

ISABELLE DEBLED-RENNESON^a, PHILIPPE FÉVOTTE^b,
MONIQUE GRANDBASTIEN^a, DAVID LANGLOIS^a & HÉLÈNE TANOH^b

a. Université de Lorraine, LORIA, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54506, France
prenom.nom@univ-lorraine.fr, prenom.nom@loria.fr

b. Académie de Nancy-Metz
prenom.nom@ac-nancy-metz.fr

La formation des professeurs de la spécialité ISN dans l'Académie de Nancy-Metz – Récit et analyse de six ans d'expérience

Résumé

L'informatique et plus généralement les sciences du numérique entraînent des mutations profondes de nos sociétés sur les plans personnel, professionnel, culturel. Les choix économiques et politiques qui en découlent supposent des citoyens qui maîtrisent les mécanismes fondamentaux qui régissent ces mutations. Cette nécessité commence à être perçue, en témoignent notamment des changements à grande échelle dans les curriculums des enseignements primaire et secondaire au Royaume-Uni et en France depuis la rentrée 2016.

Le présent document a pour objectif de tirer parti de l'expérience acquise au cours de six années de formation complémentaire continue d'enseignants de lycée pour la spécialité Informatique et sciences du numérique (ISN) créée pour la rentrée 2012 en France et de formuler quelques préconisations pour la formation continue des professeurs appelés à enseigner des éléments d'informatique en école, collège et lycée (6 à 18 ans en France). Cette réflexion peut être enrichie par les approches mises en œuvre dans d'autres pays et déboucher vers une véritable didactique de l'informatique au niveau scolaire.

L'article décrit successivement le contexte local d'organisation de la formation, ses contenus pédagogiques, son public, puis l'organisation de l'habilitation à enseigner ISN et l'implantation de cette spécialité dans les établissements du secondaire. Nous montrons enfin les évolutions de la formation, sa continuation dans le cadre de la formation continue et proposons des perspectives visant à élargir la formation à une plus grande diversité des publics.

Mots clés : formation des maîtres en informatique, spécialité ISN (Informatique et sciences du numérique), pensée informatique

1 Introduction

À une période où la formation de tous les futurs citoyens aux bases de l'informatique, la discipline qui constitue le socle du monde numérique, s'impose, la question de la formation d'enseignants compétents est plus que jamais cruciale. Après des décennies de tentatives diverses (Baron *et al.*, 2014), l'enseignement de l'informatique a fait à nouveau une apparition limitée en France dans les classes terminales des lycées généraux et technologiques sous la forme d'une spécialité¹ intitulée Informatique et sciences du numérique (ISN) à la rentrée 2012.

Selon les textes officiels², ISN propose à raison de 2 heures par semaine une introduction à la Science Informatique : information numérique, algorithmes, langages, architectures. Les objectifs sont de développer des compétences de base dans le domaine de l'informatique, donner le goût des sciences du numérique lors d'activités variées : travaux pratiques, projets, exposés et débats, développer la rigueur en apprenant les bases de la programmation, clé de la maîtrise des ordinateurs, s'interroger sur la qualité, la sûreté, la fiabilité et la sécurité des données numériques, identifier et s'interroger sur les progrès, les avantages et les risques que génère la société numérique. L'apprentissage par la réalisation de projets est privilégié.

Cet enseignement a été confié à des professeurs volontaires, de différentes disciplines scientifiques (mathématiques, sciences physiques et chimiques) et technologiques (sciences et techniques industrielles, etc.), habilités à l'issue d'une formation complémentaire organisée à l'initiative des académies³.

Le présent article a pour objectif de compléter les descriptions déjà proposées pour d'autres centres en France, notamment (Cogis *et al.*, 2015) à Montpellier, et de contribuer à la réflexion commune en présentant la formation complémentaire mise en place à Nancy depuis la rentrée 2011 pour

-
- 1 Les élèves de terminale S choisissent entre plusieurs spécialités (Mathématiques, Physique-chimie, Sciences de la Vie et de la Terre, ISN), les terminales STI prennent ISN en option.
 - 2 Site du ministère de l'Éducation à propos d'ISN : <<http://eduscol.education.fr/cid59678/presentation.html>>.
 - 3 En France, on appelle académies les divisions administratives du territoire pour l'Éducation Nationale. Il y a 30 académies, y compris celles d'outre-mer, chacune d'elles est administrée par un Recteur représentant le Ministre.

des enseignants déjà en poste. Nous décrivons successivement le contexte local d'organisation (collaboration université-rectorat, contenus, mise en œuvre, évolutions, facteurs favorables et défavorables), le contenu de la formation initiale, les données académiques (nombres d'enseignants formés, nombres de classes ouvertes), les actions de formation continue organisées chaque année pour prolonger et consolider la formation de base, ainsi que quelques réflexions et préconisations à propos de telles formations. Sur le plan des perspectives, ces différentes remarques, ajoutées à l'étude d'expériences d'autres pays (Yadav *et al.*, 2014 ; Brodnik, 2016), pourraient servir également à la définition de formations continues au-delà du cas particulier de la spécialité ISN, ainsi qu'à la conception de formations initiales, par exemple pour le CAPES Mathématiques-Informatique dont la première session s'est achevée en juin 2017.

2 Organisation de la formation des enseignants ISN dans l'académie de Nancy-Metz

Les actions de formation et certification d'enseignants nécessaires à la mise en place d'ISN dans les académies sont définies dans la note de service n° 2011-178 (BO 2011).

Dans l'académie de Nancy-Metz, la formation des enseignants a été construite en étroite collaboration entre les responsables académiques et l'Université dès la rentrée 2011, avec l'appui du LORIA⁴ et de l'IUFM/ESPE⁵ de Lorraine dans la perspective de constituer un premier vivier de professeurs compétents.

Une enseignante informaticienne a pris en charge la définition du contenu de la formation et a assuré avec plusieurs de ses collègues la totalité de la formation, l'IUFM/ESPE et l'Université de Lorraine prenant en charge le défraiement des formateurs.

L'implication forte des différents partenaires (Université de Lorraine, via l'ESPE, le LORIA) a permis de proposer une formation complète sur

4 LORIA : Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications ; un des laboratoires d'informatique de l'université de Lorraine.

5 IUFM : Institut universitaire de formation des maîtres, réorganisé ensuite en ESPE : École supérieure du professorat et de l'éducation.

deux ans. À cela s'ajoute un suivi *via* l'organisation de journées annuelles de séminaires et d'ateliers venant compléter la formation en l'ouvrant aux problématiques de recherche et sociétales de l'informatique.

Deux niveaux de formation ont été proposés sur deux ans. Le niveau 2 peut aborder des notions plus complexes ou avancées que le niveau 1, mais le niveau 2 permet aussi d'étudier des notions importantes (comme les bases de données) non vues en année 1. Au cas par cas, certains professeurs, déjà compétents sur certaines notions, ont pu être exemptés en partie de la formation. Cette exemption de formation a pu être totale et remplacée par un protocole de validation des acquis. La formation a lieu principalement en présentiel avec un travail personnel conséquent (ce point sera développé par la suite). Nous avons aussi expérimenté une modalité de formation à distance pendant plusieurs années afin de rationaliser les déplacements, à la charge des professeurs formés. Pour cela, nous avons adapté nos supports en les commentant afin de pallier l'absence de l'enseignant. Nous avons aussi organisé avec les groupes formés à distance deux journées par an de rassemblement pour faire un bilan sur les modules passés et préparer les modules à venir. Malgré cet investissement, nous n'avons pu que constater une grande difficulté pour les professeurs à suivre le rythme de la formation. Une autre difficulté a été le peu d'interactions (questions) entre enseignants et professeurs formés du fait du temps lourd à rédiger une question écrite par rapport au fait de la poser oralement devant un écran. Nous pensons que pour mieux accompagner les professeurs, il aurait fallu une refonte globale des supports de formation pour les adapter à un apprentissage en autonomie (ce qui aurait demandé un investissement trop lourd par rapport aux ressources disponibles) ainsi que la banalisation de moments de formation hebdomadaires synchronisés à distance.

La formation est prise en charge principalement par deux enseignants de l'ESPE de Lorraine, tous deux ayant le même degré de connaissance sur l'organisation de la formation. Cela permet de renforcer la cohérence de la formation puisque les professeurs formés se retrouvent souvent devant les mêmes interlocuteurs. Toutefois, nous faisons aussi appel à des « experts » externes (enseignants-chercheurs et chercheurs) sur des problématiques ciblées : réseau, cryptographie, robotique. Ce dernier point favorise une ouverture vers d'autres points de vue et vers la recherche (ouverture amplifiée par les journées ISN/EPI, voir Section 8).

3 Le contenu de la formation

Le contenu a été construit à partir de l'expérience des formateurs et d'une première édition de Dowek *et al.* (2013) avec l'objectif de donner aux professeurs formés les compétences nécessaires pour enseigner le programme d'ISN et évaluer les élèves pour une épreuve au baccalauréat (oral individuel à partir du dossier de projet).

Les intitulés des Unités d'enseignement (UE) des années 1 et 2 sont listés respectivement dans les tableaux 1 et 2. La répartition du volume horaire entre les unités d'enseignement est restée relativement stable même si des ajustements ont pu être faits suite à l'apparition de besoins, ou le désistement d'intervenants extérieurs. Nous décrivons et commentons ci-dessous certains aspects de cette formation.

Tableau 1 : Intitulé des Unités d'Enseignement en année 1.

	Nb heures
UE1 : Algorithmique et programmation	
Bases de l'algorithmique et de la programmation	31,5
Image et Géométrie	10,5
Cryptographie	7
Total UE1	49
UE2 : Architecture et représentation de l'information	
Représentation de l'information	10,5
Architecture	7
Total UE2	17,5
UE3: Initiation au réseau et à la programmation web	
Réseau 1	10,5
Programmation web 1 : HTML, CSS et JavaScript	21
Total UE3	31,5
Total Année 1 (présentiel)	98
Projet année 1 : 100 heures de travail personnel	

Tableau 2 : Intitulé des Unités d'Enseignement en année 2.

	Nb heures
UE1 : Algorithmique et programmation objet	
Programmation et conception objet	31,5
Structure de données et algorithmique avancée	14
Total UE1	45,5
UE2 : Conception de modèles	
Programmation web 2 : bases de données et PHP	21
Langages	7
Total UE2	28
UE 3: Système, réseau, robotique	
Réseau 2	7
Système	7
Robotique	7
Total UE3	21
Total Année 2 (présentiel)	94,5
Projet année 2 : 100 heures de travail personnel	

La formation débute par l'algorithmique en année 1. Elle aborde de manière classique les notions de base en algorithmique impérative : séquences d'instructions, variables, expressions booléennes, instructions conditionnelles et répétitives. La notion de sous-programme est aussi abordée. Le langage support choisi est Python. Ce choix repose sur deux raisons principales. D'abord, il s'agissait d'une préconisation nationale. Ensuite, nous avons considéré que Python permettait aux apprenants d'obtenir des résultats plus rapidement à l'écran du fait que le langage est associé à une ligne de commandes interprétée. Toutefois, ce choix a prêté à discussion car Python s'éloigne des habitudes algorithmiques et peut donc déstabiliser. En effet, Python est très souple et permet d'obtenir des résultats de plusieurs manières dont certaines sont très compactes et peu lisibles (nous pensons notamment aux listes définies en intention). Par ailleurs, le typage du langage est faible, ce qui cache en partie les problématiques du typage en informatique. Enfin, la notion de passage par valeur (copie) ou référence (adresse) n'est pas explicite, et dépend du type de données passé en paramètre d'une fonction (type mutable ou non). Sur le plan pédagogique,

Python pose donc quelques difficultés. En parallèle de la découverte de l'algorithmique et de la programmation en Python, nous abordons la programmation d'interfaces afin que les professeurs puissent rapidement créer des applications finalisées et attrayantes (donc motivantes, à notre avis). Cette formation algorithmique se poursuit en année 2 avec la découverte de la programmation objet, les patrons de conception et d'architecture (patron Modèle-Vue-Contrôleur), l'étude de structures de données classiques (arbres, graphes) ainsi que les différents paradigmes de programmation : récursivité, algorithmes gloutons, programmation dynamique, etc.

La formation algorithmique est articulée avec une découverte de l'architecture des machines et de la représentation numérique de l'information. Cette partie permet de comprendre pourquoi le binaire est utilisé en informatique (en partant du transistor), et comment les données de différentes natures (valeurs numériques, textes, images, sons) sont codées numériquement. Au-delà des aspects « techniques », nous initions une réflexion sur le rôle d'un code, d'une norme. Les théories de la quantité d'information ainsi que les méthodes de compression sont aussi abordées. L'ensemble donne lieu à des exercices de programmation.

Nous avons aussi développé un module « Images et Géométrie » permettant d'aborder le codage numérique des images (matriciel et vectoriel), le codage des couleurs, ainsi que les différents traitements classiques sur les images (échantillonnage, histogrammes, filtrage, compression, opérations morphologiques). Ce module aborde aussi l'extraction d'information (segmentation, composantes connexes, contours, présence de droite discrète).

La formation au réseau comprend deux parties. La première partie, qu'on pourrait qualifier de « bas niveau », aborde les couches OSI et la communication de l'information entre machines. La deuxième partie aborde Internet, le Web et surtout la programmation Web : HTML, feuilles de style CSS, JavaScript en première année, puis bases de données et PHP en deuxième année.

4 La formation et son public

L'ensemble de la formation atteint un volume de 200 heures approximativement (hors projet). Elle aborde de nombreux sujets. Le programme vise la même ambition que des formations informatiques de niveau Licence.

C'est donc une formation exigeante pour les professeurs. Ceux-ci doivent suivre une séance hebdomadaire de 3 h 30, et doivent travailler entre les séances. À ceci s'ajoute un projet de programmation par an donnant lieu à une soutenance devant les formateurs et les pairs. Précisons par ailleurs que les professeurs n'ont pas de décharge de service pour cette formation, et doivent donc accomplir leur service sur le reste de la semaine. Malgré cela, l'investissement des professeurs est très fort. Leur niveau d'écoute et de participation est particulièrement élevé. Le temps de travail consacré aux projets étonne souvent. Enfin, les professeurs sont demandeurs au-delà de la formation sur les deux années : demande d'approfondissement, de découverte de nouveaux langages de programmation, forte participation aux journées ISN/EPI (voir Section 8).

Comme le montre le tableau 3, la formation renouvelle son public d'année en année. En présentiel, nous recevons entre 15 et 20 nouveaux candidats chaque année. Quand un niveau 1 n'a pas été ouvert, ce fut du fait d'un manque de moyens, et non d'un manque de candidatures. D'ailleurs, cette année 2017–2018, nous avons ouvert deux groupes de niveau 1 sur deux sites éloignés, permettant ainsi de réduire les déplacements des professeurs à travers la région Lorraine, très étendue du Nord au Sud, et ainsi de pallier la disparition de la modalité de formation à distance.

Tableau 3 : Effectif du public selon les années, ayant suivi la formation ISN ou ayant été exempté de formation. Les inscrits ayant abandonné en cours d'année, ou ayant été trop absents (concerne la formation en présentiel), sont exclus du recensement.

	Niv1 présentiel	Niv1 distance	Niv2 présentiel	Niv2 distance	Effectif total niveau et toute modalité
2011–2012	20	Non ouvert	11	Non ouvert	31
2012–2013	14	16	15	Non ouvert	45
2013–2014	Non ouvert	15	10	14	39
2014–2015	16	Non ouvert	Non ouvert	12 (année 2 sur 2 ans)	16
2015–2016	14	Non ouvert	11		37
2016–2017	Non ouvert	Non ouvert	11	Non ouvert	11
2017–2018	31	Non ouvert	Non ouvert	Non ouvert	31

À la fin de l'année scolaire 2016–2017, 106 enseignants auront reçu une formation solide dans le domaine des sciences du numérique (sans comp-

ter les 31 qui entrent en formation cette année 2017–2018). Notons que d'autres professeurs ont été dispensés de formation, mais sont passés par un protocole de validation des acquis de l'expérience.

Les professeurs formés viennent de trois disciplines : Mathématiques (Maths), Sciences physiques et chimie (SPC), et Sciences et techniques de l'ingénieur (STI). Le tableau 4 indique la répartition dans chacune de ces 3 catégories des professeurs inscrits à la formation. On remarque que les disciplines sont scientifiques (au niveau national, on cherche maintenant à ouvrir l'informatique aux autres disciplines – voir Section 9), avec une prédominance des mathématiques et une contribution tout de même élevée (et équilibrée) des SPC et STI. En pratique, même si le public n'est pas toujours mathématicien, l'attrait pour un peu de théorie est suffisant pour aborder les grands principes informatiques. Dans la formation, nous ne cherchons pas nécessairement à théoriser les notions, la pratique reste centrale, mais quand des notions théoriques sont abordées (en complexité par exemple), il n'y a pas de rejet de la part du public.

Tableau 4 : Effectif des professeurs inscrits à la formation ISN selon leur discipline. Le total est de 127, ce qui est plus élevé que les 106 annoncés précédemment. Ce différentiel est dû dans ce présent tableau à la prise en compte des inscrits à la formation, comptant donc ceux qui ont démissionné en cours d'année.

Discipline	Effectif
Maths	55
SPC	38
STI	34

5 L'habilitation à enseigner cette spécialité

Une procédure en deux temps, définie dans la note déjà citée (BO 2011) prévoit : une autorisation provisoire à enseigner pour les enseignants formés ou en formation, délivrée par le groupe de pilotage constitué des trois IA IPR⁶ (mathématiques, physique et chimie, STI) et les enseignants universitaires

6 IA IPR Inspecteur d'académie inspecteur pédagogique régional.

en charge de la formation, suivie d'une validation définitive qui intervient à l'issue de la seconde année de pratique de l'enseignement ISN ; elle s'appuie sur une visite d'inspection durant la période.

Tous les enseignants qui ont suivi la formation avec assiduité et qui ont validé leurs projets de fin d'année, ou qui sont actuellement en formation, ont obtenu cette autorisation à enseigner.

Une inspection par des IPR des disciplines mathématiques, physique–chimie ou STI a été effectuée depuis la rentrée 2012, parfois lorsque c'était possible par deux inspecteurs, pour 43 enseignants qui assurent actuellement l'enseignement de cette spécialité. Les inspections se poursuivent à l'heure actuelle.

Pour attester de cette habilitation et afin de valoriser le fait d'avoir suivi la formation, nous délivrons un document en deux volets. L'un atteste de la réussite du professeur formé (décision fondée sur le suivi de formation et la réussite des projets), l'autre liste les modules de formation suivis par le professeur. Ce document est complété par l'Université de Lorraine et est signé par les représentants du rectorat et par la direction de l'ESPE de Lorraine.

6 L'implantation de cette spécialité

L'inspection générale et le ministère ont souhaité pour la première année une « implantation contrôlée » dans environ un quart à un tiers des établissements d'une académie. Dans l'académie de Nancy-Metz, cette spécialité a été proposée initialement dans 21 établissements publics et 5 établissements privés. À la fin de l'année scolaire 2016–2017, cette spécialité était proposée dans 38 établissements sur 60 (public) et 4 sur 19 (privé) ; 900 élèves ont choisi cette spécialité. Soixante enseignants sont impliqués dans cet enseignement (certains établissements ont une ressource humaine ISN de 3 professeurs). Cinquante sont habilités à l'enseignement de l'ISN.

Les élèves de terminale S choisissent entre plusieurs spécialités : Mathématiques, Physique–Chimie, Sciences de la Vie et de la Terre, ou ISN. Le tableau 5 donne l'évolution de la répartition au cours des années 2011–2015 des élèves de Terminale dans ces spécialités. Ces statistiques portent sur les seuls établissements proposant les 4 spécialités.

Tableau 5 : Répartition au cours des années 2011–2015 des élèves de Terminale S dans les spécialités du Baccalauréat offertes en classe de Terminale S.

	Mathématiques		SVT		Physique–chimie		ISN
Rentrée 2011	395	19 %	924	45 %	738	36 %	Non ouvert
Rentrée 2012	367	17 %	882	41 %	576	27 %	329 15 %
Rentrée 2013	697	20 %	1403	40 %	800	23 %	571 16 %
Rentrée 2014	670	18 %	1445	40 %	892	24 %	657 18 %
Rentrée 2015	942	21 %	1772	41 %	908	20 %	781 18 %

Les implantations ont été validées par le Recteur ; les choix se sont faits en s'appuyant sur les critères suivants :

- repérage préalable des compétences dans les établissements ;
- recensement dans les établissements des intentions d'ouvertures et des projets envisagés ;
- analyse de la pertinence des projets présentés (conformité aux attentes des programmes, au moins deux disciplines représentées, au moins un professeur ayant suivi une formation) ;
- maillage académique des ouvertures dans les bassins de formation.

Il faut noter que l'ouverture de cette spécialité n'a pas d'influence sur la dotation attribuée aux établissements et qu'elle se fait donc à moyens constants.

7 Évolutions de la formation

La formation a déjà évolué face aux retours du public.

Premièrement, nous avons gommé les excès de théorisation quand cela a été nécessaire. Il ne faut pas oublier que les professeurs se retrouvent rapidement devant des lycéens (parfois ils ont déjà une classe en charge dès le début de la formation). Les professeurs ont besoin d'être opérationnels très rapidement. Leur première inquiétude est de se montrer compétents en programmation. C'est donc à ce besoin que nous répondons en favorisant l'algorithmique, la programmation et les exercices.

Deuxièmement, comme déjà précisé plus haut, nous avons voulu proposer une modalité de formation à distance. Cette modalité a été utile pour limiter les déplacements des professeurs formés (certains professeurs ont renoncé à s'inscrire soit du fait de la masse de travail, soit du fait du poids des déplacements, qui plus est, non remboursés). Mais elle demandait aux professeurs une motivation trop forte. De fait, beaucoup ont abandonné. De notre côté, nous ressentions fortement l'inadéquation de nos supports (malgré une adaptation) et l'impossibilité pour nous de proposer une formation de type MOOC ou SPOC⁷ (un tel investissement n'avait pas été prévu). En revanche, pour l'année 2017–2018, nous avons décidé d'ouvrir un groupe de niveau 1 sur Nancy, et un autre sur Metz. Cela permet de diminuer les distances parcourues. De fait, beaucoup plus de professeurs se sont inscrits. Quant à un retour de la modalité à distance, cela reste envisageable, mais il faudra alors s'en donner les moyens en offrant une plateforme de formation *ad hoc* ainsi que des interventions synchrones à distance. Cela demande un investissement fort en infrastructure web et en suivi humain (équipe technique, et enseignants) et en formation des enseignants devant créer et animer le cours à distance.

Dans le futur, et à la demande des professeurs formés, nous voulons poursuivre l'offre de formation au-delà des deux premières années. Pour cela, nous voulons proposer des mini-modules de formation continue. Nous avons déjà pensé à un module centré sur la démarche de projets en programmation (outils de travail collaboratif, GIT, méthode agile...). Cette proposition a été accueillie favorablement par le public cible. Cette offre de formation viendrait compléter les journées ISN/EPI, dont le principe est décrit dans la section suivante.

8 Formation continue : journées ISN/EPI

Le programme de formation ne pouvait atteindre le niveau Licence d'informatique qui était souhaité par l'université ; de plus les champs de l'informatique et du numérique évoluent très vite, aussi nous avons considéré qu'il était nécessaire de proposer une actualisation régulière de ces formations sous la forme d'une journée annuelle. Cette journée est organisée et offerte

7 MOOC : Massive Open Online Course ; SPOC : Small Private Online Course.

depuis 2012 par le LORIA et est inscrite au plan de formation continue des enseignants de l'académie. Elle a été ouverte dès 2013 à des représentants d'académies voisines. L'objectif de ces journées a été d'apporter des compléments de formation et de permettre des échanges et réflexions pédagogiques entre les enseignants, elles comprennent des conférences en amphithéâtre et du travail par petits groupes en ateliers (2 dans la journée). Elles ont accueilli 50 participants dès 2012 pour culminer à 115 inscrits en 2017.

Le programme est élaboré avec des enseignants et chercheurs en informatique ainsi que des enseignants d'ISN, les principaux besoins évoqués par ces derniers ont évolué au fil des années. En effet, l'évaluation des élèves était la préoccupation les premières années puis, avec l'expérience, des ateliers d'échanges de pratiques, pilotés par les enseignants d'ISN, ont aussi été proposés. Diverses activités débranchées introduisant des concepts liés à l'informatique (algorithmique, bases de données, compression, cryptage, etc.) ont été proposées dans le cadre des ateliers (par exemple : *Introduction à l'algorithmique avec le jeu Cargo-Bot*⁸, *Résoudre une enquête à l'aide de bases de données*, *Des dés pour coder*, *Turing : sa machine version papier*, etc.). Des collègues universitaires ont présenté pendant les ateliers les logiciels qu'ils avaient développés et qu'ils utilisaient dans leurs pratiques pédagogiques : *ArtEoz*⁹ (Gautier & Wrobel-Dautcourt, 2016), permettant de visualiser l'exécution d'un programme écrit en Java ou en Python – *PLM*¹⁰ (Quinson & Oster, 2015), *un exerciceur pour Java et Python* utilisé pour les premiers apprentissages de la programmation. Les aspects sociétaux, comme la sécurité, le cryptage des données, Internet et les réseaux sociaux, l'évolution de la pensée informatique sont aussi abordés pendant ces journées dans le cadre des conférences. La présentation d'activités pédagogiques utilisant de nouvelles technologies comme les drones, les robots, les smartphones et tablettes remporte aussi beaucoup de succès et permet d'ouvrir les enseignants présents vers de nouvelles pratiques. Enfin, de nouveaux concepts informatiques (comme par exemple l'intelligence artificielle) non abordés pendant la formation ISN sont présentés pendant ces journées à travers des exposés ou des activités *clés en main* (par exemple *Résolution de jeu de stratégie abstrait*, *Moteurs physiques*, *Jeux vidéo et simulateurs de comportement*, etc.) permettant aux enseignants d'enrichir leur culture informatique et les propositions de projets donnés aux élèves.

8 <<http://www-verimag.imag.fr/~wack/CargoBot/>>

9 <<http://arteoz.loria.fr/>>

10 <<http://people.irisa.fr/Martin.Quinson/Teaching/PLM/>>

Des questionnaires bilans sont remplis par les participants et nous faisons évoluer les contenus des journées en fonction des retours obtenus.

Des documents relatifs à ces journées ainsi que leurs programmes sont accessibles en ligne¹¹.

9 Perspectives

Les perspectives sont évidemment nombreuses, nous nous limitons à trois directions qui correspondent à des besoins immédiats :

- développer une réflexion didactique pour améliorer l'efficacité de la formation et l'expérience des élèves. Ce thème est d'ailleurs bien plus fréquent dans les colloques et revues comme ACM-TOCE que celui de la formation initiale des enseignants, qui en est pourtant un préalable. Pour travailler sur la didactique d'une discipline, il faut déjà en avoir bien assimilé les fondements, la pratiquer et avoir l'expérience de son enseignement. On peut espérer qu'avec le recul et l'expérience pédagogique acquise, les enseignants formés constituent des groupes de travail autour de questions didactiques. Certains ateliers des journées ISN/EPI en sont des prémisses. E. Vandeput rappelle dans l'entretien accordé à la revue 1024 (Vandeput, 2016) qu'un enseignant doit être à son niveau à la fois un pédagogue et un didacticien, mais qu'il ne peut évidemment pas se consacrer à de la recherche dans ces domaines ;
- définir, à partir de l'expérience acquise les contenus et pratiques des formations initiales d'enseignants d'informatique appelées à se mettre en place, par exemple le CAPES Mathématiques Informatique en France. Des pays, par exemple certains états allemands, Israël, la Grèce ont dans leurs universités des cursus pour de futurs professeurs d'informatique, mono ou bivalents selon les cas, analogues à ceux d'autres disciplines. On y prépare donc des mémoires consacrés à des questions de didactique de l'informatique ;

11 <<http://idees.loria.fr/index.php?n=Main.ProgrammeJourneeISN-EPI>>,
 <<http://idees.loria.fr/index.php?n=Main.ProgrammeJourneeISN-EPI2014>>,
 <<http://idees.loria.fr/index.php?n=Main.ProgrammeJourneeISN-EPI2015>>,
 <<http://idees.loria.fr/index.php?n=Main.ProgrammeJourneeISN-EPI2016>>,
 <<http://idees.loria.fr/index.php?n=Main.ProgrammeJourneeISN-EPI2017>>

- tirer parti de l'expérience des enseignants pionniers et de leur rôle de contact dans les établissements (ils n'enseignent pas que la spécialité ISN) pour proposer des formations adaptées aux besoins de tous les enseignants qui doivent accompagner des élèves dans leur découverte et leur compréhension du monde numérique en général et de certains aspects de l'informatique en particulier. Or, en France, une initiation ou formation à l'informatique et aux sciences du numérique est maintenant proposée aux autres sections : collège et primaire. Par ailleurs, l'initiative ISN est étendue à d'autres disciplines au lycée. Ces généralisations reposent sur des programmes différents. Il n'est plus possible alors de se reposer uniquement sur le programme à enseigner aux élèves trop différents d'un cas à l'autre, il faut aussi prendre compte les activités diverses des enseignants comme dans Parriaux & Chevalier (2016). Cela concerne par exemple en France les professeurs de mathématiques ou de technologie qui ont à enseigner des concepts informatiques dans leurs programmes ainsi que tous les maîtres de l'école primaire. Ces besoins ont été souvent décrits sous le label de « pensée informatique » à cause du papier fondateur de Wing (2006) ; cependant il faut bien remarquer que si le cadre général de réflexion est intéressant, la mise en pratique de cette approche en formation des maîtres reste à préciser (Yadav et al., 2014) et à mettre en œuvre.

10 Conclusion

Dans cet article, nous avons décrit la formation ISN de la région Lorraine en France. Nous avons décrit le contexte ayant permis d'initier cette formation, le contenu de la formation, comment le public des professeurs formés a reçu cette formation, l'articulation de la formation avec la certification à enseigner ISN, pilotée par le rectorat. Nous avons aussi décrit l'implantation de l'enseignement ISN dans les lycées de la région.

Nous avons souligné particulièrement l'importance des contacts qui perdurent entre enseignants et formateurs, non seulement au cours des journées annuelles ISN/EPI dont le programme est élaboré en commun, mais aussi par la participation des responsables universitaires aux commissions d'harmonisation des notes au baccalauréat et plus généralement sur la liste globale de diffusion.

Nous avons aussi mis en avant que la formation et les journées ISN/EPI n'ont pu exister sous cette forme en Lorraine que grâce au soutien de structures comme le LORIA et l'ESPE, en partenariat fort avec le rectorat. Cette convergence de bonnes volontés a été une chance. De telles initiatives nécessaires doivent-elles reposer sur la chance ?

Enfin, nous avons esquissé des perspectives possibles visant à élargir ISN au-delà du lycée.

Cette expérience de 6 ans nous permet d'avancer les préconisations suivantes pour favoriser la réussite d'une mise en œuvre d'une formation informatique :

- l'informatique, entrant dans les programmes à tous les niveaux (primaire, collège, lycée) sous différentes appellations et avec des programmes différents, il faut étendre la formation aux professeurs concernés, ce qui implique de définir un tronc commun indépendant des programmes ;
- il faut de la formation continue après la formation initiale pour les personnes formant les élèves ;
- la formation doit dépasser le cadre de l'informatique pure : formation aux enjeux sociétaux du numérique (problématique du *big data*, de la vie privée, potentiels, limites et risques de l'intelligence artificielle, etc.). En effet, au-delà des compétences informatiques, c'est vers une maîtrise du monde numérique qu'il faut aller. Notre réponse est l'organisation des journées ISN/EPI ;
- formation à la pédagogie par projet : les professeurs formés acquièrent des compétences informatiques. Il reste à encadrer des groupes de lycéens. Les seules compétences techniques ne suffisent pas alors, et il faut donc renforcer l'aspect pédagogique de la formation.

Références

Académie des Sciences, (2013) L'enseignement de l'informatique en France – Il est urgent de ne plus attendre, <www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf>.

ACM Europe : Informatics Education : Europe cannot afford to miss the boat, <<http://europe.acm.org/iereport/>>.

- Baron, G.-L., Drot-Delange, B., Grandbastien, M., & Tort, F. (2014). Computer science education in French secondary schools : Historical and didactical perspectives. *ACM Trans. Comput. Educ.* 14, (2), Article 11 (Juin 2014), 27 pages.
- BOEN. (2011). Prise en charge pédagogique de l'option de TL Droit et grands enjeux du monde contemporain et de l'enseignement de spécialité de TS Informatique et sciences du numérique, *Bulletin Officiel du Ministère de l'Education Nationale*, n° 36, 6 octobre 2011.
- Brodnik, A., & Tort, F ; (eds.). (2016). Informatics in Schools : Improvement of Informatics Knowledge and Perception, ISSEP 2016 proceedings, Münster, Germany, Springer LNCS n° 9973.
- Cogis, O., Palaysi, J. & Terrat, R. (2015). Rapport d'activité de la formation ISN dans l'académie de Montpellier de septembre 2011 à juin 2015, 1024, *Bulletin de la société informatique de France*, n° 7, nov. 2015, 65–79.
- Dowek, G., Archambault, J. P., Baccelli, E., Cimelli, C., Cohen, A., Eisenbeis, C., Viéville T., Wack, B., Bersini, H., & Le Blanc, G. (2013). *Informatique et sciences du numérique – Édition spéciale Python*. Eyrolles, 342 pages.
- Gautier, M. & Wrobel-Dautcourt, B. (2016) artEoz – Dynamic Program Visualization in Informatics in Schools : Improvement of Informatics Knowledge and Perception. 9th International Conference on Informatics in Schools : Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2016 proceedings, LNCS 9973, 2016.
- Ministère français de l'Education, Programmes ISN : <<http://eduscol.education.fr/cid59678/presentation.html>>.
- Parriaux, G., & Chevalier, M. (2016). Formation didactique des enseignants d'informatique : défis posés par une régionalisation, Actes du colloque Didapro 2016, 4 pages.
- Quinson, M., & Oster, G. (2015) A Teaching System To Learn Programming : the Programmer's Learning Machine. 20th ACM SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ItiCSE), July 2015.
- Vandeput, E. (2016). La didactique de l'informatique, entretien réalisé par C. De la Higuera, 1024, *Bulletin de la Société Informatique de France*, numéro 8, avril 2016, 105–111.

- Wing, J. M. (2006) Computational Thinking, Communications of the ACM, Mars 2006. Vol. 49, No. 3.
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambruch, S., & Korb, J. T. (2014), Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education, *ACM Trans. Comput. Educ*, 14, (1), 1–16.