



Projet EduNum - Postobligatoire

Création d'un moyen d'enseignement pour l'informatique au gymnase

Rédacteurs:

Virginia Haussauer

RÉDACTRICE, CENTRE LEARN, EPFL

Dr. Nathalie Farenc

CHEFFE DE PROJET, CENTRE LEARN, EPFL

Dr. Caroline Pulfrey

COLLABORATRICE SCIENTIFIQUE, CENTRE LEARN, EPFL

Elliot Vaucher

RÉDACTEUR, CENTRE LEARN, EPFL

Dr. Sunny Avry

COLLABORATEUR SCIENTIFIQUE, CENTRE LEARN, EPFL

Relecture et expertise:

Dr. Jean-Philippe Pellet

PROFESSEUR ASSOCIÉ, HEP VAUD

Relecture et mise en forme:

Dr. Christiane Caneva

COLLABORATRICE SCIENTIFIQUE, CENTRE LEARN, EPFL

Dr. Sunny Avry

COLLABORATEUR SCIENTIFIQUE, CENTRE LEARN, EPFL

DIRECTION DU PROJET, EPFL

Prof. Francesco MONDADA
Dr. Jessica DEHLER-ZUFFEREY

October 4, 2021

Nous remercions vivement Mme Collet pour son apport aux questions de genre en informatique que se soit pour la partie recherche ou pour sa collaboration au sein du projet.

Table des Matières

1	Contexte général	1
1.1	Une décision fédérale et intercantonale	1
1.2	Un arrière-plan européen	1
2	Etat de l'art	2
2.1	Un débat historique	2
2.2	Des avancées au XXI ^e siècle	3
2.3	La situation actuelle	4
2.3.1	Curriculum	5
2.3.2	Pédagogie	5
2.4	Langage de programmation	10
2.5	Plateforme	10
3	Le projet	11
3.1	Structure du projet	11
3.2	Aperçu des étapes-clés du projet	11
4	Plan d'étude vaudois	13
4.1	Place des enjeux sociaux et nouveau plan d'études	13
4.2	Les thématiques	13
4.2.1	Représentation de l'information	14
4.2.2	Introduction à l'algorithmique	14
4.2.3	Programmation	14
4.2.4	Architecture des ordinateurs	14
4.2.5	Enjeux sociaux du numérique	15
5	Un moyen d'enseignement collaboratif et ouvert	16
5.1	Constat initial	16
5.2	Une version standard	16
5.3	Collaboration et co-création	17
5.3.1	Présentation de GitHub	17
5.3.2	Utilisation souhaitée de GitHub	18
5.4	Diffusion libre d'accès et open-source	18
6	Pilote et planification	20
6.1	Présentation du pilote	20
6.2	Enseignant·e·s participant à la phase pilote	20
6.3	Nombre d'heures allouées à la phase pilote	20
6.4	Communication avec les enseignant·e·s	21
7	Monitoring de l'apprentissage	22
7.1	Buts	22
7.2	Population et schémas d'élèves face à la science informatique	22
7.3	L'utilité des retours des élèves	30
7.4	Création des questionnaires pour monitorer les réactions des élèves et des enseignant·e·s au niveau du matériel et méthodes	30
7.5	Les thèmes abordés de façon longitudinale	31
7.5.1	La valeur subjective de la branche en général et de la thématique abordée	31

7.5.2	L'apprentissage actif/les compétences du 21ème siècle	32
7.5.3	La pertinence par rapport à la vie actuelle (individuelle et sociétale)	32
7.5.4	L'identité et les représentations de la science informatique	32
7.5.5	L'évaluation de la thématique	32
7.5.6	Questions démographiques, expérience dans le domaine	33
7.6	Monitoring : Éléments à retenir	33
8	Enjeux futurs	34
8.1	Une infrastructure pérenne	34
8.2	Des formations pour les enseignant·e·s	34
8.2.1	Formations actuelles	34
8.2.2	EduNum et formation	34
8.2.3	Retours concernant l'enquête portant sur les besoins de formation	34
	References	38

1 Contexte général

Depuis 2018, le nouveau Règlement de la CDIP sur la reconnaissance des certificats de maturité gymnasiale (RRM) comprend l'informatique en tant que discipline obligatoire. À compter de cette date, chaque canton dispose de quatre ans pour mettre en œuvre cet enseignement et définir un plan d'études en ligne avec le plan d'études cadre adopté par les cantons en octobre 2017. Celui-ci comprend l'apprentissage des concepts fondamentaux de la science informatique (algorithmique, programmation, représentation des données, réseaux) ainsi qu'une sensibilisation aux enjeux de société soulevés par le numérique. La mise en application de cet enseignement doit être concrétisée pour la rentrée 2022/2023.

Dans ce contexte, le volet du projet EduNum dédié au postobligatoire a pour objectif principal la création d'un moyen d'enseignement utile aux futur·e·s enseignant·e·s de cette discipline. Une phase pilote est prévue à la rentrée 2021. Plusieurs enseignant·e·s testeront ces nouvelles ressources lors de la période de bureautique inscrite au programme de 1^{ère} année. Ce pilote permettra d'affiner les ressources et de prendre en compte les retours d'expérience en vue du déploiement dans toutes les classes du canton à la rentrée 2022.

1.1 Une décision fédérale et intercantonale

Face à l'importance croissante des technologies de l'information et de la communication dans la société actuelle, la Confédération et la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) ont décidé de rendre obligatoire l'enseignement de l'informatique au gymnase. Celui-ci s'inscrit dans le domaine d'études « mathématiques et sciences expérimentales », désormais appelé « mathématiques, informatique et sciences expérimentales (biologie, chimie et physique) ». Le pourcentage d'heures de cours dédié à ce domaine passera de 25-35% à 27-37%. Les textes juridiques révisés sont entrés en vigueur le 1er août 2018, avec un délai transitoire de quatre ans.

Sur le plan latin, la Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP) a publié en décembre 2018 un plan d'action en faveur de l'éducation numérique en spécifiant cinq domaines prioritaires, à savoir : les plans d'études, l'équipement, la formation des professionnels, la collaboration avec les hautes écoles et la concertation et veille technologiques et pédagogiques.

1.2 Un arrière-plan européen

Le projet EduNum du canton de Vaud s'inscrit dans une démarche proche de la stratégie de l'Union européenne en matière d'éducation numérique. Le nouveau plan d'action européen 2021-2027 comprend deux visées prioritaires :

- a. Favoriser le développement d'un écosystème d'éducation numérique hautement performant;
- b. Renforcer les aptitudes et compétences pour la transformation numérique.

Pour ce second point, les besoins identifiés sont, entre autres :

- des aptitudes et compétences numériques de base dès le plus jeune âge;

- une culture numérique, y compris pour lutter contre la désinformation;
- un enseignement en informatique;
- une bonne connaissance et compréhension des technologies à forte intensité de données, telles que l'intelligence artificielle (IA);
- des compétences numériques avancées, qui produisent davantage de spécialistes numériques;
- l'assurance que les filles et les jeunes femmes sont représentées sur un pied d'égalité dans les études et les carrières numériques.
- Renforcer les aptitudes et compétences pour la transformation numérique.

Au niveau du secondaire postobligatoire (équivalent du secondaire II), certains pays ont déjà mis en œuvre un enseignement spécifique. En France la discipline "Sciences numériques et technologie" (SNT) a été introduite en 2020 au niveau lycée dans toutes les classes de seconde, à raison d'1h30 de cours par semaine. Cependant, dans de nombreux pays européens, les compétences numériques tendent à être enseignées de manière distincte et facultative¹. Elles ne concernent donc pas l'ensemble des élèves du secondaire postobligatoire.

2 Etat de l'art

Enseigner l'informatique : quelques mots à propos d'une activité récente sur l'échelle des connaissances de l'humanité, mais qui a une histoire déterminante pour ce projet.

2.1 Un débat historique

En 1989 déjà, un débat sur le sujet a donné lieu à un article, avec comme socle initial une intervention de Edsger Dijkstra intitulée « Sur la cruauté d'enseigner vraiment la science informatique » (Dijkstra, pionnier dans le domaine, avait écrit dans les années 1960 un des premiers langages de programmation). Le message était fort : l'informatique représentait une nouveauté radicale dans l'histoire de l'humanité et donc son enseignement ne pouvait être envisagé qu'à travers une rupture tout aussi radicale vis-à-vis des disciplines fondamentales mères (Dijkstra et al., 1989).

La révolution informatique, selon lui, s'appuie sur plusieurs éléments : d'une part, le changement du paradigme temporel (la compréhension du passé n'enseigne pas celle du présent, pire elle la perturbe); d'autre part, le volume de données, d'informations et la taille des problèmes atteignables par la science informatique, sans commune mesure avec ce qui était envisageable jusqu'à présent ; enfin la sensibilité aux changements mineurs au sein d'un environnement informatisé est selon lui une spécificité de la discipline.

Il s'agit pour E. Dijkstra de délaisser le continuum pédagogique, le changement graduel communément admis comme meilleure façon d'enseigner et aborder la nouvelle discipline par une révolution pédagogique et didactique. E. Dijkstra s'appuie sur l'observation d'échecs d'enseignement notables pour de nouvelles générations lors d'un phénomène de changement

¹Commission européenne/EACEA/Eurydice (2019). L'éducation numérique à l'école en Europe. Rapport Eurydice. Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne.

majeur (radical novelties). La difficulté de ce type de phénomène viendrait du fait que les personnes fortement attachées au modèle du changement graduel ne seront pas à même, de part leur conception culturelle fondamentale, de percevoir une nouveauté radicale.

Pour E. Dijkstra, c'est cet inconfort lié au nouveau et ce qu'il suppose comme changement qui parasite l'enseignement de la science informatique et la perception de ce qu'elle est vraiment : une révolution. Nombreux furent les critiques et commentaires apportés par des mathématiciens, informaticiens et surtout praticiens à la vision radicale d'E. Dijkstra.

Si tous reconnaissent la nécessité de fonder les savoirs informatiques sur un apprentissage mathématique formel et surtout rigoureux, il lui est généralement reproché une vision "hors sol", éloignée des réalités d'un monde informatique qui fonctionne malgré tout, et plutôt bien depuis de nombreuses années. Outre les prétendues spécificités liées à l'informatique contestables (petites perturbations, méthode "diviser pour régner", discontinuité des grands systèmes informatiques...), des scientifiques, par ailleurs praticiens de l'informatique depuis des années dans des environnements industriels complexes, contestent sa vision de la science informatique comme réduction au couple formulation symbolique des spécifications - preuves formelles et son refus de l'opérationnalité comme vecteur d'apprentissage. Ils insistent justement sur la nécessaire appropriation de la discipline informatique par les méthodes classiques d'apprentissage, essais-erreurs, tests, visualisation. Ils privilégient le raisonnable et le pragmatique, au radical, généralement source de catastrophe - l'introduction des mathématiques modernes dans les années 60-70 résonne à ce titre dans leur mémoire.

Ainsi, dès les années 80, l'enseignement de l'informatique ouvrait une discussion très sensible avec un périmètre loin d'être évident.

2.2 Des avancées au XXI^e siècle

En 2001, émerge un nouveau concept ayant des répercussions sur les pédagogies utilisées: les «digital natives» (Prensky, 2001), ou enfants du numérique (nés depuis la fin des années 80 versus les "Digitals immigrants"). Ils sont perçus comme ayant des compétences innées dues à leur pratique numérique. Cela va amener une nouvelle approche pour cet enseignement et de nouvelles orientations des politiques publiques. L'enseignement de l'informatique en tant que discipline pour tous est mis de côté. L'idée est alors de ramener l'apprentissage de l'informatique à l'apprentissage de progiciel, la programmation n'étant qu'une option pour spécialistes.

Une étude menée en 2007 a porté sur les recherches et publications dans le domaine de l'enseignement de la science informatique. Il en ressortait que les domaines principaux d'études portaient sur la définition du curriculum, la pédagogie associée, le choix du langage et enfin la recherche d'outils adaptés. Les facteurs décisifs identifiés pour ces choix étant d'ordre historique, culturel, en lien avec les besoins des employeurs, en accord avec les pré-requis d'accréditation et les évaluations possibles, les choix des institutions et enfin les perspectives nationales et internationales (Pears et al., 2007).

D'un autre côté, des équipes de recherches étudient le monde de l'enseignement de l'informatique d'un point de vue psychologique et éducatif. Robins et al. (2003) dressent (entre autres) un portrait du programmeur novice, des problèmes rencontrés, des aspects particuliers de ce

domaine tels que l'erreur qui peut être bloquante, des différents types de connaissances et stratégies. Lahtinen et al. (2005) présente les difficultés rencontrées par les programmeurs novices durant leurs études. L'objectif de ces articles est d'identifier les difficultés pour aider la création de matériel d'enseignement pour des cours basiques de programmation.

Boustedt et al. (2007) définissent la notion de concepts clefs, qui "représentent un sous-ensemble des concepts de base qui sont transformateurs, intégratifs, irréversibles et qui peuvent être perturbateurs." Issu des théories constructivistes, ces concepts clefs marquent des étapes dans les apprentissages, des niveaux de difficultés ou de représentation qu'il est important de bien identifier pour que les apprentissages soient construits et efficaces au mieux. Une étude récente (Kallia et Sentance, 2021) continue d'analyser avec des enseignants ces concepts clefs, leur maîtrise et l'impact que cela peut avoir sur les élèves.

Les années 2010 ont été marquées par la prise de conscience qu'il était fallacieux de postuler sur des connaissances innées pour les enfants du numérique. Des études fleurissent sur tous les continents pour invalider ce type de théorie (Lei, 2009), et montrer les difficultés rencontrées lors des apprentissages (Li et Ranieri, 2010), ainsi que les impacts à plus long terme ayant trait aux enjeux sociaux. Suite à cela, la science informatique revient dans les écoles, en option pour le baccalauréat en France en 2012 avec une introduction de Gérard Berry (Dowek, 2012), qui précise : "Ces jeunes lycéens sont bien sûr très familiers avec les appareils informatisés. Mais ce n'est pas pour cela qu'ils comprennent le fonctionnement, même sur des plans élémentaires pour certains. Une opinion encore fort répandue est qu'il n'y a pas besoin de comprendre ce fonctionnement, et qu'il suffit d'apprendre l'usage des appareils et logiciels. A l'analyse, cette opinion apparemment naturelle s'avère tout à fait simpliste, avec des conséquences néfastes qu'il faut étudier de près."

Aux États-Unis, la discipline informatique aussi est déployée avec des budgets spécifiques pour apprendre la programmation avec une forte campagne de promotion ; ainsi Barack Obama sera "le premier président à écrire une ligne de code", qui sera suivi d'une initiative "Computer science for All" et d'autres projets tel que "Scalable Game design" (Repenning et al., 2015) afin de faire de cet enseignement un enseignement ouvertement inclusif pour toutes et tous et pour toutes les minorités.

En Suisse, dès 2008, une option complémentaire en informatique est introduite à l'école de maturité avec un volet formation des enseignants. Elle s'inscrit également dans ce mouvement. Il est aussi à noter que l'on commence à discerner les domaines que sont l'étude du numérique (des pratiques, des outils) et le domaine de la science informatique, qui donne lieu parfois à des mécompréhensions mais qui parfois se recoupent d'un peu trop près pour les professionnels de la science informatique.

Ces différentes étapes qui ont structuré l'histoire de l'enseignement de l'informatique amènent une structure d'analyse qui sous-tend le projet EduNum pour le secondaire 2.

2.3 La situation actuelle

Si l'on se réfère à la catégorisation des problématiques couvertes par la recherche de Pears et al. (2007), le premier point portait sur le curriculum et la définition du contenu structurant la formation.

2.3.1 Curriculum

Petreska von Ritter-zahony (2016) apporte une définition de matrice disciplinaire pour la science informatique. Cette expertise fut utilisée lors de la définition du plan d'étude Vaudois qui est la base structurelle pour les ressources issues de ce projet.

2.3.2 Pédagogie

La transition numérique que connaît le monde aujourd'hui amène les états à réévaluer les besoins en formation de nos systèmes éducatifs. Un constat émerge : il existe à l'heure actuelle à la fois un manque d'apprenant.e.s s'orientant vers les emplois liés à la technologie, en demande croissante, et un manque de préparation de ceux-ci au regard des compétences à acquérir dans le domaine de la science informatique (Ryoo, 2019; Kert et al., 2019). Un certain nombre de pays mettent donc en place depuis les deux dernières décennies des politiques éducatives visant à la fois à mettre à jour le contenu du curriculum en science informatique (Kert et al., 2019) et promouvoir au sein du domaine une plus grande diversité sociale, de genre et d'origine ethnique (Ryoo, 2019). Ces réformes requièrent que les enseignant.e.s s'adaptent, à la fois par l'acquisition de nouveaux contenus mais aussi par l'utilisation de pédagogies efficaces et inclusives (Sentance et Csizmadia, 2017). Dans le cadre du projet EduNum, la création des moyens d'enseignements réalisée au niveau postobligatoire prend donc appui sur la littérature scientifique pour relever deux grands défis :

- se doter d'une pédagogie efficace et motivante
- se doter d'une pédagogie inclusive

2.3.2.1 Une pédagogie efficace et motivante

Les méthodes et les environnements d'apprentissage traditionnels s'avèrent mal adaptés à l'enseignement de la science informatique (Kert et al., 2019). Ainsi, dans les dernières années, la recherche a mis un effort particulier pour découvrir comment rendre l'enseignement de la science informatique efficace (Kert et al., 2019). La littérature récente fait aujourd'hui état d'un certain nombre de stratégies pédagogiques particulièrement propices à rendre l'enseignement de la science informatique à la fois efficace, c'est-à-dire permettant un apprentissage profond des concepts clés, et motivant, c'est-à-dire engageant et amusant. Cinq grands thèmes émergent (Sentance et Csizmadia, 2017) :

- l'utilisation d'une approche débranchée et le jeu vidéo
- la mise en contexte des tâches
- le travail collaboratif
- le développement de la pensée computationnelle et l'apprentissage par problèmes
- l'étalement de l'apprentissage

L'approche débranchée et le jeu vidéo

L'apprentissage de l'informatique par une pédagogie dite "débranchée", c'est-à-dire sans l'utilisation d'ordinateurs s'avère particulièrement efficace pour stimuler la compréhension des concepts informatiques de façon très concrète et pratique (Curzon et al., 2009). Différents types d'activités peuvent être mises en place, telles que les pratiques kinesthésiques, les jeux de rôle, les puzzles, les activités artistiques, etc. (Kert et al., 2019).

Dans un autre registre, l'utilisation du jeu vidéo éducatif semble être particulièrement adéquate pour susciter un apprentissage efficace et générer un surcroît de motivation chez les apprenant.e.s. Cette valeur ajoutée du jeu vidéo semble s'expliquer par des caractéristiques inhérentes au jeu vidéo telles que le challenge, la fantaisie ou la curiosité, qui promeuvent l'engagement (Papastergiou, 2009).

La mise en contexte des tâches

La mise en contexte des tâches consiste à faire le lien entre la science informatique et le monde réel. Il a été montré que mettre en lumière comment la science informatique est utilisée de façon concrète à la maison et au sein de la société actuelle peut contribuer à renforcer l'intérêt et la curiosité des élèves (Ryoo, 2019; Sentance et Csizmadia, 2017).

Le travail collaboratif

Plusieurs stratégies collaboratives sont perçues par les enseignant.e.s en science informatique comme particulièrement utiles pour l'apprentissage des élèves. Le travail d'équipe, le mentorat par les pairs, la programmation avec un pair et la collaboration s'avèrent être particulièrement efficaces et motivants (Sentance et Csizmadia, 2017).

Le développement de la pensée computationnelle et l'apprentissage par problèmes

Les enseignant.e.s valorisent la mise en place d'activités visant à promouvoir la pensée computationnelle, qui représente un certain nombre de compétences qui s'enchevêtrent les unes aux autres, telles que la capacité d'abstraction (i.e. l'identification ou le regroupement de caractéristiques communes), la pensée algorithmique (i.e. la démarche d'organisation et de planification pour résoudre un problème), la généralisation (i.e. la capacité à factoriser des éléments semblables) ou l'évaluation de la pertinence de la méthode choisie (Sentance et Csizmadia, 2017; Brennan et Resnick, 2012). Par exemple, l'apprentissage par problèmes, qui consiste à mettre ensemble les apprenant.e.s pour résoudre un problème donné, est particulièrement apprécié pour sa capacité à mettre en pratique de façon concrète les principes de pensée computationnelle (Pucher et Lehner, 2011). En revanche, la littérature indique que les apprenant.e.s sont généralement plus motivés lorsque les projets émanent d'eux-mêmes plutôt que lorsqu'ils sont imposés par l'enseignant.e.

L'étalement de l'apprentissage

La question de comment guider l'apprenant.e dans son apprentissage de la science informatique a fait l'enjeu de débats importants depuis plus d'un demi-siècle. Des études récentes montrent qu'une stratégie d'étalement fortement guidée (i.e., l'enseignant.e explique d'abord en détail à l'apprenant.e les concepts et les procédures à apprendre) semble plus propice à un meilleur apprentissage qu'une approche minimalement guidée (i.e. l'apprenant.e doit découvrir ou construire par lui-même les concepts et les procédures), cette dernière étant pourtant généralement utilisée dans l'apprentissage de la science informatique (Kirschner et al., 2006; Swidan et al., 2018).

Une identification des étapes à respecter

Les concepts clefs n'ont pas été abordés par le comité de rédaction sous cet angle mais ressortent via l'expérience métier des auteurs. Des concepts comme la récurrence ne sont tout simplement pas abordés en programmation ou algorithmique durant les deux années de formation. L'appel de fonction avec des paramètres sera aussi traité en fin d'année car identifié comme difficile d'approche et encore plus de maîtrise par ces enseignants expérimentés.

2.3.2.2 Une pédagogie inclusive

Un second pan de l'apprentissage de la science informatique, concerne non pas sa capacité à être efficace, mais plus inclusif.

Le très faible taux de femmes dans les études d'informatique que l'on retrouve dans tout l'occident n'existent que depuis une vingtaine d'années. Dans plusieurs pays non occidentaux, tels que la Malaisie (Lagesen et Mellström, 2004), choisir l'informatique est un choix de femmes, car ce métier ne nécessite pas de force physique et qu'il peut s'exercer à la maison, à l'abri des hommes. Des travaux historiques récents ont montré qu'entre les années 1940 et 1980, de nombreuses femmes, aux États-Unis comme en Europe, ont participé aux recherches et aux métiers informatiques (Collet, 2019; Misa, 2010). L'arrivée de la micro-informatique tant dans les familles qu'en entreprise dans les années 1980 a contribué à masculiniser le domaine, créant une pseudo continuité entre le micro-ordinateur pour jouer utilisé par des communautés d'adolescents passionnés et le micro-ordinateur professionnel de l'informaticien (Collet, 2011). Ce que l'on constate, c'est qu'à l'inverse des métiers qui se féminisent à mesure qu'ils perdent de la valeur dans le monde social, tels que les métiers de l'enseignement (Cacouault-Bitaud, 1999), les métiers scientifiques et techniques du numérique se masculinisent à partir du moment où ils deviennent synonymes de plein emploi, de carrières brillantes et de haut salaire.

De plus, on peut observer des stéréotypes de genre vis-à-vis de la supériorité supposée des garçons en science informatique présents dès l'âge de 6 ans et la disparité homme-femme est encore plus importante dans le domaine de la science informatique que dans les STEM (science, technologie, ingénierie et mathématiques) plus généralement (Master et al., 2017). La littérature rapporte que les disparités observées sont dues à ces stéréotypes, à un manque d'accès aux technologies par les filles dans le contexte familial (contrairement aux garçons) ainsi qu'à un manque d'infrastructures permettant de promouvoir l'éducation à la science informatique dans les zones scolaires peu favorisées, et non pas à un manque d'intérêt dans la population féminine, non-blanche ou peu favorisée (Ryoo, 2019).

Face à ce constat il existe un ensemble de mesures d'équité orientées vers les femmes et les filles.

La lutte contre les stéréotypes

Bien que cela soit fondamental d'explicitier la dimension non naturelle des stéréotypes, il est illusoire de penser qu'il suffit de déconstruire les stéréotypes pour qu'ils ne soient plus opérants (Huguet et Régner, 2009), il faut se pencher sur la source d'une telle construction et identifier en amont un système hiérarchique qui tente de se justifier en les créant et recréant au fur et à mesure (Collet, 2018).

Les role models : Malgré la grande popularité de ces mesures, il existe très peu d'études qui mesurent véritablement leur impact. La recherche de Breda et al. (2018) montre qu'une intervention menée en classe par une femme « role model » a uniquement un effet de renforcement sur les lycéennes déjà intéressées par les sciences. L'intervention n'a aucun effet mesurable sur l'orientation des filles de manière générale.

Les résultats PISA 2015 montrent que peu de mères d'enfants de 15 ans dans le monde travaillent dans les métiers des sciences et techniques quel que soit le pays considéré. Les mesures mobilisant les role models cherchent à contrebalancer ce déséquilibre en proposant justement les modèles manquants, dans le but de mettre à mal par l'exemple les stéréotypes sur la faiblesse naturelle des filles en science. Toutefois dans les fratries dans lesquelles la mère est scientifique, si tous les enfants bénéficient de son influence, ce sont les garçons qui en bénéficient le plus.

Les mesures de soutien : Les programmes de mentorat, de bourses ou de prix dédiés aux femmes ou aux filles, les réseaux féminins de grandes entreprises ont la vocation de fournir des mesures de rattrapage des discriminations. Les mesures d'équité sont indispensables pour soutenir les femmes dans un système qui les désavantage, mais sont indéfiniment nécessaires, quand le système lui-même n'a pas été transformé.

Bilan des mesures

Quelles que soient les mesures incitatives mises en œuvre en direction des filles, le point de départ est souvent le recensement d'un certain nombre de manques du côté des filles et des femmes (manque de confiance en elle, d'aptitudes, de modèles, de connaissances du domaine...) qui les amèneraient à « s'auto-sélectionner » et se détourner d'elles-mêmes de ces filières. Il s'agit alors de combler les déficits supposés spécifiques des femmes et/ou de compenser les injustices d'un système qui les discrimine. Toutes ces mesures ont la vocation de fournir un rattrapage des discriminations et d'aligner les femmes sur un standard qu'on n'interroge pas : celui des hommes qui ont réussi.

Toutefois, si on constate des phénomènes qui s'apparenteraient à de l'auto-exclusion ou à une trop grande réserve de la part des femmes, il faut aussi s'interroger sur les mécanismes qui sont à la source de ces comportements. De nombreuses études constatent effectivement des stratégies d'évitement pour certaines filières chez les filles comme chez les garçons (Vouillot, 2010). A Genève, au primaire et au secondaire, on note plus d'anxiété chez les filles que chez les garçons quand il s'agit de faire des mathématiques (Dutrévis et al., 2017). Le système

de genre questionne sans cesse la légitimité des filles dans les matières scientifiques, via les manuels scolaires et les expositions scientifiques (Bernardis, 2013). En classe, surtout au secondaire, ce sont les garçons qui occupent l'espace sonore de la classe (Jarlégan et al., 2010) et certains n'hésitent à rappeler aux filles quelle est leur place, à grand renfort d'humour sexiste (Collet, 2014). Les garçons surestiment leur performance en maths ou font des paris sur leur potentiel (Bench et al., 2015) puisque l'école ne cesse de leur répéter qu'ils sont de sous-réalisateurs potentiellement brillants (Duru-Bellat, 1992). D'ailleurs, dès le passage au secondaire, des enseignants ont davantage confiance dans des capacités mathématiques chez les garçons, car elles finiront par se révéler et voient les difficultés des filles comme structurelles (Morin-Messabel et al., 2012). Ce que montre cet ensemble de travaux est que « les filles [...] et les femmes] se censurent parce qu'elles sont censurées » (Blanchard et al., 2016), d'autant qu'à la moindre faiblesse, elles sont renvoyées à leur nature de femme, qui serait explicative de tout échec ou moindre performance, comme dans le cas des informaticiennes (Collet et Mosconi, 2010).

Les mesures de soutien ou de rattrapage, appelées mesures d'équité, peuvent être vues comme des mesures d'urgence pour rendre plus juste un système encore foncièrement inégalitaire. Elles comportent toutefois l'inconvénient majeur de mesurer la taille des inégalités afin de les compenser sans remettre en question la production de ces inégalités.

2.3.2.3 De l'équité à l'égalité

Au début des années 2000, une recherche européenne faisait une analyse de ce que devait être une « bonne pratique » en matière d'égalité Femme / Homme en informatique, à la lumière de pratiques incitatives relevées dans une dizaine de pays (dont la Suisse) (d'Ouille et Collet, 2004). La conclusion du rapport indiquait que les pratiques relevées étaient très localisées et manquaient de coordination à l'échelle d'un pays, n'était pratiquement jamais évaluée et ciblait la plupart du temps les femmes et les filles, jugées premières responsables de leur exclusion, plutôt que les institutions, actrices du changement. Enfin, un reproche majeur de ce rapport était le manque d'évaluation systématique des mesures incitatives : soit parce que leur impact direct est difficilement évaluable, comme le montre le rapport du SE-FRI de 2015 sur la journée Futur en tout genre, soit parce qu'aucun plan d'évaluation n'a été établi en amont, au-delà d'une enquête de satisfaction auprès du public. Il s'agit maintenant d'adresser les différents niveaux de la formation au numérique. Plutôt que de proposer des mesures d'équité qui prendraient acte d'un système inégalitaire qu'on tenterait d'amender, il s'agit de repenser des points clés de la formation par et pour le numérique vers une stratégie visant l'égalité.

Des études indiquent des stratégies pédagogiques s'avérant efficaces pour promouvoir la science informatique chez les femmes, les individus de couleurs et issus de milieux peu favorisés (Ryoo, 2019; Master et al., 2017):

- Démystifier la science informatique en montrant sa connexion avec la vie de tous les jours
- Discuter des problématiques sociales et des stéréotypes liées à la science informatique
- Valoriser la prise d'initiative et l'écoute de l'apprenant.e

- Promouvoir l'utilisation des technologies par les filles, notamment dans le cadre familial

Dans un premier temps, au niveau du projet, les ressources ont été pensées selon ces axes stratégiques.

2.4 Langage de programmation

Le troisième point portait sur le choix du langage de programmation. Débattu lors de la création du plan d'étude, il a été décidé de manière collégiale et rapide avec l'adoption du langage Python, amenant les arguments de succès croissant, de clarté, robustesse, compacité, simplicité avec du typage dynamique faible tout en offrant des possibilités d'aller vers de la programmation objet avec des bibliothèques graphiques et ludiques.

Les ressources présentent des exercices et activités dans ce langage, mais compte tenu de la modularité possible, il est tout à fait envisageable qu'un enseignant choisisse un autre langage, JavaScript par exemple, et décline les exemples et exercices avec cette option. Cette dernière remarque amène le choix de la plateforme.

2.5 Plateforme

Le dernier pan de la catégorisation des problématiques couvertes par la recherche de Pears et al. (2007), portait sur le choix d'une plateforme. Cette question qui a mis fréquemment les projets de e-learning en échec a été un sujet investigué dès le début du projet. Vous pouvez vous référer au chapitre portant sur le sujet.

Pour clore cet état de l'art rapide sur un domaine aussi vaste, il faudrait évoquer les ressources en tant qu'objet d'apprentissage. De par le format de diffusion choisi pour ce projet, nous sommes dans un format d'Open Educational Ressources. Ce domaine a aussi un historique (Fernandes et al., 2006) et actuellement les ressources créées ne répondent pas à un standard de description tel que Scorm ou d'autres LMS (Learning management system). Peut être qu'une évolution du projet sera d'aller vers de telles pratiques. On observe depuis deux ou trois ans, une relance de ces Open Educationnal Ressources (OER) avec la présence de plus en plus forte des MOOC dans le paysage de l'éducation, dont la pertinence pédagogique continue de faire néanmoins débat, en particulier au niveau des praticiens du quotidien que sont les enseignants.

3 Le projet

Dans le cadre du projet EduNum mené par le DFJC du canton de Vaud, il a été décidé que les enseignant·e·s d'informatique au secondaire II bénéficieraient de la collaboration entre l'UNIL, la HEP Vaud et l'EPFL sous la conduite du Centre LEARN de l'EPFL, sous la forme de ressources pour l'enseignement de ladite matière, ainsi que de formations à l'utilisation de ces ressources.

Ces ressources, mises à disposition sans obligation d'être utilisées, ont été conçues pour être modifiables par le corps enseignant, par respect pour la tradition de liberté de méthode d'enseignement présente au gymnase (voir chapitre 5).

Les formations à l'utilisation des ressources, et plus généralement l'encadrement de l'enseignement de l'informatique pour les enseignant·e·s qui en ressentent le besoin, sera prise en charge par le même groupe de travail, selon des modalités décrites au chapitre 8).

3.1 Structure du projet

Le projet, sous mandat du canton de Vaud en la personne de Mme Suzanne Peters et M. Jérémie Leuthold qui gèrent le projet EduNum dans sa globalité, est composé de deux comités, à savoir un comité de coordination et un comité de rédaction.

Le comité de coordination comprend un ou plusieurs membres de chaque institution (EPFL, UNIL, HEP Vaud), le représentant des directeurs de gymnases du canton de Vaud, le représentant des chefs de file d'informatique, le représentant des chefs de file de sociologie, ainsi qu'un représentant de la DGEP.

Pour cette première année, le comité de rédaction comptait dix personnes : certains membres du comité de coordination, des enseignant·e·s d'informatique en poste dans divers gymnases vaudois et une équipe de support au Centre LEARN de l'EPFL.

3.2 Aperçu des étapes-clés du projet

Automne 2020

- Discussions concernant le format de ressources
- Choix des modalités de partage, de co-crédation, de licences
- Mise en place d'un outil de travail collaboratif
- Attribution des thématiques aux auteur·e·s des ressources

Hiver 2020-2021

- Création de premières ébauches de contenus
- Création de prototypes d'activités
- Création de prototypes de questionnaires

- Proposition d'une nouvelle version du plan d'études

Printemps 2021

- Rédaction de cours théoriques
- Rédaction d'activités
- Mise en forme du contenu
- Premières relectures et corrections
- Premières enquêtes dans les classes et corrections des questionnaires
- Premiers retours aux enseignants-auteurs sur la base des enquêtes menées dans les classes

Été 2021

- Travail sur le style et la ligne graphique
- Mise en place de la plateforme collaborative
- Mise en place des canaux de communication
- Organisation de la phase pilote avec ouverture officielle et rencontre avec les enseignants pilotes en juin

4 Plan d'étude vaudois

La file d'informatique a été mandatée en 2018 par la DGEP afin d'élaborer un plan d'études pour l'informatique en tant que discipline obligatoire. Une première version a servi de fondement pour débiter le projet en septembre 2020. Il a été le socle de réflexions pour définir et préciser les cinq grandes thématiques qui composent le nouveau plan d'études proposé en février 2021. Celui-ci est en cours d'approbation par le canton.

Ce nouveau plan d'études respecte le plan d'études cadre proposé par la CDIP et s'inscrit dans le prolongement de l'éducation numérique enseignée dans le cadre de la scolarité obligatoire. Alors que l'introduction d'une nouvelle discipline constitue un exercice périlleux, il a été choisi de s'appuyer sur la liberté et la responsabilité pédagogique des enseignant·e·s et proposer ainsi un plan d'études à la fois flexible et modulable, tout en assurant une architecture cohérente sur les deux ans.

4.1 Place des enjeux sociaux et nouveau plan d'études

La première version du plan d'études (2020) proposait d'associer directement des enjeux sociaux à des notions fondamentales de science informatique. Cependant, au fil de la mise en œuvre du projet, cette approche est apparue à la fois peu pertinente et difficilement applicable, tant les questions de société sont transversales. En effet, des problématiques telles que la transformation des modèles économiques ou la surveillance ne peuvent être reliées à une seule dimension technique, car elles concernent le numérique au sens large.

Ainsi, la version actuelle du plan d'études propose un axe «enjeux sociaux du numérique» dissocié du contenu technique mais complémentaire à celui-ci. Réserver une place claire et définie à ces enjeux permet de les appréhender dans leur dimension globale et multiple, tout en assurant leur visibilité.

4.2 Les thématiques

Les grandes thématiques pour la première et la deuxième année ont été définies ainsi :

1^{ère} année :

- Représentation de l'information
- Introduction à l'algorithmique
- Introduction à la programmation
- Architecture des ordinateurs
- Enjeux sociaux du numérique

L'histoire de l'informatique est enseignée de façon transversale au travers des cinq thématiques.

2^{ème} année :

- Algorithmique et programmation

- Réseaux
- Enjeux sociaux du numérique

La deuxième année comprend également une heure de non-présentiel qui sera dédiée à la réalisation d'un "projet". Ce dernier point fait encore l'objet d'un certain nombre d'interrogations quant à sa mise en œuvre et il n'est pas intégré à la phase pilote.

Nous présentons, ci-dessous, un survol du contenu des quatre thématiques de première année.

4.2.1 Représentation de l'information

L'informatique repose sur les nombres binaires. La thématique "Représentation de l'information" aborde la question des transformations qui sont faites sur le réel pour le représenter sous forme binaire.

Les objectifs de ce chapitre sont la compréhension du changement de base de représentation, la formalisation de la manipulation des informations binaires, ainsi que l'évaluation des limitations de cette représentation binaire et ses implications.

4.2.2 Introduction à l'algorithmique

L'algorithmique est l'étude de la mise en place d'une stratégie pour résoudre un problème, ainsi que la mesure qui est faite de son optimisation dans une situation donnée. Elle est essentielle en informatique, où les ressources sont limitées et le temps d'exécution d'un programme, ou même le simple fait qu'il se termine un jour, sont des éléments fondamentaux.

L'objectif pédagogique central de cette thématique est d'apprendre aux élèves à résoudre un problème en construisant une solution par étapes. Cela passe par l'apprentissage d'une formalisation des solutions à l'aide d'algorithmes.

4.2.3 Programmation

Une partie importante du cursus en science informatique concerne l'apprentissage d'un langage de programmation. Si l'enseignant·e est libre dans le choix de ce langage, l'utilisation de Python est fortement recommandée. Les ressources proposées ici reposent sur ce langage.

L'introduction à la programmation amène les élèves à manipuler les éléments fondamentaux du langage Python : variables et expressions, structures de contrôle, listes, dictionnaires, fonctions, modules, etc. L'objectif est de fournir aux élèves des bases solides, tant dans la syntaxe que dans la sémantique de ce langage de programmation.

4.2.4 Architecture des ordinateurs

Dans le cadre d'une formation à l'informatique, il est essentiel de saisir ce qui se passe dans les couches de bas niveau des ordinateurs. Avant d'être un outil capable de comprendre et d'exécuter des programmes, un ordinateur est un assemblage de différents composants électroniques, qui, mis bout à bout, permettent de construire une architecture capable

d'interpréter, stocker et de manipuler l'information.

L'objectif pédagogique du chapitre consiste à faire comprendre aux élèves que la complexité des tâches dont les ordinateurs sont capables est le résultat d'un nombre considérable d'opérations simples. Au niveau le plus fondamental, seules quelques opérations sont possibles : addition, déplacement, écriture, lecture. Mais cumulées et répétées des milliards de fois par seconde, elles permettent de générer les applications que l'on utilise au quotidien.

4.2.5 Enjeux sociaux du numérique

Dans une perspective citoyenne, l'élève est amené à développer un regard informé face aux technologies numériques et à la façon dont elles reconfigurent de nombreuses dimensions de la société, telles que les relations sociales, la vie privée, les sphères politiques et économiques, la culture ou les médias.

Ainsi, les enjeux sociaux du numérique sont traités au travers de sept grandes thématiques :

- Economie du numérique
- Vie privée et surveillance
- Numérique et environnement
- Médias sociaux
- Intelligence artificielle et enjeux de l'automatisation
- Citoyenneté et gouvernance
- Histoire et culture d'Internet

L'objectif est d'encourager une démarche réflexive et critique qui permet de situer l'informatique en société, notamment au travers des effets de continuité, de rupture ou d'amplification des pratiques et dynamiques sociales.

Des ressources spécifiques

Chacune des thématiques ci-dessus fait l'objet d'un dossier pédagogique (env. 15 pages) destiné aux enseignant·e·s et composé d'une partie théorique, de références et de propositions d'activités en "branché" et "débranché".

Ces dossiers thématiques peuvent être enrichis par des "fiches complémentaires", qui proposent, dans un format plus court, un éclairage sur une notion, un événement ou un débat.

L'objectif de ces ressources est de fournir aux enseignant·e·s à la fois une base de connaissance minimale des enjeux-clés posés par le numérique et des pistes pédagogiques pour amener une réflexion autour de ces thématiques en classe.

5 Un moyen d'enseignement collaboratif et ouvert

5.1 Constat initial

Le contexte de l'enseignement au gymnase est particulier du point de vue de la création d'un moyen d'enseignement. En effet, le corps enseignant jouit d'une grande liberté dans le choix des méthodes utilisées pour atteindre les objectifs pédagogiques fixés par le plan d'études.

Cet état de fait conduit souvent les enseignant·e·s à construire leurs propres moyens d'enseignement. Cette pratique, très riche par la diversité des outils qu'elle crée, doit être prise en compte dans un projet comme celui-ci, qui vise à construire un moyen d'enseignement "harmonisé". La science informatique, en tant que discipline obligatoire, est d'autant plus exposée à cette diversité de contenus qu'elle est nouvelle et encore peu balisée.

C'est en tenant compte de ces différents éléments que nous avons élaboré le projet présenté dans ce rapport. Afin de valoriser la richesse de ces apports, le moyen d'enseignement a été pensé sous la forme d'une plateforme web ouverte et collaborative. Les enseignant·e·s peuvent ainsi échanger leurs contenus, les compléter ou les commenter.

5.2 Une version standard

Dans sa version standard, le moyen d'enseignement existe sous la forme d'un site web rassemblant théorie, exercices et activités, directement accessible aux élèves. Tous les ans, une version stabilisée est publiée et considérée comme la version officielle pour l'année à venir. Bien sûr, des modifications rapides peuvent être effectuées si des bugs sont constatés, mais l'idée est que les enseignant·e·s qui souhaiteraient se baser sur le moyen d'enseignement pour la création de leur cours puissent s'y référer sans changement majeur en cours de route.

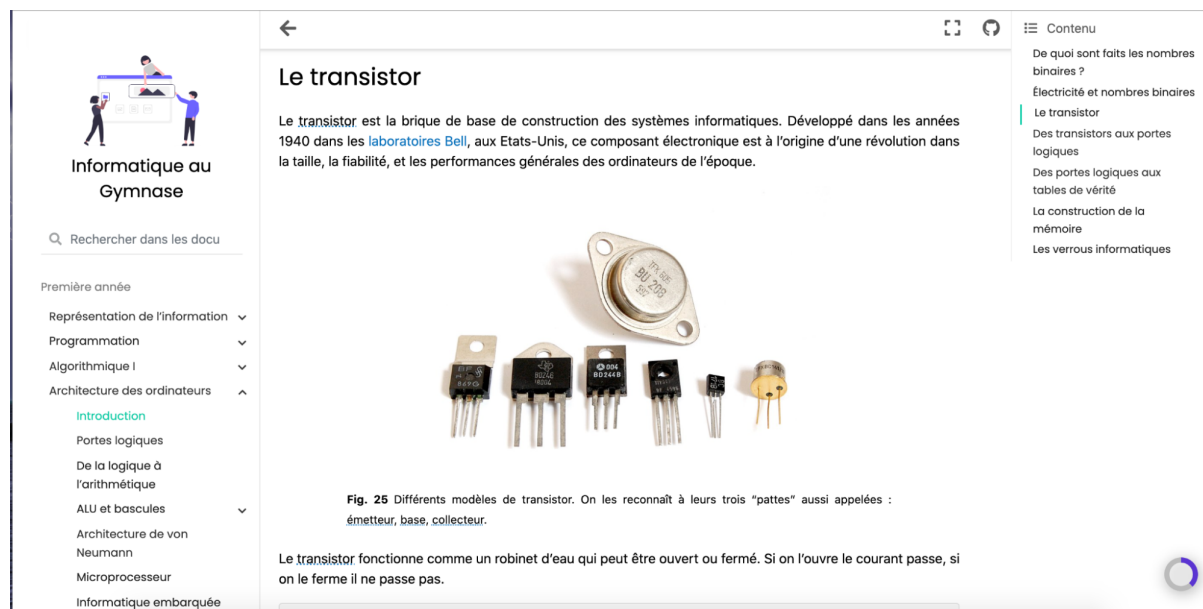


Figure 1: Aperçu de la plateforme web, version juillet 2021

Une autre partie de cette plateforme, avec un accès privé, s'adresse au corps enseignant. Elle contient, entre autres, des activités débranchées clés en main pour animer une partie de cours,

ou encore des idées de parcours pédagogiques pour passer d'une notion à une autre.

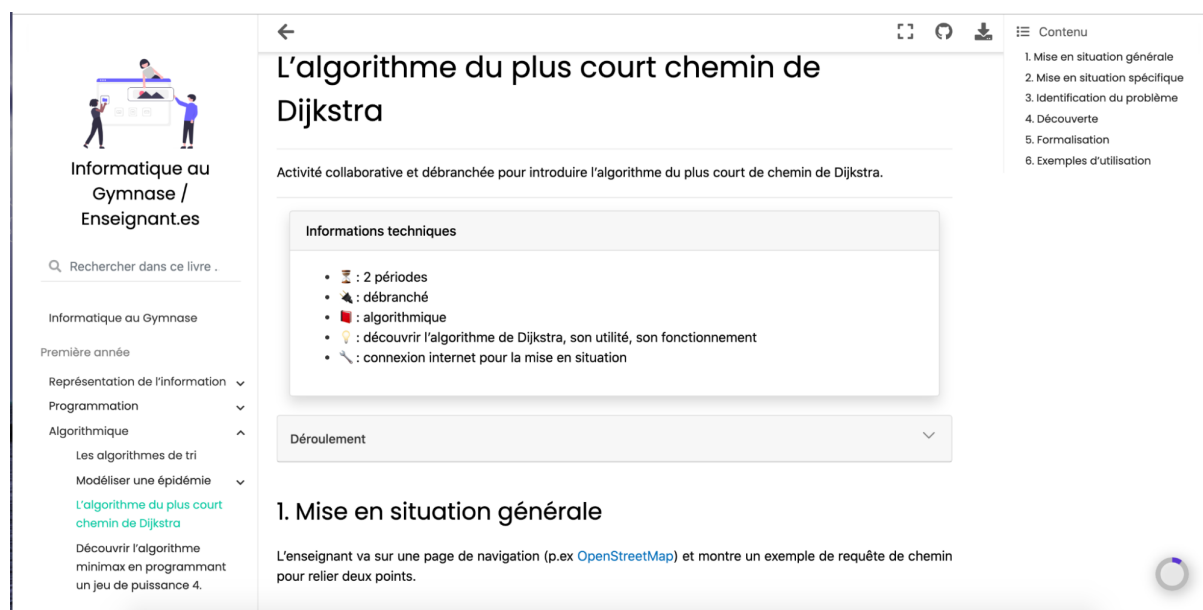


Figure 2: Aperçu de la plateforme web, version juillet 2021

5.3 Collaboration et co-crédation

Compte tenu de la situation particulière de l'enseignement de l'informatique au gymnase, tel qu'expliqué au point 5.1, il nous a semblé que la création d'un moyen d'enseignement de l'informatique au gymnase ne pouvait s'arrêter à une version officielle. Nous devons offrir au corps enseignant une possibilité de contribuer à la création des ressources elles-mêmes. Nous devons rendre ces ressources modulables.

Dans le monde de l'informatique et du développement logiciel, il existe de très nombreux outils qui permettent un travail collaboratif suivi et archivé, avec possibilité pour chaque intervenant de modifier le tout ou une partie d'un document et d'en faire profiter le reste de la communauté de développeurs et développeuses.

Notre choix s'est porté sur la plateforme GitHub, pour plusieurs raisons.

5.3.1 Présentation de GitHub

GitHub est une entreprise offrant des services de stockage, de gestion ainsi que de contrôle de versions de fichiers, adressés principalement aux développeurs et développeuses. GitHub utilise le logiciel de gestion de versions décentralisé Git, publié en 2005 par Linus Torvalds.

La particularité de GitHub (dont il existe des concurrents directs tels que GitLab, Bitbucket, SourceForge) est, premièrement, son interface. Les fonctionnalités sont présentées de façon claire et efficace. L'écosystème est solide et compatible avec un grand nombre d'applications.

Mais GitHub se distingue avant tout par la taille de sa communauté. Puisque le monde de l'informatique est aussi celui des standards et de la puissance que ces derniers peuvent apporter, il nous a semblé opportun de construire ce projet sur GitHub.

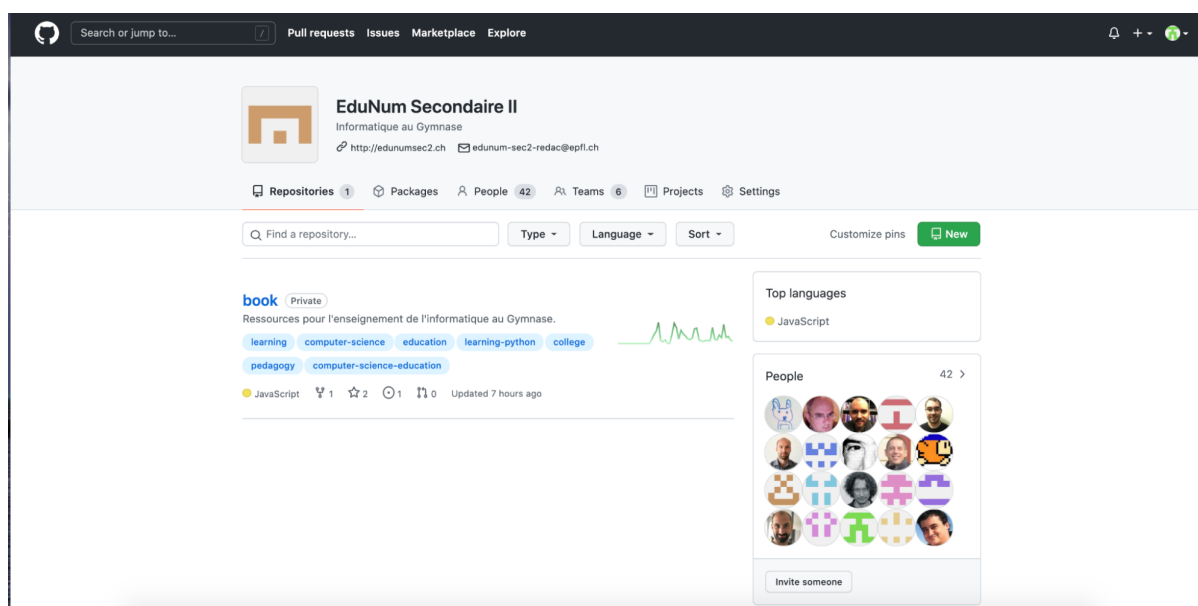


Figure 3: Aperçu de la plateforme GitHub

5.3.2 Utilisation souhaitée de GitHub

Le choix s'est porté sur cette plateforme dans l'objectif d'encourager une véritable collégialité entre les membres du corps enseignant, qui sont invité·e·s à partager leurs créations plutôt qu'à développer du matériel de façon individuelle.

En tant qu'enseignant·e, il y a un plaisir non négligeable à construire ses propres outils. L'infrastructure mise en place ne réduit en aucun cas ce plaisir-là. Au contraire, l'objectif est de stimuler cet esprit créatif en offrant aux créateurs et créatrices de nouveaux contenus la possibilité de les partager, d'en discuter, de recevoir des idées d'amélioration, des suggestions.

5.4 Diffusion libre d'accès et open-source

Parallèlement à la mise en place d'une infrastructure permettant la collaboration sur les contenus, il nous a semblé essentiel de fournir les ressources en libre d'accès, sur un principe open source.

Dans le domaine de l'éducation à l'informatique, force est de constater que de nombreux contenus pédagogiques en ligne sont proposés en libre accès. La multiplication des MOOC, l'offre grandissante de plateformes ouvertes donnant accès à des ressources gratuites, tels que les MIT opencourseware, freeCodeCamp, ou la Khan Academy, prouvent que la tendance est à la diffusion libre des contenus pédagogiques.

Mais plus encore, l'idée est ici de donner accès aux fichiers sources, dans l'optique de les rendre éditables et utilisables par quiconque.

Ce que l'on entend par open source est la pratique consistant à systématiquement donner accès aux fichiers sources des projets en cours de développement. En d'autres termes, plutôt que de présenter un produit fini en dissimulant les étapes et les matériaux utilisés pour sa création, l'ensemble des documents, références, outils, et marches à suivre nécessaires à sa

construction sont rendus disponibles à chacun · e.

Ainsi, il a été décidé que les ressources créées pour l'enseignement de l'informatique au gymnase seraient accessibles sous une licence Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 permettant la réutilisation, la transformation, et l'appropriation de tous les contenus, sous réserve qu'ils soient publiés sous la même licence. Seul l'usage des contenus à des fins commerciales est interdit.



Figure 4: Logo de la licence Creative Commons CC BY-NC-SA 4.

6 Pilote et planification

6.1 Présentation du pilote

Le projet EduNum pour le secondaire II a commencé en septembre 2020. Pour certaines thématiques, les relectures et des essais dans les classes des auteur·e·s ont débuté au semestre de printemps 2021.

Une première version des contenus sera proposée à la trentaine d'enseignant·e·s pilotes (voir section 6.2) qui se sont annoncé·e·s dans le canton de Vaud, mais également dans les autres cantons romands. Cette phase pilote sera menée durant l'année 2021/2022 pour les ressources liées à la première année du plan d'études. Elle permettra de mesurer en parallèle l'utilisabilité de la plateforme de collaboration ainsi que les outils annexes. Enfin, il serait idéal que le matériel créé par les pilotes pour développer leur enseignement autour des ressources mises à disposition soit repris par le groupe de rédaction et, le cas échéant, intégré au projet.

Enfin, durant l'année à venir, la rédaction des ressources pédagogiques va se poursuivre pour les thématiques de la 2^{ème} année et de nouvelles activités seront développées afin d'enrichir la palette de contenus offerts aux enseignant·e·s.

6.2 Enseignant·e·s participant à la phase pilote

La phase pilote va être menée par des enseignant·e·s en exercice. Nous comptons une trentaine de professionnel·le·s issu·e·s du groupe de rédaction, des enseignant·e·s déjà en poste qui suivent la formation "GymInf" (en vue d'acquérir le titre requis pour l'enseignement de l'informatique au gymnase, voir section 8.2.1), des futur·e·s enseignant·e·s inscrit·e·s à la HEP Vaud et, enfin, des enseignant·e·s qui veulent expérimenter les ressources et se préparer pour le déploiement de la discipline dans toutes les classes du canton en 2022.

Pour recruter ces enseignant·e·s pilotes, les directions d'établissement et chefs de file ont été contactés et sont pleinement informés du projet. Ainsi, globalement tous les gymnases du canton de Vaud sont représentés. De plus, la formation des enseignant·e·s d'informatique se déroulant au niveau romand, certains enseignant·e·s participant au pilote exercent dans les cantons de Genève, Valais, Fribourg ou encore Neuchâtel.

6.3 Nombre d'heures allouées à la phase pilote

Actuellement, la grille horaire prévoit une seule heure hebdomadaire en première année pour l'enseignement de l'informatique dans sa dimension bureautique, contre deux heures hebdomadaires en première et deuxième années dans les futures grilles horaires pour l'enseignement de l'informatique telle que définie par le nouveau plan d'études.

Cela a pour effet que les ressources ne peuvent pas être testées comme lors de la phase de déploiement en 2022. Par ailleurs, les enseignant·e·s doivent maintenir une formation minimale en bureautique car cela reste un objectif de formation selon le plan d'études actuel.

La phase pilote va donc se dérouler par thématique, selon les organisations internes de chaque gymnase (certains gymnases ont regroupé les heures par tranches de deux heures toutes les

deux semaines, ou durant tout un semestre, d'autres ont gardé des tranches d'une période). Il a été demandé qu'une thématique soit testée le plus largement possible, afin que les retours donnés aux auteurs ne portent pas que sur les parties introductives. Les modalités d'organisation des cours varient selon les enseignant·e·s. Certain·e·s feront de l'informatique durant le premier semestre et de la bureautique lors du second, tandis que d'autres vont alterner des parties de bureautique et de science informatique. La dynamique de groupe devrait permettre que toutes les thématiques soient testées cette année à venir.

6.4 Communication avec les enseignant·e·s

Dans le but de maintenir un suivi et de communiquer avec les enseignant·e·s, il a été décidé, en plus de l'échange par e-mails, de mettre en place un serveur Discord et d'utiliser l'interface offerte par GitHub.

La plateforme d'édition collaborative GitHub offre des outils qui permettent aux pilotes de faire des retours qui seront partagés à toutes et tous et ciblés sur des contenus spécifiques. Le serveur Discord, quant à lui, offre un espace plus informel pour échanger au sein de la communauté.

7 Monitoring de l'apprentissage

7.1 Buts

La création de ressources pour la science informatique en discipline obligatoire au secondaire II pose un certain nombre de questions. Il est notamment important de connaître les attitudes des élèves envers la science informatique avant et après chaque année de formation, leurs réactions à la matière enseignée, ainsi que leur perception des ressources créées dans le cadre de ce projet. De plus, les réactions des enseignant·e·s qui utilisent les ressources mises à disposition doivent également être prises en compte. Ces informations visent à perfectionner le matériel conçu et à assurer que celui-ci permette à un maximum d'élèves de développer les compétences nécessaires ainsi qu'une motivation pour la branche.

Les retours d'une première enquête exploratoire, menée pendant la phase pré-pilote 2020-2021 avec 49 élèves de 1^{ère} année (53% filles, 40% garçons, 7% non-déclaré), offrent un premier état des lieux des attitudes des gymnasiens·ne·s envers la science informatique.

7.2 Population et schémas d'élèves face à la science informatique

Le résultat préliminaire des sondages menés par les auteur·e·s dans leurs classes souligne une grande diversité dans les attitudes des élèves vis-à-vis de la science informatique, en ce qui concerne l'utilité de la matière, le sentiment d'efficacité personnelle en science informatique et l'intérêt pour la branche (Figures 5, 6 et 7).

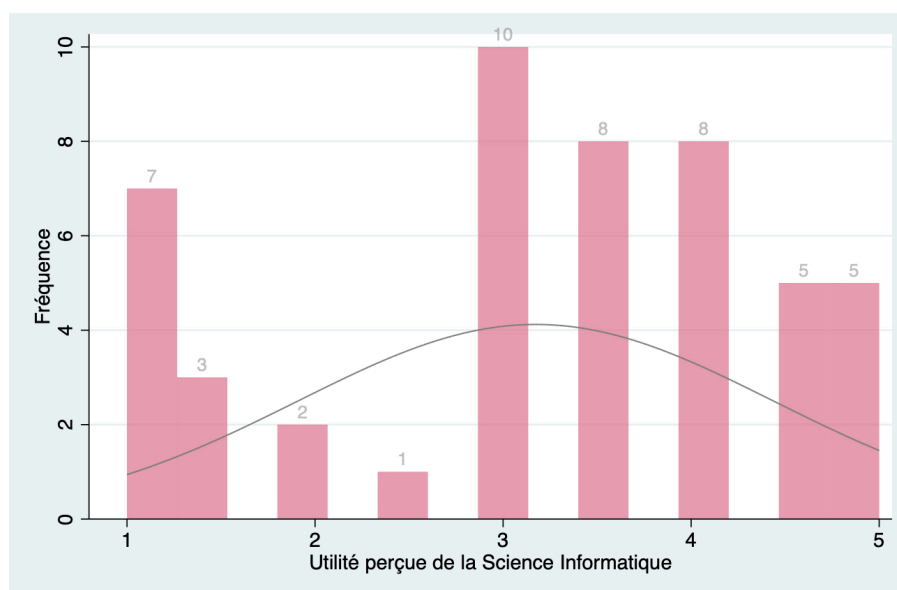


Figure 5: Utilité perçue de la science informatique (Énoncé : La Science Informatique est utile : Échelle de réponse: 1=pas du tout d'accord, 5=tout à fait d'accord)

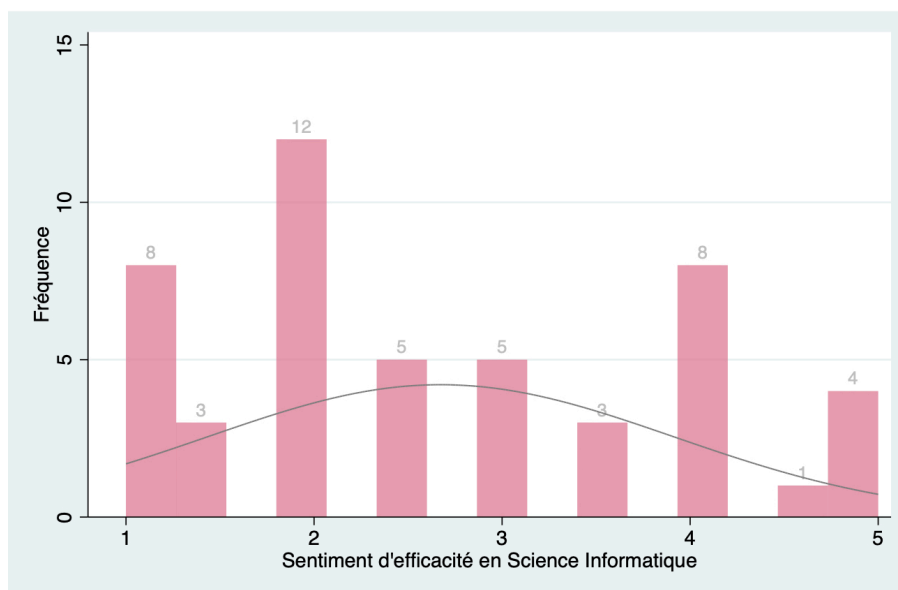


Figure 6: Sentiment d'efficacité en science informatique (Énoncé : Je me sens capable de faire la Science Informatique : Échelle de réponse: 1=pas du tout d'accord, 5=tout à fait d'accord)

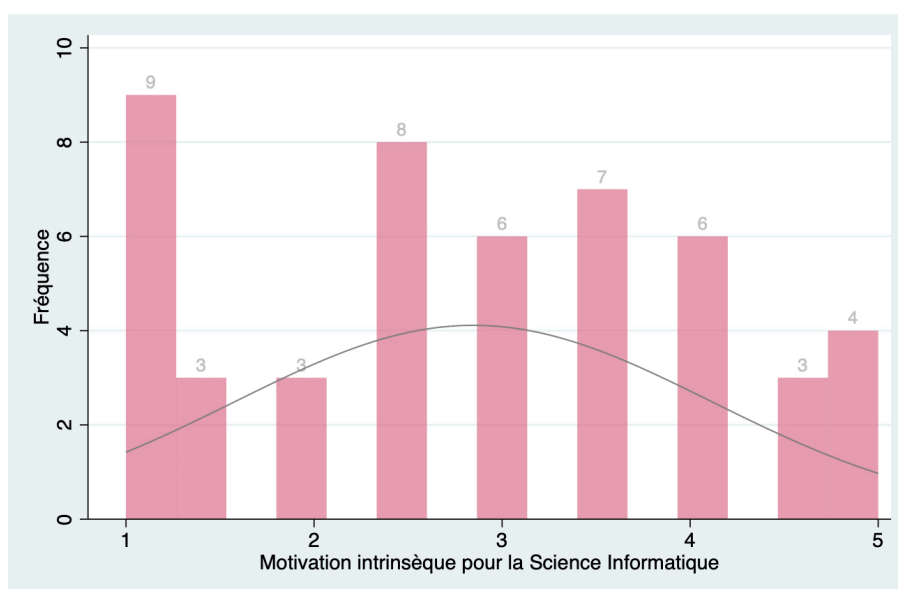


Figure 7: Motivation intrinsèque (intérêt, plaisir) pour la science informatique (Énoncé : Je pense que la Science Informatique va être intéressante : Échelle de réponse: 1=pas du tout d'accord, 5=tout à fait d'accord)

Différences entre filles et garçons et entre options

Les attitudes des filles sont moins positives que celles des garçons en ce qui concerne ces trois facteurs. Plus précisément, comparées aux garçons, les filles ont l'impression que la science informatique est moins utile ($r=0.96$, $se=0.35$, $t=2.79$, $p<.01$), elles sont moins confiantes en science informatique ($r=0.98$, $se=0.38$, $t=2.58$, $p<.05$) et elles ressentent moins d'intérêt et de plaisir à l'étudier ($r=0.94$, $se=0.36$, $t=2.63$, $p<.05$).

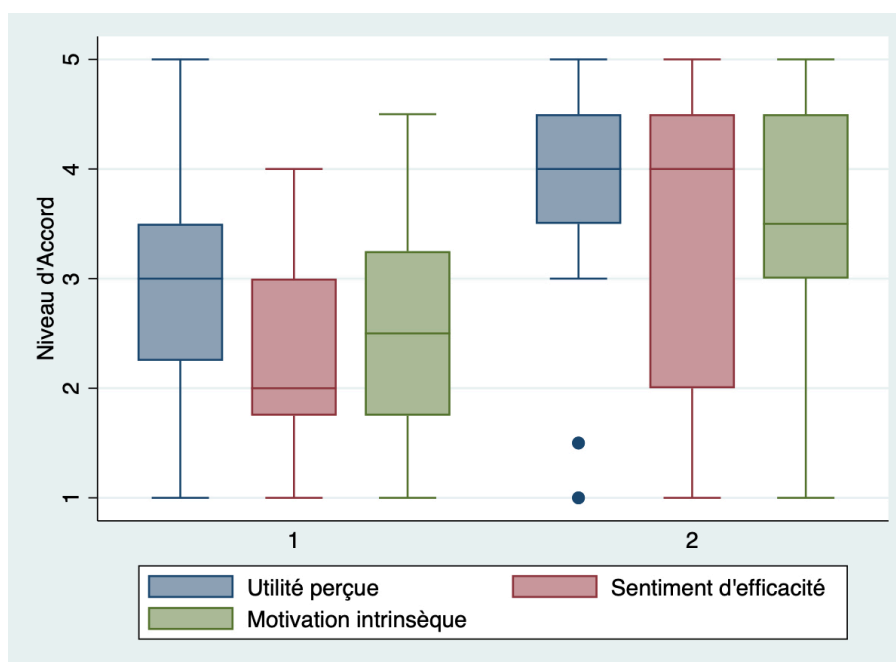


Figure 8: Comparaison des réactions à la science informatique entre filles et garçons (1= filles, 2= garçons)

En comparant l'option "physique et applications des maths" aux autres options spécifiques (arts visuels, biologie et chimie, économie et droit, espagnol, grec, italien, latin, musique, philosophie & psychologie), nous observons que les élèves issu-e-s de cette option trouvent la science informatique plus utile ($r=1.09$, $se=0.30$, $t=3.62$, $p=.001$), plus intéressante ($r=0.97$, $se=0.34$, $t=2.82$, $p<.01$) et sont plus en confiance vis-à-vis de la matière ($r=1.58$, $se=0.29$, $t=5.45$, $p<.001$).

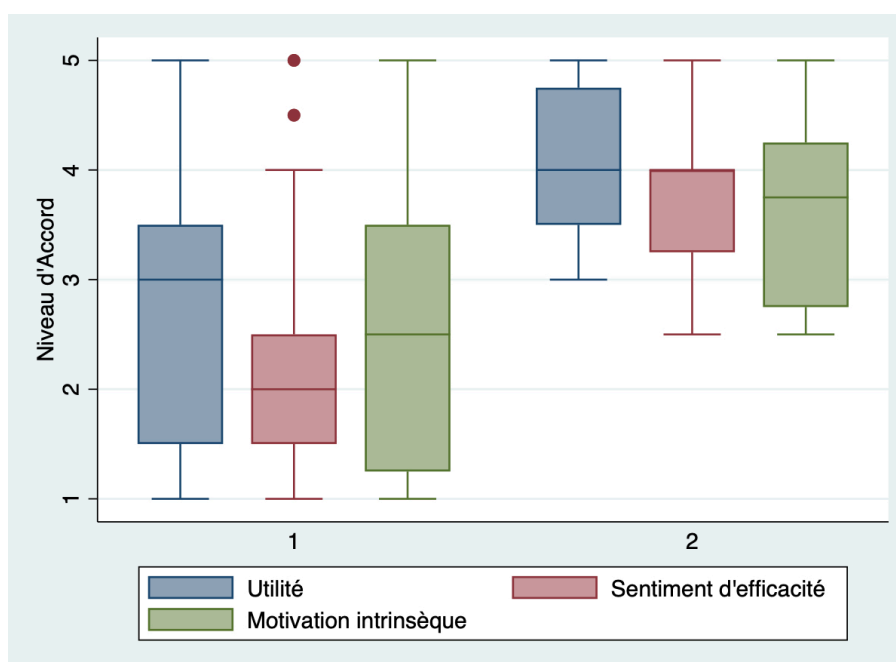


Figure 9: Comparaison des réactions à la science informatique entre options "physique et applications des maths" vs les autres options (1= autres options, 2=Physique/Maths)

Néanmoins, en décortiquant ces résultats, nous constatons une grande diversité de réactions envers la science informatique à l'intérieur de l'option économie et droit. Nous voyons également que parmi les élèves de l'option philosophie et psychologie, la reconnaissance de l'utilité potentielle de la science informatique ($M=3.14/5$, $SD=0.42$) est bien plus élevée ($t=4.86$, $df(6)$, $p=.001$) que le sentiment d'efficacité ($M=1.64/5$, $SD=0.18$) dans la matière. La perception d'utilité constitue une base importante de la motivation (Ryan et Deci, 2000) et il semble donc que, chez ces élèves, le manque de confiance soit un facteur bloquant, davantage que le manque de motivation elle-même.

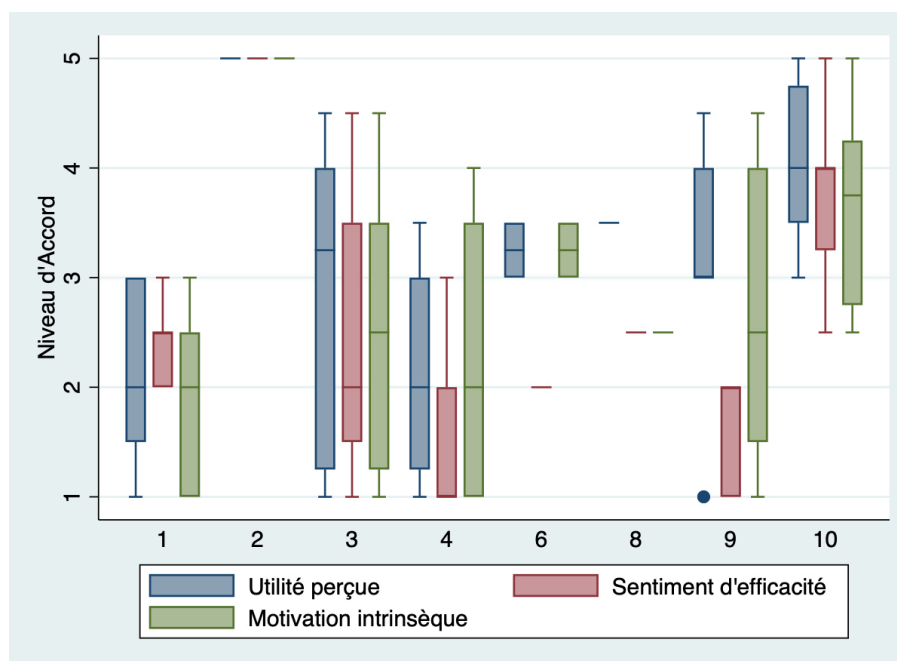


Figure 10: Comparaison des réactions à la science informatique entre options (1=arts visuels, 2=biologie & chimie (1 élève), 3=économie et droit, 4=espagnol, 5=grec, 6=italien, 8=musique, 9=philosophie & psychologie, 10=physique/maths)

Trois profils motivationnels

Nous avons effectué une analyse qui permet de catégoriser les élèves selon leur profil sur trois facteurs : sentiment d'efficacité, motivation intrinsèque et utilité perçue. Il en ressort trois groupes distincts : un groupe qui se sent très motivé et compétent (Groupe 1, $n=14$), un groupe qui se sent moyennement motivé et compétent (Groupe 2, $n=23$) et un groupe qui ne se sent ni motivé ni compétent (Groupe 3, $n=12$) (Figure 11).

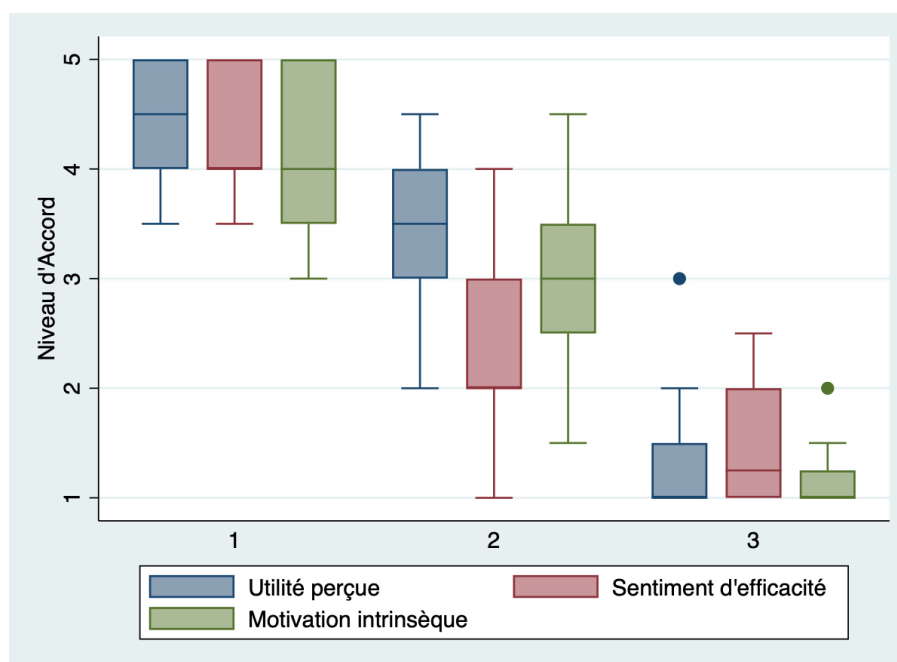


Figure 11: Trois catégories d'élèves au niveau motivationnel (efficacité, utilité perçue et intérêt). (1= les plus motivés, 2= moyennement motivés, 3=les moins motivés)

Quel est le profil démographique de ces trois catégories d'élèves ? Nous voyons d'abord qu'une minorité de femmes fait partie du groupe le plus motivé. Une grande majorité d'entre elles se situe dans le groupe moyennement motivé. Tandis que chez les participants hommes, une majorité se situe dans le groupe le plus motivé ($\chi^2=21,69$, $p=.001$).

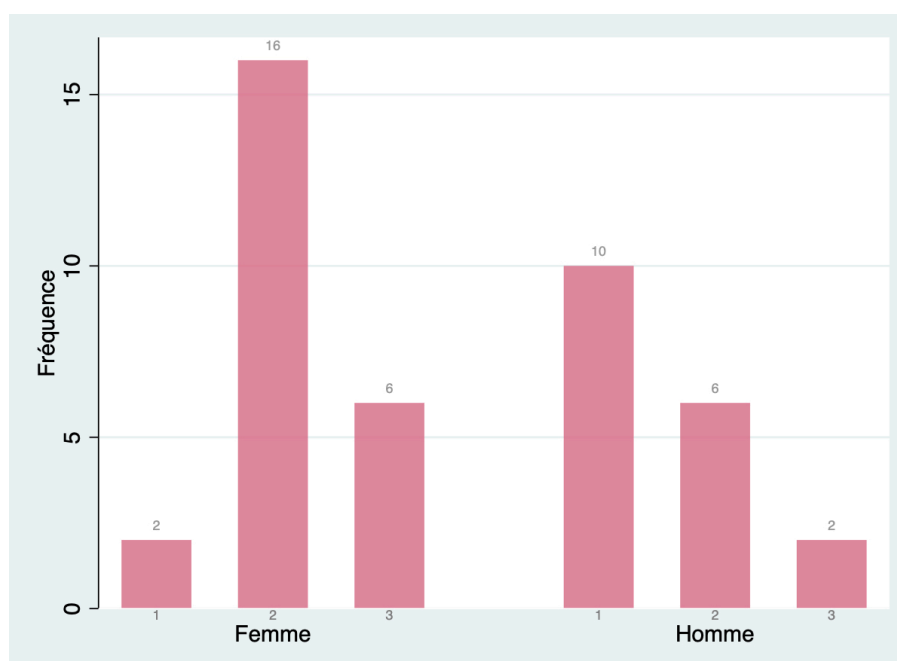


Figure 12: Groupes motivationnels (1,2,3) et genre

Au niveau de la distribution des options parmi les groupes motivationnels, nous voyons sans surprise qu'une majorité des élèves très motivé-e-s pour la science informatique sont issu-e-s de l'option physique/maths. Cependant, dans le groupe moyennement motivé, il y a une

représentation des options qui est plus équilibrée avec un nombre majoritaire d'élèves des options "économie et droit" et "philosophie et psychologie" ($\chi^2=26,06, p<.05$).

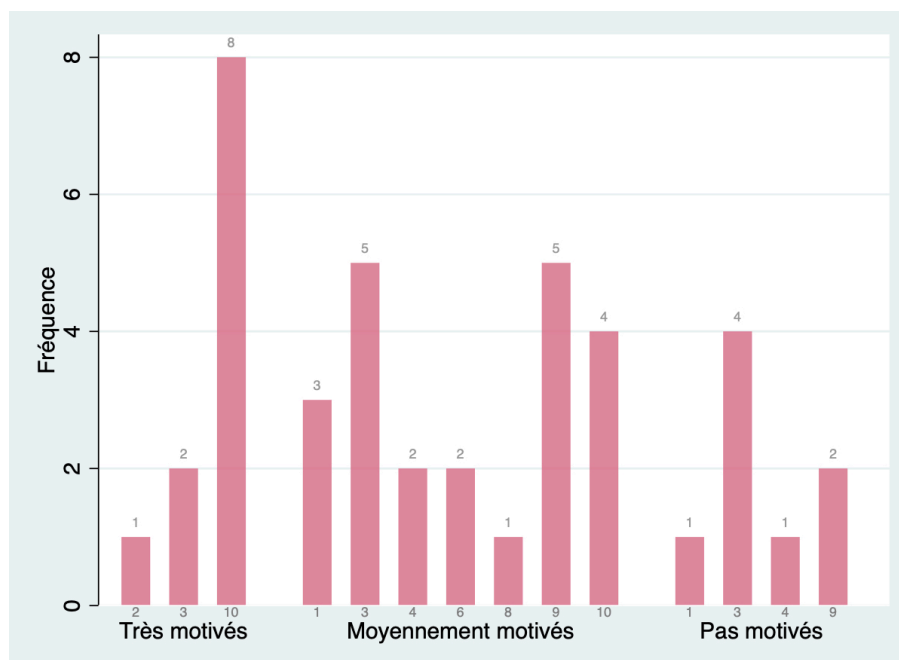


Figure 13: Groupes motivationnels et option (1=arts visuels, 2=biologie & chimie, 3=économie et droit, 4=espagnol, 5=grec, 6=italien, 8=musique, 9=philosophie & psychologie, 10=physique/maths)

Malgré la petite taille de l'échantillon, qui invite à la prudence dans l'interprétation, ces résultats sont importants car ils indiquent que même si le profil dominant des élèves les plus motivés pour la science informatique est prévisible (masculin, option physique/maths), il y a une majorité (66,67%) des filles participantes qui sont moyennement motivées, une majorité (71,43%) des élèves dans l'option philosophie & psychologie et presque la moitié (41,67%) des élèves dans l'option économie et droit qui sont également moyennement motivés. Cela indique que, pour ces élèves, il est possible de susciter un intérêt pour la discipline.

Les attitudes des élèves envers l'apprentissage actif et les compétences du 21^{ème} siècle en science informatique

Nous avons demandé aux participant·e·s à quel point il.elle.s aimeraient avoir l'opportunité de s'engager dans une série d'activités qui font partie de l'apprentissage actif (Kvam, 2000) et qui permettent de développer des compétences considérées comme cruciales pour le 21^{ème} siècle (Sahin, 2009). Ces activités comprennent le développement, l'expression et le partage de ses propres idées, la résolution de problèmes, la prise d'initiative, la collaboration et l'intégration de connaissances d'autres matières. Elles permettent de développer des compétences transversales qui sont citées comme objectifs dans le Plan d'études romand (pp. 4-5) et la recherche a démontré qu'elles sont bénéfiques dans l'apprentissage en général et dans l'apprentissage des sciences (Hinde et Kovac, 2001).

Généralement, les élèves participants indiquaient qu'il.elle.s voulaient avoir l'opportunité de s'engager dans ces activités dans leurs cours de science informatique (M =entre 2.97/5 et

3.78/5).

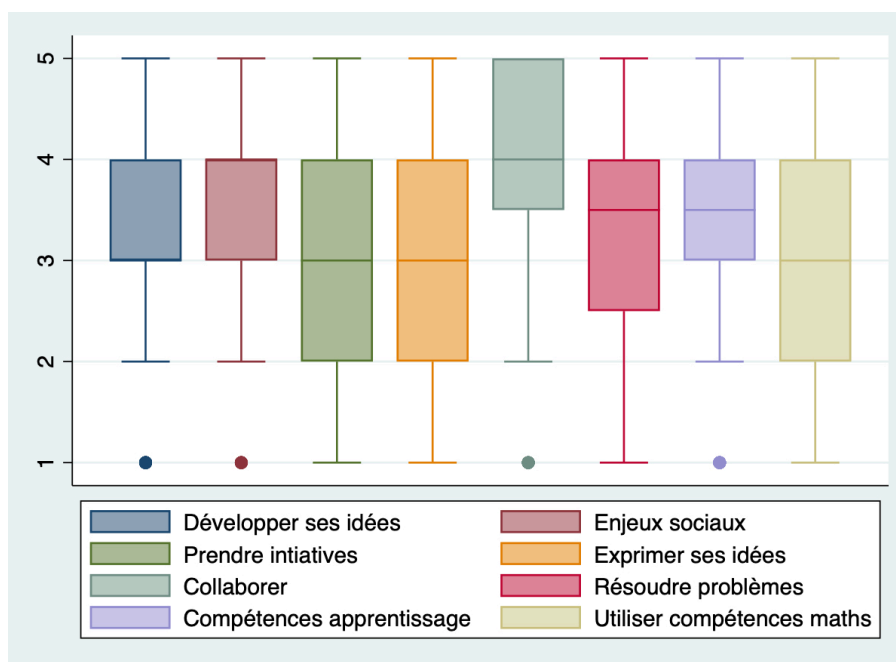


Figure 14: Désir de s'engager dans les activités liées à l'apprentissage actif

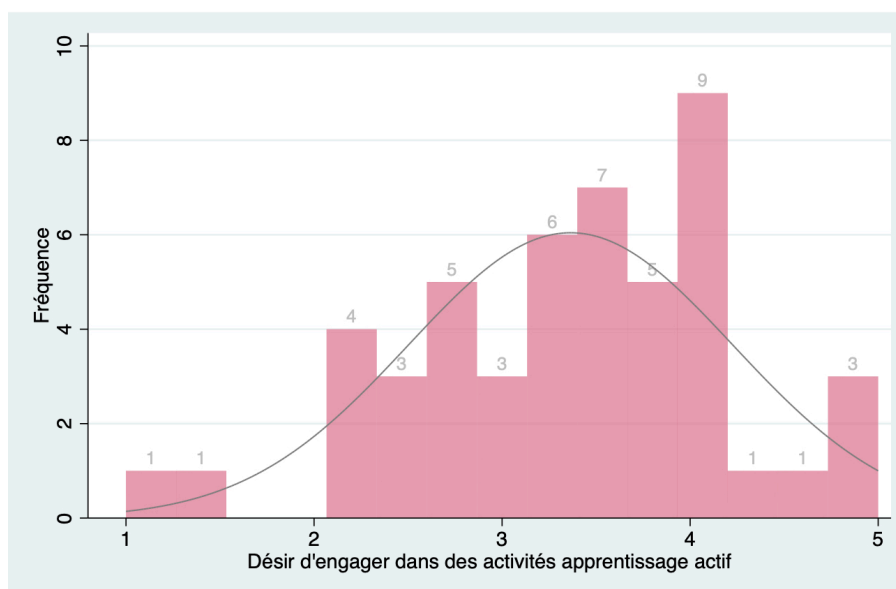


Figure 15: Désir de s'engager dans les activités liées à l'apprentissage actif

Bien que ce désir soit généralisé à travers les options et les sexes, il était le plus fort chez le groupe d'élèves le plus motivé, ce qui indique que l'investissement dans l'apprentissage actif est valable même pour les élèves qui reconnaissent déjà la valeur de la branche.

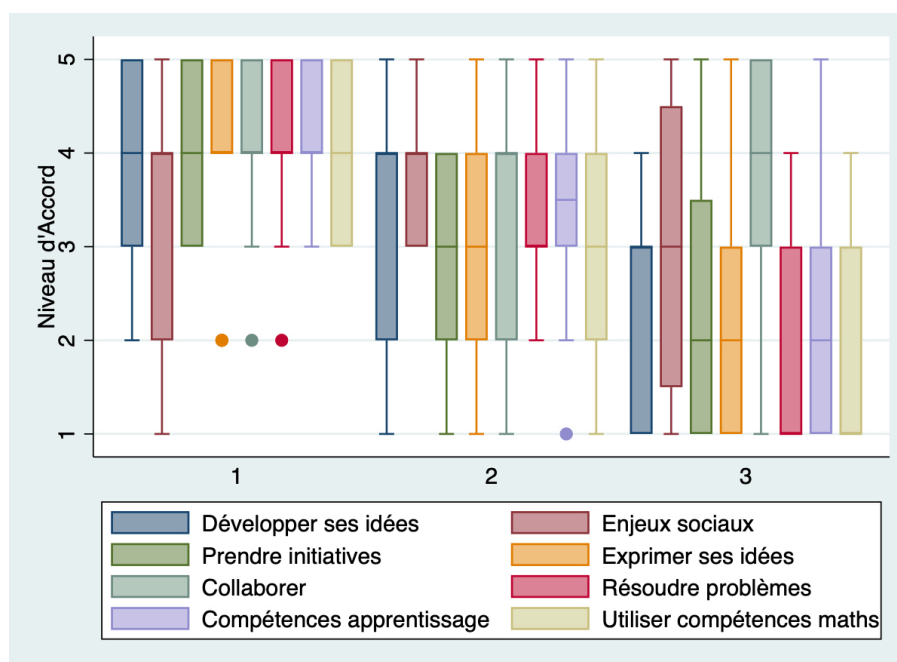


Figure 16: Désir de s'engager dans les activités liées à l'apprentissage actif par groupe motivationnel (1= les plus motivés, 2= moyennement motivés, 3=les moins motivés)

Représentations des métiers de la science informatique

Des sondages récents en France (Femmes.Numériques, 2019) et aux États-Unis montrent que les femmes représentent une minorité des diplômé·e·s en science informatique (25% en France et 18% aux États-Unis). Cette réalité se reflète dans les croyances exprimées par les élèves sondés, qui majoritairement associent les métiers liés à l'informatique aux hommes.

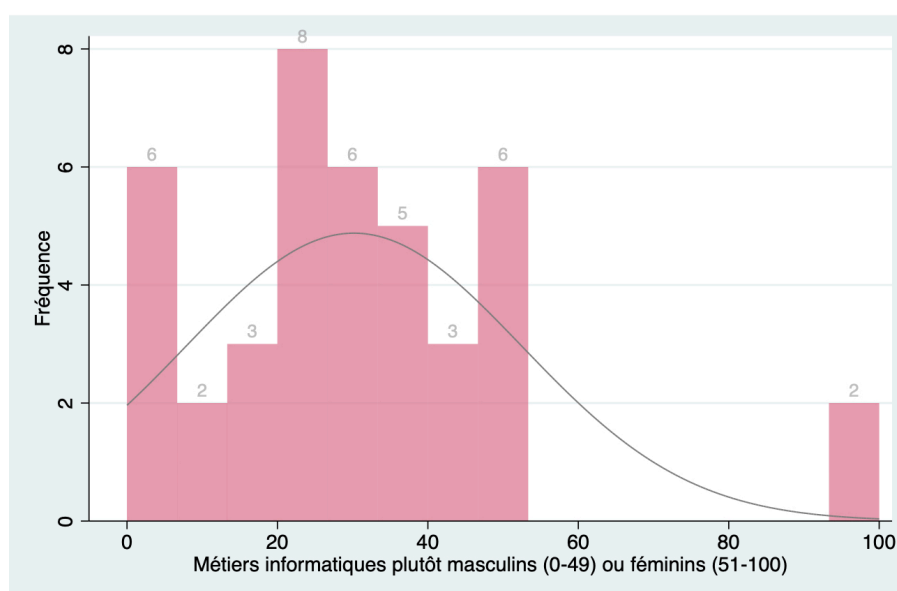


Figure 17: Croyances vis-à-vis de la représentation des femmes dans les métiers liés à l'informatique

De plus, nous constatons l'expression d'attitudes très contrastées vis-à-vis de la science infor-

matique. Une nuage de mots créé avec l'outil WordCloud.com, qui varie la taille des mots en fonction de la fréquence avec laquelle ils sont cités dans les commentaires, donne une impression de cette variation.



Figure 18: Représentations du domaine de la science informatique

7.3 L'utilité des retours des élèves

Malgré un échantillon relativement réduit, ces premiers retours permettent de dresser un portrait des différents profils et attitudes des élèves envers la science informatique. Ces résultats vont permettre de guider la stratégie pour la phase pilote, lors de laquelle nous projetons de récolter à plus large échelle les retours des élèves et des enseignant·e·s. Les enquêtes porteront sur les perceptions de la science informatique en tant que branche, mais également sur la réception des ressources testées en classe.

Ce dernier point mérite d'être souligné car, malgré l'importance attachée au développement de matériel et de méthodes d'apprentissage dans le monde de l'éducation, les retours des élèves et des enseignant·e·s ne sont que rarement pris en compte (Nathenson et Henderson, 2018). Cependant, la phase de test du matériel, la collecte de feedbacks et l'ajustement de ce matériel en fonction des retours d'expériences constituent des étapes cruciales et nécessaires pour développer un moyen d'enseignement efficace et adapté (Nathenson et Henderson, 2018). Ceci est d'autant plus important dans un domaine d'études relativement nouveau, tel que la science informatique.

7.4 Création des questionnaires pour monitorer les réactions des élèves et des enseignant·e·s au niveau du matériel et méthodes

L'objectif global de ce monitoring est de récolter les réactions des élèves et enseignant·e·s qui participent au projet pilote. La stratégie consiste à inviter les participant·e·s à remplir un questionnaire pré-formation, un questionnaire après l'accomplissement de chaque thématique et un questionnaire final post-formation. Dans chaque cas, il y a une version élève et une version enseignant·e. Les questionnaires que nous présentons ci-dessous ont été pré-testés auprès des élèves des enseignants du groupe de rédaction de moyens d'enseignement et perfectionnés en fonction des retours fournis.

7.5 Les thèmes abordés de façon longitudinale

Dans le but d'avoir une vision cohérente des retours enseignant·e·s et élève, nous avons assuré la présence de cinq thèmes fondamentaux dans tous les questionnaires :

1. La valeur subjective de la branche en général et de la thématique abordée
 - a. L'utilité perçue
 - b. La motivation intrinsèque (intérêt et plaisir ressentis)
 - c. Le sentiment d'efficacité
2. L'apprentissage actif/ les compétences du 21e siècle
3. La pertinence par rapport à la vie quotidienne (niveaux individuel et sociétal)
4. Les questions d'identité et de représentations de la matière et des thématiques
5. L'expérience individuelle

De plus, nous incluons des questions démographiques, ainsi que l'utilisation d'un pseudonyme, qui permet d'associer les retours individuels pendant l'année, tout en gardant l'anonymat des participant·e·s.

Ces cinq thèmes sont traités dans les questionnaires pré-formation, post-thématique et en fin de formation pour les élèves et les enseignant·e·s afin d'établir des corrélations et d'observer des courbes d'adoption et d'apprentissage.

7.5.1 La valeur subjective de la branche en général et de la thématique abordée

Un élément central d'une des théories motivationnelles les plus anciennes et développées, la Théorie de la Valeur Attendue (Eccles, 1983) est ce qu'on appelle la Valeur Subjective de l'Activité (Eccles et Wigfield, 2020). La valeur subjective d'une tâche constitue une estimation de la valeur potentielle d'une activité et détermine l'énergie et la volonté d'engagement. Un nombre important de recherches dans le domaine de l'éducation, en particulier dans les branches STEM, ont montré que les mesures de la valeur subjective des matières STEM chez les élèves au niveau gymnase (*high school*) permettent de prédire le choix d'études universitaires, ainsi que la persistance et l'engagement pendant les études en secondaire (Harackiewicz et al., 2016; Jiang et al., 2020).

La valeur subjective totale d'un individu est estimée par le biais de questions sur la motivation intrinsèque (le sujet est intéressant) et de l'utilité perçue (le sujet est utile), ainsi que le sentiment d'efficacité (je me sens capable de le faire). Ainsi, nous avons inclus ces questions dans les questionnaires afin de suivre l'évolution de la valeur subjective de la branche "science informatique" chez les élèves et la valeur subjective de l'enseignement de la science informatique chez les enseignant·e·s qui testent le matériel.

7.5.2 L'apprentissage actif/les compétences du 21ème siècle

Il est largement accepté que les méthodes d'apprentissage actif (résolution de problème, collaboration, communication, développement et expression d'idées, intégration de connaissances et de compétences d'autres matières) peuvent avoir un impact positif sur la qualité d'apprentissage et la performance aux examens (Yoder et Hochevar, 2005). Leur rôle dans le développement de compétences liées à l'apprentissage tout au long de la vie (Drew et Mackie, 2011) souligne leur importance dans le curriculum et, effectivement, ces compétences figurent comme objectifs dans le plan d'études de la science informatique au gymnase. Certains résultats de nos enquêtes préliminaires dans la phase pré-pilote ont d'ailleurs montré que l'utilisation de certaines de ces méthodes d'apprentissage actif était associée à une évaluation plus positive de la thématique étudiée par les élèves.

Pour ces raisons, nous avons inclus dans nos questionnaires pour les élèves des questions concernant le désir de travailler avec les méthodes d'apprentissage actif (questionnaire pré-formation), et le degré auquel ils et elles ont eu l'occasion de travailler avec ces méthodes (questionnaires post-thématique et post-formation).

7.5.3 La pertinence par rapport à la vie actuelle (individuelle et sociétale)

Les enjeux sociaux de la science informatique et de la technologie en général sont une partie importante de la matière. Qu'il s'agisse de questions d'éthique et de responsabilité sociale, de questions de privacité et de protection de données ou de tout simplement comprendre mieux le rôle de la science informatique dans nos vies de tous les jours, les liens entre la science informatique et notre vie actuelle sont une partie intégrante de la matière (Webb et al., 2017). Nous avons aussi vu, lors des enquêtes préliminaires dans la phase pré-pilote, des associations positives entre le lien perçu avec la vie des élèves et leur évaluation de la thématique étudiée. Nous avons, par conséquent, inclus une question sur les enjeux sociaux et une question sur le lien avec la vie de tous les jours dans le questionnaire élève et enseignant · e.

7.5.4 L'identité et les représentations de la science informatique

Plus nous nous identifions avec un domaine professionnel, plus facilement nous nous voyons intégré · e dans ce domaine et plus nous sommes motivé·e·s à suivre des études dans ce domaine (Hecht et al., 2021). En parallèle, les représentations que nous avons d'un domaine influencent également la motivation à s'y aventurer (Koshkin et al., 2018). Il est donc utile de tracer l'évolution des représentations qu'ont les élèves de la science informatique à travers l'année d'études afin de voir si elles évoluent ou pas.

7.5.5 L'évaluation de la thématique

Les questionnaires post-thématique comprennent une série de questions qui permettent d'évaluer la thématique au niveau fonctionnel. Par exemple, nous cherchons à savoir si les élèves ont trouvé les objectifs et les instructions claires, la structure et le timing appropriés et les niveaux conceptuels, d'abstraction et de difficulté générale adaptés (Kember et Leung, 2009). À la fin de ces questionnaires, nous sondons également la motivation à faire plus (Vansteenkiste et al., 2004), celle-ci étant un indicateur assez fiable du désir de continuer des études dans le domaine.

7.5.6 Questions démographiques, expérience dans le domaine

Finalement, nous incluons, surtout dans les questionnaires pré-formation, quelques questions sur les participant·e·s et leur expérience antérieure de la science informatique.

7.6 Monitoring : Éléments à retenir

- Parmi les élèves, nous observons une grande diversité d'attitudes envers la science informatique.
- Comparés aux filles, les garçons se sentent plus efficaces, trouvent la matière plus utile et intéressante.
- Comparés aux élèves d'autres branches, les élèves de l'option "Physique et mathématiques" (5 filles et 7 garçons) se sentent plus efficaces, trouvent la matière plus utile et intéressante.
- Trois profils d'élèves en ce qui concerne la valeur subjective (sentiment d'efficacité, utilité perçue et intérêt) de la science informatique : les très motivés, les moyennement motivés et les peu motivés. Une prédominance de filles dans le groupe moyennement motivé, ce qui implique que les filles restent potentiellement ouvertes à la branche. Reste à trouver les facteurs qui stimulent la motivation féminine.
- Les activités liées à l'apprentissage actif et les compétences du 21^{ème} siècle désirées par les élèves, particulièrement les plus motivés.
- Les représentations masculines de la branche parmi les élèves reflètent la réalité actuelle, et risquent de faire perdurer le phénomène. Elles sont également très contrastées mais relativement équilibrées entre images positives et négatives.
- La construction des questionnaires pour les élèves et pour les enseignant·e·s est basée sur une recherche théorique et sur l'expérience empirique de la phase pré-pilote.

8 Enjeux futurs

8.1 Une infrastructure pérenne

Un enjeu important du projet est celui de sa pérennité. La matière enseignée devra être graduellement adaptée à la progression du niveau des élèves arrivant au gymnase, à mesure du déploiement du projet EduNum aux cycles 1 à 3. Qui plus est, l'introduction d'une nouvelle discipline nécessite, dans les premières années, des ajustements qui devront être suivis de près. C'est pourquoi la question des ressources humaines allouées au maintien de la plateforme et de l'infrastructure décrites au chapitre 4 est importante. L'équipe actuelle du Centre LEARN, sous mandat (en principe) renouvelé annuellement jusqu'à fin 2023, prendra en charge cette gestion dans un premier temps. Cela fait actuellement partie de son cahier des charges. Mais durant ces quelques années initiales, il sera important d'opérer une passation de pouvoir pour assurer la pérennité du projet à plus long terme.

Une suggestion, évoquée au sein des différents comités en charge du projet, serait de transférer progressivement la responsabilité de la maintenance de l'infrastructure à une équipe d'enseignant·e·s d'informatique volontaires. Un certain nombre d'heures hebdomadaires leur seraient allouées pour la gestion, la curation, l'édition des contenus et de leurs modifications futures.

8.2 Des formations pour les enseignant·e·s

8.2.1 Formations actuelles

La Confédération a mis en place une formation intitulée "GymInf" qui permet aux enseignant·e·s déjà en poste dans les écoles de maturité et n'ayant pas tous les titres requis d'acquérir les compléments de formation nécessaires à l'enseignement de l'informatique en discipline obligatoire. Les enseignant·e·s qui se sont manifesté·e·s pour assurer le rôle de pilotes pour la phase de test sont, pour certain·e·s, issu·e·s de cette formation.

Une formation en didactique de l'informatique est également dispensée par la HEP Vaud pour les personnes ayant une formation disciplinaire suffisante selon les critères de la CDIP.

8.2.2 EduNum et formation

Le projet EduNum pour le secondaire II soulève des questionnements concernant la formation des enseignant·e·s amené·e·s à prendre en charge l'enseignement de la science informatique. Dans le cadre du projet, nous allons planifier les formations qui seront créées et données par les différentes institutions impliquées dans le projet. Dans cette optique, un comité a été créé pour répondre aux besoins de formation. Une première étape a consisté à mettre en place un questionnaire destiné aux enseignant·e·s de science informatique pour connaître leurs besoins de formation. Ce questionnaire, encore ouvert actuellement pour permettre aux membres pilotes de s'exprimer, offre une vue assez nette des besoins.

8.2.3 Retours concernant l'enquête portant sur les besoins de formation

L'enquête portant sur les besoins de formation pour les enseignant·e·s de science informatique a été renseignée par 25 personnes. Les premières questions portaient sur les enseignements actuellement donnés et ceux que les enseignant·e·s pensaient dispenser durant les années à venir, ainsi que sur la nature de leur implication dans le projet.

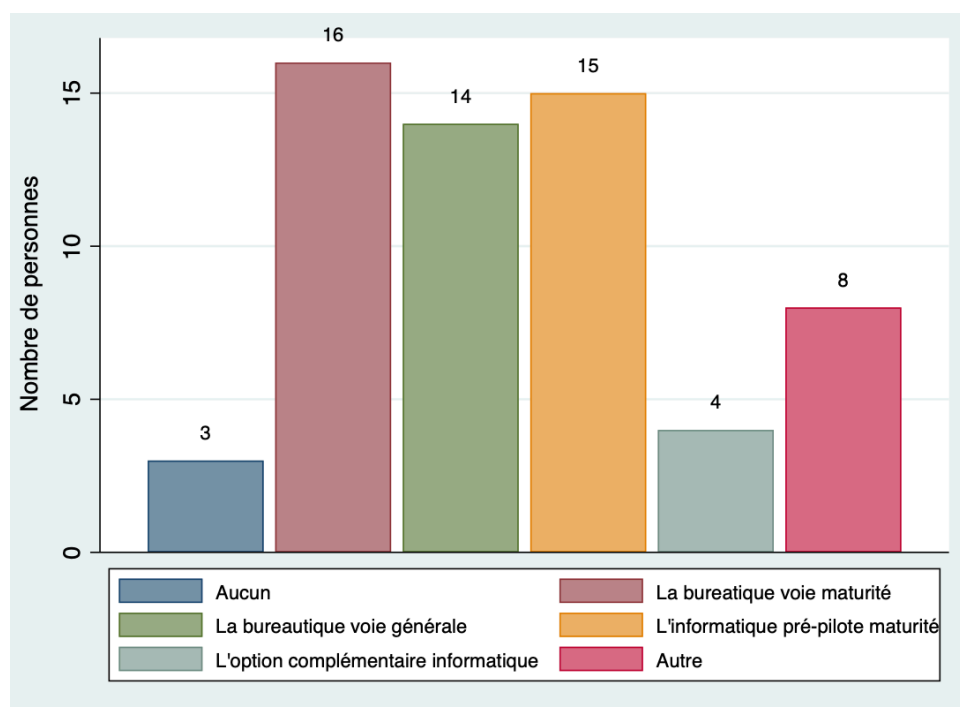


Figure 19: Enseignement actuellement donné par les enseignant·e·s sondé·e·s

Globalement, les enseignant·e·s se sentent prêt·e·s à enseigner la science informatique (70%). Ce chiffre est modulé par l'aspect formation qui sera soit menée par les enseignant·e·s de leur propre initiative, soit par des offres de formations dans le cadre des institutions participant au projet.

La question portant sur le type de formation qui serait la plus adaptée révèle qu'une formation pointue (versus générale 16%) serait idéale à 64%.

Concernant le langage de programmation Python, choisi pour les ressources, les besoins ont été très variés et bien répartis :

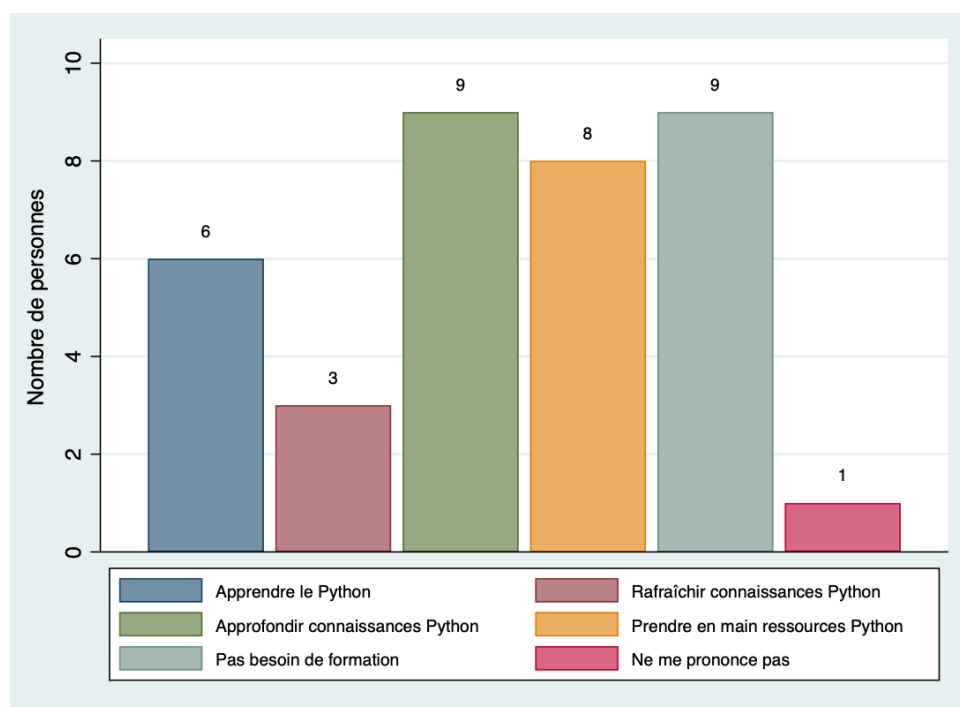


Figure 20: Langage Python : quel type de formation?

La moitié des personnes interrogées ont remonté un besoin de formation pour les aspects techniques de la plateforme d'édition que sont GitHub, Markdown, Jupyter Book et la mise en place d'un environnement pour enseigner la programmation en classe. Un quart est intéressé par les aspects plus rédactionnels, ce qui est encourageant pour le futur du projet et la création et maintenance de ressources issues d'une communauté de pratique active.

Les questions portant sur les thématiques spécifiques montrent que 80% des enseignant·e·s souhaiteraient se mettre à niveau pour la thématique "architecture des ordinateurs", les autres thématiques recueillant entre 45% et 65% de réponses positives.

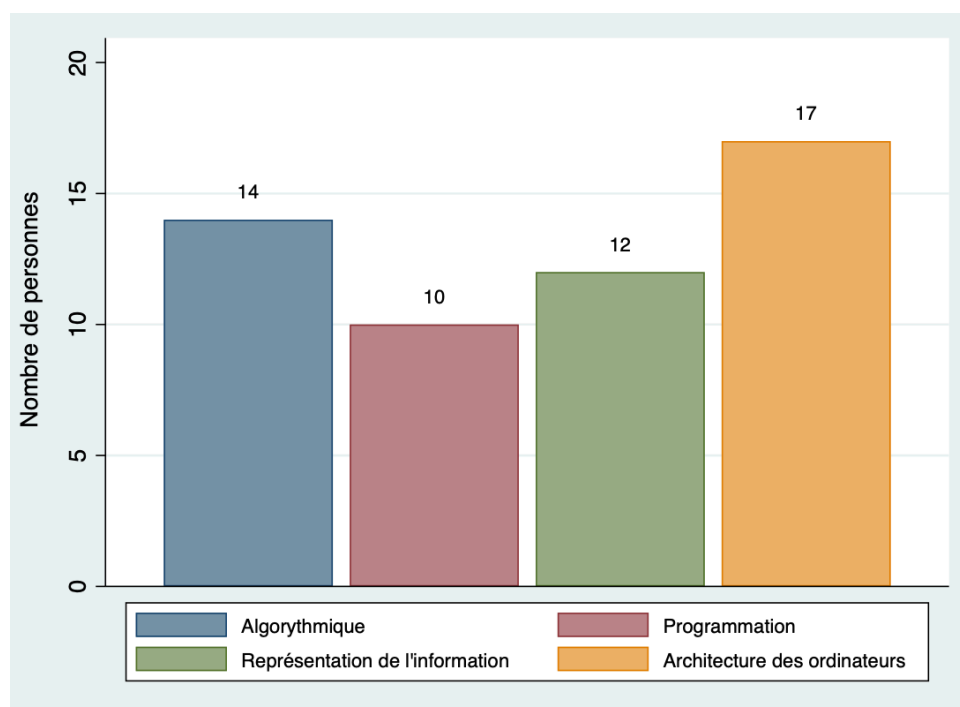


Figure 21: Thématiques et formations ciblées

La question portant sur la nécessité d'une formation en lien avec la thématique "enjeux sociaux du numérique" récolte 68% de réponses positives, complétée par 28% de réponses "éventuellement".

Une dernière question portant sur le mode de formation montre que le présentiel serait le plus adapté (68% versus en ligne 32%), par tranche de demi-journée (56%, versus 44% pour la journée et 16% pour la semaine bloc).

Sur la base de ces résultats, le comité chargé d'imaginer et organiser des formations pour répondre à ces besoins de formation travaillera dès la rentrée 2021. Ces formations seront des pilotes de ce qu'il faudra certainement maintenir sur quelques années pour assurer les rentrées à venir. Elles devront s'inscrire dans le paysage de formations actuelles qui sont données dans le cadre de GymInf, mais également données par les institutions partenaires du projets que sont l'EPFL, L'Unil, la HEP Vaud et la formation continue UNIL-EPFL.

References

- Bench, S. W., Lench, H. C., Liew, J., Miner, K., et Flores, S. A. (2015). Gender Gaps in Overestimation of Math Performance. *Sex Roles*, 72(11):536–546.
- Bernardis, M.-A. (2013). La culture scientifique, une culture au masculin ? *La Lettre de l'OCIM. Musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques*, (149):16–24. Number: 149 Publisher: Office de Coopération et d'Information Muséographiques.
- Blanchard, M., Orange, S., et Pierrel, A. (2016). *Filles+ sciences= une équation insoluble?. enquête sur les classes préparatoires scientifiques*. Rue d'Ulm.
- Boustedt, J., Eckerdal, A., McCartney, R., Moström, J. E., Ratcliffe, M., Sanders, K., et Zander, C. (2007). Threshold concepts in computer science: do they exist and are they useful? *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1):504–508.
- Breda, T., Grenet, J., Monnet, M., et Van Effenterre, C. (2018). *Can Female Role Models Reduce the Gender Gap in Science?: Evidence from Classroom Interventions in French High Schools*. Paris-Jourdan Sciences Economiques.
- Brennan, K. et Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada*, volume 1, page 25.
- Cacouault-Bitaud, M. (1999). Professeur du secondaire: une profession féminine? éléments pour une approche socio-historique. *Genèses*, pages 92–115.
- Collet, I. (2011). Effet de genre, le paradoxe des études d'informatique. *TIC & Société*, 5(1).
- Collet, I. (2014). *Rire et humour dans la classe : des stratégies genrées de résistance et de domination*. De Boeck. Pages: 127 Publication Title: Former envers et contre le genre.
- Collet, I. (2018). Dépasser les éducations à : vers une pédagogie de l'égalité en formation initiale du personnel enseignant. *Recherches féministes*, 31(1):179.
- Collet, I. (2019). *Les oubliées du numérique - Isabelle Collet*. Le Passeur.
- Collet, I. et Mosconi, N. (2010). Les informaticiennes: de la dominance de classe aux discriminations de sexe? *Nouvelles questions féministes*, 29(2):100–113.
- Curzon, P., McOwan, P. W., Cutts, Q. I., et Bell, T. (2009). Enthusing & inspiring with reusable kinaesthetic activities. In *Proceedings of the 14th annual ACM SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*, pages 94–98.
- Dijkstra, E., Parhas, D., Scherlis, W., Eraden, M., Cohen, J., Hamming, R., Karp, R., et Winograd, T. (1989). A debate on teaching computer science. *Communications of The ACM - CACM*.
- Dowek, G. (2012). *Informatique et sciences du numérique. spécialité isn en terminale... - Librairie Eyrolles*.
- Drew, V. et Mackie, L. (2011). Extending the constructs of active learning: implications for teachers' pedagogy and practice. *Curriculum Journal*, 22(4):451–467.

- Duru-Bellat, M. (1992). L'école des filles. Quelle formation pour quels rôles sociaux? *Revue Française de Sociologie*, 33(1):105.
- Dutrévis, M., Soussi, A., et Genoud, P. A. (2017). Les attitudes et aspirations scientifiques des filles et des garçons à Genève. Enquête auprès des élèves du primaire et du cycle d'orientation. Technical report.
- d'Ouille, L. et Collet, I. (2004). Inventory of good practices. WWW-ICT IST-2001-34520 deliverable n.8, ANACT.
- Eccles, J. (1983). Expectancies, values and academic behaviors. *Achievement and achievement motives*.
- Eccles, J. S. et Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 61:101859.
- Femmes.Numériques (2019). Quelle place pour les femmes dans le numérique?. Retrieved from <https://femmes-numerique.fr/quelle-place-pour-les-femmes-dans-le-numerique/>.
- Fernandes, E., Dunand, N., et Spang Bovey, N. (2006). Livre blanc sur les standards du e-learning.
- Harackiewicz, J. M., Canning, E. A., Tibbetts, Y., Priniski, S. J., et Hyde, J. S. (2016). Closing achievement gaps with a utility-value intervention: Disentangling race and social class. *Journal of personality and social psychology*, 111(5):745.
- Hecht, C. A., Priniski, S. J., Tibbetts, Y., et Harackiewicz, J. M. (2021). Affirming both independent and interdependent values improves achievement for all students and mitigates cultural mismatch for first-generation college students. *Journal of Social Issues*.
- Hinde, R. J. et Kovac, J. (2001). Student active learning methods in physical chemistry. *Journal of Chemical Education*, 78(1):93.
- Huguet, P. et Régner, I. (2009). Counter-stereotypic beliefs in math do not protect school girls from stereotype threat. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4):1024–1027.
- Jarlégan, A., Tazouti, Y., Flieller, A., Kerger, S., et Martin, R. (2010). Les interactions individualisées maître-élève : une comparaison entre la France et le Luxembourg. *Revue française de pédagogie*, n° 173(4):67–84. Bibliographie_available: 0 Cairndomain: www.cairn.info Cite Par_available: 0 Publisher: ENS Editions.
- Jiang, S., Simpkins, S. D., et Eccles, J. S. (2020). Individuals' math and science motivation and their subsequent stem choices and achievement in high school and college: A longitudinal study of gender and college generation status differences. *Developmental Psychology*.
- Kallia, M. et Sentance, S. (2021). Threshold concepts, conceptions and skills: Teachers' experiences with students' engagement in functions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(2):411–428. _eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jcal.12498>.
- Kember, D. et Leung, D. Y. (2009). Development of a questionnaire for assessing students' perceptions of the teaching and learning environment and its use in quality assurance. *Learning Environments Research*, 12(1):15–29.

- Kert, S. B., Kalelioğlu, F., et Gülbahar, Y. (2019). A holistic approach for computer science education in secondary schools. *Informatics in Education*, 18(1):131–150.
- Kirschner, P., Sweller, J., et Clark, R. E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, 41(2):75–86.
- Koshkin, A. P., Abramov, R. A., Rozhina, E. Y., et Novikov, A. V. (2018). Role of social representations in student motivation for acquiring further education. *Interchange*, 49(3):313–341.
- Kvam, P. H. (2000). The effect of active learning methods on student retention in engineering statistics. *The American Statistician*, 54(2):136–140.
- Lagesen, V. et Mellström, U. (2004). Why is computer science in malaysia a gender authentic choice for women? gender and technology in a cross-cultural perspective. *Gender & ICT: Strategies of Inclusion*.
- Lahtinen, E., Ala-Mutka, K., et Järvinen, H.-M. (2005). A study of the difficulties of novice programmers. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(3):14–18.
- Lei, J. (2009). Digital Natives As Preservice Teachers: What Technology Preparation Is Needed? page 11.
- Li, Y. et Ranieri, M. (2010). Are 'digital natives' really digitally competent? - A study on Chinese teenagers. *Br. J. Educ. Technol.*
- Master, A., Cheryan, S., Moscatelli, A., et Meltzoff, A. N. (2017). Programming experience promotes higher stem motivation among first-grade girls. *Journal of experimental child psychology*, 160:92–106.
- Misa, T. (2010). *Gender Codes: Why Women Are Leaving Computing* / Wiley. Wiley-ieee computer society pr edition.
- Morin-Messabel, C., Ferrière, S., et Salle, M. (2012). L'éducation à l'égalité « filles-garçons » dans la formation des enseignant-e-s. *Recherche et formation*, (69):47–64. ISBN: 9782847883749 Number: 69 Publisher: ENS Editions.
- Nathenson, M. B. et Henderson, E. S. (2018). Using student feedback to improve learning materials.
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & education*, 52(1):1–12.
- Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., Devlin, M., et Paterson, J. (2007). A Survey of Literature on the Teaching of Introductory Programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39.
- Petreska von Ritter-zahony, B. (2016). Les objets de savoir en informatique. Technical report.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. page 6.

- Pucher, R. et Lehner, M. (2011). Project based learning in computer science—a review of more than 500 projects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 29:1561–1566.
- Repenning, A., Webb, D. C., Koh, K. H., Nickerson, H., Miller, S. B., Brand, C., Horses, I. H. M., Basawapatna, A., Gluck, F., Grover, R., Gutierrez, K., et Repenning, N. (2015). Scalable Game Design: A Strategy to Bring Systemic Computer Science Education to Schools through Game Design and Simulation Creation. *ACM Transactions on Computing Education*, 15(2):1–31.
- Robins, A., Rountree, J., et Rountree, N. (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education*, 13(2):137–172. Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>.
- Ryan, R. M. et Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1):54–67.
- Ryoo, J. J. (2019). Pedagogy that Supports Computer Science for All. *ACM Transactions on Computing Education*, 19(4):36:1–36:23.
- Sahin, M. C. (2009). Instructional design principles for 21st century learning skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1):1464–1468.
- Sentance, S. et Csizmadia, A. (2017). Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective. *Education and Information Technologies*, 22(2):469–495.
- Swidan, A., Hermans, F., et Smit, M. (2018). Programming misconceptions for school students. In *Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research*, pages 151–159.
- Vansteenkiste, M., Simons, J., Lens, W., Sheldon, K. M., et Deci, E. L. (2004). Motivating learning, performance, and persistence: the synergistic effects of intrinsic goal contents and autonomy-supportive contexts. *Journal of personality and social psychology*, 87(2):246.
- Vouillot, F. (2010). L'orientation, le butoir de la mixité. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (171):59–67. ISBN: 9782734211877 Number: 171 Publisher: ENS Éditions.
- Webb, M., Davis, N., Bell, T., Katz, Y. J., Reynolds, N., Chambers, D. P., et Sysło, M. M. (2017). Computer science in k-12 school curricula of the 21st century: Why, what and when? *Education and Information Technologies*, 22(2):445–468.
- Yoder, J. D. et Hochevar, C. M. (2005). Encouraging active learning can improve students' performance on examinations. *Teaching of psychology*, 32(2):91–95.