

Mathématiques et TIC dans les classes préparant au baccalauréat professionnel.

Ludovic DIANA – Jérôme GUILLAUMOT – François MOUSSAVOU
Serge OLIVERO – Delphine PISON – Valérie THÉRIC – Ahmed YAHIA.
Groupe Rénovation de la voie professionnelle de l' IREM d'Aix-Marseille

Mots clés :

Baccalauréat professionnel – évaluation – compétences – simulation informatique – expérimentation en mathématiques

I. Introduction : une réforme ambitieuse.

Le lycée professionnel a connu en 2009 une réforme de grande ampleur dont l'une des mesures phares fut la création du « Bac Pro en 3 ans » (précédemment, le baccalauréat professionnel se préparait en deux ans, à l'issue de deux premières années de formation en BEP ou CAP ; on était donc sur le modèle d'un « bac pro 4 ans »).

En mathématiques, comme dans la plupart des autres disciplines, cette réforme s'est accompagnée de la mise en place de nouveaux programmes (évitant les redondances entre les anciens programmes de BEP et de baccalauréat) pouvant être traités en trois ans avec un horaire hebdomadaire pratiquement inchangé.

II. Le cadre institutionnel :

Les programmes de mathématiques :

Les programmes de mathématiques et de sciences physiques (BO spécial n°2 du 19 février 2009) ont un préambule commun où sont présentés les objectifs généraux, les attitudes développées chez les élèves et la démarche pédagogique préconisée pour la formation et l'évaluation. Le programme de mathématiques est décliné par année de formation, ce qui constitue une nouveauté pour le lycée professionnel, habitué à composer avec des textes écrits pour les deux années de préparation précédant, jusqu'alors, chaque diplôme. Le contenu d'enseignement de l'année de seconde est identique pour toutes les spécialités professionnelles mais à partir de la classe de première, le programme se décompose en un tronc commun (TC) et une partie spécifique (SPE) qui diffère suivant chacun des trois groupements (A, B et C) de baccalauréats professionnels. Enfin, deux programmes complémentaires en vue de poursuite d'études en STS (un pour les groupements A et B, un pour le groupement C) achèvent ce document.

L'organisation des contenus se fait suivant un découpage en trois domaines : la statistique et probabilités ; l'algèbre et l'analyse ; la géométrie. Chaque domaine est à son tour divisé en modules de formation décrits sous la forme de capacités (ce que

l'élève doit savoir faire), connaissances (liste des savoirs) et commentaires (limite des contours des apprentissages).

Il est explicitement demandé que tout enseignement de mathématiques soit contextualisé ; le professeur doit utiliser, au cours d'une année scolaire, au moins deux des 23 thématiques regroupées en cinq des sujets (développement durable ; prévention, santé et sécurité ; évolution des sciences et techniques ; vie sociale et loisirs ; vie économique et professionnelle) listées au début du programme.

L'évaluation :

Dans le préambule commun aux programmes de mathématiques et de sciences, il est précisé que quatre compétences doivent être mise en œuvre par les élèves et évaluées par les enseignants :

- Rechercher, extraire et organiser l'information
- Choisir et exécuter une méthode de résolution
- Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale, valider un résultat.
- Communiquer à l'aide du langage scientifique et d'outils technologiques.

Afin d'opérationnaliser cette évaluation lors des épreuves certificatives, une grille nationale a été publiée (l'actuelle grille date du printemps 2013 ; elle succède à deux précédents documents datant de 2009 et 2010). Cette grille reprend la notion d'évaluation par compétences présente dans les programmes avec une terminologie proche ; on a ici cinq les compétences : S'approprier – Analyser / Raisonner – Réaliser – Valider – Communiquer. Chacune de ces compétences est décrite à l'aide de capacités (émettre une conjecture, exécuter une méthode de résolution, expérimenter, simuler, critiquer un résultat...) permettant à l'examineur de mieux cerner les exigences attendues. On notera tout de même que le terme *capacité* apparaît donc dans deux textes différents : le programme et la grille nationale d'évaluation ; dans le premier cas il s'agit de *capacités* liées à des *connaissances* et dans le second, de *capacités* liées à des *compétences*.

Afin de pouvoir réaliser cette évaluation par compétences (au vu des compétences choisies) un des grands changements accompagnant les nouveaux programmes, a été de placer les mathématiques dans le champ des sciences expérimentales.

Le baccalauréat est donc constitué, en mathématiques, d'une épreuve pratique que les candidats passent, suivant leur statut, en Contrôle en Cours de Formation ([CCF](#)) ou lors d'un examen ponctuel.

La place des TIC :

Une lecture des deux textes décrits précédemment (le programme de mathématiques et la grille nationale d'évaluation) permet de constater que les TIC sont présents à deux

niveaux clairement distincts, bien que parfois complémentaires, dans la formation mathématiques des futurs bacheliers professionnels :

- D'une part, les capacités du programme font, à plusieurs reprises, explicitement référence à l'utilisation des TIC (pour les calculs des paramètres d'une série statistique par exemple).
- D'autre part, la grille nationale d'évaluation impose que la partie expérimentale de l'épreuve (notée 3 points sur 10 pour le baccalauréat) se fasse à travers la réalisation de tâches nécessitant l'utilisation des TIC.

C'est donc autour de cette double approche que les TIC vont être présents dans le cours de mathématiques.

III. Mathématiques et TIC en bac pro :

Des compétences exigibles dans l'utilisation des TIC :

Les capacités mathématiques du programme de baccalauréat professionnel font référence aux TIC à de multiples reprises ; leur utilisation peut être conseillée ou imposée suivant les cas. Exemples :

- Géométrie en seconde professionnelle : *Représenter avec ou sans TIC un solide usuel.*
- Statistique en première professionnelle : *Interpréter des indicateurs de tendance centrale et de dispersion, calculés à l'aide des TIC, pour différentes séries statistiques quantitatives.*
L'usage des TIC est nécessaire pour le calcul des indicateurs et les réalisations graphiques.

Les élèves sont donc amenés à acquérir un certain nombre de capacités liées à l'utilisation des TIC pour générer des termes d'une suite numérique, réaliser des figures géométriques, calculer des paramètres statistiques etc. La calculatrice ou le logiciel informatique (tableur, grapheur, lgd ...) prennent ainsi le rôle d'objets d'étude. Même si cet usage des TIC n'est jamais une fin en soi : toute étape de réalisation prenant appui sur le numérique est nécessairement suivie pendant la séance de cours, d'une exploitation ou d'une interprétation mathématiques, ce sont bien les fonctionnalités des logiciels informatiques qui sont utilisées lors de la réalisation de ces tâches ; cela nécessite, par conséquent, une étude des dits logiciels en tant que tel, en tant qu'objet d'étude à part entière.

Lors de l'évaluation certificative, cadrée par la *grille nationale*, ce type d'usage des TIC entrera dans les capacités d'exécution de la compétence *RÉALISER*.

Mathématiques en bac pro : une science expérimentale

Le préambule du texte définissant les programmes de mathématiques et sciences physiques et chimiques des classes préparant au baccalauréat professionnel indique que : « *la classe de mathématiques et de sciences physiques est avant tout un lieu d'analyse, de recherche, de découverte, d'exploitation et de synthèse des résultats* ».

Pour faire vivre cette approche des apprentissages, il y est recommandé de s'appuyer sur une *démarche d'investigation* sans qu'un cadre strict (canevas) ne soit imposé pour la mise en œuvre de cette démarche. Parallèlement aux textes du programme, la *grille nationale d'évaluation* préalablement évoquée, donne, elle aussi, des indications sur ce que pourrait être ce *lieu d'analyse, de recherche, de découverte, d'exploitation et de synthèse des résultats*. Parmi les capacités à évaluer dans la grille actuelle (datant de 2013) on retrouve :

- Dans la compétence d'appropriation : *rechercher, extraire et organiser l'information.*
- Dans la compétence d'analyse et de raisonnement : *émettre une conjecture. Proposer une méthode de résolution.*
- Dans la compétence de réalisation : *choisir, exécuter une méthode de résolution. Expérimenter, simuler.*
- Dans la compétence de validation : *contrôler la vraisemblance d'une conjecture. Critiquer un résultat, argumenter.*
- Dans la compétence de communication : *rendre compte d'une démarche, d'un résultat, à l'oral ou à l'écrit.*

En partant de ces deux textes (le programme et la grille) on peut proposer un schéma type, comprenant un certain nombre d'étapes que l'enseignant aura généralement à suivre pour construire et mener à bien une séance d'investigation avec sa classe.

1. *La situation* : elle est choisie par l'enseignant. Elle doit obligatoirement se référer à un contexte extra mathématique en lien avec « la vie courante », la spécialité professionnelle des élèves ou l'une des 23 thématiques proposées dans le programme. Son support peut être varié (document(s), vidéo, audio, texte vidéo-projeté, ...). Elle comprend généralement toutes les données nécessaires à la réalisation du travail prévu par l'enseignant dans la séance.
2. *La problématique* : elle est issue de la situation et va généralement être présentée en même temps (sur le même support) ou immédiatement après la situation.
3. *Les conjectures* : elles doivent être formulées par les élèves, individuellement, en groupe de travail ou en classe entière, sous forme de listes.

4. *L'expérimentation* : elle permet de modifier ou d'affiner les conjectures et d'amorcer la phase de résolution.
5. *Le débat argumenté* : il a lieu entre les élèves ou les groupes d'élèves, sous la conduite de l'enseignant.
6. *La validation* : elle peut aussi se faire à travers une expérimentation. Pour l'enseignant, il va être important de choisir un problème qui amène les élèves à émettre des conjectures que l'on puisse éclairer et/ou valider à l'aide de l'outil informatique lors de phases expérimentales.
7. *La structuration* : elle conclue la démarche d'investigation, permet de produire une synthèse et prépare un réinvestissement des apprentissages effectués, lors d'une autre séance.

Dans cette description, c'est dans les procédures de résolution mises en œuvre par élèves, que va se situer *l'ouverture* de la situation problème. On pourrait bien entendu tout à fait imaginer une situation ouverte par les données, avec au départ des éléments manquant mais nécessaire à la résolution. Les élèves pourraient aussi se trouver face à une situation dont ils devraient extraire et construire une problématique. Toujours est-il que quel que soit le choix de l'enseignant, la *démarche d'investigation* devra obligatoirement comporter une phase d'expérimentation.

Pour les mathématiques, les quatre capacités : *émettre une conjecture, expérimenter, simuler et contrôler la vraisemblance d'une conjecture*, sont définies, dans cette grille comme étant des *capacités expérimentales* et leur évaluation doit nécessairement se faire au travers de tâches utilisant les TIC. Il n'est pas demandé de savoir utiliser l'outil numérique pour produire des résultats (calculs, graphiques, figures...), mais pour mettre en œuvre des capacités expérimentales. Ici, « l'outil TIC » peut être fourni « clé en main » ; il devient un outil pour l'enseignement d'un autre objet : la capacité expérimentale visée.

Les TIC : objets d'étude – Les TIC outils pour l'étude

Les TIC ont donc un double statut dans l'enseignement des mathématiques en baccalauréat professionnel : celui d'objet et celui d'outil. Dans les deux cas leur utilisation n'est jamais une finalité en soit. Les capacités TIC présentes dans le programme sont toujours là pour libérer les élèves de tâches longues et assez techniques (tracer de la représentation graphique d'une fonction, calcul de l'écart type d'une série statistique avec des opérations élémentaires de la calculatrice, réalisation d'un diagramme circulaire, dessin d'un solide complexe en perspective et sous différentes vues...) afin davantage axer l'activité de la classe sur l'analyse et l'interprétation des réalisations ainsi créés. Même lorsque les TIC ont le rôle d'objet d'étude, c'est pour être immédiatement utilisés comme outil pour l'étude d'autres objets.

Pour l'enseignant de mathématiques, il sera nécessaire de clairement distinguer dans lequel de ces deux cadres il se trouve lorsqu'il utilise l'outil informatique. En effet, les exigences concernant la maîtrise des logiciels ne sont pas les mêmes quand il s'agit d'

exécuter et lorsqu'il faut *expérimenter* ; de plus, pendant les épreuves certificatives, des points affectés à l'évaluation des capacités expérimentales doivent être attribués pour la réalisation de tâches nécessitant l'usage des TIC, mais des questions dont les réponses entraîneraient l'utilisation des TIC pour produire des résultats non expérimentaux, ne peuvent en aucun cas être comptabilisées dans cette partie spécifique du barème de l'épreuve.

Cette distinction entre ces deux fonctions de l'outil numérique et son utilisation dans une approche expérimentale de la résolution de problème mathématiques, amène à s'interroger sur ce qui crée le lien entre TIC et expérimentation : la simulation informatique.

Place et valeur de la simulation informatique.

Les programmes de baccalauréat professionnel, ainsi que leurs documents d'accompagnement encouragent le recours à la simulation dans le cadre d'une pédagogie active, et les capacités de l'élève « à *expérimenter, simuler* » sont évaluées à l'examen.

Les recommandations institutionnelles incitent à positionner la simulation après l'expérience : par exemple en ce qui concerne le chapitre sur la fluctuation d'une fréquence, on trouve la préconisation suivante : « *Après une expérimentation physique pour une taille fixée des échantillons, la simulation à l'aide du générateur de nombres aléatoires d'une calculatrice ou d'un tableur permet d'augmenter la taille des échantillons et d'observer des résultats associés à la réalisation d'un très grand nombre d'expériences* ». Il s'agit donc d'un outil utilisé pour venir appuyer, prolonger, ou valider l'expérimentation sur objets.

Allant plus loin, Jacques Hebenstreit dit de la simulation qu'elle « *permet de se situer à un niveau d'abstraction intermédiaire entre le réel et le modèle abstrait* ». Elle peut ainsi constituer, comme le précisent Daniel Beaufile et Bernard Richoux, un plan intermédiaire entre le monde des objets et le monde des théories et des modèles, et aider les élèves à passer de l'un à l'autre.

Mais ceci suppose que la question du choix du modèle ne soit pas éludée.

Lorsque l'on effectue une expérimentation sur objets¹, on obtient des résultats qui nous permettent d'envisager un modèle, et c'est une simulation de ce modèle qui est ensuite programmée. Si les résultats de la simulation sont en contradiction avec ceux de l'expérience physique, c'est que le modèle choisi n'était pas le bon. Il est certes peu probable que nos élèves se trouvent confrontés à un tel cas, mais c'est justement pour cette raison qu'il semble essentiel de bien préciser que la simulation ne reproduit pas la réalité, mais qu'elle repose sur le fait que l'expérimentateur a fait le choix d'un modèle.

Un autre moyen d'empêcher cette confusion réalité – modèle peut évidemment être de demander à l'élève de construire l'outil de simulation. Le fait que le simulateur ne soit plus une boîte noire, mais un outil produit par l'apprenant lui-même, souvent après un

¹ Le choix de l'expérimentation sur objets est lui-même déjà un choix de modèle pour reproduire le phénomène que l'on cherche à étudier.

tâtonnement, l'implique davantage dans l'activité de modélisation et peut ainsi constituer un levier de compréhension.

Quelle place pour les logiciels professionnels ?

Beaucoup de spécialités professionnelles utilisent l'ordinateur. La maîtrise de certains logiciels professionnels y est un enjeu d'étude à part entière. À partir de ce constat, on peut être tenté d'utiliser ces logiciels en cours de mathématiques (Excel, auto CAD, SolidWorks ...). Cela a le double intérêt de donner davantage de cohérence à la formation des élèves et de profiter d'une certaine dextérité qu'ils auraient acquise sur ces outils. Cette approche pédagogique est donc intéressante et souvent payante (en terme de résultats et de motivation) mais il est important de ne jamais oublier que les finalités ne sont pas les mêmes dans le cours de mathématiques et en enseignement de spécialité. Il faut également tenir compte du fait que certaines difficultés rencontrées par les élèves face à ces logiciels professionnels, peuvent être liées à un manque de base dans divers domaines (particulièrement en géométrie). Le lien entre mathématiques et logiciel professionnel peut, dans ce cas-là, être abordé *dans l'autre sens* : certaines fonctionnalités des « logiciels maths » (qui peuvent paraître peu professionnelles voire même obsolètes) s'avèrent, en effet, être très didactiques et permettent aux élèves d'acquérir les notions qui leur manquent pour réussir pleinement l'apprentissage de l'utilisation de leur « logiciel pro ».

On peut même observer le cas où, après avoir assimilé les fonctionnalités d'un logiciel de mathématiques, un élève peut faire preuve d'une maîtrise suffisante pour l'utiliser dans un contexte professionnel : un élève de baccalauréat professionnel *métiers de la pierre*, dont la section était engagée dans un [projet Comenius](#), réalise lors d'une rencontre avec différents partenaires, la représentation d'un [cryptoportique](#) avec [impostes](#) en utilisant... GeoGebra !

Conclusion.

Il y a une spécificité de l'utilisation des TIC en mathématiques, comme dans chaque discipline. Dans les classes préparant au baccalauréat professionnel, s'ajoute à cette spécificité, une double fonction des usages numériques : l'automatisation de la réalisation de certaines tâches mathématiques d'un côté et l'usage de simulations informatiques pour mener à bien des expérimentations de l'autre.

Cette approche expérimentale des mathématiques, permet de définir l'activité mathématiques de la classe de baccalauréat professionnel autour d'un trinôme Modélisation / Simulation / Validation, qui viendrait remplacer une pratique de la démonstration dont l'occurrence elle-même n'apparaît pas dans les textes des programmes.

Au-delà de la classe de mathématiques, les TIC peuvent également s'avérer être un formidable vecteur de promotion de l'inter et de la transdisciplinarité; le « détournement » de logiciels spécifiques (les logiciels professionnels mais aussi les logiciels d'ExAO en sciences physiques qui permettent d'étudier la notion de fonction à partir de relevés de mesures faites par les élèves en cours de sciences) permet de créer du lien et de la cohérence entre les différents enseignements.

Bien qu'il soit déjà potentiellement très riche, l'usage des TIC au lycée professionnel sera sans aucun doute encore amené à évoluer. L'activité de programmation qui pourrait, entre autres choses, aider les élèves à mieux appréhender le rôle de la simulation informatique, reste absente des programmes actuels. L'automatisation de certaines procédures ne concerne elle, pour l'instant, que les calculs numériques et les représentations graphiques ; là encore, on peut espérer la voir étendue, dans un proche avenir, au calcul formel, profitant ainsi de l'essor des outils numérique dans ce domaine.

Références :

Programmes de mathématiques et de sciences physiques et chimiques des classes préparant au baccalauréat professionnel.

http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_2/25/3/mathematiques_sciences_physiques_chimiques_44253.pdf

Grille nationale d'évaluation. Maths-Sciences

https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/jcms/c_293244/fr/grille-d-evaluation-par-competences

Situations favorables à l'utilisation des TIC pour l'apprentissage des concepts ou la résolution de problèmes

http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Mathematiques/91/6/Ress_prog-TIC_bacpro_237916.pdf

Université d'été du groupe mathématique de l'IGEN

<http://eduscol.education.fr/cid56866/retour-sur-les-universites-d-ete-de-mathematiques.html>

Anouk Barberousse

« Simulations numériques : question épistémologiques »

http://maths.ac-creteil.fr/IMG/pdf/conference_3_anouk_barberousse.pdf

François Moussavou – Jean-Luc Pernette :

« Mathématiques et ExAO. »

http://maths.ac-creteil.fr/IMG/pdf/mathematiques_exao_sourdun_2012.pdf

Matthieu Brabant.

MathémaTICE n°42 -43 et 44 (novembre 2014 – mars 2015)

« TICE et maths-sciences-physiques en lycée professionnel. »

<http://revue.sesamath.net/spip.php?article663>

<http://revue.sesamath.net/spip.php?article687>

<http://revue.sesamath.net/spip.php?article707>

Didier Roussel – Jérôme Poussou – François Moussavou.

MathémaTICE n° 1 (septembre 2006).

« Les calculatrices formelles en classes de baccalauréat professionnel »

<http://revue.sesamath.net/spip.php?article27>

François Kuhn – François Moussavou – Pierre Pariaud – Valérie Théric – Jean-Marc Vidal.

Site disciplinaire MSPC de l'académie d'Aix-Marseille. Septembre 2014.

Repères pour la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en lycée professionnel.

[http://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2014-](http://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2014-09/reperes_pour_la_mise_en_oeuvre_dun_demarche_dinvestigation_en_lp_v_sept_2014.pdf)

[09/reperes_pour_la_mise_en_oeuvre_dun_demarche_dinvestigation_en_lp_v_sept_2014.pdf](http://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2014-09/reperes_pour_la_mise_en_oeuvre_dun_demarche_dinvestigation_en_lp_v_sept_2014.pdf)

Zacharoula, S. et Weil-Barais, A. (2004).

« Intégration de l'outil informatique dans l'enseignement des sciences physiques »

<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0405c.htm>.

Henry Michel.

MathémaTICE n°26 (septembre 2011)

« *Simulation d'expériences aléatoires en classe, un enjeu didactique pour comprendre la notion de modèle probabiliste, un outil de résolution de problèmes* »

<http://revue.sesamath.net/spip.php?article353>

Beaufils Daniel, Richoux Bernard.

Didaskalia n°23 (2003)

« *Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique* »

Oriol Jean-Claude — Régnier Jean-Claude.

Journées de statistiques 2003

« *Fonctionnement didactique de la simulation en statistique. Exemple de l'enseignement du concept d'intervalle de confiance* »

Hebenstreit Jacques

« *Une rencontre du troisième type : simulation et pédagogie* »

1992