondre à chaque question.

Épreuve 2

Durée : 1 heure 30 minutes

Pondération : 40 %

- Cette épreuve consiste en 6 questions obligatoires à réponse développée.
- Les questions de cette épreuve sont variables en termes de longueur et de niveau de difficulté.
- Les questions ne valent pas toutes le même nombre de points. La valeur de chaque question est indiquée au début de celle-ci.

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.
- Le but de cette épreuve est de tester en profondeur les connaissances et la compréhension des élèves sur le programme d'études. L'étendue des thèmes testés dans cette épreuve peut être plus limitée que celle testée dans le cadre de l'épreuve 1.

Type de questions

- Les questions exigent des réponses développées nécessitant un raisonnement soutenu.
- Certaines questions peuvent exiger la connaissance de plusieurs thèmes.
- 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'évaluation interne 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 d'études mathématiques NM consiste en un projet individuel. Ce projet est un travail écrit s'appuyant sur une recherche personnelle et impliquant le recueil, l'analyse et l'évaluation de données. Il est évalué à l'aide de sept critères d'évaluation.

Direction du projet et authenticité

Le projet remis 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 soutien de l'enseignant dans la poursuite de leur projet. L'enseignant doit jouer un rôle important, tant durant la planification du travail que pendant la réalisation du projet. 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 du projet. 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 projet 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 le projet remis par l'élève a été effectué conformément aux exigences et doivent expliquer clairement aux élèves que ce projet doit être entièrement le leur.

Dans le cadre du processus d'apprentissage, les enseignants peuvent donner des conseils aux élèves sur une **version préliminaire** du projet. 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'authenticité du projet doit être attestée par la présence des signatures de l'enseignant et de l'élève sur le formulaire pertinent du *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*.

En supervisant les élèves tout au long de la réalisation de leur projet, les enseignants doivent être à même de surveiller les progrès de chaque élève et pouvoir discuter avec eux de l'origine de tout nouveau matériel qu'ils utilisent ou qu'ils citent. Les élèves ne savent souvent pas s'il est possible d'utiliser les travaux d'autrui ou de s'appuyer sur d'autres sources. Par conséquent, les enseignants doivent entamer une discussion ouverte avec les élèves dès le début de l'élaboration de leur projet afin d'éviter tout problème potentiel.

Cependant, si les enseignants doutent de l'authenticité d'un projet, ils doivent employer différentes méthodes afin d'éclaircir la situation, par exemple :

- discuter avec l'élève ;
- demander à l'élève d'expliquer les méthodes qu'il a utilisées et de résumer ses résultats et conclusions ;
- demander à l'élève de refaire une partie de l'analyse avec des données différentes ;
- inviter l'élève à présenter son projet devant les autres élèves.

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 projets. Chaque projet est un travail individuel s'appuyant sur différentes données recueillies ou mesures produites.

Il doit être clairement indiqué aux élèves que tout travail en rapport avec leur projet, 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 d'études 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 25 heures d'enseignement pour le projet. Ce volume horaire doit comprendre :

- le temps nécessaire à l'enseignant pour expliquer aux élèves les modalités du projet ;
- les heures de cours nécessaires pour permettre aux élèves de travailler sur leur projet ;
- 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.

Les enseignants doivent noter les projets 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

Projet

Durée : 25 heures d'enseignement

Pondération : 20 %

But du projet

Les objectifs globaux du cours d'études mathématiques NM se traduisent en objectifs d'évaluation qui sont formellement évalués comme éléments constitutifs du cours par des épreuves d'examen, par le projet ou par les deux. Les critères d'évaluation pour le projet ont été développés afin d'atteindre ces objectifs. En plus d'évaluer formellement ces objectifs, le projet permet aux élèves de développer des compétences dans des domaines qui contribueront à leur éducation générale ainsi qu'à acquérir des qualités qui pourront également contribuer à leur développement personnel.

Le projet a pour but :

- de développer la compréhension personnelle des élèves de la nature des mathématiques et de développer leur capacité à poser leurs propres questions sur cette discipline ;
- d'encourager les élèves à entreprendre un travail de nature mathématique et à persévérer dans sa réalisation ;
- de permettre aux élèves d'acquérir de l'assurance en développant des stratégies pour traiter des situations et des problèmes nouveaux ;
- de fournir aux élèves des occasions de développer des compétences et des techniques personnelles et de permettre à des élèves ayant des capacités, des centres d'intérêt et des expériences variés d'avoir un sentiment de satisfaction personnelle en étudiant les mathématiques ;
- de permettre aux élèves de découvrir les mathématiques comme une discipline intégrée et vivante, plutôt que comme des connaissances et compétences fragmentées et compartimentées ;
- de permettre aux élèves de voir les relations et les applications des mathématiques dans d'autres domaines ;
- de donner aux élèves des occasions de montrer, avec assurance, ce qu'ils savent et ce qu'ils peuvent faire.

Intégration du projet

Le travail sur le projet doit être intégré au cours de façon à ce que les élèves aient l'occasion d'acquérir les compétences nécessaires à l'achèvement d'un projet réussi.

Il est donc possible de consacrer du temps aux activités suivantes pendant les heures de cours ;

- une discussion générale sur les domaines d'étude liés au projet, comme les méthodes de recueil de données ou de production de mesures, où collecter des données, la quantité de données à recueillir, les différents moyens de présenter des données, les étapes à suivre pour analyser des données et les méthodes d'évaluation des données ;
- la lecture et l'évaluation, par les élèves, des projets des années précédentes, en utilisant les critères d'évaluation.

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

Exigences et recommandations

Chaque projet doit comporter :

- un titre ;
- l'énoncé de la tâche et un plan ;
- les mesures, les informations ou les données recueillies et/ou produites ;
- une analyse de ces mesures, informations ou données ;
- une interprétation des résultats, y compris une discussion de leur validité ;
- une terminologie et des notations appropriées.

Les projets de nature historique qui rapportent des faits mais qui ont un faible contenu mathématique ne sont pas appropriés et doivent être fortement déconseillés.

Un travail établi par l'enseignant n'est pas approprié pour un projet.

Les élèves ont le choix parmi une grande variété de types de projets, comme par exemple, des modélisations, des recherches, des applications et des enquêtes statistiques.

En temps normal, le projet ne doit pas dépasser **2 000** mots, en excluant les diagrammes, les représentations graphiques, les annexes et la bibliographie. Cependant, la qualité des mathématiques ainsi que les méthodes utilisées et décrites importent plus que le nombre de mots.

L'enseignant doit être en mesure de donner des conseils appropriés aux élèves à chaque étape du projet, par exemple, en dirigeant les élèves vers des pistes d'enquêtes plus productives, en suggérant des sources d'information pertinentes et en donnant des conseils généraux sur le contenu et la clarté du projet 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 au projet ainsi que les critères d'évaluation utilisés.

Les élèves doivent commencer à planifier leur projet le plus tôt possible au cours du programme. Des échéances, décidées de préférence par accord mutuel entre les élèves et les enseignants, doivent être fermement fixées. Il faut prévoir une date pour soumettre le titre du projet et une brève description de ce dernier, une date pour achever le recueil ou la production des données, une date pour la remise de la version préliminaire et, bien sûr, une échéance pour l'achèvement du projet.

Lors de l'élaboration de leurs projets, 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 d'études mathématiques NM ; cependant, cela n'est pas pénalisé.

Critères d'évaluation interne

Le projet est évalué en interne par l'enseignant et révisé en externe par l'IB à l'aide des critères d'évaluation qui se rapportent aux objectifs d'évaluation du cours d'études mathématiques NM.

Chaque projet est évalué suivant les sept critères suivants. La note finale pour chaque projet 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 études mathématiques NM s'ils n'ont pas présenté un projet.

Critère A	Introduction
Critère B	Informations/mesures
Critère C	Processus mathématiques
Critère D	Interprétation des résultats
Critère E	Validité
Critère F	Organisation et communication
Critère G	Notation et terminologie

Critère A : introduction

Dans ce contexte, le mot « tâche » signifie « ce que l'élève va réaliser » ; le mot « plan » signifie « comment l'élève va le réaliser ». L'énoncé de la tâche doit apparaître au début de chaque projet. Chaque projet doit avoir un titre clair.

Niveau	Descripteur
0	Le projet ne contient pas un énoncé clair de la tâche. <i>Le projet ne contient aucun énoncé expliquant ce que l'élève va faire ou ce qu'il a fait.</i>
1	Le projet contient un énoncé clair de la tâche. <i>Pour que ce niveau soit atteint, la tâche doit être énoncée explicitement.</i>
2	Le projet contient un titre, un énoncé clair de la tâche et une description du plan. <i>Le plan n'a pas besoin d'être très détaillé, mais il doit décrire la façon dont la tâche sera accomplie. Si le projet n'a pas de titre, ce niveau ne peut pas être attribué.</i>
3	Le projet contient un titre, un énoncé clair de la tâche et un plan détaillé suivi. <i>Le plan doit préciser les techniques à utiliser à chaque étape et dans quel objectif, afin d'orienter la tâche.</i>

Critère B : informations/mesures

Dans ce contexte, les mesures peuvent avoir été produites par un ordinateur, par observation, par prévision à partir d'un modèle mathématique ou par expérimentation. Les informations de nature mathématique comprennent des figures géométriques et des données recueillies empiriquement ou rassemblées à partir de sources extérieures. Cette liste n'est pas exhaustive et les informations de nature mathématique ne désignent pas uniquement des données destinées à l'analyse statistique. Si une enquête a été effectuée ou qu'un questionnaire a été produit, il convient d'en fournir un exemplaire ainsi que les données brutes.

Niveau	Descripteur
0	Les informations recueillies ou les mesures produites dans le cadre du projet ne sont pas pertinentes. <i>Aucun effort n'a été fait pour recueillir des informations pertinentes ou pour produire des mesures pertinentes.</i>
1	Les informations recueillies ou les mesures produites dans le cadre du projet sont pertinentes. <i>Ce niveau peut être attribué même s'il y a une erreur fondamentale dans la méthode utilisée pour recueillir les informations, par exemple, un questionnaire biaisé ou un entretien mal mené.</i>
2	Les informations pertinentes recueillies ou l'ensemble des mesures pertinentes produites dans le cadre du projet sont organisées sous une forme appropriée pour être analysées ou sont suffisantes en qualité et en quantité. <i>De bons efforts ont été faits pour organiser les informations/mesures en vue de leur analyse, ou le processus utilisé pour recueillir les informations / produire les mesures a été décrit de manière approfondie et la quantité de ces informations a été justifiée. Les données brutes doivent être fournies pour atteindre ce niveau.</i>

Niveau	Descripteur
3	<p>Les informations pertinentes recueillies ou l'ensemble des mesures pertinentes produites dans le cadre du projet sont organisées sous une forme appropriée pour être analysées et sont suffisantes en qualité et en quantité.</p> <p><i>Les informations/mesures ont été correctement organisées en vue de leur analyse, et le processus utilisé pour recueillir les informations / produire les mesures a été décrit de manière approfondie et la quantité de ces informations justifiée. Si les informations/mesures sont trop peu nombreuses ou trop simples, ce niveau ne peut pas être accordé. Si ces informations/mesures proviennent d'une source secondaire, les preuves d'un échantillonnage doivent être fournies le cas échéant. Toute méthode d'échantillonnage doit être décrite de manière approfondie.</i></p>

Critère C : processus mathématiques

Il est attendu des élèves qu'ils utilisent une règle pour tracer des diagrammes lorsque cela est nécessaire et qu'ils ne présentent pas simplement des esquisses. Une esquisse à main levée n'est pas considérée comme un processus mathématique correct. Lorsque la technologie est utilisée, l'élève doit manifester une compréhension claire des processus mathématiques employés. Toutes les représentations graphiques doivent présenter toutes les informations pertinentes. Il est de la responsabilité de l'enseignant de vérifier l'exactitude des mathématiques utilisées et d'indiquer toute erreur dans la version finale du projet. Si un projet ne contient aucun processus mathématique simple, les deux premiers processus sophistiqués seront évalués comme des processus simples.

Niveau	Descripteur
0	<p>Le projet ne contient aucun processus mathématique.</p> <p><i>Par exemple, les processus ont été copiés d'un ouvrage, sans aucune tentative d'utiliser les informations recueillies/produites.</i></p> <p><i>Les projets ne relatant que des faits historiques obtiendront ce niveau.</i></p>
1	<p>Au moins deux processus mathématiques simples ont été utilisés.</p> <p><i>Les processus simples sont définis comme étant ceux qu'un élève d'études mathématiques NM peut facilement utiliser, par exemple, pourcentages, aires de figures dans le plan, représentations graphiques, trigonométrie, diagrammes en bâtons, diagrammes circulaires, moyennes et écarts types, applications numériques de formules et tout calcul et/ou représentation graphique utilisant uniquement la technologie.</i></p>
2	<p>Au moins deux processus mathématique simples ont été utilisés correctement.</p> <p><i>Un petit nombre d'erreurs isolées ne doit pas empêcher un élève d'atteindre ce niveau. Si une formule n'est pas utilisée correctement ou si une erreur systématique est présente lors de l'utilisation des données, ce niveau ne peut pas être attribué.</i></p>
3	<p>Au moins deux processus mathématiques simples ont été utilisés correctement. Tous les processus utilisés sont pertinents.</p> <p><i>Les processus mathématiques simples doivent être pertinents au regard de l'objectif annoncé du projet.</i></p>

Niveau	Descripteur
4	<p>Les processus mathématiques simples ont été utilisés correctement et sont pertinents. De plus, au moins un processus sophistiqué a été utilisé.</p> <p><i>Des processus mathématiques sophistiqués sont, par exemple, le calcul différentiel, une modélisation mathématique, l'optimisation, l'analyse de fonctions exponentielles, des tests et distributions statistiques, les probabilités composées. Pour atteindre ce niveau, il n'est pas nécessaire que les calculs en rapport avec le ou les processus sophistiqués soient sans erreur. Au moins un processus sophistiqué doit être effectué en présentant tous les détails du calcul.</i></p>
5	<p>Les processus mathématiques simples ont été utilisés correctement et sont pertinents. De plus, au moins un processus sophistiqué a été utilisé.</p> <p>Tous les processus mathématiques (simples et sophistiqués) ont été utilisés sans erreur.</p> <p><i>Si les mesures, informations ou données sont de portée limitée, ce niveau ne peut pas être attribué.</i></p>

Critère D : interprétation des résultats

L'utilisation des termes « interprétation » et « conclusion » fait référence de façon très spécifique aux affirmations portant sur ce que les mathématiques nous révèlent après qu'elles aient été utilisées pour traiter les informations ou les données originales. L'analyse des limites et de la validité des processus mathématiques utilisés est évaluée à l'aide d'un autre critère.

Niveau	Descripteur
0	<p>Le projet ne présente aucune interprétation ou conclusion.</p> <p><i>Ce niveau est attribué à l'élève si le projet ne comporte aucun élément d'interprétation ou de conclusion, ou une interprétation complètement fautive sans référence à aucun des résultats obtenus.</i></p>
1	<p>Le projet présente au moins une interprétation ou conclusion.</p> <p><i>Pour atteindre ce niveau, seules des interprétations ou des conclusions minimales sont nécessaires. Ce niveau peut être atteint si l'élève reconnaît le besoin d'interpréter les résultats et tente de le faire, mais aboutit uniquement à des conclusions fausses ou contradictoires.</i></p>
2	<p>Le projet présente des interprétations et/ou des conclusions qui sont cohérentes avec les processus mathématiques utilisés.</p> <p><i>L'élève doit faire preuve de cohérence dans son projet. Il n'est pas pertinent ici de savoir si les processus utilisés sont corrects ou appropriés ; la seule exigence concerne la cohérence.</i></p>
3	<p>Le projet présente une discussion significative des interprétations et des conclusions qui sont cohérentes avec les processus mathématiques utilisés.</p> <p><i>Pour atteindre ce niveau, l'élève doit présenter une discussion des résultats obtenus et des conclusions tirées qui reflète le niveau de compréhension auquel on peut raisonnablement s'attendre de la part d'un élève d'études mathématiques NM. Cela peut éventuellement conduire à une discussion des causes sous-jacentes aux résultats obtenus.</i></p> <p><i>Si le projet est très simple, offrant peu de possibilités d'interprétation significative, ce niveau ne peut pas être attribué.</i></p>

Critère E : validité

Ce critère sert à déterminer si des techniques appropriées ont été utilisées pour recueillir les informations, si des mathématiques appropriées ont été utilisées pour traiter ces informations et s'il existe des limites en ce qui concerne l'application des mathématiques utilisées dans le cadre du projet. Toute limite ou réserve concernant les conclusions et les interprétations doit aussi être évaluée dans le cadre de ce critère. Le niveau pour ce critère est attribué indépendamment du fait que les interprétations ou conclusions tirées soient correctes ou adéquates.

Niveau	Descripteur
0	Aucun élément n'indique que la question de la validité joue un rôle dans le projet.
1	Le travail indique, de manière argumentée, si la question de la validité joue un rôle dans le projet et si oui, comment. <i>La validité des techniques utilisées ou la présentation de toute limite éventuelle est discutée. Une simple déclaration telle que « j'aurais dû utiliser plus d'informations / de mesures » n'est pas suffisante pour atteindre ce niveau. Si l'élève considère que la validité ne pose pas de problème, il doit le justifier pleinement.</i>

Critère F : organisation et communication

Le terme « organisation » doit être compris dans le sens de l'organisation des informations, des calculs et des interprétations, de manière à ce que le projet soit présenté comme une suite logique de réflexions et d'activités, commençant par l'énoncé de la tâche et le plan, et terminant par les conclusions et les limites.

La communication n'est pas améliorée par un grand nombre de procédures répétitives. Toutes les représentations graphiques doivent être complètement légendées et utiliser des échelles appropriées.

On ne s'attend pas à ce que l'orthographe, la grammaire et la syntaxe soient parfaites et ces aspects ne sont pas pris en compte lors de l'attribution d'un niveau pour ce critère. Néanmoins, les enseignants sont fortement encouragés à corriger leurs élèves et à les aider à améliorer les aspects linguistiques de leur travail. Il est peu probable que des projets très pauvres du point de vue linguistique excellent dans les domaines importants pour ce critère. Les projets qui ne reflètent pas le temps de travail important exigé n'obtiendront pas de bonnes notes pour ce critère.

Niveau	Descripteur
0	Aucun effort n'a été fait pour organiser le projet. <i>On ne s'attend pas à ce que beaucoup d'élèves obtiennent ce niveau.</i>
1	Quelques efforts ont été faits pour organiser le projet. <i>Des projets partiellement réalisés et des projets très simples obtiendront seulement ce niveau.</i>
2	Le projet a été organisé d'une manière logique, de telle sorte qu'il est facile à suivre. <i>Le projet doit présenter un développement logique. Il doit refléter un engagement approprié pour que ce niveau soit attribué.</i>
3	Le projet a été bien organisé en accord avec le plan annoncé et a été communiqué de manière cohérente. <i>Pour atteindre ce niveau, le projet doit se lire aisément et contenir, le cas échéant, des notes en bas de page et une bibliographie. Le projet doit être bien ciblé et contenir uniquement des discussions pertinentes.</i>

Critère G : notation et terminologie

Ce critère porte sur l'utilisation d'une terminologie et de notations mathématiques correctes. L'utilisation de notations propres aux calculatrices et aux tableurs n'est pas acceptable.

Niveau	Descripteur
0	Ni la terminologie ni les notations mathématiques utilisées ne sont correctes. <i>On ne s'attend pas à ce que beaucoup d'élèves obtiennent ce niveau.</i>
1	Quelques termes ou notations mathématiques sont corrects.
2	La terminologie et les notations mathématiques sont correctes tout au long du projet. <i>Les variables doivent être explicitement définies. Une erreur isolée dans la notation n'empêche pas un élève d'atteindre ce niveau. Si le projet est simple et nécessite peu ou pas de notations, ni de terminologie, ce niveau ne peut pas être attribué.</i>

Glossaire des mots-consignes

Mots-consignes et définitions

Les élèves doivent connaître les termes et formules clés suivants utilisés dans les questions d'examen et les comprendre dans le sens explicité ci-dessous. Bien que ces termes soient ceux qui reviennent le plus souvent dans les questions d'examen, il est possible que d'autres termes soient utilisés pour amener les élèves à présenter leur argumentation d'une façon particulière.

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.
Construire	Exposer des informations sous forme schématique ou logique.
Décrire	Exposer de façon détaillée.
Déduire	Arriver à une conclusion à partir d'informations fournies.
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.
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.
Indiquer	Donner un nom spécifique, une valeur ou toute autre réponse brève sans explication ni calcul.

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.
Placer les points	Indiquer la position de points sur un diagramme.
Résoudre	Obtenir la ou les réponses en utilisant des méthodes algébriques, numériques et/ou graphiques.
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, $\{0, 1, 2, 3, \dots\}$
\mathbb{Z}	l'ensemble des entiers relatifs, $\{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$
\mathbb{Z}^+	l'ensemble des entiers strictement positifs, $\{1, 2, 3, \dots\}$
\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, $\{x \mid x \in \mathbb{R}, x > 0\}$
$\{x_1, x_2, \dots\}$	l'ensemble contenant les éléments x_1, x_2, \dots
$n(A)$	le nombre d'éléments de l'ensemble fini A
\in	appartient à
\notin	n'appartient pas à
\emptyset	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
$p \wedge q$	conjonction : p et q
$p \vee q$	disjonction : p ou q (ou les deux)
$p \underline{\vee} q$	disjonction exclusive : p ou q (pas les deux)
$\neg p$	négation : non p
$p \Rightarrow q$	implication : si p alors q
$p \Leftarrow q$	implication : si q alors p
$p \Leftrightarrow q$	équivalence : p est équivalent à q
$a^{1/n}, \sqrt[n]{a}$	a à la puissance $\frac{1}{n}$, $n^{\text{ième}}$ racine de a (si $a \geq 0$ alors $\sqrt[n]{a} \geq 0$)
$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$	a à la puissance $-n$, inverse de a^n
$a^{1/2}, \sqrt{a}$	a à la puissance $\frac{1}{2}$, racine carrée de a (si $a \geq 0$ alors $\sqrt{a} \geq 0$)
$ x $	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
\nlessgtr	n'est pas supérieur à
\nlessgtr	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, $u_1 + u_2 + \dots + u_n$
$\sum_{i=1}^n u_i$	$u_1 + u_2 + \dots + u_n$
$f(x)$	l'image de x par la fonction f
$\frac{dy}{dx}$	la dérivée de y par rapport à x
$f'(x)$	la dérivée de $f(x)$ par rapport à x
sin, cos, tan	les fonctions trigonométriques
$A(x, y)$	le point A du plan cartésien de coordonnées x et y
\hat{A}	l'angle en A
\hat{CAB}	l'angle entre les droites CA et AB
$\triangle ABC$	le triangle dont les sommets sont A, B et C
$P(A)$	la probabilité de l'événement A
$P(A')$	la probabilité de l'événement « non A »
$P(A B)$	la probabilité de l'événement A étant donné que l'événement B s'est produit
x_1, x_2, \dots	les observations
f_1, f_2, \dots	les effectifs associés aux observations x_1, x_2, \dots
\bar{x}	la moyenne d'un ensemble de données
μ	la moyenne de la population
σ	l'écart type de la population
$N(\mu, \sigma^2)$	la distribution normale de moyenne μ et de variance σ^2
$X \sim N(\mu, \sigma^2)$	la variable aléatoire X suit une distribution normale de moyenne μ et de variance σ^2
r	le coefficient de corrélation de Pearson
χ^2	khi-deux