

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

المركز الجهوي لمهن التربية والتكوين لجهة الشرق
Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la formation de l'Oriental

CYCLE : QUALIFICATION DES CADRES D'ENSEIGNEMENT

FILIÈRE : QUALIFICATION DES ENSEIGNANTS DU
SECONDAIRE QUALIFIANT

Discipline : Mathématiques

Projet Personnel Encadré

L'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement secondaire qualifiant des mathématiques

Soutenu le :
05 juillet 2026

Réalisé par :
Bouy Ahmed

Devant le jury composé de :

M.Y.Derfoufi : Encadrant

M.M.Salhi : Examineur

Année de formation : 2025 – 2026

Remerciements

Au terme de ce Projet Personnel Encadré, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Ce projet représente une étape importante dans mon parcours de formation professionnelle au sein du Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation de l'Oriental.

Je tiens tout d'abord à adresser mes sincères remerciements à l'ensemble des formateurs et formatrices du CRMEFO pour la qualité de leur accompagnement, la richesse de leurs enseignements et leur engagement constant dans la formation des futurs enseignants. Leurs conseils, leurs orientations et leurs remarques m'ont permis d'enrichir mes connaissances pédagogiques, didactiques et professionnelles.

J'exprime également ma profonde reconnaissance à mon encadrant, pour son suivi, sa disponibilité et ses orientations pertinentes tout au long de l'élaboration de ce Projet Personnel Encadré. Ses remarques constructives m'ont aidé à améliorer la qualité de ce travail, à mieux organiser mes idées et à approfondir ma réflexion autour de l'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire qualifiant.

Je remercie aussi l'administration pédagogique du centre pour les conditions favorables mises à notre disposition durant cette période de formation. L'environnement de travail, les ressources disponibles ainsi que l'accompagnement assuré ont constitué des éléments essentiels dans la réussite de ce projet.

Mes remerciements s'adressent également à mes collègues et camarades de formation, avec qui j'ai partagé des moments d'échange, de discussion et de collaboration. Leurs remarques, leurs encouragements et leurs expériences ont contribué à enrichir ma réflexion et à renforcer ma motivation.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à ma famille et à toutes les personnes qui m'ont soutenu moralement durant la réalisation de ce travail. Leur patience, leur confiance et leurs encouragements ont constitué une source importante de motivation.

À toutes et à tous, je présente mes remerciements les plus sincères et ma profonde gratitude.

Table des figures

2.1	Présentation de l'interface principale de GeoGebra	8
2.2	Les différentes versions de GeoGebra disponibles	9
3.1	Extrait de la note 142.08 précisant le poids du chapitre dans l'évaluation	16
3.2	Extrait des orientations pédagogiques relatives à l'enseignement de la trigonométrie	16
3.3	Interface GeoGebra : La droite réelle tangente au cercle trigonométrique avant l'enroulement	17
3.4	Animation GeoGebra : Visualisation dynamique de l'enroulement de la droite réelle	17
3.5	Extrait des orientations pédagogiques concernant l'introduction des fonctions circulaires	18
3.6	Interface GeoGebra : Déploiement dynamique de la fonction cosinus à partir du cercle trigonométrique	19
3.7	Interface GeoGebra : Déploiement dynamique de la fonction sinus et mise en évidence de la périodicité	19
3.8	Extrait des orientations pédagogiques concernant l'encadrement de l'intégrale et l'utilisation des suites	20
3.9	Approximation grossière de l'intégrale par la méthode des rectangles avec $n = 3$	21
3.10	Approximation fine de l'intégrale avec $n = 50$, illustrant la convergence des sommes	21
3.11	Extrait des orientations pédagogiques concernant l'étude des fonctions en 1 Bac	22
3.12	Représentation graphique d'une fonction polynôme du second degré (Parabole)	22
3.13	Représentation graphique d'une fonction homographique avec ses asymptotes .	23
3.14	Directives officielles pour l'enseignement des fonctions logarithmiques et exponentielles	23
3.15	Symétrie par rapport à la première bissectrice ($y = x$) des fonctions ln et exp .	24
3.16	Visualisation sur GeoGebra : la demi-parabole met en évidence l'impossibilité d'une approche par la gauche en $x=0$	25
3.17	Extrait des orientations pédagogiques soulignant l'importance de l'étude analytique de la sphère, du plan et de leurs intersections	26
3.18	Visualisation avec GeoGebra : Le plan est strictement extérieur à la sphère ($d > R$)	27
3.19	Visualisation avec GeoGebra : Le plan est tangent à la sphère au point H ($d = R$)	27
3.20	Visualisation avec GeoGebra : Le plan coupe la sphère selon un cercle de rayon r ($d < R$)	27
3.21	Cas 1 : Droite sécante à la sphère. La distance $d < R$. L'intersection est constituée de deux points distincts.	28
3.22	Cas 2 : Droite tangente à la sphère. La distance $d = R$. L'intersection est un point unique (point de tangence).	28
3.23	Cas 3 : Droite extérieure à la sphère. La distance $d > R$. L'intersection est l'ensemble vide.	29
3.24	Extrait des orientations pédagogiques concernant la loi binomiale au 2 ^e BAC .	29

3.25 Interface "Calculs de probabilités" sur GeoGebra : modélisation visuelle d'une loi binomiale et calcul instantané des paramètres.	30
--	----

Table des matières

1	Introduction Générale	5
2	Partie théorique	6
2.1	Présentation de GeoGebra dans l'enseignement secondaire qualifiant	6
2.2-	Avantages pédagogiques de GeoGebra	7
2.3-	Présentation de l'interface et initiation à l'utilisation	7
2.4-	Versions de GeoGebra	9
2.5-	Usages pédagogiques de GeoGebra dans l'enseignement secondaire	10
2.6-	GeoGebra et l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques au Maroc	11
2.7-	Positionnement de GeoGebra dans les approches pédagogiques, la didactique des mathématiques et la gestion des apprentissages	12
3	Partie pratique	15
3.1-	Introduction	15
3.2-	L'apport de GeoGebra en Trigonométrie	15
3.2.1-	L'abscisse curviligne et l'enroulement de la droite réelle	15
3.2.2-	Du cercle trigonométrique aux fonctions circulaires : cosinus et sinus	18
3.3-	En analyse	20
3.3.1-	L'intégration et l'approximation par la méthode des rectangles	20
3.3.2-	Utilisation de GeoGebra pour le dessin et l'étude des fonctions	22
3.3.3-	Obstacle didactique : La notion de limite et le voisinage	24
3.4-	En Géométrie : La Géométrie dans l'Espace	25
3.4.1-	De l'abstrait au concret : Visualisation 3D en 2 ^e Bac	25
3.4.2-	Intersection d'une sphère et d'un plan	26
3.4.3-	Intersection d'une sphère et d'une droite	28
3.5-	En probabilités et statistiques	29
3.5.1-	La loi binomiale et le module de calcul de probabilités	29
3.6-	Apports du projet	30
3.7-	Conclusion de la phase pratique	32
4	Conclusion Générale du Projet	33
	Bibliographie et Webographie	34

1 Introduction Générale

L'enseignement des mathématiques au secondaire connaît depuis quelques années une profonde mutation, notamment sous l'effet du développement des technologies numériques. Parmi les outils les plus innovants et les plus prometteurs dans ce domaine figure GeoGebra, une application interactive qui allie géométrie, algèbre, analyse et statistique dans un environnement graphique dynamique et intuitif.

À l'ère où les élèves sont de plus en plus connectés visuellement et stimulés par les supports numériques, l'usage de GeoGebra représente une réelle opportunité pour l'enseignant de renouveler ses approches didactiques, de rendre les concepts abstraits plus accessibles et de renforcer l'implication active des apprenants. Loin d'être un simple support, GeoGebra devient un véritable levier pédagogique, permettant de manipuler, d'explorer et de construire les savoirs mathématiques de manière interactive et motivante.

Cette démarche résonne d'ailleurs particulièrement avec la nouvelle dynamique institutionnelle insufflée par le modèle des « Écoles Pionnières » au Maroc. Cette approche novatrice, au cœur de la feuille de route 2022-2026, met un accent fort sur l'enseignement explicite, l'évaluation formative et l'intégration efficace des outils numériques pour garantir des apprentissages de qualité. Dans ce cadre de transformation de l'école publique, l'utilisation de GeoGebra prend tout son sens : l'application permet à l'enseignant de modéliser visuellement les concepts lors des phases de présentation, tout en offrant aux élèves un environnement interactif sécurisant pour s'exercer et s'auto-corriger, répondant ainsi pleinement aux objectifs d'excellence de ce nouveau modèle.

Le présent Projet Personnel Encadré vise à étudier les potentialités offertes par GeoGebra dans l'enseignement secondaire des mathématiques au Maroc, à travers deux volets complémentaires : un cadre théorique analysant les apports, les limites et les usages possibles de l'application dans le contexte scolaire, puis une partie pratique constituée de ressources interactives élaborées avec GeoGebra, illustrant diverses leçons des programmes officiels du tronc commun scientifique et du cycle qualifiant.

Ce travail s'inscrit dans une perspective à la fois réflexive et créative, où l'innovation technologique est mise au service de la pédagogie, dans le but de proposer des scénarios didactiques pertinents, adaptables et centrés sur l'activité de l'élève. À travers cette initiative, il s'agit d'explorer comment l'intégration judicieuse d'un outil numérique comme GeoGebra peut enrichir l'enseignement des mathématiques, favoriser la compréhension des élèves et répondre aux exigences de l'école marocaine du XXI^e siècle.

2 Partie théorique

2.1 Présentation de GeoGebra dans l'enseignement secondaire qualifiant

GeoGebra est un logiciel libre, dynamique et interactif, conçu initialement par Markus Hohenwarter. Il permet de modéliser et de manipuler des objets mathématiques de manière intuitive. Alliant géométrie, algèbre, analyse, probabilités et statistiques dans une seule plateforme, il est devenu un outil incontournable dans l'enseignement moderne des mathématiques.

Accessible via le site officiel www.geogebra.org ou sous forme d'applications téléchargeables, GeoGebra offre une interface conviviale aussi bien aux enseignants qu'aux élèves. Il favorise une pédagogie active, centrée sur l'exploration, l'expérimentation et la visualisation dynamique des notions mathématiques.

Dans l'enseignement secondaire qualifiant, l'utilisation de GeoGebra présente un intérêt particulier, car plusieurs notions mathématiques étudiées à ce niveau sont souvent abstraites pour les élèves. Grâce à ses représentations graphiques interactives, GeoGebra permet de rendre ces notions plus concrètes et plus accessibles. Par exemple, l'étude des fonctions, des transformations géométriques, des suites numériques ou encore des probabilités peut être abordée de manière plus visuelle et plus expérimentale.

GeoGebra permet également à l'enseignant de varier ses pratiques pédagogiques. Au lieu de se limiter à une présentation théorique ou à une démonstration classique au tableau, l'enseignant peut proposer des activités où l'élève observe, manipule, conjecture puis vérifie ses résultats. Cette démarche contribue à développer l'autonomie de l'apprenant, son esprit critique ainsi que sa capacité à construire progressivement le savoir mathématique.

L'un des principaux avantages de GeoGebra réside dans le lien dynamique qu'il établit entre les différentes représentations d'un même objet mathématique. Une fonction peut être représentée à la fois par son expression algébrique, sa courbe graphique et un tableau de valeurs. Toute modification effectuée dans une représentation entraîne automatiquement une mise à jour dans les autres. Cette fonctionnalité aide les élèves à mieux comprendre les relations entre les différents registres mathématiques.

Dans le contexte marocain, l'intégration de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques s'inscrit dans une volonté de moderniser les pratiques pédagogiques et de promouvoir l'usage des technologies numériques en classe. Cet outil peut être exploité aussi bien dans les séances de cours que dans les activités dirigées, les travaux pratiques ou les situations de remédiation.

Ainsi, GeoGebra ne doit pas être considéré comme un simple outil de dessin ou de calcul, mais comme un véritable support didactique permettant de favoriser la compréhension, la motivation et la participation active des élèves. Son utilisation raisonnée peut contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement des mathématiques au secondaire qualifiant.

2.2- Avantages pédagogiques de GeoGebra

L'intégration de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques présente plusieurs avantages pédagogiques. Cet outil numérique permet de rendre l'apprentissage plus actif, plus visuel et plus interactif. Il aide l'élève à mieux comprendre les notions abstraites en les reliant à des représentations graphiques et dynamiques.

Parmi les principaux avantages de GeoGebra, on peut citer :

- **Un outil gratuit et multiplateforme** : GeoGebra est accessible gratuitement et peut être utilisé sur ordinateur, tablette ou smartphone. Cette disponibilité facilite son intégration dans différents contextes d'apprentissage.
- **Une accessibilité en ligne** : l'application peut être utilisée directement via le site officiel, sans installation obligatoire. Cela permet aux enseignants et aux élèves d'y accéder facilement, aussi bien en classe qu'à la maison.
- **Un lien dynamique entre les représentations** : GeoGebra permet de relier les représentations graphiques, algébriques et numériques d'un même objet mathématique. Ainsi, toute modification d'une expression ou d'une figure entraîne automatiquement une mise à jour des autres représentations.
- **La création de simulations interactives** : l'enseignant peut construire des animations, des figures dynamiques et des activités interactives qui facilitent l'exploration des concepts mathématiques.
- **Le renforcement de l'intuition mathématique** : grâce à la visualisation dynamique, les élèves peuvent observer les variations, formuler des conjectures et vérifier leurs résultats. Cela contribue à améliorer leur compréhension des concepts abstraits.
- **Le développement de l'autonomie des apprenants** : GeoGebra permet aux élèves de manipuler eux-mêmes les objets mathématiques, d'expérimenter et de construire progressivement leurs connaissances.
- **La motivation des élèves** : l'aspect interactif et visuel de GeoGebra rend les séances de mathématiques plus attractives. Il peut susciter la curiosité des élèves et les encourager à participer activement aux activités proposées.
- **Un support efficace pour la différenciation pédagogique** : GeoGebra permet à l'enseignant de proposer des activités adaptées aux différents niveaux des élèves. Les apprenants en difficulté peuvent mieux comprendre à travers la visualisation, tandis que les élèves avancés peuvent explorer des situations plus complexes.
- **Une aide à la résolution de problèmes** : en permettant de tester plusieurs cas, de modifier les paramètres et d'observer les résultats, GeoGebra aide les élèves à développer des stratégies de recherche et de raisonnement.
- **Un outil favorable à l'apprentissage par investigation** : l'utilisation de GeoGebra encourage les élèves à observer, expérimenter, conjecturer puis justifier. Cette démarche est particulièrement importante dans l'enseignement moderne des mathématiques.

Ainsi, GeoGebra ne se limite pas à un simple logiciel de construction géométrique. Il constitue un véritable outil didactique qui permet de transformer la manière d'enseigner et d'apprendre les mathématiques. Son utilisation raisonnée peut contribuer à améliorer la compréhension des élèves, à renforcer leur motivation et à favoriser une pédagogie centrée sur l'activité de l'apprenant.

2.3- Présentation de l'interface et initiation à l'utilisation

L'interface de GeoGebra est simple, claire et modulable. Elle se compose généralement de plusieurs zones permettant à l'utilisateur de construire, manipuler et analyser des objets mathématiques de manière dynamique.

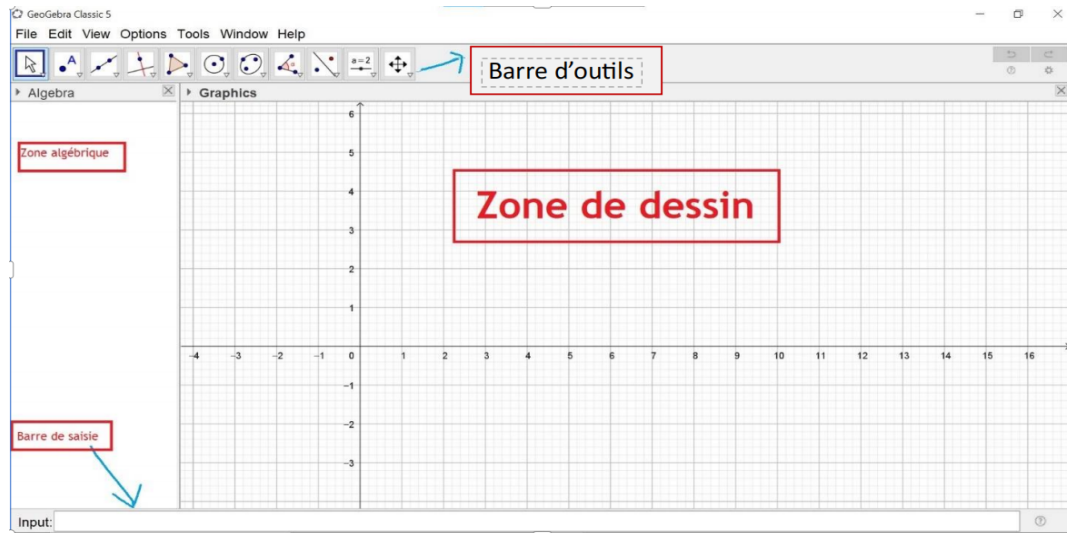


FIGURE 2.1 – Présentation de l'interface principale de GeoGebra

Composant	Fonction
Zone de dessin	Permet d'afficher et de manipuler les objets géométriques ou graphiques.
Zone algébrique	Montre les équations, les expressions et les coordonnées des objets créés.
Barre d'outils	Contient les outils nécessaires pour créer des points, des droites, des cercles, des polygones, etc.
Zone de saisie	Permet d'entrer des commandes, des fonctions ou des expressions mathématiques.
Menu	Permet d'ouvrir, d'enregistrer, d'exporter et de partager les constructions réalisées.

Exemple guidé :

Pour construire un triangle et ses médiatrices avec GeoGebra, on peut suivre les étapes suivantes :

1. Sélectionner l'outil **Point** et créer trois points A , B et C .
2. Choisir l'outil **Polygone** pour former le triangle ABC .
3. Sélectionner l'outil **Médiatrice**, puis cliquer sur chaque côté du triangle.
4. Observer leur intersection : c'est le **centre du cercle circonscrit**.

Autre exemple :

Pour représenter et étudier graphiquement une fonction du second degré, par exemple $f(x) = x^2 - 2x - 3$, on peut procéder comme suit :

1. Saisir dans la zone de saisie la fonction suivante :

$$f(x) = x^2 - 2x - 3$$

2. Observer la courbe représentative de la fonction dans la zone de dessin.
3. Utiliser l'outil **Intersection** pour déterminer les points d'intersection avec l'axe des abscisses.
4. Utiliser l'outil **Extremum** pour déterminer le sommet de la parabole.
5. Modifier les coefficients de la fonction et observer l'effet de ces changements sur la forme de la courbe.

Ces exemples montrent que GeoGebra permet aux élèves de manipuler directement les objets mathématiques, d'observer les résultats et de construire progressivement leur compréhension.

2.4- Versions de GeoGebra

GeoGebra propose plusieurs versions adaptées à différents besoins :

- **GeoGebra Classique 5 et 6** : Ces versions offrent une interface tout-en-un qui inclut des outils pour la géométrie, l'algèbre, le tableur, les statistiques et le calcul formel. La version 6 est optimisée pour une utilisation en ligne et sur tablettes, tandis que la version 5 est préférée pour une utilisation sur ordinateur de bureau.
- **GeoGebra Graphing Calculator** : Une calculatrice graphique en ligne permettant de tracer des fonctions, manipuler des curseurs et explorer des données.
- **GeoGebra Geometry** : Un outil interactif consacré à la géométrie, permettant de créer des figures, des angles, des droites, des cercles et des transformations géométriques.
- **GeoGebra 3D** : Permet de visualiser et de manipuler des objets en trois dimensions. Cette version est utile pour aborder certains concepts avancés en mathématiques et en physique.
- **GeoGebra CAS Calculator** : Cette version permet d'effectuer du calcul formel, de résoudre des équations, de dériver, d'intégrer et de simplifier des expressions algébriques.
- **GeoGebra Notes** : Il s'agit d'un espace de travail interactif qui permet de combiner du texte, des figures, des graphiques et des activités dynamiques dans une même page.

Le site de téléchargement et le suivant : www.geogebra.org/download. Pour travailler en ligne, il suffit de cliquer sur l'option **Lancer** correspondant à la version choisie.

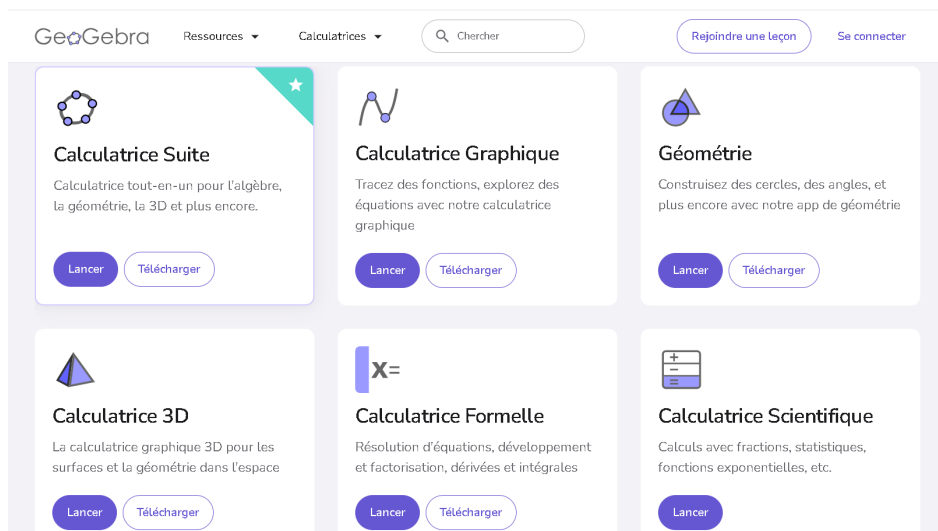


FIGURE 2.2 – Les différentes versions de GeoGebra disponibles

2.5- Usages pédagogiques de GeoGebra dans l'enseignement secondaire

GeoGebra peut être exploité dans plusieurs domaines des mathématiques au secondaire qualifiant. Son intérêt réside dans sa capacité à rendre les notions abstraites plus visuelles, plus manipulables et plus accessibles aux élèves. Le tableau suivant présente quelques usages pédagogiques possibles de GeoGebra selon les domaines d'application.

TABLE 2.1: Usages pédagogiques de GeoGebra dans l'enseignement secondaire

Domaine d'application	Utilisation par l'enseignant	Utilisation par l'élève	Impact sur l'apprentissage
Géométrie dynamique	Création de figures interactives, animation de propriétés géométriques et illustration de théorèmes.	Manipulation directe des objets géométriques, exploration autonome des propriétés et formulation de conjectures.	Développement de la visualisation spatiale et meilleure compréhension des relations géométriques.
Algèbre et fonctions	Représentation graphique des fonctions, étude des variations, des zéros et des positions relatives des courbes.	Modification des paramètres, observation de l'influence des coefficients et interprétation graphique des résultats.	Renforcement du lien entre expression algébrique, représentation graphique et raisonnement fonctionnel.
Statistiques et probabilités	Construction de diagrammes, d'histogrammes et simulation d'expériences aléatoires.	Analyse de données, réalisation de simulations et comparaison des résultats obtenus.	Développement du raisonnement statistique et meilleure interprétation des situations réelles.
Calcul intégral et analyse	Illustration de l'aire sous une courbe, approximation d'intégrales et comparaison de méthodes numériques.	Visualisation de l'effet des bornes, manipulation des intervalles et observation du lien entre aire et intégrale.	Compréhension intuitive des notions d'intégration, de variation et de limite.
Suites numériques et expressions algébriques	Représentation de suites, création de curseurs et animation de formules récurrentes.	Exploration de l'évolution des termes, conjecture du comportement d'une suite et vérification graphique.	Construction progressive du raisonnement numérique et meilleure compréhension des formules abstraites.
Évaluation et remédiation	Création d'exercices interactifs, activités de consolidation et supports de correction dynamique.	Réalisation d'activités autonomes, vérification immédiate des réponses et correction des erreurs.	Développement de l'auto-correction, de l'autonomie et de la confiance dans l'apprentissage.

Domaine d'application	Utilisation par l'enseignant	Utilisation par l'élève	Impact sur l'apprentissage
Travail collaboratif	Organisation d'activités de groupe, partage de fichiers GeoGebra et animation de défis mathématiques.	Participation à des travaux collectifs, échange de stratégies et résolution commune de problèmes.	Favorise l'interaction sociale, la communication mathématique et la coopération entre élèves.
Motivation et engagement	Introduction d'activités visuelles, attractives et liées à des situations concrètes.	Exploration libre, manipulation dynamique et implication active dans les tâches proposées.	Renforcement de la motivation, de la curiosité et de l'engagement cognitif des élèves.

2.6- GeoGebra et l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques au Maroc

Depuis le début des années 2000, le Maroc s'est engagé dans une politique ambitieuse visant à intégrer les **Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Éducation (TICE)** afin de moderniser l'enseignement, d'améliorer la qualité des apprentissages et de répondre aux exigences d'une société de plus en plus numérique.

Dans ce cadre, le **programme GENIE**, lancé officiellement en 2005 par le Ministère de l'Éducation Nationale, constitue l'une des initiatives majeures pour favoriser l'intégration des technologies numériques dans les établissements scolaires. Ce programme vise à accompagner la transformation des pratiques pédagogiques à travers l'équipement, la formation, la production de ressources et le suivi des usages.

Le programme GENIE repose principalement sur quatre axes majeurs :

1. **L'équipement** des établissements scolaires en matériel informatique et en connexion Internet.
2. **La formation des enseignants** à l'usage pédagogique des TICE.
3. **Le développement de ressources numériques éducatives** adaptées aux programmes scolaires.
4. **L'accompagnement et le suivi** des établissements afin de garantir une intégration effective des technologies dans les pratiques d'enseignement.

Le programme GENIE s'inscrit dans le cadre des orientations nationales visant à promouvoir l'innovation pédagogique et à renforcer la qualité de l'enseignement. Il rejoint également les objectifs de la **Charte Nationale d'Éducation et de Formation** ainsi que ceux de la **Vision Stratégique 2015–2030**, qui insistent sur la nécessité de développer l'usage des technologies numériques au service des apprentissages.

Dans ce contexte, l'introduction d'outils numériques comme **GeoGebra** trouve toute sa légitimité. En effet, GeoGebra représente un support pertinent pour l'enseignement des mathématiques, car il permet de relier les notions théoriques à des représentations visuelles, dynamiques et interactives.

Pourquoi choisir GeoGebra dans le contexte de l'intégration des TIC en éducation ?

Dans le cadre de l'intégration des technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement, **GeoGebra** s'impose comme un outil numérique pertinent et accessible pour l'enseignement des mathématiques au secondaire. Gratuit, multiplateforme et intuitif, il combine géométrie, algèbre, analyse, statistiques et probabilités dans un environnement unique et interactif.

Son utilisation permet de faciliter la compréhension des concepts abstraits, de stimuler l'apprentissage actif et d'encourager l'autonomie des élèves. Il favorise également le travail collaboratif et offre des possibilités riches de représentation visuelle et de simulation dynamique.

De plus, grâce à sa disponibilité en plusieurs langues, y compris le français et l'arabe, GeoGebra peut être facilement intégré dans différents contextes pédagogiques, en présentiel comme à distance. Il contribue ainsi au renouvellement des pratiques d'enseignement et à l'amélioration de l'engagement des apprenants.

L'usage de GeoGebra permet également à l'enseignant de concevoir des situations d'apprentissage centrées sur l'observation, la manipulation et la construction du savoir. L'élève n'est plus seulement récepteur d'informations, mais devient acteur de son apprentissage en explorant les objets mathématiques, en formulant des conjectures et en vérifiant ses résultats.

Ainsi, GeoGebra constitue un exemple concret d'intégration réussie des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Son exploitation raisonnée peut contribuer à rendre les apprentissages plus significatifs, à renforcer la motivation des élèves et à développer chez eux des compétences numériques, scientifiques et méthodologiques.

2.7- Positionnement de GeoGebra dans les approches pédagogiques, la didactique des mathématiques et la gestion des apprentissages

L'intégration de **GeoGebra** dans l'enseignement des mathématiques ne constitue pas une simple modernisation technologique. Elle s'inscrit pleinement dans une **démarche éducative structurée**, fondée sur des principes épistémologiques, didactiques et pédagogiques reconnus. GeoGebra permet en effet de placer l'élève au centre de l'apprentissage, en l'amenant à observer, manipuler, conjecturer, vérifier et construire progressivement le savoir mathématique.

Dans le cadre des théories de l'apprentissage

GeoGebra trouve sa pertinence dans plusieurs théories contemporaines de l'apprentissage :

- **Le constructivisme** : selon cette approche, inspirée notamment des travaux de Piaget, l'élève construit ses connaissances à travers l'action et l'expérience. Avec GeoGebra, l'apprenant agit directement sur les objets mathématiques, les transforme et observe les effets de ses manipulations.
- **Le socioconstructivisme** : dans la perspective de Vygotski, l'apprentissage se développe à travers les interactions sociales. GeoGebra favorise le travail collaboratif, les échanges entre élèves et la discussion autour des constructions réalisées.
- **La théorie des situations didactiques** : selon Brousseau, l'élève apprend lorsqu'il est placé dans une situation-problème qui l'amène à chercher, expérimenter et valider ses hypothèses. GeoGebra permet de créer des milieux didactiques dynamiques favorables à cette démarche.

Dans les approches pédagogiques modernes

L'usage de GeoGebra s'aligne avec plusieurs approches pédagogiques adoptées dans le

système éducatif marocain :

- **L’approche par compétences** : GeoGebra permet de développer des compétences transversales telles que la modélisation, la résolution de problèmes, la communication mathématique, l’analyse et la pensée critique.
- **La pédagogie différenciée** : l’enseignant peut adapter les activités GeoGebra selon les besoins des apprenants, que ce soit pour la remédiation, l’approfondissement ou l’exploration.
- **La pédagogie de projet** : à travers la création d’activités et de ressources par les élèves eux-mêmes, GeoGebra devient un outil d’autonomie et de valorisation des productions des apprenants.
- **La pédagogie active** : l’élève devient acteur de son apprentissage. Il explore, construit, justifie et échange autour des objets mathématiques manipulés.

En didactique des mathématiques

GeoGebra joue un rôle important dans l’**ingénierie didactique**. Il permet à l’enseignant de concevoir des scénarios didactiques interactifs centrés sur des variables précises, comme la mobilisation de connaissances antérieures, la rupture cognitive, la manipulation ou encore la formalisation.

Il facilite également l’**articulation entre les registres de représentation** : graphique, algébrique, numérique et géométrique. Cette articulation est essentielle dans l’enseignement des mathématiques, car elle aide les élèves à passer d’une forme de représentation à une autre et à mieux comprendre les relations entre les objets mathématiques.

GeoGebra contribue aussi à la gestion des **obstacles épistémologiques**, en rendant visibles certaines notions difficiles ou abstraites, comme les limites, les asymptotes, les dérivées, les variations ou les transformations géométriques.

Dans la gestion des apprentissages

GeoGebra contribue à une gestion plus efficace et plus innovante des apprentissages :

- **Avant la leçon** : il peut être utilisé comme outil de diagnostic ou d’introduction intuitive d’une nouvelle notion.
- **Pendant la leçon** : il permet de réaliser des démonstrations interactives, des simulations et des expérimentations guidées.
- **Après la leçon** : il peut servir de support de consolidation, d’entraînement, de remédiation ou d’auto-évaluation formative.
- **Dans la gestion du temps pédagogique** : il réduit le temps consacré aux tracés répétitifs et permet de réserver davantage de temps à l’analyse, aux échanges et à l’approfondissement.

Alignement avec les recommandations du curriculum marocain

L’intégration de GeoGebra dans l’enseignement secondaire est fortement encouragée par les orientations nationales relatives à l’usage des technologies numériques en éducation. Le **Plan GENIE** incite à utiliser les TICE dans une logique de transformation pédagogique, tandis que les documents d’accompagnement officiels en mathématiques recommandent des pratiques fondées sur la modélisation, l’expérimentation et l’interactivité.

Dans cette perspective, GeoGebra répond aux objectifs de modernisation de l’enseignement des mathématiques, car il permet de diversifier les méthodes d’enseignement, de soutenir l’apprentissage actif et de renforcer l’engagement des élèves face aux situations mathématiques.

En résumé :

GeoGebra est un **outil transversal** : il est à la fois pédagogique, didactique, technologique et cognitif. Il transforme les postures d'enseignement et d'apprentissage, facilite la gestion des apprentissages, soutient la diversité des profils d'élèves et répond aux exigences d'une école marocaine en quête de qualité, d'équité et d'innovation.

Ainsi, l'utilisation de GeoGebra ne doit pas être considérée comme un simple ajout numérique au cours de mathématiques, mais comme un moyen de repenser la relation entre l'enseignant, l'élève et le savoir. Son intégration réfléchie permet de créer des situations d'apprentissage riches, interactives et motivantes, capables de renforcer la compréhension des concepts mathématiques et de développer chez les élèves des compétences durables.

3 Partie pratique

3.1- Introduction

Dans cette partie pratique, nous proposons une série de suggestions d'animations dynamiques réalisées avec GeoGebra, adaptées aux contenus du secondaire qualifiant. Ces animations visent à illustrer concrètement l'apport de cet outil numérique dans la visualisation, l'expérimentation et la compréhension des notions mathématiques.

Parallèlement, nous présentons quelques activités pédagogiques destinées aux élèves, intégrant l'usage de GeoGebra dans des séquences d'enseignement-apprentissage en lien avec les programmes officiels. Ces propositions ont pour objectif de favoriser **l'interactivité, l'autonomie, l'exploration mathématique** et la participation active des apprenants.

Afin d'illustrer concrètement les potentialités pédagogiques de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire qualifiant, nous présenterons ci-dessous une série d'exemples interactifs conçus autour de notions clés des programmes officiels, notamment en trigonométrie, en analyse, en géométrie et en statistiques. Ces animations et activités visent à montrer comment GeoGebra peut enrichir la visualisation des concepts, faciliter l'exploration active par les élèves et soutenir des démarches didactiques variées.

Cette partie ne se limite pas à une simple présentation d'activités numériques. Elle cherche également à montrer comment l'enseignant peut exploiter GeoGebra pour construire des situations d'apprentissage pertinentes, dans lesquelles l'élève est amené à observer, manipuler, conjecturer, vérifier et interpréter les résultats obtenus. L'objectif est donc de mettre l'outil numérique au service d'une pédagogie active, centrée sur la construction progressive du savoir mathématique.

Les exemples proposés peuvent être utilisés en classe entière, en travaux dirigés, en activités de groupe ou comme supports de remédiation. Ils peuvent également être adaptés selon le niveau des élèves, les objectifs de la séance et les contraintes matérielles disponibles dans l'établissement.

Ainsi, cette partie pratique constitue une mise en application des éléments théoriques présentés précédemment. Elle permet de passer de la réflexion didactique à la construction de ressources concrètes, exploitables dans l'enseignement secondaire qualifiant.

Dans ce qui suit, nous allons proposer quelques exemples d'intégration de GeoGebra dans l'enseignement secondaire qualifiant.

3.2- L'apport de GeoGebra en Trigonométrie

3.2.1- L'abscisse curviligne et l'enroulement de la droite réelle

Contexte institutionnel et importance du chapitre

Dans le cadre de ma pratique en tant que professeur stagiaire, j'ai pu analyser la place prépondérante du calcul trigonométrique dans le curriculum du Tronc Commun Scientifique. Le chapitre « Calcul trigonométrique (Partie 1) » constitue un socle fondamental pour les apprentissages ultérieurs en analyse et en géométrie.

Son importance est d'ailleurs confirmée par le cadre évaluatif officiel : ce chapitre représente 30 % de la note du dernier devoir surveillé du premier semestre, tel que stipulé par la note ministérielle 142.08.

1 . الجذع المشترك العلمي والجذع المشترك التكنولوجي

نسبة الأهمية	مكونات الفرض	تصحيح الفرض	مدة الإنجاز	إعطاء أو إنجاز الفرض	نوع الفرض	الدورة
60%	المجموعة □ والحسابيات	أسبوع 4		أسبوع 2	منزلي 1	الجزء 3
25%	الحساب المتجهي	أسبوع 6	ساعتان	أسبوع 5	محروس 1	
15%	الإسقاط					
30%	مجموعات الأعداد	أسبوع 9		أسبوع 7	منزلي 2	
40%	الترتيب في □	أسبوع 11	ساعتان	أسبوع 10	محروس 2	
30%	المستقيم في المستوى					
15%	الحدويات	أسبوع 14		أسبوع 12	منزلي 3	
30%	المعادلات والمترجمات والنظمت	أسبوع 16	ساعتان	أسبوع 15	محروس 3	
30%	الحساب المثلثي					
15%	الإحصاء					

FIGURE 3.1 – Extrait de la note 142.08 précisant le poids du chapitre dans l'évaluation

Cette exigence institutionnelle est en parfaite adéquation avec les orientations pédagogiques, qui insistent sur la nécessité de donner du sens aux concepts mathématiques et de favoriser l'intuition géométrique avant de passer à l'abstraction algébrique.

توجيهات تربوية	القدرات المنتظرة	محتوى البرنامج
<p>- تحدد نقطة من الدائرة المثلثية بأفصولها المنحني الرئيسي أو بإحداثياتها بالنسبة للمعلم المتعامد الممنظم المرتبط بالدائرة المثلثية.</p>	<p>- استعمال الآلة الحاسبة العلمية لتحديد قيمة مقربة لزاوية محددة بأحد نسبها المثلثية والعكس.</p>	<p>الجزء الأول: - الدائرة المثلثية: الأفصول المنحنية لنقطة، الأفصول المنحني الرئيسي؛ الزاوية الموجهة لنصفي مستقيم لهما نفس الأصل؛ قياسات زاوية موجهة لنصفي مستقيم لهما نفس الأصل، القياس الرئيسي، علاقة شال؛ العلاقة بين الدرجة والراديان والفراد؛ الزاوية الموجهة لمتجهتين وقياسها؛ - النسب المثلثية لعدد حقيقي والنسب المثلثية لزاوية متجهتين؛ - العلاقة: $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$؛ - $\frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$، $\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$ - النسب المثلثية لزاوية قياسها: 0، $\frac{\pi}{6}$، $\frac{\pi}{4}$، $\frac{\pi}{3}$</p>

FIGURE 3.2 – Extrait des orientations pédagogiques relatives à l'enseignement de la trigonométrie

Identification de l'obstacle didactique

Malgré l'importance de ce chapitre, j'ai constaté lors de mes interventions en classe que la majorité des élèves éprouvent de réelles difficultés d'abstraction. L'obstacle épistémologique majeur réside dans le passage de la droite réelle — un concept linéaire et infini bien assimilé depuis le cycle collégial — au cercle trigonométrique.

La notion d'abscisse curviligne et l'idée qu'une infinité de nombres réels puissent se superposer sur un même point physique heurtent l'intuition des apprenants. Face à cette difficulté, la méthode traditionnelle, reposant sur une représentation statique au tableau, montre rapidement ses limites pour aider les élèves à conceptualiser ce phénomène.

Intervention didactique : L'animation GeoGebra

Pour pallier ce problème de représentation, l'intégration des TICE prend tout son sens. En tant que professeur stagiaire, j'ai choisi d'exploiter la puissance visuelle et dynamique de GeoGebra pour modéliser l'enroulement de la droite réelle sur le cercle trigonométrique.

Cette approche permet de transformer un concept abstrait en une manipulation visuelle et interactive. L'élève voit concrètement la droite se courber et s'enrouler autour du cercle, facilitant ainsi la compréhension de la périodicité et du repérage d'un point par des réels de la forme $x + 2k\pi$.

Les figures ci-dessous illustrent la simulation réalisée sous GeoGebra : la première présente la configuration initiale avec l'axe tangent, et la seconde fige l'animation en plein processus d'enroulement.

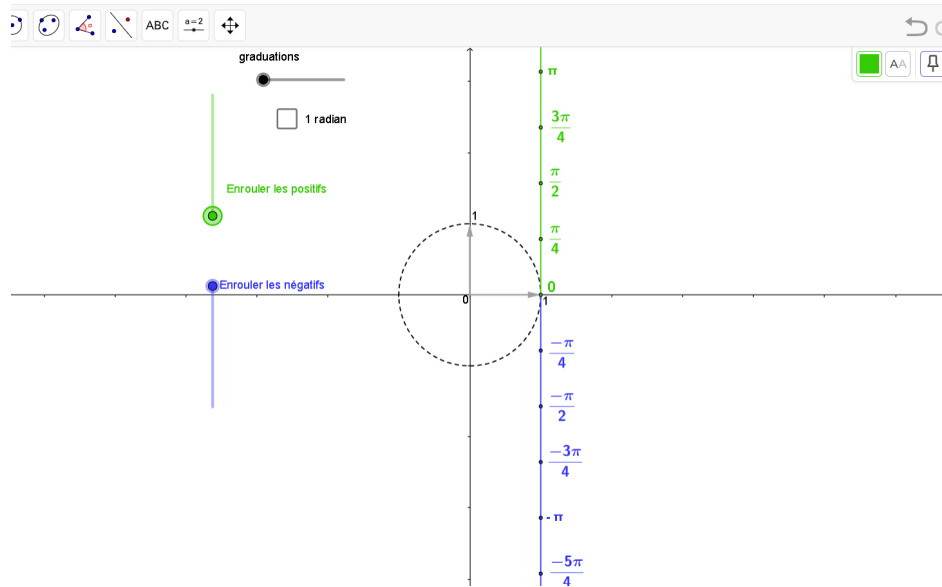


FIGURE 3.3 – Interface GeoGebra : La droite réelle tangente au cercle trigonométrique avant l'enroulement

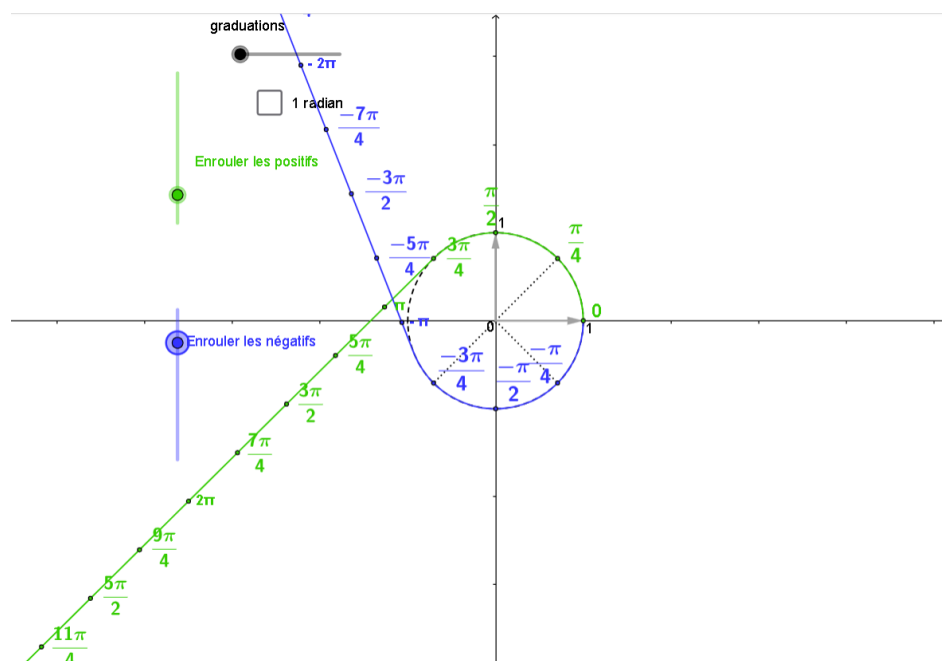


FIGURE 3.4 – Animation GeoGebra : Visualisation dynamique de l'enroulement de la droite réelle

3.2.2- Du cercle trigonométrique aux fonctions circulaires : cosinus et sinus

Contexte pédagogique et ancrage au programme

Dans le prolongement de la notion d'abscisse curviligne, le programme marocain exige l'introduction des lignes trigonométriques. L'objectif est d'amener les élèves à lier un nombre réel x aux valeurs algébriques $\cos(x)$ et $\sin(x)$, correspondant respectivement à l'abscisse et à l'ordonnée du point M associé sur le cercle trigonométrique.

Comme le rappellent les orientations pédagogiques pour les classes scientifiques, il est impératif de construire ces notions progressivement, en s'appuyant sur des représentations géométriques claires avant d'aborder l'étude analytique approfondie des fonctions circulaires en classe de première.

الجزء الثاني:	
<p>- التمكن من رسم منحني كل من الدالتين \sin و \cos واستثماره في إدراك وتثبيت مفاهيم دورية والزوجية والرتابة ...</p> <p>- يمكن بمناسبة إنشاء التمثيل المبياني للدالتين \sin و \cos، التعرض إلى مفهوم الدالة الدورية (تعريفه وإعطاء بعض العلاقات المميزة له).</p> <p>- يعتبر حل المعادلات والمتراحات المثلثية المحددة في البرنامج مناسبة لتعميق التعامل مع الدائرة المثلثية.</p> <p>- تعتبر دراسة الزوايا المحيطية والرباعيات الدائرية مناسبة لتثبيت وتقوية مكتسبات التلاميذ في جل مفاهيم الهندسة المستوية وإثبات بعض العلاقات في المثلث.</p>	<p>- التمثيل المبياني للدالتين \sin و \cos - المعادلات والمتراحات المثلثية الأساسية:</p> <p>$\tan x = a \quad \cos x = a \quad \sin x = a$</p> <p>$\tan x \geq a \quad \cos x \geq a \quad \sin x \geq a$</p> <p>$\tan x \leq a \quad \cos x \leq a \quad \sin x \leq a$</p> <p>- الزوايا المحيطية، الرباعيات الدائرية؛</p> <p>- العلاقات: $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$</p> <p>$s = pr \quad s = \frac{1}{2} ab \sin C$</p>

FIGURE 3.5 – Extrait des orientations pédagogiques concernant l'introduction des fonctions circulaires

Identification de l'obstacle didactique

Lors de mes séances, j'ai identifié un obstacle cognitif majeur lors du passage du cercle trigonométrique à la représentation graphique des fonctions $f(x) = \cos(x)$ et $g(x) = \sin(x)$ dans un repère cartésien orthogonal.

Les apprenants peinent à faire le lien entre un mouvement circulaire (la géométrie) et l'allure ondulatoire des courbes représentatives (l'analyse). L'apparition des courbes sinusoïdales leur semble souvent arbitraire et déconnectée du cercle initial. La difficulté réside dans le transfert de l'information : comment l'ordonnée (ou l'abscisse) d'un point tournant sur un cercle devient-elle l'ordonnée d'un point dont l'abscisse avance de manière linéaire sur un axe ?

Intervention didactique : La construction dynamique sur GeoGebra

En tant que professeur stagiaire soucieux d'ancrer les apprentissages dans le concret, j'ai opté pour une approche constructiviste à l'aide de GeoGebra. Le logiciel offre une fonctionnalité inestimable pour ce chapitre : le fenêtrage multiple.

En scindant l'écran en deux vues graphiques, j'ai pu proposer une activité où l'élève manipule un point sur le cercle trigonométrique (première vue) et observe simultanément la trace laissée par l'évaluation de la fonction dans un repère classique (seconde vue). L'animation met en évidence la genèse des courbes. L'élève visualise concrètement la périodicité de ces fonctions (la courbe se répète à chaque tour complet du cercle) ainsi que le fait que les valeurs du cosinus et du sinus sont bornées entre -1 et 1 .

Cette modélisation permet un véritable décloisonnement entre la géométrie et l'analyse, levant ainsi l'obstacle épistémologique du "parachutage" des courbes sinusoïdales.

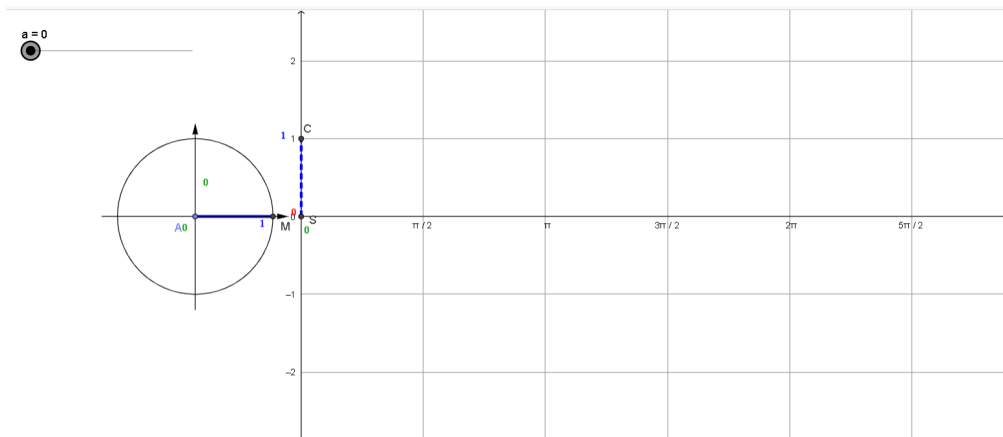


FIGURE 3.6 – Interface GeoGebra : Déploiement dynamique de la fonction cosinus à partir du cercle trigonométrique

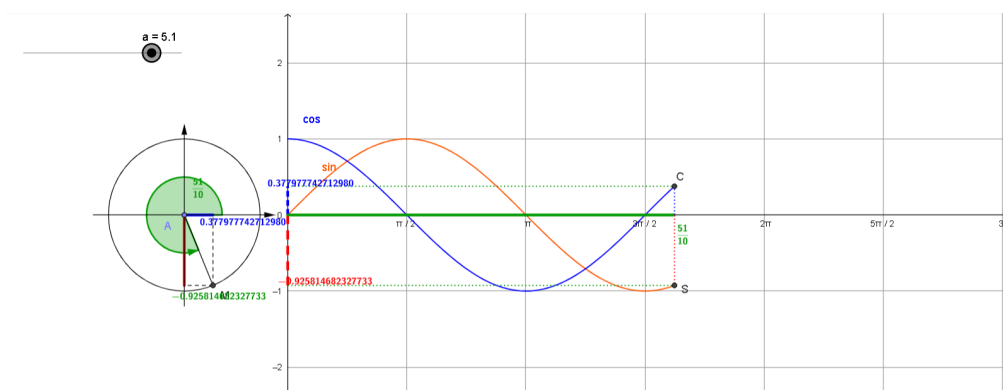


FIGURE 3.7 – Interface GeoGebra : Déploiement dynamique de la fonction sinus et mise en évidence de la périodicité

3.3- En analyse

3.3.1- L'intégration et l'approximation par la méthode des rectangles

Contexte pédagogique et ancrage au programme

Dans le cycle terminal, particulièrement en 2^e année du Baccalauréat (SM A et B), l'introduction du calcul intégral constitue une étape décisive en analyse. Le programme marocain préconise d'introduire cette notion en s'appuyant sur le concept d'aire.

Comme le soulignent les orientations pédagogiques officielles, il est attendu des élèves qu'ils puissent encadrer l'intégrale d'une fonction continue à l'aide de suites numériques, notamment par la méthode des rectangles (sommées de Riemann). L'objectif est de montrer que l'aire sous la courbe peut être approchée par la somme des aires de rectangles, dont la base devient infiniment petite.

توجيهات تربوية	القدرات المنتظرة	محتوى البرنامج
- ينبغي تقديم تكامل دالة على قطعة انطلاقاً من مفهوم دالة أصلية لدالة متصلة؛ - يتم الربط بين تكامل دالة متصلة وموجبة على مجال $[a; b]$ ومساحة حيز المستوى المحصور بين منحنى الدالة ومحور الأضلاع والمستقيمين اللذين معادلتهما على التوالي $x = a$ و $x = b$ من خلال دراسة حالة دالة ثابتة ثم دالة تألفية ثم دالة تألفية على مجالات متصلة ليتم تعميم النتيجة على الدوال المتصلة والموجبة على مجال؛ - يتم التركيز على تقنيات حساب التكامل وتقنيات تأطير تكامل...؛ - يسمح التكامل بالبرهان على وجود الدوال الأصلية للدوال المتصلة على مجال وتوفير تقنيات لتحديد عكسها تسمح معرفة دالة أصلية لدالة بحساب تكاملها وعليه ينبغي أن يبرز هذا التناقص للتلاميذ من خلال تعدد الأنشطة؛ - تعتبر الدوال من النوع $x \rightarrow \int_a^x f(x,t)dt$ خارج المقرر؛	- تطبيق تقنيات حساب التكامل في حساب تكامل دالة - التمكن من حساب مساحة الحيز المحصور بين منحنين ومستقيمين موازيين لمحور الأضلاع؛ - التمكن من حساب حجم الجسم المولد بدوران منحنى دالة حول أحد محوري المعلم؛ - تطبيق حساب التكامل في إثبات بعض المتفاوتات وإعطاء تقرّيبات؛ - دراسة الدوال من نوع $x \rightarrow \int_a^{x(s)} f(t)dt$ ؛ - تأطير تكامل بمتتاليتين باستعمال طريقة المستطيلات (في حالة الدوال الرتيبة). - تحديد نهايتي المتتاليتين: $u_n = \frac{b-a}{n} \sum_{k=1}^n f(a+k \frac{b-a}{n})$ و $v_n = \frac{b-a}{n} \sum_{k=0}^{n-1} f(a+k \frac{b-a}{n})$ (حيث f دالة متصلة على المجال $[a, b]$)؛ - دراسة دوال و متتاليات معرفة بتكامل.	- تكامل دالة متصلة على قطعة $[a, b]$ ؛ التأويل الهندسي؛ - الدالة الأصلية $x \rightarrow \int_a^x f(t)dt$ ؛ - التكامل والعمليات (الخطائفة، علاقة شال...) - التكامل والترتيب؛ * التكامل والقيمة المطلقة؛ على قطعة؛ * مير هنة المتوسط : $\exists c \in [a, b], \int_a^b f(x)dx = f(c)(b-a)$ - تقنيات حساب التكامل: استعمال الدوال الأصلية؛ طريقة المكاملة بالأجزاء؛ طريقة تغيير المتغير...؛

FIGURE 3.8 – Extrait des orientations pédagogiques concernant l'encadrement de l'intégrale et l'utilisation des suites

Identification de l'obstacle didactique

L'obstacle didactique majeur dans ce chapitre réside dans le processus de passage à la limite. Les élèves parviennent généralement à calculer l'aire d'un ou deux rectangles, mais conceptualiser la somme d'une infinité de rectangles qui "remplissent" l'espace sous une courbe reste une abstraction difficile.

De plus, l'introduction du formalisme mathématique complexe avec le symbole sigma (\sum) et l'expression des suites u_n et v_n de type $\frac{b-a}{n} \sum f(a + k \frac{b-a}{n})$ a tendance à effrayer les apprenants, masquant ainsi le sens géométrique profond de l'intégrale.

Intervention didactique : L'animation GeoGebra

Pour donner du sens à cette formulation algébrique, j'ai eu recours à une modélisation dynamique sur GeoGebra. L'activité consiste à visualiser l'aire sous la courbe d'une fonction continue et à l'encadrer par des sommes inférieures et supérieures de rectangles.

La plus-value de GeoGebra réside dans l'utilisation d'un curseur pour la variable n (le nombre de rectangles). En manipulant ce curseur, l'élève observe instantanément deux phénomènes cruciaux :

- Géométriquement : les "vides" et les "dépassements" des rectangles par rapport à la courbe se réduisent.
- Numériquement : la différence entre la somme supérieure et la somme inférieure tend vers zéro.

Ce double constat visuel et numérique permet à l'apprenant d'accepter intuitivement que lorsque $n \rightarrow +\infty$, les deux suites convergent vers une même valeur limite : l'intégrale de la fonction.

Les figures suivantes illustrent cette progression spectaculaire de l'approximation. La première figure montre une subdivision grossière avec $n = 3$, laissant apparaître une grande différence (19.38) entre les encadrements. La seconde figure, avec $n = 50$, démontre la précision de la méthode où les rectangles épousent presque parfaitement la courbure de la fonction.

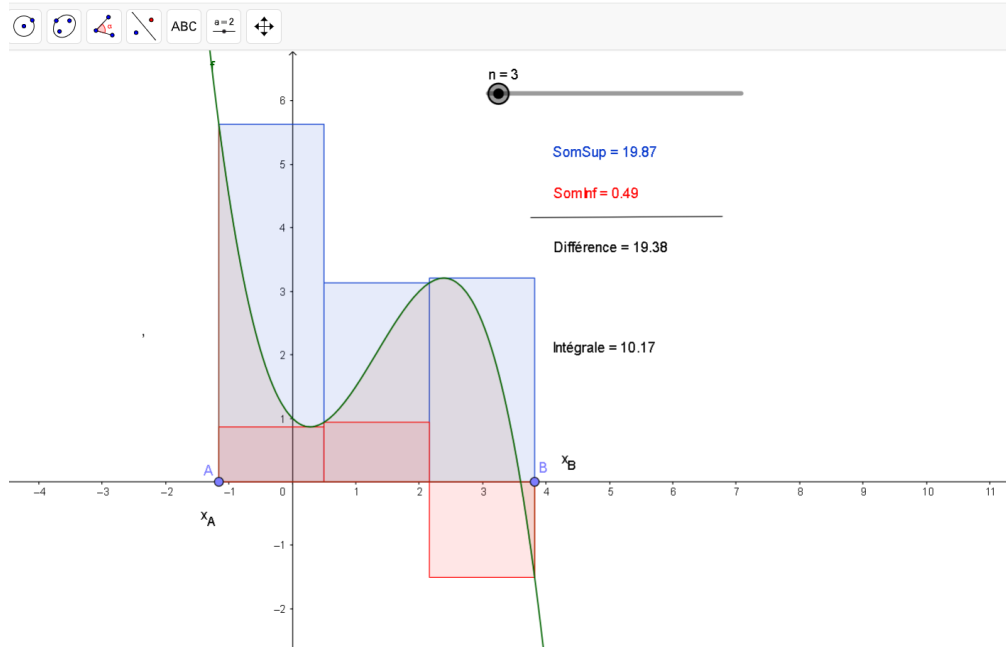


FIGURE 3.9 – Approximation grossière de l'intégrale par la méthode des rectangles avec $n = 3$

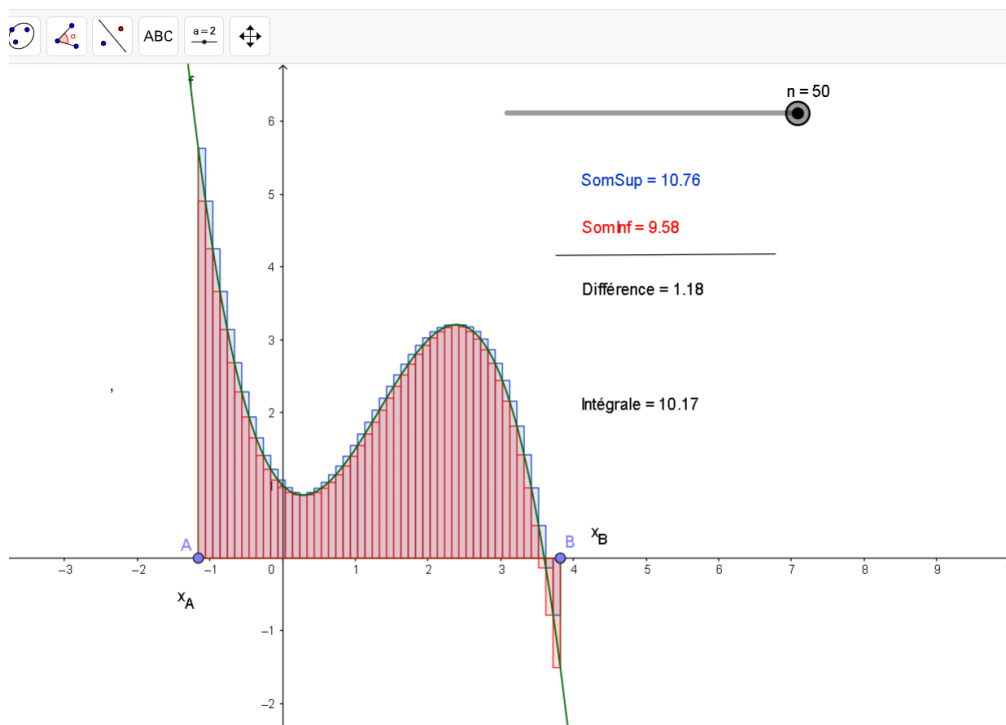


FIGURE 3.10 – Approximation fine de l'intégrale avec $n = 50$, illustrant la convergence des sommes

3.3.2- Utilisation de GeoGebra pour le dessin et l'étude des fonctions

Ancrage au programme et orientations pédagogiques (Généralités sur les fonctions au cycle 1 Bac (SM et Sciences Expérimentales))

Dans le cadre du cours sur les généralités et l'étude des fonctions pour les classes de 1^{re} année du Baccalauréat (Sciences Mathématiques et Sciences Expérimentales), l'objectif principal est d'amener les élèves à lier l'expression algébrique d'une fonction à sa représentation graphique.

Comme le stipulent les orientations pédagogiques, l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique est fortement recommandée pour faciliter l'assimilation des concepts de parité, de monotonie, ainsi que l'identification des extremums.

<p>– يتم قبول سلوك منحنى دالة حدودية من الدرجة الثالثة بجوار $+\infty$ و $-\infty$ – ينبغي تناول الحل المبياني لمعادلات $f(x) \leq c$ و $f(x) = c$ ومتراجحات من النوع $f(x) \leq c$ و $f(x) = c$ حيث f دالة من بين الدوال الواردة في البرنامج إذا لم يكن الحل الجبري في المتناول.</p>	<p>– استعمال عناصر تماثل منحنى في اختصار مجموعة دراسة دالة؛ – تمثيل دوال حدودية من الدرجة الثانية والثالثة ودوال متخاطة؛ – استعمال التمثيل المبياني لدالة أو جدول تغيراتها لدراسة حلول بعض المعادلات والمتراجحات.</p>	<p>4. دراسة وتمثيل الدوال – المقارب الأفقي؛ المقارب العمودي؛ – أمثلة لدراسة وتمثيل الدوال: $x \rightarrow ax^2 + bx + c$ و $x \rightarrow \frac{ax+b}{cx+d}$ و $x \rightarrow ax^3 + bx^2 + cx + d$</p>
--	---	---

FIGURE 3.11 – Extrait des orientations pédagogiques concernant l'étude des fonctions en 1 Bac

Exemples d'application : Paraboles et Hyperboles

Pour les élèves, le passage du tableau de variations à la courbe représentative constitue souvent un obstacle didactique. L'utilisation de GeoGebra permet de tracer rapidement les fonctions usuelles telles que les fonctions polynômes du second degré (paraboles) et les fonctions homographiques (hyperboles). La manipulation des paramètres permet à l'élève d'observer directement l'impact sur le sommet, l'axe de symétrie ou les asymptotes.

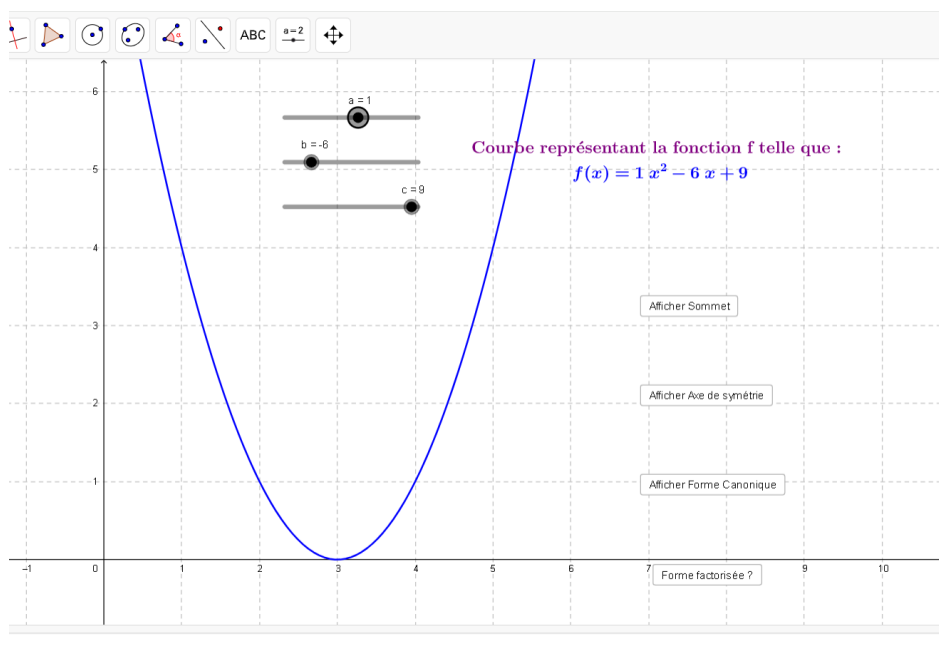


FIGURE 3.12 – Représentation graphique d'une fonction polynôme du second degré (Parabole)

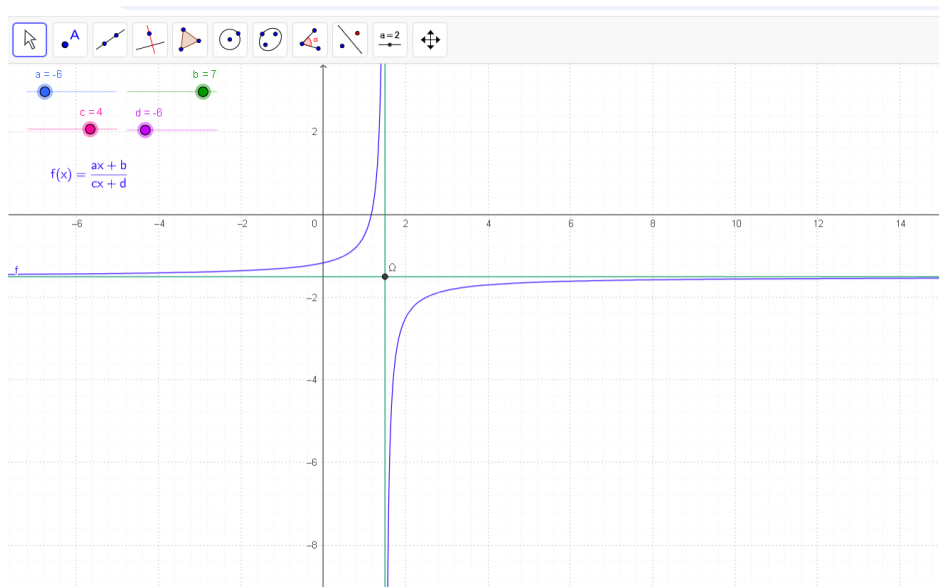


FIGURE 3.13 – Représentation graphique d'une fonction homographique avec ses asymptotes

Étude des fonctions transcendentes au cycle 2 Bac (SM, SVT, PC)

Orientations pédagogiques pour la 2^e année du Baccalauréat

En terminale, l'étude des fonctions gagne en abstraction avec l'introduction du calcul de limites complexes, des branches infinies et des fonctions transcendentes. Les orientations pédagogiques insistent sur l'importance de l'outil informatique pour conjecturer les limites aux bornes et visualiser le comportement asymptotique des courbes.

3. الدوال اللوغاريتمية والأسية:	
<p>- يتم ومباشرة بعد درس الدوال الأصلية، تقديم دالة اللوغاريتم باعتبارها الدالة الأصلية للدالة $x \rightarrow \frac{1}{x}$ المعرفة على المجال $]0; +\infty[$ والتي نتعلم في 1؛</p> <p>- الدالة الأسية النيبيرية هي التقابل العكسي لدالة اللوغاريتم النيبيري؛</p> <p>- لكل عدد a موجب قطعاً لدينا $a^b = e^{b \ln a}$؛</p> <p>- يتم قبول $\lim_{x \rightarrow +\infty} \ln x = +\infty$؛</p> <p>- تعتبر النهايات المرتبطة بالدالة اللوغاريتمية النيبيرية والدالة الأسية النيبيرية بالإضافة إلى النهايات $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n}$ و $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\ln x}{x^n}$ و $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^n \ln x$ و $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^n e^x$ حيث $n \in \mathbb{N}^*$ نهايات أساسية؛</p> <p>- تستعمل الدوال اللوغاريتمية و الدوال الأسية في حل مسائل متنوعة؛</p>	<p>- التمكن من الحساب الجبري على اللوغاريتمات؛</p> <p>- التمكن من حل معادلات ومترجمات ونظمت لوغاريتمية؛</p> <p>- معرفة وتطبيق اللوغاريتم العشري (خاصة في حل المعادلات من نوع $10^x = a$)؛</p> <p>- التمكن من النهايات اللوغاريتمية الأساسية وتوظيفها؛</p> <p>- التمكن من دراسة وتمثيل دوال تحتوي صيغتها على الدالة اللوغاريتمية؛</p> <p>- التمكن من حل معادلات ومترجمات ونظمت أسية نيبيرية؛</p> <p>- التمكن من نهايات الدالة الأسية النيبيرية الأساسية وتوظيفها؛</p> <p>- التمكن من دراسة وتمثيل دوال تحتوي صيغتها على الدالة الأسية النيبيرية؛</p> <p>- التمكن من دراسة وتمثيل دوال تحتوي صيغتها على الدالة الأسية النيبيرية ودالة اللوغاريتم النيبيري؛</p> <p>- تحديد قيم مقربة للعدد e حيث a عدد</p>
<p>* دالة اللوغاريتم النيبيري:</p> <p>- تعريف وخصائص جبرية؛</p> <p>- الرمز \ln ودراسة الدالة $x \rightarrow \ln(x)$؛</p> <p>- المشتقة اللوغاريتمية لدالة؛</p> <p>- الدوال الأصلية للدالة: $x \rightarrow \frac{u'(x)}{u(x)}$؛</p> <p>* دالة اللوغاريتم للأساس a:</p> <p>- تعريف وخصائص؛</p> <p>- دالة اللوغاريتم العشري</p> <p>* الدالة الأسية النيبيرية</p> <p>- تعريف وخصائص جبرية؛</p> <p>- الرمز \exp ودراسة الدالة $x \rightarrow \exp(x)$؛</p> <p>- العدد e والكتابة e^x؛</p> <p>- الدوال الأصلية للدالة $x \rightarrow u'(x)e^{u(x)}$؛</p> <p>- الدالة الأسية للأساس a:</p> <p>* تعريف وخصائص؛</p> <p>* مشتقة الدالة $x \rightarrow a^x$</p>	<p>- التمكن من الحساب الجبري على اللوغاريتمات؛</p> <p>- التمكن من حل معادلات ومترجمات ونظمت لوغاريتمية؛</p> <p>- معرفة وتطبيق اللوغاريتم العشري (خاصة في حل المعادلات من نوع $10^x = a$)؛</p> <p>- التمكن من النهايات اللوغاريتمية الأساسية وتوظيفها؛</p> <p>- التمكن من دراسة وتمثيل دوال تحتوي صيغتها على الدالة اللوغاريتمية؛</p> <p>- التمكن من دراسة وتمثيل دوال تحتوي صيغتها على الدالة الأسية النيبيرية ودالة اللوغاريتم النيبيري؛</p> <p>- تحديد قيم مقربة للعدد e حيث a عدد</p>

FIGURE 3.14 – Directives officielles pour l'enseignement des fonctions logarithmiques et exponentielles

Visualisation des fonctions Logarithme Népérien (ln) et Exponentielle (exp)

La difficulté majeure pour les élèves réside dans la conceptualisation de la relation de réciprocity entre la fonction logarithme népérien et la fonction exponentielle. GeoGebra offre ici

une plus-value inestimable : en traçant la droite d'équation $y = x$, les apprenants constatent de manière évidente la symétrie axiale parfaite entre les courbes représentatives de ces deux fonctions.

De plus, le logiciel permet de visualiser clairement les branches paraboliques et les croisances comparées en $+\infty$, donnant ainsi un sens concret aux résultats des calculs de limites.

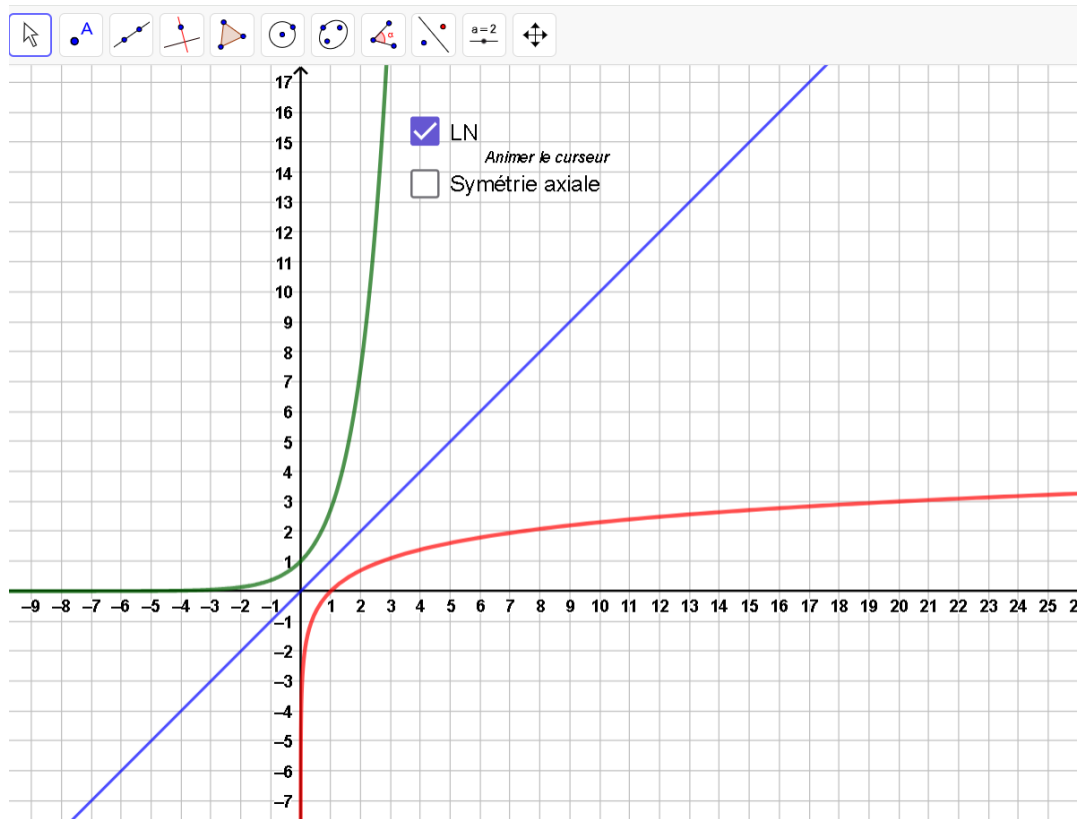


FIGURE 3.15 – Symétrie par rapport à la première bissectrice ($y = x$) des fonctions \ln et \exp

3.4.3- Obstacle didactique : La notion de limite et le voisinage

Identification d'une erreur récurrente en 1^{re} Bac

Lors de l'introduction du concept de limite, une confusion fréquente s'observe chez les élèves concernant la fonction racine carrée. Face à la consigne de déterminer la limite de $f(x) = \sqrt{x}$ en 0, la majorité des apprenants écrivent spontanément :

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x} = 0$$

Cependant, d'un point de vue mathématique rigoureux, cette écriture est un abus. En réalité, la limite globale en 0 n'existe pas.

Rappel théorique : L'importance de la condition du voisinage

Pour déconstruire cette erreur, il est nécessaire de revenir à la définition fondamentale. Pour qu'une fonction admette une limite en un réel a , elle doit obligatoirement être définie au voisinage de a (sauf peut-être en a). Cela signifie qu'il doit exister un réel $r \in]0, +\infty[$ tel que :

$$]a - r; a + r[\setminus \{a\} \subset D_f$$

Appliquons cela à la fonction $f(x) = \sqrt{x}$ dont le domaine de définition est $D_f = \mathbb{R}^+$. Si l'on étudie le voisinage de $a = 0$, et que l'on prend par exemple $r = 0.5$, on obtient l'intervalle $] -0.5; 0.5[$. Or, l'ensemble $] -0.5; 0.5[\setminus \{0\}$ n'est absolument pas inclus dans $D_f = \mathbb{R}^+$ puisqu'il contient des valeurs strictement négatives (où la fonction n'existe pas).

Puisque la fonction n'est pas définie au voisinage global de 0, parler de la limite globale $\lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x}$ n'a pas de sens. La seule écriture mathématiquement juste est celle de la **limite à droite** :

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \sqrt{x} = 0$$

Remédiation visuelle par les TICE (GeoGebra)

En tant que professeur stagiaire, l'intégration de GeoGebra s'avère particulièrement pertinente pour corriger cette représentation erronée. Le tracé de la courbe permet de matérialiser ce "vide" du côté gauche de l'axe des ordonnées.

L'élève constate visuellement que la courbe "démarré" au point $(0, 0)$ et n'existe pas pour les abscisses négatives. Il devient alors évident et intuitif qu'il est impossible de s'approcher de 0 par des valeurs inférieures, ce qui justifie la nécessité absolue de préciser $x \rightarrow 0^+$ (ou $x > 0$) lors du calcul de la limite.

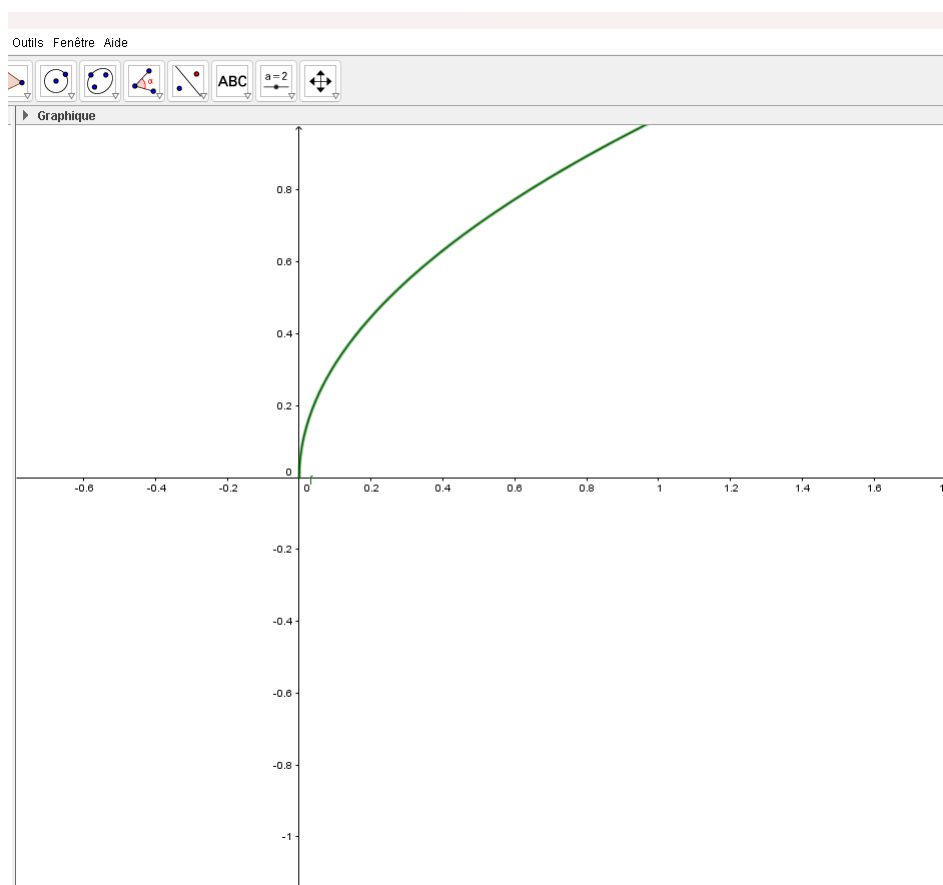


FIGURE 3.16 – Visualisation sur GeoGebra : la demi-parabole met en évidence l'impossibilité d'une approche par la gauche en $x=0$

3.4- En Géométrie : La Géométrie dans l'Espace

3.4.1- De l'abstrait au concret : Visualisation 3D en 2^e Bac

Contexte pédagogique et problématique

Dans le programme de la 2^e année du Baccalauréat, la géométrie dans l'espace est souvent perçue par les élèves comme un domaine purement abstrait et calculatoire. La difficulté majeure réside dans la représentation mentale d'objets tridimensionnels dessinés en perspective cavalière sur une feuille plane.

Comme l'indiquent les orientations pédagogiques, l'objectif est de lier l'étude analytique (équations cartésiennes) à des situations géométriques concrètes, notamment les problèmes d'intersection. L'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique comme GeoGebra 3D devient alors indispensable. En permettant de manipuler la vue, de faire pivoter l'espace et d'animer les paramètres, le logiciel transforme un concept abstrait en une réalité visuelle tangible.

التوجيهات التربوية	القدرات المنتظرة	محتوى البرنامج
- يتعين حصر الدراسة التحليلية للأوضاع النسبية لفلكة ومستوى ولفلكة ومستقيم على أمثلة عديدة دون التطرق إلى الحالة العامة؛ - يتم توظيف الجداء السلمي في دراسة التوازي والتعامد في الفضاء؛	- تحديد مستوى بنقطة ومتجهة منظمة. - تحديد المستقيم المار من نقطة والعمودي على مستوى. - تحديد معادلة ديكارتية لفلكة محددة بمركزها وشعاعها؛ - تحديد تمثيل بارامتري لفلكة؛ - التعرف على مجموعة النقط M من الفضاء التي تحقق العلاقة: $\overline{MA} \cdot \overline{MB} = 0$	- تحديد تحليلي للمجموعة $\{M \in P / \overline{u} \cdot \overline{AM} = k\}$ ؛ - المتجهة المنظمة لمستوى؛ - معادلة ديكارتية لمستوى محدد بنقطة ومتجهة منظمة عليه؛ - مسافة نقطة عن مستوى؛ - دراسة تحليلية للفلكة؛ - دراسة مجموعة النقط $M(x, y, z)$ بحيث: $x^2 + y^2 + z^2 + ax + by + cz + d = 0$ - تقاطع فلكة ومستوى؛ المستوى المماس لفلكة في نقطة معلومة منها؛ تقاطع فلكة ومستقيم. - تطبيقات في حل مسائل هندسية.

FIGURE 3.17 – Extrait des orientations pédagogiques soulignant l'importance de l'étude analytique de la sphère, du plan et de leurs intersections

3.4.2- Intersection d'une sphère et d'un plan

Rappel de cours :

Soit (S) une sphère de centre Ω et de rayon R , et (P) un plan.

Soit H la projection orthogonale du centre Ω sur le plan (P) .

On pose d la distance du point Ω au plan (P) : $d = \Omega H = d(\Omega, (P))$.

La nature de l'intersection dépend de la comparaison entre la distance d et le rayon R .

En classe, le professeur peut créer un plan mobile dans GeoGebra 3D, dont la distance d par rapport au centre de la sphère varie à l'aide d'un curseur. L'élève observe alors instantanément les trois cas possibles :

Cas 1 : $d > R$

L'élève remarque visuellement qu'il y a un "vide" entre le plan et la sphère. L'intersection est donc l'ensemble vide : $(S) \cap (P) = \emptyset$.

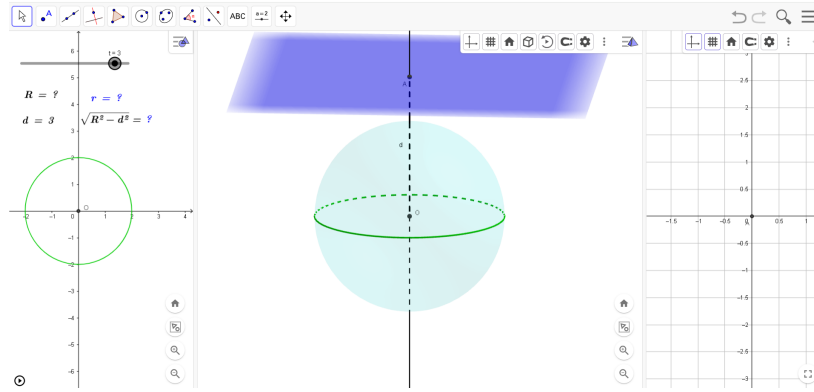


FIGURE 3.18 – Visualisation avec GeoGebra : Le plan est strictement extérieur à la sphère ($d > R$)

Cas 2 : $d = R$

En ajustant la vue 3D, l'apprenant constate que le plan "touche" la sphère en un point unique H . On dit que le plan (P) est tangent à la sphère (S).

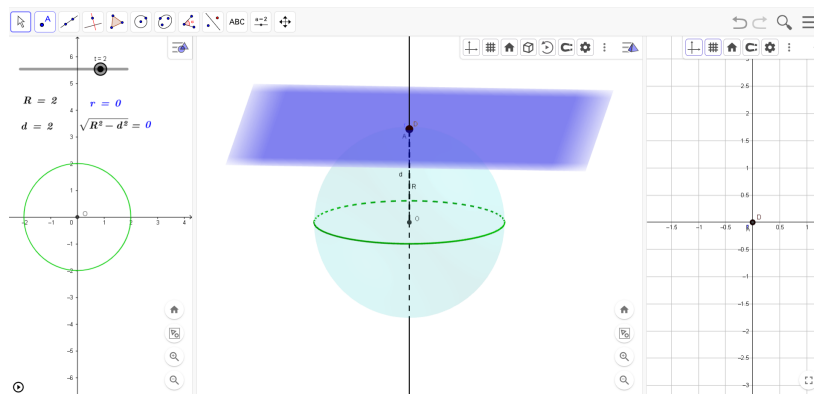


FIGURE 3.19 – Visualisation avec GeoGebra : Le plan est tangent à la sphère au point H ($d = R$)

Cas 3 : $d < R$

C'est le cas le plus difficile à imaginer sans support visuel. GeoGebra montre clairement que le plan "tranche" la sphère. L'intersection n'est pas un point ou un segment, mais un cercle (C) de centre H et de rayon $r = \sqrt{R^2 - d^2}$.

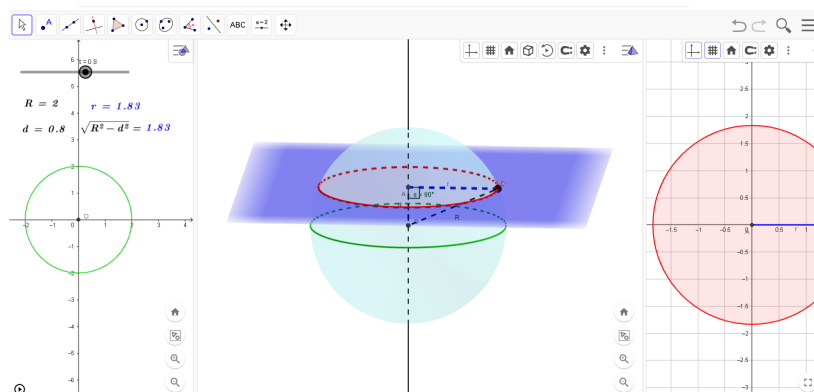


FIGURE 3.20 – Visualisation avec GeoGebra : Le plan coupe la sphère selon un cercle de rayon r ($d < R$)

3.4.3- Intersection d'une sphère et d'une droite

La même démarche didactique s'applique pour l'étude de la position relative d'une droite par rapport à une sphère.

Rappel de cours :

Soit (S) une sphère de centre Ω et de rayon R , et (Δ) une droite.

Soit H la projection orthogonale du centre Ω sur la droite (Δ) .

On pose $d = \Omega H = d(\Omega, (\Delta))$.

Les trois cas se déduisent de la même manière en comparant d et R .

Afin de permettre aux élèves de s'appropriier les conditions géométriques ($d < R$, $d = R$, $d > R$) d'un point de vue visuel en 3D, nous proposons ci-dessous la modélisation GeoGebra illustrant les trois configurations possibles. L'utilisation dynamique de GeoGebra permet aux élèves d'observer ces situations sous différents angles, consolidant ainsi la résolution algébrique des systèmes d'équations.

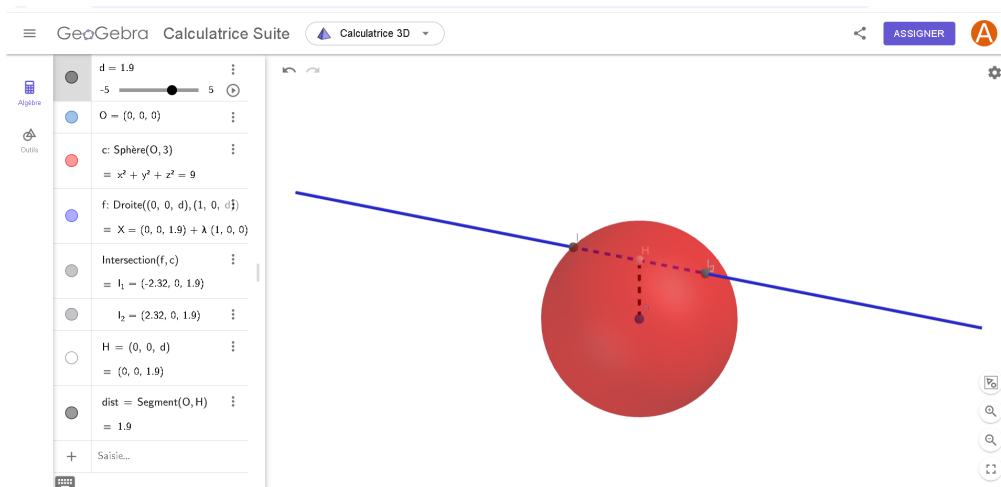


FIGURE 3.21 – Cas 1 : Droite sécante à la sphère. La distance $d < R$. L'intersection est constituée de deux points distincts.

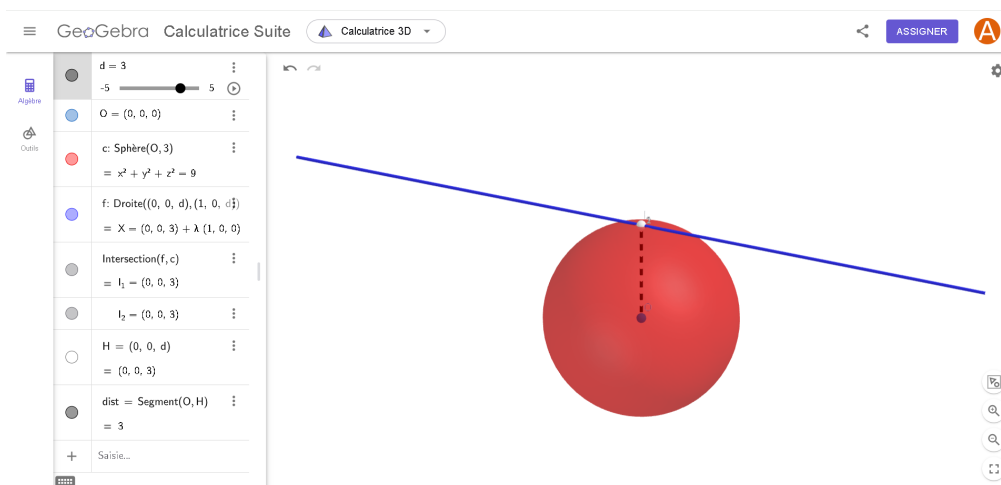


FIGURE 3.22 – Cas 2 : Droite tangente à la sphère. La distance $d = R$. L'intersection est un point unique (point de tangence).

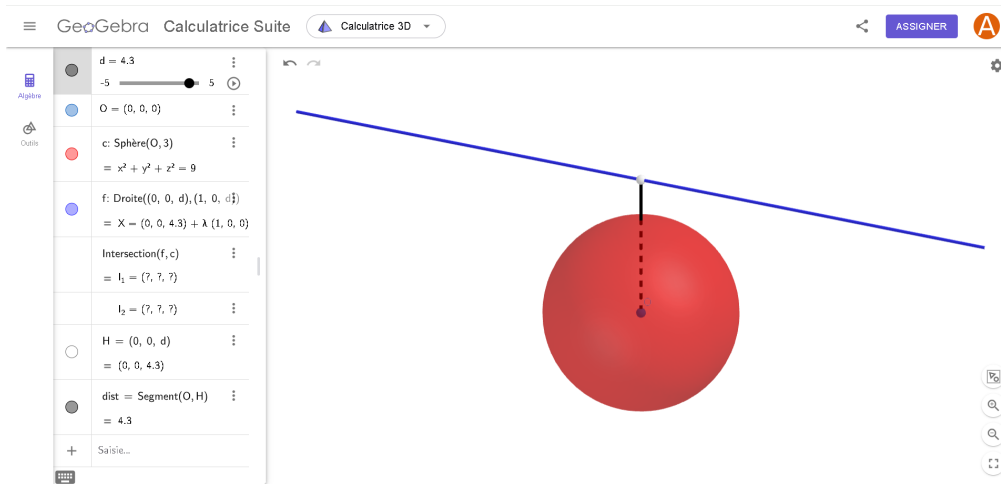


FIGURE 3.23 – Cas 3 : Droite extérieure à la sphère. La distance $d > R$. L'intersection est l'ensemble vide.

3.5- En probabilités et statistiques

3.5.1- La loi binomiale et le module de calcul de probabilités

Contexte pédagogique et ancrage au programme

En deuxième année du cycle du Baccalauréat, l'étude des probabilités s'achève par l'introduction des variables aléatoires et de la loi binomiale. Les orientations pédagogiques insistent sur la modélisation d'expériences aléatoires répétées (schéma de Bernoulli) et sur le calcul des probabilités associées à des événements précis.

5. حساب الاحتمالات

التوجيهات التربوية	القدرات المنتظرة	محتوى البرنامج
<ul style="list-style-type: none"> - تعزيز التلاميذ على تصور المحاكاة <i>Simulation</i> المناسبة حسب التجربة العشوائية المعنية وتطبيقه؛ - ينبغي تجنب أي تقديم نظري لمفهوم الاحتمال؛ - من خلال إعادة تجربة عشوائية بسيطة عددا كبيرا من المرات (رمي قطعة نقدية، سحب كرة من كيس، ...) نتبين استقرار تردد حدث عشوائي ثم نقول هذه النتيجة؛ ويمكن استعمال الملمس <i>rand</i> من الآلة الحاسبة العلمية أو الآلة الحاسبة العلمية القابلة للبرمجة أو الحاسوب لهذه الغاية؛ - ينبغي الانطلاق من وضعيات ملموسة ومتدرجة تجعل التلميذ يتدرب تدريجياً على وصف تجارب عشوائية باستعمال لغة الاحتمال؛ - يقدم احتمال حدث انطلاقاً من استقرار تردد حدث عشوائي؛ 	<ul style="list-style-type: none"> - حساب احتمال اتحاد حدثين؛ - احتمال تقاطع حدثين وحساب احتمال الحدث المضاد لحدث؛ - استعمال النموذج العددي المناسب حسب الوضعية المدروسة؛ - التعرف على استقلال حدثين؛ - تحديد قانون احتمال متغير عشوائي؛ - التعرف على القانون الحداني 	<ul style="list-style-type: none"> - المبدأ الأساسي للتعداد؛ شجرة الاختيارات؛ - الترتيبات بتكرار؛ الترتيبات بدون تكرار؛ - التأليفات؛ - الأعداد C_n^p و A_n^p؛ - التجارب العشوائية؛ - استقرار تردد حدث عشوائي؛ - احتمال حدث؛ - فرضية تساوي الاحتمالات؛

98

التوجيهات وبرامج مادة الرياضيات لسلك ت ث ت

<ul style="list-style-type: none"> - يعزز تقديم مفاهيم الاحتمالات بأمثلة متنوعة تغطي مختلف الحالات الممكنة؛ - يطبق الاحتمال في وضعيات متنوعة ذات الارتباط بمواد التخصص؛ 	<ul style="list-style-type: none"> - وتطبيقه في وضعيات من مواد التخصص؛ 	<ul style="list-style-type: none"> - الاحتمال الشرطي؛ استقلالية حدثين؛ استقلالية اختياريين؛ - المتغيرات العشوائية؛ قانون احتمال متغير عشوائي؛ الأمل الرياضي؛ الانحراف الطرازي لمتغير عشوائي؛ - القانون الحداني؛
---	---	--

FIGURE 3.24 – Extrait des orientations pédagogiques concernant la loi binomiale au 2^e BAC

Identification de l'obstacle didactique

Lors de l'application de la loi binomiale de paramètres n et p , les élèves doivent utiliser la formule $P(X = k) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k}$. Si ce calcul est abordable manuellement pour de petites valeurs de n , il devient rapidement une source d'erreurs arithmétiques importantes lorsque le nombre d'épreuves grandit. La situation se complexifie davantage lors du calcul d'une probabilité cumulée du type $P(a \leq X \leq b)$, qui exige la somme fastidieuse de multiples termes. Cet obstacle purement technique empêche souvent l'apprenant de prendre du recul sur la signification globale du résultat et de visualiser la répartition des probabilités.

Intervention didactique : Le module graphique de GeoGebra

Pour pallier cette difficulté calculatoire et donner du sens à la variable aléatoire, l'intégration de la fenêtre "Calculs de probabilités" de GeoGebra s'avère extrêmement efficace. Cet environnement interactif est très ergonomique : il suffit à l'utilisateur de sélectionner la distribution souhaitée dans le menu déroulant (ici, la loi Binomiale) et de renseigner les deux paramètres fondamentaux, à savoir le nombre d'épreuves n et la probabilité de succès p .

Comme l'illustre la figure ci-dessous, le logiciel génère instantanément l'histogramme de la distribution. L'élève peut alors calculer directement des probabilités ponctuelles ou des intervalles $P(a \leq X \leq b)$ de manière visuelle et immédiate. De plus, il est intéressant de souligner aux élèves que ce même outil propose un vaste catalogue de distributions (Loi Normale, Loi de Poisson, Loi Exponentielle, etc.). Bien que l'étude de ces lois dépasse le cadre du programme de l'enseignement secondaire qualifiant, cette fonctionnalité constitue une excellente passerelle vers l'enseignement supérieur, où ces modèles probabilistes seront au cœur de leur formation scientifique.

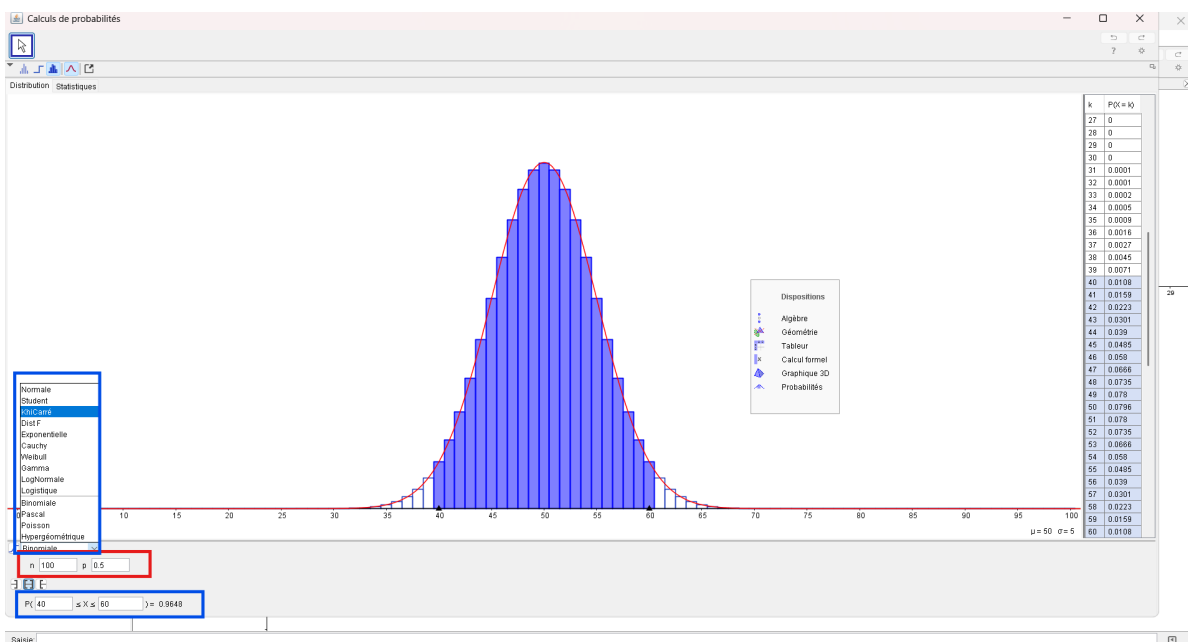


FIGURE 3.25 – Interface "Calculs de probabilités" sur GeoGebra : modélisation visuelle d'une loi binomiale et calcul instantané des paramètres.

3.6- Apports du projet

La réalisation de ce Projet Personnel Encadré a permis de tirer plusieurs bénéfices sur les plans **pédagogique**, **didactique**, **technique** et **professionnel**. Ce travail a constitué une occasion importante pour réfléchir à l'intégration raisonnée des outils numériques dans l'enseignement des mathématiques, en particulier à travers l'exploitation du logiciel **GeoGebra**.

✓ **Renforcement des compétences numériques et didactiques :**

L'utilisation de GeoGebra a favorisé une meilleure compréhension de l'intégration des outils numériques dans les pratiques pédagogiques. Elle a permis de développer des compétences concrètes en conception de ressources interactives adaptées au curriculum marocain et aux besoins des élèves du secondaire qualifiant.

✓ **Appropriation des approches pédagogiques actives :**

Le projet a permis d'explorer des démarches centrées sur l'élève, telles que l'apprentissage par la manipulation, la découverte, la simulation et l'expérimentation. GeoGebra s'est révélé être un outil facilitant la mise en œuvre de ces démarches dans le cadre de l'approche par compétences.

✓ **Réflexion sur la gestion des apprentissages :**

En concevant des activités interactives, ce projet a conduit à réfléchir sur les modalités de gestion de la classe, la différenciation pédagogique, le rythme d'apprentissage et l'évaluation formative. L'interactivité et la visualisation dynamique offertes par GeoGebra peuvent aider l'enseignant à mieux accompagner les élèves dans la construction des savoirs.

✓ **Enrichissement des supports pédagogiques :**

Le projet a permis de produire des ressources numériques réutilisables et adaptables à différents niveaux et situations d'apprentissage. Ces supports peuvent être mobilisés aussi bien pour l'introduction de nouvelles notions que pour la consolidation, la remédiation ou l'évaluation.

✓ **Professionalisation du futur enseignant :**

En articulant théorie et pratique, ce projet a contribué à développer une posture réflexive chez l'enseignant stagiaire. Il l'incite à s'interroger sur la finalité de ses choix pédagogiques, sur la pertinence des outils utilisés et sur leur impact réel sur les apprentissages des élèves.

✓ **Développement de l'esprit d'innovation :**

La conception d'activités avec GeoGebra encourage l'enseignant à dépasser les méthodes traditionnelles et à proposer des situations d'apprentissage plus motivantes, plus visuelles et plus interactives. Cette démarche contribue à renouveler les pratiques de classe et à renforcer l'engagement des élèves.

✓ **Valorisation de l'autonomie des élèves :**

Les activités conçues avec GeoGebra permettent aux élèves de manipuler, tester, observer et vérifier par eux-mêmes. Cette autonomie progressive favorise la prise d'initiative, la confiance en soi et le développement d'un raisonnement mathématique plus structuré.

En somme, ce projet a constitué une expérience formatrice qui a permis de mieux comprendre le rôle que peuvent jouer les technologies numériques dans l'enseignement des mathématiques. Il a également montré que l'intégration de GeoGebra ne doit pas être improvisée, mais pensée dans une logique didactique cohérente, au service des objectifs d'apprentissage et du développement des compétences des élèves.

3.7- Conclusion de la phase pratique

La phase pratique de ce projet a permis de présenter un ensemble restreint mais significatif d'exemples d'animations et d'activités exploitant les fonctionnalités dynamiques de **GeoGebra** dans le contexte de l'enseignement secondaire qualifiant des mathématiques. Ces exemples, portant sur des thèmes tels que la trigonométrie, la géométrie plane, la géométrie dans l'espace ou encore l'analyse élémentaire, visent à montrer concrètement comment cet outil peut enrichir l'expérience d'apprentissage des élèves.

À travers ces propositions, nous avons cherché à mettre en évidence le rôle de GeoGebra dans la visualisation des notions abstraites, la manipulation des objets mathématiques et la construction progressive du savoir. L'élève n'est plus placé dans une posture passive de réception, mais devient progressivement acteur de son apprentissage. Il observe, expérimente, formule des conjectures, vérifie ses idées et interprète les résultats obtenus.

Cependant, il est important de souligner que de nombreux domaines essentiels du programme officiel n'ont pas été abordés ici, à l'image du **calcul intégral**, de l'étude des **limites**, de l'approximation graphique de la **dérivée**, ou encore de certaines applications en **statistiques avancées**. Ces domaines, pourtant fondamentaux dans la formation des apprenants, offrent également de véritables opportunités didactiques lorsqu'ils sont appuyés par l'interactivité offerte par GeoGebra.

L'intégration de ce logiciel dans ces champs permettrait non seulement de rendre les concepts plus accessibles par la visualisation et la simulation, mais aussi de favoriser une **démarche d'investigation** et la participation active des élèves dans la construction de leur savoir. Par exemple, l'étude dynamique de l'aire sous une courbe peut faciliter l'introduction intuitive de l'intégrale, tandis que la variation d'un point mobile sur une courbe peut aider à comprendre le sens graphique de la dérivée.

De plus, GeoGebra peut constituer un support pertinent pour la différenciation pédagogique. L'enseignant peut proposer des activités adaptées aux besoins des élèves : des activités de découverte pour introduire une notion, des exercices guidés pour consolider les acquis, ou encore des tâches plus ouvertes pour favoriser l'approfondissement et l'autonomie. Cette flexibilité rend l'outil particulièrement utile dans des classes hétérogènes.

Il convient également de rappeler que l'usage de GeoGebra ne remplace pas le rôle de l'enseignant. Au contraire, il le renforce. L'enseignant reste responsable du choix des situations, de l'organisation de la séance, de l'accompagnement des élèves et de la phase essentielle de formalisation. GeoGebra doit donc être utilisé de manière raisonnée, au service d'objectifs pédagogiques clairement définis.

En somme, GeoGebra constitue un **levier pédagogique puissant**, encore sous-exploité, dont le potentiel mérite d'être valorisé à travers des séquences bien pensées, intégrées dans une logique didactique cohérente. Son utilisation permet de rapprocher les mathématiques de l'élève, de rendre l'apprentissage plus interactif et de développer des compétences de raisonnement, d'exploration et de communication.

Ce travail ne constitue donc qu'un **point de départ**, une ouverture vers des pistes d'exploitation plus vastes et plus profondes, en vue de soutenir une pédagogie moderne, différenciée et centrée sur l'apprenant, dans le respect des objectifs de l'enseignement mathématique du XXI^e siècle.

4 Conclusion Générale du Projet

L'enseignement des mathématiques au secondaire qualifiant est aujourd'hui appelé à se renouveler profondément, notamment à travers l'intégration des technologies éducatives. Ce Projet Personnel Encadré s'est inscrit dans cette dynamique en explorant les apports potentiels de l'application **GeoGebra** comme outil numérique interactif au service de l'apprentissage des mathématiques.

Dans sa partie théorique, ce travail a mis en lumière les fondements didactiques et pédagogiques justifiant l'usage de GeoGebra en classe. Il a permis de montrer que cet outil s'inscrit dans des approches modernes telles que l'approche par compétences, la pédagogie active, l'apprentissage par la découverte et la pédagogie différenciée. Il répond également aux orientations relatives à l'intégration des **TICE** dans les pratiques enseignantes, en favorisant la visualisation, l'expérimentation et l'interactivité.

GeoGebra occupe ainsi une place importante dans la gestion des apprentissages. Il peut faciliter la compréhension des notions abstraites, soutenir la différenciation pédagogique, encourager l'autonomie des élèves et renforcer leur implication dans les activités proposées. Grâce à ses représentations dynamiques, il permet de créer un lien plus clair entre les registres graphique, algébrique, géométrique et numérique.

Sur le plan pratique, plusieurs exemples d'animations et d'activités ont été proposés afin d'illustrer l'exploitation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire qualifiant. Ces exemples, bien que limités, montrent clairement la richesse fonctionnelle du logiciel et son intérêt pour rendre les apprentissages plus concrets, plus visuels et plus motivants.

Il convient toutefois de souligner que de nombreux thèmes n'ont pas été abordés dans le cadre de ce travail, tels que les **limites**, la **dérivation**, l'**intégration**, les **équations différentielles**, les **probabilités avancées** ou encore certaines applications statistiques. Ces domaines constituent des pistes importantes pour de futurs travaux, car GeoGebra peut y jouer un rôle déterminant dans l'illustration, la simulation et l'ancrage des apprentissages.

En conclusion, GeoGebra ne doit pas être perçu comme une simple ressource complémentaire, mais comme un véritable **levier pédagogique** capable de transformer la dynamique de la classe, de motiver les élèves et d'enrichir l'expérience d'apprentissage. Son intégration doit cependant être réfléchie, progressive et liée à des objectifs pédagogiques clairement définis.

Ce projet représente ainsi une première étape dans un processus plus large de réflexion et de création de ressources numériques interactives. Il ouvre la voie à des exploitations plus approfondies de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques, en harmonie avec les ambitions de l'école marocaine du XXI^e siècle, qui vise une éducation de qualité, équitable, innovante et centrée sur l'apprenant.

Bibliographie

- [1] Équipe GeoGebra. *Calculatrice 3D GeoGebra* [Application en ligne]. Outil de modélisation dynamique utilisé pour la géométrie dans l'espace (intersections sphère-plan et sphère-droite). Disponible sur : <https://www.geogebra.org/3d>
- [2] Ministère de l'Éducation Nationale, de la Formation Professionnelle, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. *Orientations pédagogiques générales et programmes de la matière de mathématiques pour le cycle secondaire qualifiant*. Royaume du Maroc.
- [3] Ministère de l'Éducation Nationale. *Note ministérielle 142.08* relative à l'évaluation continue de la matière de mathématiques dans le cycle secondaire qualifiant.
- [4] Ministère de l'Éducation Nationale. *Programme GENIE* (Généralisation des Technologies d'Information et de Communication dans l'Enseignement au Maroc) - Stratégie d'intégration des TICE.
- [5] Hohenwarter, M. et l'équipe GeoGebra. *Site officiel de GeoGebra, applications et ressources didactiques*. Disponible en ligne sur : <https://www.geogebra.org/>
- [6] Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques en mathématiques*. La Pensée Sauvage.
- [7] Piaget, J. (1964). *Six études de psychologie*. Éditions Gonthier.
- [8] Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage*. Éditions La Dispute.