

Le Programme d'Approfondissement de Mathématiques Appliquées

3^{ème} année de l'École Polytechnique – Master 1
Promotion X2023 – année 2025-2026

Responsables du PA de MAP :
Eduardo Abi-Jaber Karim Lounici Flore Nabet

Avril 2025

Les responsables du PA



Eduardo Abi Jaber



Karim Lounici



Flore Nabet



Nathalie Rodrigues
(coordinatrice des enseignements)

Adresse unique :
pa-map@polytechnique.fr

Après la présentation

Ces transparents et d'autres informations relatives au PA sont disponibles sur la page de la 3A **de cette année** :

<https://moodle.polytechnique.fr/enrol/index.php?id=20702>



Structure du PA MAP

Le choix des cours au sein du PA MAP est libre : pas de parcours prédéfini.

⇒ Possibilité de composer son propre parcours, à la carte :

- maths de l'optimisation et de la décision ;
- maths pour la finance ;
- maths pour la mécanique et la physique ;
- maths pour les sciences des données et l'intelligence artificielle ;
- maths pour les sciences du vivant ;
- (maths pour elle-mêmes) ;
- etc.

Attention à ne pas trop vous spécialiser sur une thématique : donnez une coloration à votre parcours mais restez curieux et visez large.

Nouveau : PA MAP-INFO pour l'intelligence artificielle

Les règles à respecter pour s'inscrire au PA MAP

Les règles à respecter dans vos choix :

- En **Période 1**, puis en **Période 2** :
 - 3 cours + 1 EA (= Enseignement d'Approfondissement) par période ;
 - la liste des cours autorisés comprend aussi des cours d'autres départements (voir tableau dans le slide suivant) ;
 - 1 panachage autorisé en dehors de cette liste, dans la limite d'un cours par période (pas de panachage d'EA) ;
 - 4ème cours supplémentaire possible, mais pas d'EA supplémentaire (1 seul EA par période).

Les règles à respecter pour s'inscrire au PA MAP

Les règles à respecter dans vos choix :

- En **Période 1**, puis en **Période 2** :
 - 3 cours + 1 EA (= Enseignement d'Approfondissement) par période ;
 - la liste des cours autorisés comprend aussi des cours d'autres départements (voir tableau dans le slide suivant) ;
 - 1 panachage autorisé en dehors de cette liste, dans la limite d'un cours par période (pas de panachage d'EA) ;
 - 4ème cours supplémentaire possible, mais pas d'EA supplémentaire (1 seul EA par période).
- Sur l'année, au moins 1 EA parmi :
 - EA projet : APM_51111 (P1), APM_52112 (P2), APM_50113 (P1+P2)
 - EA "orienté recherche" : APM_51175, APM_51177 (nouvel EA), APM_51178, APM_52188, APM_52116 (ancien APM_51176)
MAIS pas de cumul APM_51178 et APM_52188
(voir la liste des EA dans les slides suivants)

Les règles à respecter pour s'inscrire au PA MAP

Les règles à respecter dans vos choix :

- En **Période 1**, puis en **Période 2** :
 - 3 cours + 1 EA (= Enseignement d'Approfondissement) par période ;
 - la liste des cours autorisés comprend aussi des cours d'autres départements (voir tableau dans le slide suivant) ;
 - 1 panachage autorisé en dehors de cette liste, dans la limite d'un cours par période (pas de panachage d'EA) ;
 - 4ème cours supplémentaire possible, mais pas d'EA supplémentaire (1 seul EA par période).
- Sur l'année, au moins 1 EA parmi :
 - EA projet : APM_51111 (P1), APM_52112 (P2), APM_50113 (P1+P2)
 - EA "orienté recherche" : APM_51175, APM_51177 (nouvel EA), APM_51178, APM_52188, APM_52116 (ancien APM_51176)
MAIS pas de cumul APM_51178 et APM_52188
(voir la liste des EA dans les slides suivants)
- **Période 3** : Stage de recherche **obligatoirement en MAP**

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Puis-je choisir un cours supplémentaire ?

R : Oui, un 4ème cours supplémentaire par période est autorisé.

Attention à la charge de travail additionnelle que cela constitue, dans une 3A qui est déjà bien chargée (recherche de stage 3A, candidature pour les 4A, etc.).

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Puis-je choisir un cours supplémentaire ?

R : Oui, un 4ème cours supplémentaire par période est autorisé.

Attention à la charge de travail additionnelle que cela constitue, dans une 3A qui est déjà bien chargée (recherche de stage 3A, candidature pour les 4A, etc.).

- Q : Puis-je choisir un EA supplémentaire ?

R : Non, un seul EA par période est autorisé.

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Puis-je choisir un cours supplémentaire ?
R : Oui, un 4ème cours supplémentaire par période est autorisé.
Attention à la charge de travail additionnelle que cela constitue, dans une 3A qui est déjà bien chargée (recherche de stage 3A, candidature pour les 4A, etc.).
- Q : Puis-je choisir un EA supplémentaire ?
R : Non, un seul EA par période est autorisé.
- Q : Puis-je remplacer un cours par un EA, et m'inscrire donc à 2 cours + 2 EAs sur une période ?
R : Non, un seul EA par période est autorisé.

Le PA MAP en détail (à ne pas lire maintenant, à consulter plus tard !)

Ce sont les choix de cours et EA possibles pour votre inscription !

Périodes	Contenu
P1 & P2	Au moins un EA parmi APM_51111 (P1), APM_52112 (P2), APM_50113 (P1+P2), APM_51175, APM_51177 , APM_51178, APM_52188, APM_52116 Interdiction de suivre à la fois APM_51178 et APM_52188
P1	<ul style="list-style-type: none">• 3 cours au choix dont au moins 2 parmi CSC_51050, APM_51050, APM_51051, APM_51052, MDC_51006, APM_51055, APM_51056, APM_51057, APM_51058, APM_51069, FMA_51054, MEC_51051 ou MEC_51052. <p>Pour le 3ème cours : panachage autorisé en dehors de cette liste.</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 EA parmi APM_51111, APM_50113 (P1+P2), APM_51175, APM_51177, APM_51178 (mais pas APM_52188), APM_50179 .
P2	<ul style="list-style-type: none">• 3 cours au choix dont au moins 2 parmi CSC_52080, APM_52009, APM_52061, APM_52062, APM_52063, APM_52065, APM_52066, MDC_52067, APM_52067, APM_52068, APM_52070, APM_52071, PHY_52060, MEC_52068. <p>Pour le 3ème cours : panachage autorisé en dehors de cette liste.</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 EA parmi APM_52112, APM_50113 (P1+P2), APM_52116, APM_52183, APM_52188 (mais pas APM_51178), BIO_52101 .
P3	1 stage de recherche parmi APM_52092, APM_52093, APM_52094, APM_52095

Liste des cours proposés par le Département MAP en P1

En orange les cours à numerus clausus (NC)

- APM_51050 : Théorie des jeux (Charles Bertucci)
- APM_51051 : Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles (Marc Massot)
- APM_51052 : Modèles stochastiques en finance (Huyen Pham)
- MDC_51006 remplace APM_51053 & CSC_51054 : Foundations of Machine Learning (Erwan Le Pennec & Jesse Read, MAP-DIX).
- APM_51055 : Signal processing : from Fourier to Machine Learning (Rémi Flamary). NC=40.
- APM_51056 : Statistiques Bayésiennes et méthodes de Monte Carlo (Alain Durmus)
- APM_51057 : Recherche opérationnelle : aspects mathématiques et applications (Stéphane Gaubert)
- APM_51058 (ancien APM_52164) : Réseaux sociaux et de communication : modèles et algorithmes probabilistes (Laurent Massoulié). NC=56.
- APM_51169 (ancien APM_52169) : Apprentissage Statistique Avancé (Karim Lounici). NC=75.

Liste des cours proposés par le Département MAP en P2

- **APM_52009** : Machine Learning for Scientific Computing and Numerical Analysis (Hadrien Montanelli)
- **APM_52061** : Mathematical modelling of quantum computers (Mazyar Mirrahimi)
- **APM_52062** : Optimal design of structures (Grégoire Allaire). NC=24.
- **APM_52063** : Modèles aléatoires en biologie, écologie et évolution (Vincent Bansaye). NC=75.
- **APM_52065** : Modélisation aléatoire et statistique des processus (Mathieu Rosenbaum)
- **APM_52066** : Statistics in action (Zacharie Naulet). NC=72.
- **MDC_52067** : Transport et diffusion (François Golse, Teddy Pichard). NC=30.
- **APM_52068** : Gestion des incertitudes et analyse de risque (Josselin Garnier). NC=75.

Également accès à des cours d'autres départements dans le cadre du PA MAP
(cf. tableau récapitulatif)

Liste des cours proposés par le Département MAP en P2

Également trois **créations** :

- [APM_52067](#) : Optimization for Artificial Intelligence (Luiz Chamon & Aymeric Dieuleveut)
- [APM_52070](#) : Mathematical Foundations of Decision Theory in AI (Luiz Chamon & Alain Durmus)
- [APM_52071](#) : Contrôle optimal et assimilation de données : de la théorie aux applications (Philippe Moireau & Hasnaa Zidani), NC = 20

Les Enseignements d'Approfondissement (EA) en P1

Créneau dédié : le mardi après-midi

- **APM_51175** : Advanced Probability Topics (Igor Kortchemski). NC=20
- **APM_51177** : **Modélisation, estimation, simulation des risques climatiques** (Emmanuel Gobet (coord.), Michael Allouche, Stéphane Girard, Gauthier Vermandel). NC=20.
- **APM_51178** : Advanced topics in Machine Learning – Collaborative Learning (Aymeric Dieuleveut & El Mhamdi El Mhadi). NC=30
- **APM_50179** : Algorithmes et principes de conception de logiciels pour les mathématiques appliquées en C++ moderne (Loïc Gouarin). NC=24
- **APM_51111** : EA initiation recherche (**P1**)
- **APM_50113** : EA initiation recherche long (**P1 et P2**)

Les Enseignements d'Approfondissement (EA) en P2

Créneau dédié : le mardi après-midi

- **APM_52183** : Apprentissage profond : de la théorie à la pratique (Kevin Scaman). NC=100
- **APM_52188** : Emerging topics in Machine Learning : Computational Optimal Transport for ML and Fairness (Rémi Flamary & Solenne Gaucher). NC=30
- **APM_52116** (ancien **APM_51176**) : Méthodes spectrales pour la détection de communautés et apprentissage statistique (Matthieu Lerasle & Laurent Massoulié). NC=30
- **APM_52112** : EA initiation recherche (**P2**)
- **APM_50113** : EA initiation recherche long (**P1 et P2**)

EA d'initiation à la recherche : APM_51111, APM_52112, APM_50113

- Sur la période 1 (APM_51111), sur la période 2 (APM_52112), ou sur les périodes 1 et 2 (APM_50113).
- L'EA s'effectue en **binôme**.
Travail d'initiation à la recherche encadré par un enseignant-chercheur ou un chercheur industriel.
- **SPÉCIFICITÉ DE CES EAs** : chaque binôme devra choisir **entre mai et juin** (après la clôture des inscriptions au PA) une thématique pour son projet à partir d'un catalogue, via **la page Moodle** de l'EA.
- **Contact responsables** : ea-recherche@cmap.polytechnique.fr

Pré-requis

Certains cours demandent des pré-requis pour l'inscription :

- Pour APM_51052 : APM_42032
- Pour APM_51056 : APM_42032 ou APM_41033
- Pour APM_52065 : APM_41033
- Pour MDC_52067 : au moins un cours parmi APM_41012, APM_42031, FMA_41031 ou FMA_42032
- Pour APM_51069 : APM_42032 ou APM_41033
- Pour APM_52067 : au moins un cours parmi APM_51053, APM_51056, APM_51069
- Pour APM_52070 : au moins un cours parmi APM_51053, APM_51056, APM_51069
- FMA_51177 : avoir validé en 2A un cours de probabilités ou statistiques.

D'autres ont des conseils :

- Pour APM_52116 : APM_41033 conseillé
- Pour APM_52062 : APM_42031 fortement conseillé
- Pour APM_52063 : APM_42032 ou APM_51052 conseillé
- Pour APM_51058 : APM_42032 conseillé
- Pour APM_52071 : APM_42031 ou APM_43035 conseillé

Nouveau PA MAP-INFO en Intelligence Artificielle

Objectifs :

- Combine les expertises des départements de Mathématiques Appliquées (MAP) et d'Informatique (DIX) pour répondre aux avancées rapides de l'IA.
- Fournir aux étudiants une compréhension approfondie des fondations mathématiques de l'intelligence artificielle, ainsi que des compétences avancées en matière d'implémentation pratique.
- Fournir les connaissances nécessaires pour les stages de troisième année et la spécialisation en quatrième année en IA.

Nouveau PA joint MAP-INFO en Intelligence Artificielle

Organisation : 4 cours par période (possibilité d '1 panachage par période)

- **Période 1 (P1) : Blocs Fondamentaux**

- **Bloc 1 : Mathématiques de l'IA**

- Probabilités pour les Méthodes de Monte Carlo et l'IA générative
- Apprentissage Statistique avancé

- **Bloc 2 : Bases Méthodologiques de l'IA**

- Machine Learning
- Deep Learning (offert en P1 et P2)

- **Bloc 3 : Informatique pour l'IA**

- Systèmes de Gestion de Bases de Données
- Un cours du Bloc 2

- **Cours Optionnels** 2 cours à choisir dans les autres blocs et dans la liste ci-après

- **Période 2 (P2) : Large choix de cours en IA**

- Les étudiants choisissent 4 cours parmi des sujets avancés en IA.
(Liste ci-après)

- **Période 3 (P3) : Stage**

Cours Électifs et Projets

- **Cours Électifs P1 :**
 - Traitement du Signal : de Fourier au Machine Learning
 - Collaborative et Responsable IA
 - Analyse Topologique des Données
 - Visualisation des Données
- **Cours Électifs P2 :**
 - Quantification des Incertitudes
 - Introduction aux Séries Temporelles
 - Apprentissage par Renforcement et en Ligne
 - Apprentissage Profond Avancé : théorie et pratique
 - Transport Optimal pour le Machine Learning & Fairness
 - Optimisation pour l'Intelligence Artificielle
 - Big Data et Cloud Computing
 - IA Générative Multimodale
 - Traitement du Langage Naturel
 - Apprentissage de Représentations de Graphes
 - Apprentissage par Renforcement et Agents Autonomes
- **Projet de Recherche :** Il est possible de remplacer 1 cours électif par période par un projet de recherche (P1 + P2) : **APM_50113.**

Le stage de recherche (APM_5209x)

Mise en œuvre en situation professionnelle des notions acquises dans le PA.

- **Initiation à la recherche** (académique ou industrielle)
- Obligatoirement dans une option MAP
- **Contenu mathématique indispensable**
- Début du stage fin mars
- Durée de seize semaines minimum
(voir présentation des stages 3A par le SOIE à la rentrée en septembre)

Le stage de recherche (APM_5299x)

Les stages sont classés en “options” :

- APM_52992 : Modélisation et calcul scientifique
- APM_52993 : Automatique et recherche opérationnelle
- APM_52994 : Modélisation probabiliste et statistique
- APM_52995 : Mathématiques financières

Chaque option a des enseignants responsables (voir pages Moodle APM_5299x), que vous devrez contacter le moment venu pour la validation de votre stage.

Contact responsables : map59x@meslistes.polytechnique.fr
avec $x = 2, 3, 4, 5$.

Le stage de recherche (APM_5299x)

Les stages sont classés en “options” :

- APM_52992 : Modélisation et calcul scientifique
- APM_52993 : Automatique et recherche opérationnelle
- APM_52994 : Modélisation probabiliste et statistique
- APM_52995 : Mathématiques financières

Chaque option a des enseignants responsables (voir pages Moodle APM_5299x), que vous devrez contacter le moment venu pour la validation de votre stage.

Contact responsables : map59x@meslistes.polytechnique.fr
avec $x = 2, 3, 4, 5$.

Le choix de l’option de stage n’est pas contraignant, vous aurez la possibilité de changer d’option au cours de l’année si besoin. En attendant, choisissez l’option qui vous semble la plus cohérente avec votre choix de cours.

Et après le PA ... la 4A

Les voies disponibles :

- Master 2, MSc, MScT, PhD track
- Corps
- Écoles d'application

Préparation des candidatures :

- Filières souvent très sélectives, soigner son dossier
- Lettres de recommandation **indispensables** : encadrants d'EA, enseignants de PC, ...
- 1^{ères} deadlines **en décembre**

Master 2 de l'IP Paris

- Analyse, Modélisation, Simulation
- Data Science
- Mathématiques de l'Aléatoire
- Mathématiques pour les Sciences du Vivant
- Mathématiques, Vision, Apprentissage
- Modélisation Mathématique
- Optimisation
- Probabilité et Finance
- Statistiques, Finance et Science Actuarielle

La thèse

- La thèse est le diplôme le **plus reconnu** au niveau international!
- Dans quelle université? \rightsquigarrow Ce sont surtout le sujet et l'encadrement qui comptent.
- Débouchés en entreprise ou dans le monde académique.

Campagne d'inscription 3A

Certains cours et EA ont un numerus clausus.

La procédure d'inscription appliquée par l'École pour la 3A est "premier arrivé, premier servi".
(tous PA confondus)

Campagne d'inscription 3A

Certains cours et EA ont un numerus clausus.

La procédure d'inscription appliquée par l'École pour la 3A est "premier arrivé, premier servi".
(tous PA confondus)

⇒ Soyez prêt·e·s à l'ouverture des inscriptions dans Synapses, rentrez vos choix dès que possible.

Campagne d'inscription 3A

Certains cours et EA ont un numerus clausus.

La procédure d'inscription appliquée par l'École pour la 3A est "premier arrivé, premier servi".
(tous PA confondus)

⇒ Soyez prêt·e·s à l'ouverture des inscriptions dans Synapses, rentrez vos choix dès que possible.

⇒ Lisez attentivement les règles d'inscription présentées dans les slides précédents (3 cours + 1 EA par période, au moins un EA dans une certaine liste, etc.) et rentrez des choix qui respectent ces règles : votre inscription sera automatiquement validée, sans retard ou besoin de corrections.

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Je n'arrive pas à finaliser mon inscription dans Synapses, j'obtiens un message d'erreur mais je ne comprends pas pourquoi, puis je demander aux responsable du PA d'intervenir ?

R : Nous ne pouvons pas agir directement sur votre inscription (modifier vos choix, vous inscrire à un cours,...), mais uniquement valider les choix que vous aurez rentrés. Pour un tel problème, il faudra s'adresser au support Synapses.

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Je n'arrive pas à finaliser mon inscription dans Synapses, j'obtiens un message d'erreur mais je ne comprends pas pourquoi, puis je demander aux responsable du PA d'intervenir ?

R : Nous ne pouvons pas agir directement sur votre inscription (modifier vos choix, vous inscrire à un cours,...), mais uniquement valider les choix que vous aurez rentrés. Pour un tel problème, il faudra s'adresser au support Synapses.

- Q : Un cours ou EA auquel j'aurais souhaité m'inscrire est plein, comment savoir si des places vont se libérer ?

R : Dans les cours et EA à numerus clausus, on nous demande de garder un quota de places pour les étudiants d'autres formations, dont les inscriptions se font plus tard que celles du cycle ingénieur. Nous n'aurons une information consolidée sur les places effectivement disponibles que peu avant le début du cours.

FAQ campagne d'inscription 3A

- Q : Un cours ou EA auquel j'aurais souhaité m'inscrire est plein, puis-je m'inscrire en liste d'attente ?

R : Oui, **uniquement en remplissant ce formulaire :**

<https://forms.gle/zT99VgQqvwdDUHA39>



Attention : la saisie de ce formulaire **ne remplace pas** votre inscription en 3A via Synapses. Cela ne fait que noter votre nom dans une liste d'attente auto-gérée et complètement indépendante de la campagne 3A et qui sera traitée beaucoup plus tard (à la rentrée 3A). Vous devez **de toute manière** finaliser votre inscription dans Synapses, en choisissant parmi les cours disponibles, et en parallèle remplir ce formulaire si vous le souhaitez.

Enfin, quelques points à garder à l'esprit

- Changements de cours :
 - ▶ possibles à la rentrée uniquement durant les deux premières semaines de cours
 - ▶ pour rejoindre un cours non soumis à numerus clausus, demande par email à pa-map@polytechnique.fr
 - ▶ pour rejoindre un cours soumis à numerus clausus, **uniquement via le formulaire précédent** (<https://forms.gle/zT99VgQqvwdUHA39>)
- Pour les EA d'initiation à la recherche
 - ▶ En P1 (APM_51111 et APM_50113) : pas possible de rejoindre l'EA après le 1er septembre.
 - ▶ En P2 (APM_52112) : pas possible de rejoindre l'EA après le 15 décembre.
 - ▶ Le but de cette contrainte : permettre de trouver un sujet et un encadrant.

- En cas de souci technique (par ex., incompatibilité entre la liste des cours dans cette présentation et celle proposée à l'inscription), ne pas hésiter à transmettre l'information à
`pa-map@polytechnique.fr`

Bonne 3A!