



L'informatique en CPGE

Judicaël Courant ¹

Nous décrivons l'organisation de l'enseignement de l'informatique en classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE). Si l'enseignement d'informatique commun à toutes les filières scientifiques (hors filières à dominante biologique) mis en place en 2013 a constitué un net progrès vers la mise en place d'un véritable enseignement informatique de qualité, on verra que l'informatique garde encore une place très marginale en classes préparatoires. Nous concluons par quelques suggestions pour qu'elle prenne véritablement la place qu'elle mérite.

1. Introduction

Ce texte décrit l'organisation de l'enseignement de l'informatique en CPGE. On peut classer les classes préparatoires dans les quatre catégories suivantes :

- (1) littéraires (classes A/L et B/L),
- (2) préparatoires économiques et commerciales (ECE, ECS, ECT),
- (3) à dominante biologique (BCPST, TB),
- (4) scientifiques, hors BCPST et TB (on trouvera Figure 1 un schéma des différentes filières scientifiques et en annexe A la signification des sigles des différentes filières). Les classes à étoile (MP*, PC*, PSI*, PT*) préparent en pratique aux concours les plus difficiles mais ont les mêmes programmes et

1. Docteur en informatique et agrégé de mathématiques sur poste informatique au lycée la Martinière-Monplaisir de Lyon.

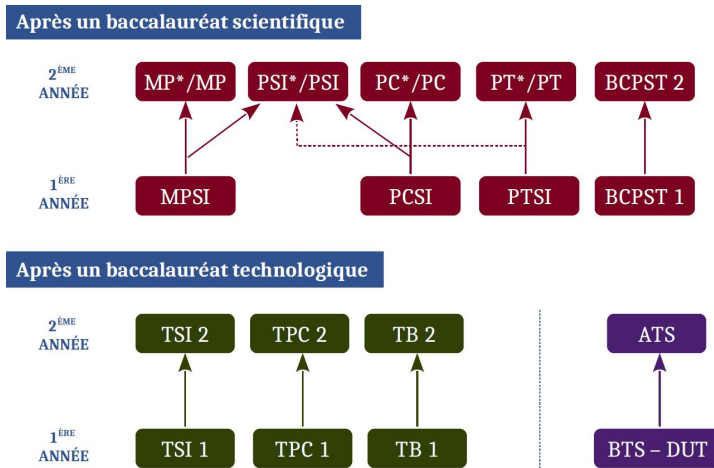


FIGURE 1. Filières scientifiques depuis 1995 [4]

horaires que les classes de même nom sans étoile (MP, PC, PSI, PT). Nous ne les distinguerons donc plus dans le reste de ce texte.

La classe d'ATS dure un an et s'effectue après un BTS ou un DUT. Toutes les autres classes (scientifiques ou non) se déroulent sur deux années, chacune découpée en deux semestres.

À l'intérieur de chacune de ces quatre grandes catégories, l'enseignement de l'informatique est très similaire voire le même.

Nous présenterons rapidement Section 2 la situation dans ces quatre grandes catégories, avant de montrer, Section 3, en quoi le tronc commun des filières scientifiques (hors BCPST et TB) est un net progrès pour l'enseignement de l'informatique en CPGE. Nous montrerons Section 4 que l'informatique en CPGE reste malheureusement encore une discipline avec un statut très marginal, avant de proposer Section 5 quelques pistes pour la faire évoluer.

2. Vue d'ensemble des programmes

2.1. Lettres : pas d'informatique

L'informatique est absente des filières littéraires : aucun des mots « informatique », « algorithme », « programmation » n'apparaît dans les programmes officiels ; dans le programme de mathématiques de la classe B/L, la seule évocation d'un algorithme se trouve dans le programme de mathématiques : il s'agit de la méthode du

pivot de Gauss, qui est appliquée à la recherche d'une forme triangulaire, de l'inverse d'une matrice carrée et des solutions d'un système linéaire.

Il est à noter cependant que les « objectifs de la formation » A/L comportent le développement de « l'aptitude [...] à se servir des instruments et des ressources numériques dans une perspective de construction, d'appropriation et de partage des connaissances », sans que l'on trouve cependant dans le reste du programme de moyen explicite de parvenir à cet objectif.

2.2. Prépas commerciales : informatique dans les maths

L'enseignement de l'informatique est intégré à l'enseignement de mathématiques en classes économiques et commerciales et est réparti sur les quatre semestres des deux années de ces prépas. À travers l'utilisation de Scilab, il s'agit essentiellement de modéliser, simuler et visualiser des problèmes liés à des questions de statistique (simulation de lois aléatoires, méthode de Monte-Carlo). Le savoir-faire algorithmique le plus difficile qui soit exigible paraît être le calcul de l'encadrement du zéro d'une fonction par dichotomie.

2.3. Prépas à dominante bio : un programme spécifique

L'enseignement de l'informatique fait l'objet d'un programme spécifique en classes à dominante biologique [2] : l'objectif affiché est « d'introduire puis de consolider les concepts de base de l'informatique, à savoir l'analyse et la conception [...] des algorithmes et la question de la représentation des données ». Il est réparti sur les quatre semestres. Concrètement :

- cet enseignement utilise le langage Python ;
- une unique structure de données est introduite : le tableau dynamique (tel que Python le propose) ;
- les algorithmes qu'il s'agit de savoir programmer sont très simples : recherche séquentielle et tri par insertion ; la recherche de la médiane est mentionnée mais il faut probablement comprendre qu'il s'agit de la rechercher par essais successifs des différentes valeurs ou par tri préalable des valeurs ;
- des algorithmes plus évolués sont présentés : tri par pivot, algorithme de Dijkstra.

Cet enseignement est pour la majorité dispensé sous la forme de la réalisation d'un projet informatique. Les projets typiques réalisés par des binômes de deuxième année vont de la simulation de la propagation d'un feu de forêt ou d'une épidémie pour les plus simples à des jeux mettant en œuvre des algorithmes évolués comme des parcours en largeur de graphes, *union-find*, minimax ou negamax pour les plus complexes (certains projets utilisant même plusieurs d'entre eux).

On n'attend cependant des étudiants aucune considération de complexité algorithmique.

2.4. Autres filières scientifiques : tronc commun et option

2.4.1. Le tronc commun informatique

Dans toutes les filières scientifiques, hors filières à dominante biologique, l'informatique fait l'objet d'un unique programme commun [3], que nous appellerons « tronc commun » par la suite, à l'exception de la classe ATS, où ce programme est allégé (la formation en ATS ne durant qu'un an).

Ce programme se déroule sur les deux semestres de première année et sur le premier semestre de deuxième année. Il comporte les parties suivantes :

- Présentation du système informatique utilisé et éléments d'architecture des ordinateurs : il s'agit essentiellement d'apprendre à utiliser les principales fonctions d'un système d'exploitation et d'un environnement de développement.
- Représentation des nombres et conséquences : il s'agit d'étudier la représentation des nombres entiers et les principes du calcul en virgule flottante.
- Programmation : il s'agit d'apprendre à écrire des programmes impératifs simples en Python (usage de boucles et de fonctions). La seule structure de données concrète proposée par Python qui soit employée dans le programme est le tableau dynamique. On présente la notion de pile, qu'on implante avec ces tableaux. La récursivité est introduite en seconde année. Le programme mentionne la notion d'invariant de boucle.
- Algorithmique : notion de complexité d'algorithmes (en mémoire et en temps, dans le meilleur et dans le pire des cas). En première année, l'algorithme le plus délicat étudié est la recherche par dichotomie dans un tableau. En seconde année, on étudie le tri par insertion, le tri rapide (par pivot) et le tri par fusion.
- Ingénierie numérique et simulation. Il s'agit d'apprendre à résoudre numériquement des problèmes comme la recherche d'un zéro d'une fonction (par dichotomie et par la méthode de Newton), la résolution approchée d'une EDO² par la méthode d'Euler, ou l'inversion d'une matrice par la méthode du pivot de Gauss.
- Initiation aux bases de données : il s'agit essentiellement de savoir consulter une base de données en utilisant SQL et/ou le langage de l'algèbre relationnelle. Les problématiques de conception d'une base, de contraintes de cohérence ou d'accès concurrents ne sont pas étudiées.

2. Équation différentielle ordinaire.

2.4.2. L'option informatique

Dans la filière MPSI/MP, et dans cette seule filière, est proposée, dans certains établissements seulement, une option informatique en plus du tronc commun informatique. Celle-ci se déroule sur le deuxième semestre de MPSI et les deux semestres de MP. Le programme de cette option comporte les parties suivantes :

- Méthodes de programmation : itération, récursivité, diviser pour régner, programmation dynamique ; le langage utilisé est Caml-Light.
- Structures de données : notions de structures de données abstraites (piles, files, dictionnaires, files de priorité), tableaux, listes, arbres (arbres binaires de recherche, tas binaires, réalisation d'une file de priorité avec un tas stocké dans un tableau).
- Calcul propositionnel (tables de vérité, tautologies, satisfiabilité).
- Graphes : représentation par matrice d'adjacence ou listes d'adjacence, parcours en profondeur et en largeur, recherche des composantes connexes d'un graphe non-orienté, algorithmes de Floyd-Warshall et Dijkstra.
- Langages rationnels et automates : langages rationnels, langages locaux, automates finis déterministes et non déterministes (sans ε -transitions), automates locaux, automate de Glushkov (procédure de Berry-Sethi), détermination, clôture par intersection et complémentaire.

3. Le tronc commun : un net progrès

La dernière réforme des programmes en CPGE s'est appliquée à la rentrée 2013. Nous présentons Section 3.1 le programme de tronc commun informatique qui existait antérieurement et Section 3.2 le programme de tronc commun introduit en 2013. Nous verrons ensuite qu'il a été pris en compte par les différents concours (Section 3.3), que ces heures ont maintenant le statut de véritables heures d'enseignement (Section 3.4) et enfin que cette réforme a permis la création de postes dédiés à l'informatique (Section 3.5). Sur tous ces plans, c'est un progrès notable.

3.1. Le programme de 1995 à 2013

Le programme du tronc commun informatique de 1995 à 2013 [1] disait ceci :

« L'enseignement d'informatique dispensé dans ces classes a pour principaux objectifs d'offrir :

- Une familiarisation avec l'utilisation d'outils informatiques évolués (logiciel de calcul formel et numérique, logiciels d'acquisition et de traitement de données, logiciels de modélisation, logiciels de simulation...) en vue de permettre l'approfondissement des disciplines scientifiques et techniques.

— Une introduction à l’informatique en tant que discipline, par une initiation élémentaire au traitement automatique de l’information, à l’algorithmique et à la programmation structurée (illustrée à l’aide du langage du logiciel de calcul formel retenu).

[...]

Aucune connaissance n’est exigible sur la complexité des programmes et sur les techniques de preuve de programmes. La mise en œuvre de la programmation n’est pas séparée de l’utilisation du logiciel de calcul formel en tant qu’outil et s’effectue à l’occasion des séances d’interrogations orales, appliquées à la résolution de problèmes de mathématiques, de physique, de chimie, de mécanique et automatique.

[...]

L’outil informatique n’est pas une fin en soi mais un moyen efficace pour faire des mathématiques, des sciences physiques ou des sciences industrielles. »

En pratique, cet enseignement reposait typiquement sur l’utilisation de Maple et, dans la plupart des filières, n’était évalué que dans deux concours :

- Le concours Centrale, où une épreuve d’oral de mathématiques s’effectuait sur machine. Il s’agissait alors essentiellement d’utiliser Maple comme une super-calculatrice pour résoudre un problème de mathématiques.
- Le concours X-ENS qui comportait une épreuve écrite de programmation et algorithmique élémentaire. Cette épreuve, corrigée uniquement pour les candidats admissibles, comptait pour l’admission mais non pour l’admissibilité.

Cet enseignement était administrativement considéré comme des heures d’interrogations orales, ce qui avait les conséquences suivantes :

- Il était moins payé que des heures d’enseignement d’une autre discipline.
- Il pouvait être effectué par des personnes n’ayant pas le statut d’enseignant ; il était donc typiquement assuré ou bien par l’enseignant de mathématiques de la classe ou bien par des étudiants en informatique ou en mathématiques.
- Il n’était pas envisageable de créer des postes d’enseignants à temps plein sur cet enseignement, les heures d’interrogations orales n’entrant pas en compte dans le service d’un enseignant.

La filière PT constituait cependant une exception notable car d’une part, l’essentiel des concours y est regroupé dans une unique banque d’épreuve, la Banque Filière PT, et d’autre part, celle-ci comportait une épreuve maths/info comportant un exercice de mathématiques au tableau ainsi qu’un exercice sous Maple.

3.2. En 2013 : un vrai programme d'informatique

Le programme de 2013 évoque des points essentiels pour une formation à l'informatique :

- structures de données,
- invariants de boucles pour montrer la correction des programmes,
- notions de complexité (en temps et en espace),
- algorithmes fondamentaux (recherche par dichotomie, tris).

Il s'agit d'un net progrès par rapport à l'antérieur.

3.3. Une prise en compte par tous les concours

Même si l'on verra qu'il convient de relativiser cette proposition, tous les concours évaluent ce nouvel enseignement. C'est un progrès par rapport à la situation antérieure où peu de concours l'évaluaient vraiment (essentiellement Polytechnique et Centrale-Supélec).

3.4. Statutairement : de vraies heures de cours

Les heures du tronc commun informatique ne sont plus des heures d'interrogations orales mais de véritables heures d'enseignement. C'est une forme importante de reconnaissance de l'informatique comme une véritable discipline par l'institution, puisqu'en particulier, ces heures ne peuvent être dispensées que par des enseignants déjà en poste.

Ce passage d'un statut d'interrogations orales à des heures d'enseignement a eu les conséquences suivantes :

- il n'est plus possible d'embaucher des étudiants,
- le vivier d'enseignants potentiels s'est alors essentiellement restreint aux enseignants de CPGE,
- en raison du nombre d'heures concernées, il a fallu créer des postes spécifiques « fléchés informatique ».

3.5. Des postes spécifiques

En raison du manque d'enseignants pour ce tronc commun informatique, les services de l'Éducation nationale ont été contraints de créer des postes spécifiques.

Les réticences de l'institution en 2013 étaient suffisamment fortes pour interdire toute création d'un corps spécifique. Ces postes sont donc officiellement des postes d'enseignants de mathématiques, de sciences physiques ou de sciences industrielles « fléchés informatique ».

Les enseignants ayant pris de tels postes ont dû assurer leurs inspections qu'ils continueraient à garder le lien avec leur discipline d'origine, par exemple en s'engageant à encadrer des TIPE (Travaux d'initiative personnelle encadrés) et/ou à donner des heures de TD ou TP dans leur discipline d'origine. Ce qui, dans certains cas, n'a

pas été sans difficultés vis-à-vis des enseignants qui se faisaient ainsi « déposséder » d'un TD ou TP.

4. Un enseignement encore trop marginal

Les enseignements en CPGE dépendent :

- des moyens horaires qui leur sont dévolus (volumes horaires, effectifs des groupes),
- des programmes officiels,
- des enseignants qui leur sont affectés,
- de l'organisation des concours.

Si les programmes officiels paraissent relativement satisfaisants *a priori*, nous verrons que sur les trois autres plans, l'informatique reste très marginale en CPGE.

Nous présentons Section 4.1 la question des horaires, Section 4.2 celle de la prise en compte de l'informatique aux concours, Section 4.3 la question de la compétence des enseignants et enfin Section 4.4 celle de la lisibilité de l'enseignement de l'informatique pour les étudiants.

4.1. Les moyens horaires

4.1.1. Un très faible volume horaire pour les étudiants

Comme nous l'avons vu Section 2.1, le volume horaire hebdomadaire d'informatique pour les étudiants des filières littéraires est nul, au sens propre du terme : le nombre d'heures d'enseignement d'informatique dispensé aux étudiants dans ces filières est 0, y compris dans la filière B/L qui comporte par ailleurs un programme de mathématiques évolué. Pour mémoire, le volume d'enseignement hebdomadaire reçu par un étudiant d'une filière littéraire est supérieur à 30 heures.

Dans les filières économiques et commerciales, seule une heure hebdomadaire est consacrée à l'informatique. Cet enseignement est intégré à l'enseignement de mathématiques et est rétribué comme une heure d'interrogation orale (« colle »). Le volume d'enseignement hebdomadaire reçu par un étudiant d'une de ces filières est au moins de 33 heures hebdomadaires.

Le volume horaire hebdomadaire d'informatique pour les étudiants des filières scientifiques a été fixé par un arrêté du 4 avril 2013 [6] modifiant l'arrêté du 10 février 1995 fixant les horaires des classes préparatoires scientifiques [5].

La répartition des horaires est résumée dans l'histogramme de la Figure 2. Les horaires donnés correspondent à des moyennes hebdomadaires en fonction des parcours possibles (indiqués sur la Figure 1), sur les deux années de CPGE (une seule pour la classe ATS). Ces horaires ont été calculés à partir des informations données par l'UPS [19].

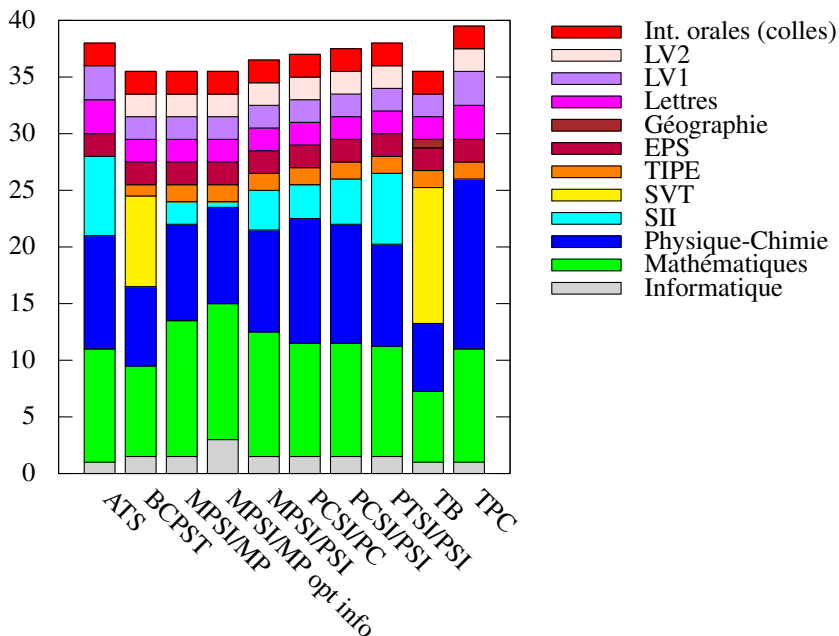


FIGURE 2. Horaires des prépas scientifiques

À une exception près, dans tous ces parcours le volume hebdomadaire moyen de l'informatique sur les deux années de CPGE est inférieur ou égal à une heure et demie. Ce qui représente au plus de l'ordre de 4,5 % du volume d'enseignement dispensé, soit 1/22^e. Dans tous ces parcours, ce volume est inférieur à celui de la 2^e langue vivante (facultative et dotée de deux heures hebdomadaires dans toutes les filières scientifiques).

L'exception est le parcours MPSI/MP avec option informatique. La filière MPSI/MP comporte en effet la possibilité, offerte seulement dans certains établissements, de suivre une option informatique (en plus du tronc commun informatique obligatoire), avec un horaire hebdomadaire de deux heures sur le deuxième semestre de la classe de MPSI et de deux heures sur l'année de MP.

Ainsi, dans la filière MPSI/MP, un étudiant choisissant l'option informatique aura un horaire total d'informatique (tronc commun plus option) de trois heures hebdomadaires, représentant un peu moins de 9 % des 33,5 heures hebdomadaires qu'il

reçoit s'il ne suit pas l'enseignement de LV2 optionnel. Cela reste très faible pour un parcours à coloration informatique.

4.1.2. *Effectifs : un cadre insuffisant*

Les effectifs en CPGE sont encadrés réglementairement :

- 48 étudiants maximum pour un cours,
- 24 étudiants maximum pour un TD.

Étonnamment, aucun texte n'encadre spécifiquement les effectifs de TP (en dehors des réglementations de sécurité pour les TP de physique-chimie). Ceux-ci ont donc réglementairement un effectif maximum de 48 élèves.

Les heures de tronc commun en première année consistent en une heure de cours et une heure de TP hebdomadaires (ce TP peut se réaliser sous forme de deux heures toutes les quinzaines).

En 2013, la direction générale pour l'enseignement supérieur et l'insertion professionnelle (DGESIP) a recommandé des effectifs de 12 étudiants maximum en première année pour les TP [8], recommandation rappelée dans le rapport de l'IGEN sur la mise en place de la réforme [10, paragraphe 2.4]. Malheureusement il ne s'agit que d'une recommandation et non d'un texte réglementaire. Cette recommandation est donc soumise au bon vouloir de la direction de l'établissement, qui dépend en partie de la dotation que celui-ci reçoit du rectorat. Il est donc possible, dans la mesure où les salles informatiques sont suffisamment grandes, de faire TP à 48 étudiants (effectif maximum pour une classe). Il ne semble pas qu'une situation aussi extrême se produise actuellement mais il est inquiétant de constater que les effectifs peuvent être une variable d'ajustement des lycées en cas de pénurie. Le rapport de l'IGEN sus-cité constate d'ailleurs que les effectifs vont de 12 à 24 étudiants par TP.

En seconde année, les horaires sont d'une heure de cours et d'une heure de TD hebdomadaires, pendant le premier semestre uniquement. Les effectifs de TD sont encadrés par les textes : 24 étudiants maximum.

4.1.3. *Une organisation semestrielle aberrante*

Les volumes horaires que nous avons donnés plus haut sont des moyennes annuelles. Comme nous l'avons dit, chacune des deux années d'enseignement est en fait organisée en deux semestres.

Or l'enseignement d'option informatique comme l'enseignement du tronc commun ne sont présents que sur trois semestres [5, 6] :

- L'option n'est proposée qu'à partir du début du second semestre. La justification est que le premier semestre doit permettre aux étudiants de choisir entre SI et informatique.

— Le tronc commun n'est prévu que sur les trois premiers semestres. On peut conjecturer que la raison est essentiellement budgétaire : le passage d'heures d'interrogations orales à des heures d'enseignement aurait entraîné un surcoût si cet enseignement avait eu lieu sur quatre semestres. La réduction à trois semestres a probablement été une façon de compenser ce surcoût.

L'enseignement du tronc commun s'arrête donc officiellement fin janvier de la deuxième année, soit environ trois mois avant les écrits (s'étalant de mi-avril à mi-mai) et cinq mois avant les oraux (mi-juin à mi-juillet). C'est tout simplement une aberration.

4.2. Une faible prise en compte aux concours

4.2.1. *Le cas du concours CCP : de très faibles coefficients*

Les concours « standard » du taupin (filières MP, PC, PSI) sont les Concours Communs Polytechniques (anciennement concours des ENSI). Dans toutes les filières, ce concours est noté sur 98 coefficients, dont 58 pour l'admissibilité aux oraux.

L'informatique n'est évaluée à l'oral dans aucune de ces filières.

À l'écrit, le tronc commun informatique n'est évalué par une épreuve spécifique que dans les filières PSI et TSI. Dans les autres filières, il est évalué lors d'épreuves de modélisation, à l'exception de la filière MP, où il est officiellement évalué dans l'épreuve d'option informatique pour ceux qui suivent cet enseignement optionnel et dans l'épreuve de SI pour les autres.

Il est donc difficile de savoir précisément quel est le poids de l'informatique à ces concours. Néanmoins, on peut estimer le coefficient de l'informatique en multipliant le coefficient d'une épreuve susceptible de contenir des questions d'informatique par la proportion des questions relatives à l'informatique dans cette épreuve, puis l'importance relative dans le concours en divisant par le nombre de coefficients du concours.

Par exemple, un candidat en filière MP n'ayant pas pris l'option informatique passe une épreuve de sciences industrielles qui a pour coefficient 7 et dont un quart est constitué de questions d'informatique. On peut donc considérer que l'informatique a pour coefficient 1,75, soit environ 1,8 % des 98 coefficients du concours.

À partir de la notice du concours de 2017 [11], on obtient ainsi, en considérant les sujets d'écrits pour les épreuves susceptibles de contenir des questions d'informatique [18, 14, 15, 12, 17, 13, 16], les valeurs suivantes :

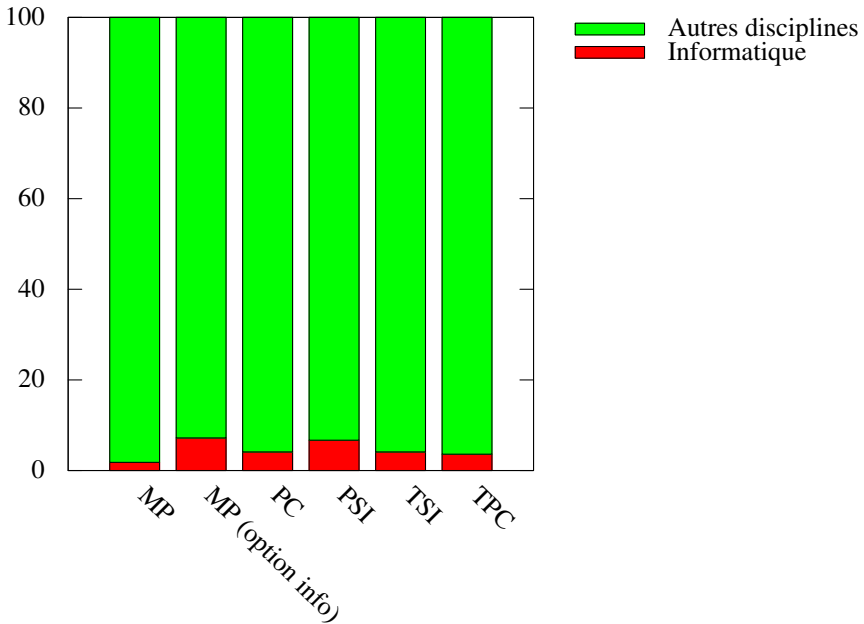


FIGURE 3. Informatique aux concours CCP (en pourcentage des coefficients)

Filière	type épreuve	coeff	info/épreuve	info/concours
MP	sciences industrielles	7	25 %	1,8 %
PC	mod. syst. phys. ou chim.	8	50 %	4,1 %
PSI	mod. et ingé. numérique	9	6 %	0,6 %
PSI	informatique	6	100 %	6,1 %
TSI	modélisation	8	0	0 %
TSI	informatique	4	100 %	4,1 %
TPC	modélisation	7	50 %	3,6 %

Les candidats en MP ayant suivi l'option informatique passent une épreuve d'informatique, de coefficient 7, à la place de l'épreuve de sciences industrielles.

L'importance de l'informatique dans ces différentes filières est résumée par la Figure 3.

Notons que si le coefficient de l'informatique en PSI semble relativement important comparé aux autres, cette épreuve comporte pour l'essentiel des questions liées à une simulation numérique. La seule question d'algorithmique consiste à reconnaître

un tri par insertion, à donner sa complexité dans le meilleur et le pire cas, et à choisir quelles instructions il convient d'effectuer dans la boucle la plus interne parmi quatre propositions (dont on peut voir que trois sont mauvaises sans réfléchir finement).

4.2.2. Une évaluation biaisée vers les applications

L'épreuve de tronc commun du concours X-ENS propose en général une épreuve d'informatique intéressante : on y présente souvent un problème qu'on résout d'abord avec un programme naïf avant de le faire résoudre avec un programme d'une meilleure complexité asymptotique.

Malheureusement, ce type d'épreuve est plutôt l'exception : dans les autres concours, l'épreuve porte en général sur la simulation numérique d'un problème, avec usage de la méthode d'Euler (voire d'une autre méthode de résolution approchée d'une équation différentielle). Les questions de complexité y sont la plupart du temps réduites à la portion congrue et les épreuves n'abordent que rarement le programme de deuxième année. Ainsi, sur les écrits du concours CCP 2017, il semble que seule une épreuve [13] portait (très marginalement) sur des notions de seconde année : il s'agissait d'une part de commenter un tri par pivot dont le code était donné au candidat³, puis de le modifier pour que la fonction de tri renvoie le nombre total d'appels récursifs effectués.

4.2.3. L'opposition option informatique - SI

Avoir une filière où cohabitent deux options bien distinctes — SI et option informatique — pose problème. Les étudiants de MPSI doivent choisir au bout d'un semestre s'ils prennent l'option informatique (deux heures hebdomadaires), l'option SI renforcée (quatre heures hebdomadaires), ou aucune option (auquel cas, ils continuent la SI deux heures par semaine).

L'option informatique est en général choisie par les étudiants ayant les meilleurs résultats. Or les concours ont tendance à mettre des moyennes similaires en option informatique et en SI, ce qui ne semble pas très juste au regard des autres résultats de ces étudiants. En conséquence, certains étudiants qui auraient pu réussir en option informatique choisissent SI alors qu'ils préféreraient l'informatique. C'est probablement dommageable pour eux sur le long terme et dommageable pour la nation, alors qu'elle manque d'informaticiens compétents.

On entend aussi des opérateurs de concours expliquer qu'ils ne veulent pas mettre, dans les épreuves du tronc commun informatique de MP, des questions qui seraient trop proches de l'option informatique pour ne pas favoriser les candidats ayant pris cette option. Pourtant, jamais aucun concours ne s'est ému de ce que, dans les épreuves de sciences physiques, les étudiants ayant choisi SI puissent être favorisés.

3. Ce code comportait manifestement une erreur dans la condition d'arrêt d'une des boucles de la fonction de partition, sans conséquence pour l'exécution du programme mais fort troublante pour le lecteur.

4.3. L'absence d'exigence de compétence des enseignants

Le tronc commun informatique est en général enseigné par des enseignants de l'établissement. Tout enseignant peut se déclarer compétent pour cet enseignement, sans aucun prérequis de diplôme.

Pour former des étudiants, il faut être soi-même compétent dans la discipline qu'on enseigne. Alors qu'on exige des enseignants titulaires en collège un master dans leur discipline, il est aberrant qu'aucun diplôme ne soit exigé pour l'enseignement de l'informatique.

Une procédure de certification des enseignants permettant de vérifier qui était capable d'enseigner l'informatique avait été évoquée par le ministère, mais rien n'a été mis en place à ce jour.

En revanche, les inspections générales ont décrété (sans que cela fasse l'objet d'un écrit à notre connaissance) qu'il conviendrait de respecter des quotas disciplinaires : ces enseignements devraient être partagés à parts égales entre enseignants de mathématiques, de physique et de SI. Sans prérequis de compétences.

Pire, l'UPS a reçu des témoignages d'enseignants de mathématiques, de physiques et de SI affirmant que leur inspection générale les a fortement incités à enseigner l'informatique, discipline dans laquelle eux-mêmes se considèrent incompetents.

Bien sûr, ces enseignants, pour la plupart, ont fourni un énorme travail d'auto-formation, bien aidés en cela par les écoles d'ingénieurs qui proposent régulièrement différents stages de formation. Le ministère en revanche n'a, à notre connaissance, pas organisé la moindre formation. N'étant pas l'organisateur de ces stages, il ne décharge pas de leur enseignement les enseignants qui y participent et ne les rembourse pas de leurs frais.

La formation des enseignants repose donc sur la bonne volonté et l'investissement — en temps et en argent — de ceux-ci. Est-ce bien raisonnable ?

4.4. Une faible lisibilité pour les étudiants

Tous les points précédents rendent ce dispositif d'enseignement peu lisible pour les étudiants : l'informatique en CPGE est tellement marginale qu'elle les conduit à penser que les écoles d'ingénieurs ne leur permettront pas de faire des études d'informatique solides. On observe ainsi des étudiants désireux d'étudier l'informatique quitter la prépa au bout d'une année pour entrer sur dossier dans des écoles spécialisées en informatique.

5. Conclusion : quelques pistes pour avancer

Comme on le voit, beaucoup reste à faire pour que l'informatique prenne une place digne de l'importance qu'occupe aujourd'hui cette discipline dans nos vies. Nous proposons ici trois pistes d'évolution :

- Corriger les aberrations les plus flagrantes de l'organisation de l'enseignement de l'informatique en CPGE (Section 5.1). Il s'agit de points certes mineurs au regard des enjeux globaux mais qu'il est facile de mettre en œuvre rapidement pour un coût faible voire nul.
- Créer une nouvelle filière scientifique (Section 5.2) : une filière maths-informatique (MI) ou maths-physique informatique (MPI). Le coût de la création d'une telle filière MI ou MPI se résume à celui de la création de nouveaux programmes. Le coût de la mise en place elle-même peut être faible si l'on étale dans le temps la création de ces nouvelles classes, voire nul si l'on ouvre ces classes en reconvertissant des classes d'une autre filière scientifique.
- Créer une agrégation d'informatique (Section 5.3) : cela semble indispensable pour disposer d'enseignants réellement compétents.

5.1. Corriger les aberrations flagrantes de l'organisation

Nous avons noté deux aberrations flagrantes :

- l'absence de cours de tronc commun au second semestre de la deuxième année ;
- l'absence de TP en option informatique.

Pour ce qui est de l'enseignement du tronc commun au second semestre de deuxième année, cela peut se faire en ajoutant des heures à cet enseignement au second semestre et/ou en étalant les heures sur l'année. À l'échelle d'un établissement, le surcoût est en général très faible. Si nécessaire, monter les effectifs des TP de première année de 12 à 16 étudiants pour compenser ce surcoût est une solution qui semble acceptable pédagogiquement.

Pour ce qui est des TP d'option informatique, on peut imaginer créer un TP de deux heures tous les quinze jours pour les étudiants, au moins en première année. Pour un effectif d'une trentaine d'étudiants en option informatique (effectif typique dans les établissements où cette option est proposée), cela représente un volume horaire de deux heures hebdomadaires, ce qui est en général négligeable sur la dotation horaire globale de l'établissement.

Du reste, ces solutions sont déjà mises en œuvre, au cas par cas, dans les établissements, ce qui ne manque pas de poser un autre problème : celui de l'équité pour les candidats aux concours puisque tous les établissements ne corrigent pas ces aberrations de la même façon. Tant que le cadre officiel sera aberrant, il sera difficile d'empêcher les établissements de tenter de le corriger.

5.2. Créer une filière maths-informatique

La création d'une véritable filière à dominantes mathématiques et informatique serait sans nul doute fort bénéfique :

- dans une telle filière, un enseignement d’informatique pourrait avoir lieu sur quatre semestres avec un volume conséquent (six ou huit heures par semaine par exemple) ;
- les questions d’équité aux concours vis-à-vis des SI disparaîtraient d’elles-mêmes ;
- enfin, cela donnerait une visibilité à l’informatique pour les étudiants des CPGE, mais aussi indirectement aux élèves des lycées et aux enseignants de CPGE et de lycée, dont beaucoup ignorent encore que l’informatique est une science.

Une fois une telle filière créée, les ouvertures de classes peuvent se faire de façon progressive, en lien avec le recrutement d’enseignants qualifiés.

Notons le succès de l’enseignement de spécialité ISN (informatique et sciences du numérique) en terminale, dont les effectifs ont doublé entre 2012 et 2016 pour atteindre 11,4 % des spécialités de terminale S [9].

5.3. Créer une agrégation d’informatique

Pour disposer d’enseignants formés en informatique, on dispose de deux moyens : recruter des enseignants déjà formés à cette discipline, ou former des enseignants d’autres disciplines.

Faire atteindre un niveau Master à des enseignants d’autres disciplines est probablement difficile (il faut trouver suffisamment de candidats) et coûteux (si on peut espérer former en trois ans à temps plein des enseignants ayant déjà une formation solide dans une autre discipline, pouvoir les former en moins de deux ans à temps plein paraît illusoire).

Recruter des enseignants déjà formés semble plus aisé. Se reposer comme actuellement sur l’option informatique de l’agrégation est tentant mais pose plusieurs problèmes :

- Les admis sur cette option ne sont pas légion ; il est difficile de croire qu’on pourra ainsi fournir un grand nombre de postes, le vivier potentiel étant essentiellement celui des étudiants sur un parcours mathématiques et informatique des ENS.
- Les postes « fléchés informatique » ne sont pas très attractifs actuellement : passer d’un poste de mathématiques dans une classe scientifique (hors BPCST et TB) à un poste d’informatique, c’est passer du statut d’enseignant le plus important de la classe (en volume horaire, donc aussi en reconnaissance de la part des étudiants) au statut d’enseignant le moins important, à cheval sur plusieurs classes.
- D’autres agrégations risquent de s’ouvrir à l’informatique : c’est déjà le cas de l’agrégation de SI ; on risque donc se retrouver avec une discipline morcelée, dont les enseignants auront sans doute trop peu en commun pour pouvoir dialoguer.

Il conviendrait donc de mettre en place une véritable agrégation d'informatique, qui pourrait fédérer les différentes visions de l'informatique plutôt que de conduire à un éclatement de la discipline.

À ceux qui craindraient que la mise en place d'une telle agrégation ne pose des difficultés insurmontables, on peut citer l'exemple du Maroc. Les programmes de CPGE y sont très proches des nôtres. Alors que l'organisation du concours de l'agrégation de mathématiques y repose en partie sur le concours français, le Maroc vient d'annoncer qu'il créait une agrégation d'informatique. Seul. Combien de temps la France restera-t-elle à la traîne ?

Références

- [1] Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Programme informatique filières scientifiques. BO n° 1 20 juillet 1995, 1995. Disponible sur <http://prepas.org/ups.php?document=771>.
- [2] Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Programmes des classes préparatoires aux grandes écoles. Filière : scientifique. Voie : biologie, chimie, physique et sciences de la terre (BCPST), 2013. Annexe 4 de [7], pages 100 et suivantes des annexes.
- [3] Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Programmes des classes préparatoires aux grandes écoles. Filière : scientifique. Voies : mathématiques, physique et sciences de l'ingénieur (MPSI), physique, chimie et sciences de l'ingénieur (PCSI), physique, technologie et sciences de l'ingénieur (PTSI), technologie, sciences de l'ingénieur (TSI), technologie, physique, chimie (TPC), mathématiques et physique (MP), physique et chimie (PC), physique et technologie (PT), physique et sciences de l'ingénieur (PSI). Discipline : Informatique première et seconde années. http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_3_ESR/50/5/programme-informatique_252505.pdf, 2013. Annexe de [6].
- [4] Ministère de l'Éducation nationale et Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Arrêté du 10 février 1995 définissant la nature des classes composant les classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles, 1995. NOR : RESK9500108A.
- [5] Ministère de l'Éducation nationale et Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Arrêté du 10 février 1995 fixant l'organisation générale des études et les horaires des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles, accessibles aux titulaires d'un baccalauréat ou d'un titre admis en équivalence ou d'une dispense, 1995. NOR : RESK9500109A.
- [6] Ministère de l'Éducation nationale et Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Arrêté du 4 avril 2013 relatif au programme d'informatique des classes préparatoires scientifiques mathématiques, physique et sciences de l'ingénieur (MPSI), physique, chimie et sciences de l'ingénieur (PCSI), physique, technologie et sciences de l'ingénieur (PTSI), technologie et sciences industrielles (TSI), technologie, physique et chimie (TPC), mathématiques et physique (MP), physique et chimie (PC), physique et sciences de l'ingénieur (PSI), physique et technologie (PT), 2013. NOR : ESR51306084A. http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=71586.
- [7] Ministère de l'Éducation nationale et Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Programmes de la classe préparatoire scientifique biologie, chimie, physique et sciences de la terre (BCPST), 2013. NOR : ESR51306359A. Arrêté du 4-4-2013. J.O. du 30-4-2013. http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html?cid_bo=71645&cbo=1.

- [8] Direction générale pour l'enseignement supérieur et l'insertion professionnelle. Courrier du 19 février de la DGESIP à Mesdames et messieurs les proviseurs des lycées à classes préparatoires aux grandes écoles, 2013. Se trouve en annexe 8, dernière page de [10].
- [9] IGEN Laurent Chéno. Enseignement de l'informatique. Présentation aux journées pédagogiques de la SIF, mars 2017. Disponible sur <https://frama.link/1Dt8YmHc>.
- [10] Dominique Obert, Robert Cabane, Frédéric Carluer, Laurent Carroué, Laurent Chéno, Brigitte Flamand, Raymond Nicodème, Bertrand Pajot, and Norbert Perrot. Mise en place des nouveaux programmes de première année en CPGE. rapport à Monsieur le ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, juillet 2014. Rapport n°2014-052. <http://www.education.gouv.fr/cid82710/mise-en-place-des-nouveaux-programmes-de-premiere-annee-en-cpge.html>.
- [11] Concours Communs Polytechniques. Notice relative aux modalités d'admission session 2017. http://ccp.scei-concours.fr/cpge/notice/pdf/notice_ccp_2017.pdf. Consultée le 29 mai 2017.
- [12] Concours Communs Polytechniques. Informatique, épreuve spécifique filière PSI. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/PSI/PSI-Informatique.pdf>, mai 2017.
- [13] Concours Communs Polytechniques. Informatique, épreuve spécifique filière TSI. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/TSI/TSI-Info.pdf>, mai 2017.
- [14] Concours Communs Polytechniques. Modélisation de systèmes physiques ou chimiques, épreuve spécifique filière PC. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/PC/PC-Modelisation.pdf>, mai 2017. À l'exception de la page de garde, cet énoncé semble le même que [16].
- [15] Concours Communs Polytechniques. Modélisation et ingénierie numérique, épreuve spécifique filière PSI. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/PSI/PSI-Modelisation.pdf>, mai 2017.
- [16] Concours Communs Polytechniques. Modélisation, épreuve spécifique filière TPC. http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/TPC/TPC_modelisation.pdf, mai 2017. À l'exception de la page de garde, cet énoncé semble le même que [14].
- [17] Concours Communs Polytechniques. Modélisation, épreuve spécifique filière TSI. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/TSI/TSI-Modelisation.pdf>, mai 2017.
- [18] Concours Communs Polytechniques. Sciences industrielles, épreuve spécifique filière MP. <http://ccp.scei-concours.fr/cpge/sujet/2017/MP/MP-SI.pdf>, mai 2017.
- [19] UPS. Horaires en CPGE. Site prepas.org, <http://prepas.org/ups.php?article=53>. Consulté le 29 mai 2017.

Annexe A. Signification des sigles des filières scientifiques

MPSI : Mathématiques, physique et sciences industrielles

PCSI : Physique, chimie et sciences industrielles

PTSI : Physique, technologie et sciences industrielles

TSI : Technologie et sciences industrielles

TPC : Technologie physique chimie

ATS : Adaptation technicien supérieur

MP/MP* : Mathématiques et sciences physiques

PC/PC* : Physique et chimie

PSI/PSI* : Physique et sciences industrielles

PT/PT* : Physique et technologie

BCPST : Biologie, chimie, physique et sciences de la terre

TB : Technologie biologie

