

---

# Éducation, fiabilité et marché du travail à l'ère de la transformation numérique

Perspectives et réflexions issues du  
Programme national de recherche  
« Transformation numérique » (PNR 77)



# Éducation, fiabilité et marché du travail à l'ère de la transformation numérique

Perspectives et réflexions issues du  
Programme national de recherche  
« Transformation numérique » (PNR 77)

# Table des matières

		<b>1</b>	<b>Avant-propos</b>	<b>4</b>
		<b>2</b>	<b>Résumé</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	Introduction et portée du programme	10	3.1 PNR 77 : recherches sur la transformation numérique	11
			3.2 Recherches prévues et adaptations	13
			3.3 Synthèse de recherche	14
<b>4</b>	Résultats clés et considérations stratégiques	15	<b>4.1 Thèmes transversaux de la transformation numérique</b>	<b>17</b>
			Considération 1 – Adopter une approche co-créative pour les solutions numériques	18
			Considération 2 – Développer des solutions numériques inclusives et supprimer les obstacles structurels	20
			Considération 3 – Reconnaître l'évolution des interactions être humain/machine et s'y adapter	23
			Considération 4 – Favoriser la disponibilité et l'accessibilité des données	25
			<b>4.2 Formation, apprentissage et tournant numérique</b>	<b>27</b>
			Considération 5 – Promouvoir les compétences numériques tout au long de la vie	28
			Considération 6 – Renforcer en permanence les aptitudes numériques des enseignant-es	30
			Considération 7 – Développer une approche structurée de l'innovation en EdTech	32
			<b>4.3 Éthique, fiabilité et gouvernance</b>	<b>35</b>
			Considération 8 – Mieux impliquer la population dans les processus politiques (G1)	36
			Considération 9 – Intégrer les aspects éthiques et l'input des parties prenantes dans la conception du numérique	38
			Considération 10 – Renforcer le paysage des médias indépendants	40
			<b>4.4 Économie numérique et marché du travail</b>	<b>42</b>
			Considération 11 – Exploiter les capacités numériques des employé-es	43
			Considération 12 – Fournir un soutien numérique aux demandeur-euses d'emploi et conseiller-ères	44
<b>5</b>	Épilogue	46	5.1 Développements récents qui ont eu un impact sur la transformation numérique	47
			5.2 Résultats du PNR 77 applicables aux défis mondiaux	47
			5.3 Recommandations de financement pérenne	48
			5.4 Perspective et conclusion	48
<b>6</b>	Annexes	49	6.1 Bibliographie/références	49
			6.2 Glossaire	55
			6.3 Abréviations et acronymes	57
			6.4 Liste des 46 projets du PNR 77	58
			6.5 Organisation	63
			7 Impressum	65

# 1

## Avant-propos

La transformation numérique est le résultat d'un processus de longue haleine et de grande ampleur. Dès la fin des années 1980, des chercheur·euses ont examiné comment les technologies numériques modifiaient la création de valeur et les structures organisationnelles. L'arrivée d'Internet dans la deuxième moitié des années 1990 a rendu le débat pertinent à l'échelon politique et économique, à mesure qu'un nombre croissant d'entreprises se mettaient à intégrer systématiquement les technologies numériques dans leurs stratégies. Avec l'essor des smartphones, des médias sociaux, des applications de mégadonnées et des infrastructures en nuage, le concept de « transformation numérique » s'est solidement établi pour décrire une vaste modification de la société qui continue d'influencer durablement les systèmes économiques, sociaux et politiques.

En réponse à ces évolutions, le Conseil fédéral a mandaté en 2017 le Fonds national suisse pour la réalisation du Programme national de recherche sur la « Transformation numérique » (PNR 77). Le but était de fournir des conclusions scientifiquement fondées sur des questions urgentes relatives à la formation, l'éthique, la fiabilité, la gouvernance et le marché du travail dans le contexte de la transformation numérique, renforçant ainsi les données probantes pour le développement de stratégies. Doté d'une enveloppe de 30 millions de francs, ce programme a permis l'exploration étendue et interdisciplinaire des opportunités et des défis liés à cette transformation.

La dynamique et l'ampleur des transformations sont apparues au grand jour peu après le début des projets de recherche : en 2020, la pandémie de Covid-19 a déclenché une modification brutale des conditions de travail et de vie qui a énormément stimulé les outils numériques. Le travail à distance et les formes d'interaction numériques sont rapidement devenus la règle et des fonctions essentielles de la société se sont provisoirement, et dans certains cas durablement, déplacées vers des environnements numériques. Ces expériences ont joué un rôle de catalyseur pour l'adaptation technologique, organisationnelle et culturelle, avec des implications directes pour la politique publique, les réglementations et l'administration.

À la fin de l'année 2022, cette dynamique s'est encore intensifiée avec le lancement public de l'intelligence artificielle générative (IAg), y compris ChatGPT, qui s'est rapidement établie en tant que technologie accessible dans la vie de tous les jours. Le succès rapide de cette technologie dans la société et les cercles économiques illustre à quel point l'innovation technologique et les attentes du grand public sont à présent liées. En même temps, cette transformation affecte aussi le paysage de la recherche : les méthodes, les bases de données et les pratiques épistémiques évoluent rapidement et ceci a des implications importantes pour le développement de stratégies basées sur les connaissances.

Même si l'IAg n'était pas encore présente lors de la mise au concours du PNR 77 en 2018, la plupart des observations issues des travaux de recherche réalisés dans ce cadre sont applicables à la transformation numérique liée à ces possibilités technologiques d'aujourd'hui.

Les résultats des 46 projets de recherche du PNR 77 sont maintenant disponibles. Pour les interpréter de manière pertinente, il faut les replacer dans le contexte des réalités technologiques, économiques et sociétales d'aujourd'hui. Les découvertes offrent une vue nuancée de profondes transformations de la société qui dépassent largement les secteurs individuels. Elles fournissent un guide basé sur les données probantes pour les responsables politiques, les autorités, les acteurs économiques et la société civile, guide essentiel pour assurer que la transformation numérique ait lieu de manière équitable du point de vue social, légitime eu égard à la démocratie et productive au niveau économique.

Cette publication fait la synthèse des conclusions clés des 46 projets et formule 12 considérations stratégiques concrètes destinées à soutenir le débat politique, permettre des décisions stratégiques informées et contribuer à un cadre de gouvernance orienté vers l'avenir pour la transformation numérique en Suisse.



**Abraham Bernstein**

Président du Comité de direction du  
PNR 77 « Transformation numérique »

## 2

# Résumé

La transformation numérique modifie tous les secteurs de la société et renferme à la fois des opportunités considérables et des défis complexes. Le Programme national de recherche sur la « Transformation numérique » (PNR 77) a exploré un vaste éventail de questions liées à l'intégration des technologies numériques en se concentrant sur leur impact sur la formation, l'éthique, la fiabilité et la gouvernance, ainsi que le marché du travail et l'économie. Ses découvertes soulignent la nécessité d'une approche équilibrée qui accepte l'innovation tout en sauvegardant les valeurs de la société. Assurer que la Suisse se maintienne dans le peloton de tête de la transformation numérique requiert des efforts concertés entre de multiples domaines, dont l'éducation, la réglementation, des initiatives couvrant l'ensemble de l'industrie, ainsi que la communication avec le grand public.

Les conclusions du Comité de direction du PNR 77 présentées dans ce document reposent sur cinq années de travaux de recherche interdisciplinaires et d'analyses d'expert·es. Elles visent à soutenir le développement actuel de stratégies en cours et à guider les actions futures. Si la recherche peut offrir des solutions à des questions spécifiques, les compromis plus larges auxquels il faut aboutir dans la société et les priorités à définir doivent l'être par le biais de processus démocratiques. Par conséquent, il incombe aux responsables politiques, institutions d'enseignement, organismes gouvernementaux, entreprises et à la société civile de déterminer comment les mettre en œuvre au mieux.

Les découvertes du PNR 77 contribuent à un débat public réfléchi et fournissent un guide fondé sur des preuves pour la prise de décisions dans les cercles politiques, les hautes écoles et l'industrie. Les résultats du programme pourraient aider à façonner le paysage numérique de la Suisse et à assurer que le progrès technologique se fasse en harmonie avec le bien-être de la société et la résilience économique à long terme.

Dans le domaine de la formation et de l'apprentissage, les découvertes soulignent la nécessité de développer les compétences numériques tout au long de la vie, de perfectionner les aptitudes des enseignantes et d'avoir des cadres de formation structurés. Pour ce qui est de l'éthique, de la fiabilité et de la gouvernance, le programme met en lumière les enjeux qui existent en matière de fiabilité et de désinformation et souligne l'importance de la transparence des infrastructures numériques. Dans le domaine de l'économie numérique et du marché du travail, les travaux de recherche soulignent que l'automatisation devrait étendre les capacités humaines plutôt que de les remplacer et défendent des mesures politiques qui soutiennent une transition inclusive pour les personnes actives.

Des évolutions mondiales de grande ampleur qui ont eu lieu durant les cinq années du programme, par exemple la pandémie de Covid-19 qui a commencé début 2020 ou encore le lancement public de ChatGPT d'OpenAI fin 2022, ont souligné l'urgence d'optimiser et renforcer la stratégie suisse de transformation numérique. Ces événements ont accéléré l'adoption du numérique et ont renforcé la nécessité de prendre des mesures qui contrebalancent l'innovation technique par des garde-fous éthiques.

Avec les évolutions géopolitiques observées en Europe et aux États-Unis, ces événements soulignent l'urgence croissante pour la Suisse de mettre en œuvre des stratégies de transformation numérique tournées vers l'avenir. Une approche stratégique est essentielle pour assurer que les individus, les entreprises et les institutions soient non seulement équipés pour s'adapter aux transformations techniques, mais qu'ils et elles puissent aussi

exploiter le progrès numérique pour faire avancer l'innovation, la croissance économique et le bien-être de la société. Pour ne pas se faire dépasser par l'accélération du progrès technologique, il est essentiel pour la Suisse que les responsables politiques et décideur·euses investissent dans une recherche sur la transformation numérique tournée vers l'avenir, y compris dans la formation, l'éthique/gouvernance et les marchés du travail.

### **PNR 77 « Transformation numérique »**

La numérisation et la transformation de la société s'influencent mutuellement et modifient presque tous les domaines de la vie en Suisse. Si la transformation numérique offre d'énormes opportunités, par exemple de nouveaux modèles économiques, des processus de travail efficaces et une participation accrue, elle génère aussi des inquiétudes en matière d'emploi, de liberté individuelle, de démocratie et d'intelligence artificielle.

Sur mandat du Conseil fédéral, le Programme national de recherche « Transformation numérique » (PNR 77) a exploré ces dynamiques pour identifier les opportunités, réduire les risques et développer des solutions pertinentes pour la politique. Doté d'une enveloppe de 30 millions de francs, il comprenait 46 projets de recherche répartis entre trois modules qui ont réalisé leurs travaux entre 2020 et 2025.

Plus d'informations, les résultats des différents projets sont disponibles à l'adresse [nfp77.ch](https://nfp77.ch).

# 3

## Introduction et portée du programme

Le progrès rapide des technologies numériques a profondément transformé de nombreux aspects de la vie de tous les jours en Suisse et a eu un impact sur les grands domaines suivants :

- 1) Formation, apprentissage et tournant numérique (formation) ;
- 2) Éthique, fiabilité et gouvernance (éthique/gouvernance) ;
- 3) Économie numérique et marché du travail (travail).

Dans la formation, la transformation numérique a un impact sur les enfants et les adultes, car les processus d'enseignement et d'apprentissage se modifient et elle soulève des questions importantes sur les types de formations et de compétences nécessaires au cours de la vie. Un élément crucial de la thématique éthique/gouvernance est la sauvegarde de la compatibilité de la numérisation avec les valeurs publiques et les droits fondamentaux, ainsi que la création de conditions qui permettent de faire confiance aux infrastructures et services numériques. En même temps, la numérisation offre de nouvelles opportunités et crée de nouveaux risques pour la communication, la participation et la prise de décisions. Dans le domaine du travail et de l'économie, les employé·es sont confronté·es à des modifications importantes de l'organisation et du contenu du travail, ce qui requiert de nouvelles stratégies et approches. Ces nouvelles formes de travail numérique et de plateformes d'emploi en ligne transforment les modèles d'emploi classiques et génèrent de nouvelles dynamiques économiques.

Vu l'accélération de la transformation technologique et sociale, il est crucial pour la Suisse de comprendre et aborder les défis liés à la numérisation croissante. Pour comprendre les opportunités et les risques de la transformation numérique, les responsables politiques ont besoin de stratégies basées sur des données probantes pour accroître les avantages et réduire les effets négatifs pour la société. Question de grande ampleur, la transformation numérique fait l'objet de nombreux travaux de recherche et de programmes de recherche et d'investissements qui lui sont consacrés dans tous les pays développés industrialisés, dont la Suisse (voir le paragraphe 3.1 ci-après pour les programmes suisses).

**Tableau 1 : Terminologie numérique et descriptions**

Terme	Axe	Exemple
<b>numérisation</b>	données : conversion d'informations analogiques dans un format numérique	scanner des documents pour les sauvegarder sous forme numérique (p. ex. au format PDF, portable document format, ou photo, jpeg ou gif)
<b>numérisation</b>	processus : intégration des technologies numériques dans des processus existants dans le but d'améliorer l'efficacité et la fourniture de services	proposer un catalogue en ligne pour la recherche de services ; fournir une appli pour que les usager·ères puissent rechercher en ligne la disponibilité
<b>transformation numérique</b>	mode d'opération stratégique : modification globale du mode d'opération d'organisations par l'utilisation des technologies numériques pour modifier profondément les services, processus ou modèles économiques	créer une plateforme entièrement numérique qui modifie la manière dont les personnes interagissent avec le fournisseur de biens ou de services par le biais de solutions numériques et de dépendances

## 3.1

# PNR 77 : recherches sur la transformation numérique

L'approche suisse fait partie de la stratégie Suisse numérique qui est à la fois contraignante pour l'administration fédérale et sert de guide à tous·tes les autres acteur·rices impliqués dans la numérisation. Dans l'énoncé de la vision, elle déclare que la Suisse « applique systématiquement le principe « priorité au numérique » (digital first) au bénéfice de tous, indépendamment du sexe, de l'âge et de l'origine. Elle tire parti de la transformation numérique afin que tous en profitent durablement. »

Vu les salaires élevés de la Suisse, ses industries orientées vers l'exportation et ses secteurs innovants, la transformation numérique est essentielle pour le pays. Elle joue un rôle crucial pour le maintien de la compétitivité à l'échelon mondial, des emplois qualifiés, ainsi que de la solidité dans des domaines comme la mécanique de

précision, les finances et les sciences de la vie au sein de dynamiques mondiales qui évoluent en permanence. La recherche est un instrument clé pour fournir aux responsables politiques les données probantes requises pour développer des mesures efficaces et tournées vers l'avenir.

En réponse à la demande croissante en prise de décisions basées sur les données probantes dans le domaine de la transformation numérique, la Confédération a défini un plan d'action complet qui est à la fois harmonisé avec et contribue aux efforts globaux de transformation numérique par le biais d'initiatives de recherche, innovation et éducation. D'autres programmes stratégiques nationaux qui favorisent la transformation numérique sont entre autres la stratégie Suisse numérique, l'Administration numérique suisse et le PNR 75 Big Data.

Le plan suisse est à plus d'un titre parallèle aux plans et initiatives de ses voisins et alliés de l'Union Européenne comme la stratégie numérique de l'UE, la décennie numérique de l'Europe et la boussole numérique pour 2030 de l'UE.

En 2018, dans le cadre de ce plan stratégique, le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI) a chargé le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) de développer et mettre en œuvre le Programme national de recherche sur la « Transformation numérique » (PNR 77).

Le Conseil national de la recherche du FNS a nommé un Comité de direction pour assurer la gestion stratégique du PNR 77. Le Comité de direction a élaboré la conception du programme, approuvée par le Conseil fédéral le 21 septembre 2018, lancé deux mises au concours pour les requêtes de recherche, sélectionné les meilleurs projets et géré l'enveloppe financière de 30 millions de francs au cours de la période de cinq ans qui s'est achevée en décembre 2024.

Pour étudier comment la transformation numérique modifie la société, le PNR 77 s'est concentré sur trois modules thématiques interconnectés, dont chacun touche directement les secteurs et dynamiques de société qui sous-tendent la compétitivité économique et la résilience sociale de la Suisse :

- 1 Formation, apprentissage et tournant numérique.** Dans les écoles publiques, les hautes écoles et autres organismes d'enseignement, les nouvelles technologies soulèvent des questions quant à la manière de reconfigurer les pratiques d'apprentissage et d'enseignement pour qu'elles répondent aux objectifs didactiques et aux évaluations, ainsi qu'aux modifications nécessaires dans les programmes pour assurer que la population acquière les connaissances et compétences adéquates de nos jours.
- 2 Éthique, fiabilité et gouvernance.** Dans les processus juridiques et démocratiques, des questions cruciales relatives à la transformation numérique comprennent les droits fondamentaux, la fiabilité, les valeurs publiques, la communication et la participation de la population à l'échelon local, cantonal et fédéral.
- 3 Économie numérique et marché du travail.** Dans le domaine de l'emploi, de la productivité et des configurations économiques, la transformation numérique entraîne des modifications considérables de la demande en personnel, de la formation aux compétences et de l'organisation du travail.

La mise au concours du PNR 77 a débouché sur 46 projets sélectionnés dans les trois modules thématiques (cf. paragraphe 6.2. Liste des 46 projets du PNR 77). De nombreux projets contenaient des éléments transversaux et des approches interdisciplinaires. L'objectif global était d'aider la recherche universitaire à développer des connaissances pour des interventions basées sur des données probantes, offrir des considérations stratégiques pour contribuer à des cadres de gouvernance informés et faciliter une transformation numérique responsable et réussie.

## 3.2 Recherches prévues et adaptations

Le PNR 77 a été initié en 2018 pour aborder l'accélération de la transformation numérique et ses implications pour la société suisse. La numérisation transformait alors déjà l'éducation, la gouvernance et l'économie, mais de nombreux défis liés à l'intelligence artificielle (IA), à la sécurité des données et aux interactions être humain/machine en étaient encore à leurs débuts ou n'étaient pas évidentes pour le grand public. Des événements majeurs ont transformé le paysage, entre autres la pandémie de Covid-19 qui a accéléré l'adoption d'outils numériques de communication et de coordination, ou encore le lancement public et la diffusion rapide de l'intelligence artificielle générative (IAg).

Durant les trois années de sa période de préparation, mise au concours et sélection et cinq années de recherche, le PNR 77 a soutenu des travaux de recherche qui ont exploré les sujets originaux de la mise au concours et étaient faisables en s'adaptant aux grands changements d'ampleur mondiale. Ainsi, les travaux fournissent des informations actuelles pour les responsables politiques, les entreprises et le secteur public et bien que certains facteurs n'aient pas pu être entièrement couverts dans le cadre de ce programme, la plupart des résultats sont applicables à la transformation numérique en cours. Ceci illustre le progrès constant des technologies numériques qui requiert un financement continu de travaux de recherche d'avenir pour ne pas se faire distancer par les évolutions à venir (cf. chapitre 5 Épilogue).

L'approche interdisciplinaire du programme a rapproché des expert·es en technologie, des chercheur·euses et diverses parties prenantes pour des travaux de recherche menant aux solutions les plus efficaces pour l'intégration numérique. Au lieu d'isoler le progrès technique de son contexte plus large, de nombreux projets ont examiné comment les systèmes numériques transforment des aspects fondamentaux de la société suisse. Par le financement de travaux de recherche qui ont considéré l'impact du progrès technique d'un point de vue éthique et de société, le PNR 77 a favorisé une compréhension plus globale du rôle de la transformation numérique pour la Suisse dans l'avenir.

## 3.3

# Synthèse de recherche

Par ce rapport de synthèse, le Comité de direction du PNR 77 résume les découvertes clés des 46 projets de recherche, les place dans le contexte de données probantes de recherches externes pertinentes et formule une série de suggestions ou considérations stratégiques à l'intention des protagonistes pertinent·es du domaine de la politique, de l'instruction publique, de l'administration, de l'économie et de la société civile. Cette publication s'entend comme une contribution de la science au débat politique, public et professionnel ainsi qu'à la planification de stratégies et d'actions politiques et pratiques. Plus d'informations sur le PNR 77 ainsi que sur les résultats des 46 projets sont accessibles sur le site web [www.nfp77.ch](http://www.nfp77.ch).

Si ce document souligne la valeur potentielle de ces découvertes, il appartient bien sûr aux responsables politiques et autres décideur·euses pertinent·es de prendre des décisions relatives à leur adoption et leur mise en œuvre en soupesant les données probantes, les priorités plus larges de la société et l'intérêt de la population.

# 4

## Résultats clés et considérations stratégiques

Le corpus de recherche du PNR 77 fournit des enseignements clés sur les multiples facettes des défis et opportunités de la transformation numérique dans les différents secteurs. Ses découvertes soulignent l'importance d'approches collaboratives spécifiques au contexte pour favoriser les aptitudes numériques, promouvoir une conception inclusive et aborder les implications des progrès technologiques pour la société. Lorsqu'il a examiné les résultats de recherche dans les trois modules (que l'on peut appeler en bref formation, éthique/gouvernance et marchés du travail), le Comité de direction a détecté, en plus des recommandations spécifiques à chaque module, quatre grands thèmes ou considérations stratégiques d'ensemble.

Le Comité de direction a formulé au total douze considérations stratégiques fondées sur et étayées par les données probantes. Par conséquent, chaque considération stratégique renvoie à une impulsion basée sur les preuves et visant à fournir des informations au débat politique, à la prise de décisions ou aux actions politiques.

### **Note au lecteur :**

Sur les pages suivantes, des flèches numérotées figurent dans la marge de droite. Elles renvoient à des adresses web externes et mènent directement aux publications correspondantes. En cliquant sur la flèche correspondante, vous accédez à la source liée.

# Considérations stratégiques issues du PNR 77

---

## Thèmes transversaux de la transformation numérique

### **CONSIDÉRATION 1**

Adopter une approche co-créative pour les solutions numériques

### **CONSIDÉRATION 2**

Développer des solutions numériques inclusives et supprimer les obstacles structurels

### **CONSIDÉRATION 3**

Reconnaître l'évolution des interactions être humain/machine et s'y adapter

### **CONSIDÉRATION 4**

Favoriser la disponibilité et l'accessibilité des données

## Formation

### **CONSIDÉRATION 5**

Promouvoir les compétences numériques tout au long de la vie

### **CONSIDÉRATION 6**

Renforcer en permanence les aptitudes numériques des enseignantes

### **CONSIDÉRATION 7**

Développer une approche structurée de l'innovation en EdTech

## Gouvernance

### **CONSIDÉRATION 8**

Mieux impliquer la population dans les processus politiques

### **CONSIDÉRATION 9**

Intégrer les aspects éthiques et l'input des parties prenantes dans la conception du numérique

### **CONSIDÉRATION 10**

Renforcer le paysage des médias indépendants

## Marché du travail

### **CONSIDÉRATION 11**

Exploiter les capacités numériques des employé·es

### **CONSIDÉRATION 12**

Fournir un soutien numérique aux demandeur·euses d'emploi et conseiller·ères

# 4.1

## Thèmes transversaux de la transformation numérique

En plus des résultats spécifiques à chaque module, l'analyse a fait apparaître un ensemble de thèmes transversaux qui révèlent des conditions cruciales pour une transformation numérique efficace. Premièrement, la transformation numérique requiert une approche de co-création, avec une collaboration entre expert·es en technologie, chercheur·euses et parties prenantes pour concevoir et mettre en œuvre des solutions spécifiques au contexte, en particulier dans l'enseignement, mais aussi dans d'autres secteurs. Deuxièmement, il est essentiel de développer régulièrement les aptitudes de base et numériques tout au long de la vie des citoyen·nes et il faut pour cela le soutien de programmes cadres structurés, spécifiques en fonction du niveau d'apprentissage et du sujet. Troisièmement, les autorités et organisations doivent assurer une conception inclusive et participative du domaine numérique, éviter l'exclusion de certains groupes et supprimer les obstacles à l'adoption de ces nouvelles technologies. Quatrièmement, la société doit s'adapter aux dynamiques évolutives des interactions et configurations être humain/machine, en particulier parce que la dépendance vis-à-vis de ces outils est susceptible d'influencer la prise de décisions. Enfin, l'accès aux données est critique pour des décisions politiques basées sur les données probantes, mais le pouvoir croissant de plateformes privées suscite des inquiétudes en matière d'accessibilité, de secret des données et de durabilité, de sorte qu'il faut des mesures politiques qui favorisent l'accessibilité des données pour la recherche tout en protégeant la confidentialité. Nous abordons tout d'abord ces thèmes transversaux, puis les résultats spécifiques aux modules formation, éthique/gouvernance et travail.

#### CONSIDÉRATION 1

##### **Adopter une approche co-créative pour les solutions numériques**

La société suisse enregistre une transformation numérique rapide et les progrès technologiques renferment un vaste potentiel de perfectionnement de l'apprentissage et des pratiques professionnelles. Cependant, la recherche révèle que l'intégration réussie des outils numériques n'est pas une garantie, car leur efficacité dépend de leur coordination avec les besoins des usager·ères et les processus de travail des institutions. Pour pouvoir exploiter le potentiel de la transformation numérique, de nombreuses professions doivent modifier leurs procédés et processus de travail et adopter des approches de co-création. Par exemple, dans le domaine de l'enseignement, des jeux sérieux conçus pour soutenir l'apprentissage se sont avérés être des outils puissants pour passionner les élèves. Dans le journalisme, le fait de se fier de

plus en plus aux outils numériques pour la création et la diffusion de contenus induit une concentration sur de nouvelles aptitudes et catégories de spécialisation ainsi que l'adaptation à de nouvelles logiques industrielles.<sup>1</sup> De même, dans le domaine de l'enseignement supérieur, des outils d'analyse de l'apprentissage offrent des conclusions basées sur les données, mais leur adoption n'est toujours pas fréquente car les enseignantes ont du mal à les intégrer dans leurs pratiques d'enseignement habituelles.<sup>2,3</sup> En même temps, dans le domaine des soins, la numérisation transforme la transmission des informations sur les soins aux patientes, mais des systèmes fragmentés et des difficultés d'utilisation font obstacle à la fluidité de la communication.<sup>4</sup> Les acteur·rices de l'innovation et de la réglementation favorisent de plus en plus souvent la co-création inclusive en se concertant sur une vision partagée qui conditionne l'attribution d'autorisations et de subsides, ainsi qu'en définissant des normes pour soutenir la collaboration et la compatibilité.<sup>5</sup> Ces exemples soulignent une réalité critique : à défaut d'une coopération active entre les parties prenantes concernées (enseignantes, personnel soignant, chercheur·euses, concepteur·rices), les innovations numériques risquent de ne pas déboucher sur les avantages escomptés.

Un enjeu clé réside au cœur de ces défis : l'absence fréquente de co-création et de conception participative dans le développement et la mise en œuvre de solutions numériques. Dans l'idéal, le processus de conception devrait inclure toutes les parties prenantes qui utilisent ces technologies, ainsi par exemple dans l'enseignement les élèves, parents/tuteur·rices, enseignantes, chercheur·euses, responsables de l'éducation, ou encore les responsables politiques. Les découvertes de la recherche soulignent invariablement que les outils numériques conçus isolément de la pratique et des citoyen·nes qui doivent les utiliser au final risquent de ne pas pouvoir s'intégrer facilement aux processus et pratiques de travail en place, d'où des inefficacités et une résistance à leur adoption. Un exemple d'une approche plus productive dans le domaine de l'enseignement est une conception collaborative de jeux sérieux entre enseignantes, chercheur·euses et informaticien·nes, susceptible d'accroître la probabilité que ces jeux répondent aux objectifs pédagogiques et soient acceptés par les enseignantes.<sup>6</sup> De même, impliquer le personnel soignant dans la conception des systèmes d'information hospitaliers peut aider à éviter des perturbation des processus et des difficultés d'utilisation qui risquent de contribuer à des incidents critiques dans un contexte hospitalier.<sup>4</sup> De telles approches participatives sont non seulement susceptibles de favoriser l'adoption et l'utilisation par les parties prenantes concernées, mais aussi de contribuer à une plus large transformation des pratiques culturelles. La recherche montre que la co-création dans un processus budgétaire participatif lors d'élections démocratiques peut favoriser l'efficacité et l'égalité en assurant que même les groupes minoritaires soient bénéficiaires, ce qui réduit les inégalités et renforce la cohésion sociale.<sup>7</sup> Dans tous ces cas, la co-création, c'est-à-dire l'implication des utilisateur·rices professionnel·les et finaux/finales dans la conception, l'évaluation et le développement itératif et/ou l'utilisation des outils numériques, s'avère être un facteur crucial pour le succès des efforts de transformation numérique.

Pour aborder ces lacunes systémiques, les initiatives stratégiques doivent accorder la priorité à la co-création inclusive et aux méthodes participatives dans le développement des technologies numériques. Il convient que les gouvernements, les institutions et les entreprises investissent dans des plateformes et cadres qui facilitent la coopération entre usager·ères, concepteur·rices, chercheur·euses et autres parties prenantes pertinentes. En institutionnalisant les approches participatives, les responsables politiques peuvent assurer que leurs efforts de transformation numérique soient non seulement pertinents du point de vue technique, mais aussi pratiques, durables et bénéfiques aux professionnel·les qui utilisent ces techniques pour répondre aux besoins des populations dont ils et elles s'occupent.

## CONSIDERATION

# 1

### **Adopter une approche co-créative pour les solutions numériques**

Pour accroître l'acceptation et l'efficacité des applications numériques, il convient d'adopter une approche participative et co-créative qui implique des expert·es en technologie, des chercheur·euses, des personnes du terrain, des utilisateur·rices et des groupes d'intérêt.

## CONSIDÉRATION 2

### **Développer des solutions numériques inclusives et supprimer les obstacles structurels**

La stratégie Suisse numérique vise à ce que l'ensemble de la population de la Suisse profite d'une transformation numérique durable et responsable sur les plans écologique, économique et social. L'énoncé de la vision indique expressément vouloir « applique[r] systématiquement le principe 'priorité au numérique' (digital first) au bénéfice de tous, indépendamment du sexe, de l'âge et de l'origine ». Cependant, dans la pratique, les technologies numériques ne sont pas forcément accueillies, accessibles ou utilisables à égalité dans tous les segments de la société suisse. Pour satisfaire à une vision inclusive, les stratégies doivent accorder une attention particulière aux besoins de groupes à risque de marginalisation, dont les personnes âgées ou atteintes de handicaps et autres minorités désavantagées, qui risquent d'être confrontées à divers obstacles structurels, techniques ou liés aux valeurs dans l'utilisation des infrastructures et services numériques, voire d'en rejeter complètement l'utilisation.

L'évolution démographique en direction d'une population vieillissante a mis les services de soins aux personnes âgées sous une pression croissante, ce qui a favorisé l'étude de technologies de santé smart home pour compléter les soins traditionnels en Suisse.<sup>8</sup> Ces technologies offrent des solutions prometteuses, en particulier pour le monitoring de la santé et le soutien aux personnes âgées, ce qui rassure à la fois le personnel soignant et les personnes âgées elles-mêmes. Cependant, le suc-

→ 8

cès de leur intégration dans la prise en charge des personnes âgées renferme des défis. La recherche indique que les technologies « smart home » ne peuvent pas remplacer entièrement la prise en charge humaine, car les seniors ont besoin d'un soutien technique conséquent et d'options individuelles pour pouvoir les utiliser efficacement. Un élément encore plus important est le fait que, si les technologies peuvent prolonger une vie autonome, leur conception et leur mise en œuvre doivent correspondre aux différentes préférences et capacités des seniors ainsi qu'à leurs exigences en matière de confidentialité et assurer que les soins continuent de se faire efficacement et dans le respect de la dignité.

Les progrès rapides de l'IA et de la robotique compliquent encore plus le paysage des soins aux personnes âgées.<sup>9</sup> Si les innovations qui apparaissent renferment un potentiel d'amélioration de la prise en charge, la trajectoire de leur développement reste incertaine et des questions d'éthique continuent d'accompagner les capacités technologiques. Différentes générations de personnes âgées manifestent des niveaux d'acceptation et de maîtrise du numérique (digital literacy) divers, de sorte que les responsables politiques doivent accepter qu'une approche « taille unique » n'est pas adéquate. Certaines des personnes les plus âgées expriment des réserves à se fier à la technologie, elles apprécient plus l'interaction humaine que les solutions de soins automatisées et expriment des inquiétudes quant à la confidentialité. En outre, la philosophie personnelle vis-à-vis du vieillissement influence l'attitude envers le monitoring de la santé : certaines personnes peuvent accueillir favorablement un dépistage précoce des maladies et une intervention rapide, tandis que d'autres considèrent de telles mesures comme des intrusions inutiles dans le processus naturel de vieillissement. La recherche examine aussi l'impact des technologies numériques sur le personnel soignant et note que celles-ci non seulement modifient leur rôle professionnel, mais sont aussi susceptibles de réduire des aspects de leur travail que ces personnes trouvent les plus enrichissantes. Pour développer des solutions numériques efficaces et inclusives, il convient que les mesures politiques soient adaptées à ces différences à l'échelon des générations et des individus et assurent que la technologie rende des choses possibles plutôt qu'obligatoires. Faute de ces considérations, imposer la technologie risque d'éloigner les personnes qui ne ressentent pas les solutions numériques comme intuitives, nécessaires, voire physiquement faisables et d'exacerber ainsi les inégalités d'accès aux soins de qualité, à l'éducation, à l'emploi et à d'autres activités de la vie quotidienne.

S'agissant des personnes en situation de handicap, des études montrent que les technologies numériques ont le potentiel d'améliorer l'accès à la formation professionnelle et continue et donc, à terme, au marché du travail.<sup>10</sup> Cependant, la seule présence de médias numériques ne suffit pas pour assurer la participation numérique des personnes en situation de handicap. Il existe de nouveaux risques d'exclusion, par exemple une mauvaise accessibilité des contenus didactiques, un manque de sensibilité de la part des enseignant·es, ou encore des différences individuelles entre les personnes en situation de handicap en termes d'accès, d'aptitudes et de maniement des nouvelles technologies. Les élèves en situation de handicap doivent souvent fournir des efforts supplémentaires pour surmonter des obstacles numériques ou gérer le manque ou l'inaccessibilité d'informations sur l'accès aux institutions de formation. Fournir des ressources et adaptations appropriées, par exemple interprètes, boucles d'induction magnétiques, logiciels et supports didactiques accessibles, peut aider à assurer une participation significative.<sup>11</sup> En outre, lorsqu'un processus budgétaire participatif est utilisé dans les élections démocratiques, le fait

→ 9

→ 10

→ 11

d'impliquer la population directement dans la prise de décisions communes peut donner une voix à des groupes minoritaires, renforcer la cohésion sociale et réduire la fracture numérique.<sup>7</sup>

—> 7

Ces transformations sociales se reflètent dans les entreprises et autres employeureuses qui modifient leurs structures internes pour s'adapter aux nouvelles technologies numériques et, dans l'idéal, favoriser l'innovation. Les entreprises qui exploitent les outils numériques constatent des modifications dans les relations d'emploi : davantage de monitoring de la performance et davantage de rétributions basées sur les incitations à la performance.<sup>12,13</sup> En même temps, ces technologies peuvent permettre des processus de décision plus décentralisés, conférer une plus grande autonomie aux employé-es et favoriser l'innovation et l'engagement. Au cours de cette transformation, les organisations sont confrontées à un souci croissant que les postes de travail connectés, c'est-à-dire avec intégration numérique des personnes, processus et technologies, risquent de brouiller les limites éthiques par une surveillance numérique envahissante et une inégalité d'accès aux chances. Cependant, à défaut d'une gouvernance robuste et de structures d'exécution efficaces, les avantages de la transformation numérique risquent d'être distribués inégalement, renforçant les asymétries de pouvoir qui existent au travail par le biais d'un contrôle renforcé par les algorithmes et, à terme, sapant le bien-être des employé-es.<sup>14-16</sup>

—> 12

—> 13

—> 14

La fracture numérique se manifeste fortement dans le domaine des comportements d'apprentissage et de recherche d'emploi, en particulier en fonction du genre et de l'âge. La recherche révèle que les étudiantes sont moins enclines à investir dans l'acquisition de compétences numériques, car elles pensent que celles-ci s'avèreront peu rentables, sous-estiment le niveau de compétences requis par certains emplois et affichent moins d'intérêt pour les emplois à haut niveau de compétences numériques.<sup>17-20</sup> Ces modèles persistent au-delà des études : les femmes et les personnes plus âgées à la recherche d'un emploi sous-estiment non seulement leurs compétences numériques par rapport à leurs homologues masculins ou plus jeunes, mais hésitent aussi à se porter candidates pour un rôle qui requiert d'adapter leurs compétences même lorsqu'il existe un chevauchement important avec leur dernier poste.<sup>21</sup> Ces tendances soulignent les biais systémiques qui influencent les trajectoires de carrière et renforcent les inégalités qui existent sur le marché du travail. Une étude estime que la participation numérique est rarement systématique dans la formation professionnelle initiale et continue, ce qui souligne le besoin pour les organisations de formation d'accorder la priorité à l'inclusion et l'accessibilité pour assurer l'égalité d'accès des personnes en situation de handicap.<sup>11</sup> Aborder ces obstacles requiert des interventions ciblées : sensibiliser aux avantages des investissements dans les compétences, fournir des programmes de perfectionnement structurés et encourager les modifications culturelles pour favoriser l'adaptabilité des groupes marginalisés ou sous-représentés lors des transitions d'emploi.

—> 15

—> 16

—> 17

—> 18

—> 19

—> 20

—> 21

—> 11

Les racines des disparités de compétences numériques des femmes sont profondément implantées dans des constructions de société, dont des stéréotypes de genre qui marquent dès l'enfance la perception des matières MINT (mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique) et des domaines fortement technologiques. Des études montrent que la sous-représentation des femmes dans ces domaines est moins liée à un manque d'intérêt intrinsèque qu'à des normes culturelles d'exclusion qui signalent un décalage entre leur identité et les carrières numériques.<sup>22</sup> Une culture qui repose sur la masculinité dans des domaines comme l'ingénierie ou l'informatique favorise la sensation des femmes de ne pas y être à leur place, encore aggravée par une faible exposition précoce et un manque d'auto-effi-

—> 22

cacité.<sup>23</sup> Par conséquent, des réponses politiques efficaces doivent dépasser la modification des programmes et l'évaluation de capacités pour inclure de plus vastes transformations culturelles. Les écoles, universités, employeur-euses, organismes gouvernementaux et autres acteur-rices de la société doivent tous-tes agir pour favoriser un environnement qui soutienne l'égalité des chances pour contribuer à la numérisation et bénéficier de son potentiel pour de meilleurs emplois et des salaires plus élevés. Des mesures en ce sens sont entre autres la diversification des modèles de rôles, la modification des narratifs des médias et la visibilité d'environnements éducatifs et professionnels inclusifs.

—> 23

## CONSIDÉRATION

# 2

### **Développer des solutions numériques inclusives et supprimer les obstacles structurels**

Les solutions numériques efficaces tiennent compte de la diversité des groupes dans la société, y compris ceux actuellement dépourvus d'accès aux technologies numériques, et assurent ainsi une vaste acceptation et une justice sociale. Les stéréotypes profondément ancrés et les obstacles systémiques contribuent à la fracture numérique ; il faut identifier ces obstacles et les éliminer de manière ciblée pour assurer la participation sociale.

## CONSIDÉRATION 3

### **Reconnaître l'évolution des interactions être humain/machine et s'y adapter**

À l'ère de la transformation numérique, l'intégration d'outils informatiques dans le travail humain et les processus décisionnels modifie non seulement l'industrie, mais aussi des configurations fondamentales des relations humaines. Cette transformation est la plus prononcée dans les environnements où les enjeux sont importants. Les soins sont un domaine qui peut servir de baromètre : on y observe que la dynamique médecin/patient-e est de plus en plus influencée par les applications de technologie médicale (MedTech). La recherche révèle que si l'IA peut améliorer la satisfaction du personnel soignant et atténuer la pénurie de personnel, une alliance être humain/IA mal conçue peut déboucher sur une dépendance excessive, la perte de sensibilité vis-à-vis de la situation et des risques pour la sécurité des patient-es.<sup>24,25</sup> En outre, la présence de l'IA dans les environnements où les décisions se prennent en équipe porte atteinte aux structures classiques de partage des connaissances, ce qui peut favoriser l'innovation, mais aussi modifier les interactions interhumaines d'une manière qu'il convient d'envisager avec prudence.<sup>26,27</sup> La fiabilité de la prise de décision guidée par l'IA, en particulier dans le domaine du diagnostic médical, reste

—> 24

—> 25

—> 26

—> 27

un souci considérable. Si l'IA promet de soutenir les décisions cliniques, des études révèlent que les systèmes informatisés d'aide à la décision n'améliorent pas forcément la précision des diagnostics, voire peuvent introduire des risques inattendus, par exemple réduire la propension du personnel en formation à solliciter des conseils et inciter à trop se fier à l'output de l'algorithme.<sup>28</sup> Au service des urgences, environ un diagnostic sur dix est erroné et l'étude a montré que l'aide au diagnostic basée sur l'IA n'avait pas d'effet mesurable d'amélioration pour les patient·es en médecine d'urgence, que ce soit en termes de résultats médicaux, économiques ou de processus.

—> 28

Un défi important dans la mise en œuvre des systèmes guidés par l'IA est d'assurer que les usager·ères puissent interagir efficacement avec ces technologies et les comprendre. Les recherches du PNR 77 indiquent que dans le domaine des soins, les systèmes d'IA explicable (XAI), avec une explicabilité ciblée ou spécifique au contexte, peuvent permettre aux médecins et aux patient·es de mieux comprendre l'utilisation de l'IA dans le contexte clinique. Cependant, même les modèles ciblés d'IA explicable requièrent de la part des médecins une maîtrise suffisante de la technique pour pouvoir les utiliser et une aptitude à la communication qui leur permette d'en expliquer l'utilisation à leurs patient·es, ce qui étend le paradigme de la prise de décision partagée IA/médecin/patient·e.<sup>29,30</sup>

—> 29

Cette transformation dépasse le domaine des soins, elle influence la dynamique de l'enseignement, la structure du marché du travail et les aptitudes requises pour de futurs emplois. Des travaux précédents ont par exemple montré comment l'utilisation de tableaux de bord influence la manière dont les enseignant·es comprennent leurs élèves.<sup>31</sup> et peut modifier la position de l'enseignant·e en l'écartant d'aspects importants de la pratique pédagogique.<sup>32,33</sup> Cette possibilité requiert une approche équilibrée, basée sur les valeurs, au sein des systèmes éducatifs pour piloter et évaluer l'IA ou les robots en classe avant d'en étendre l'utilisation. Le maintien des enseignant·es humain·es au centre est la clé pour assurer que la technologie renforce les missions clés de l'enseignement et donne la priorité aux dimensions sociales, émotionnelles et éthiques que l'IA et les robots ne peuvent pas couvrir.

—> 30

—> 32

—> 33

Dans le paysage des interactions être humain/IA pris au sens large, il peut être utile de penser à la manière adéquate de « se fier » aux artefacts numériques grâce à des conceptions transparentes et des mesures de contrôle plutôt que de leur « faire confiance », la confiance étant un concept plus approprié pour parler d'êtres humains que de machines. Nous n'avons pas besoin de faire confiance à l'IA et ce n'est pas non plus souhaitable : il s'agit d'un outil numérique auquel nous avons uniquement besoin de pouvoir nous fier pour produire des résultats attendus, de la même manière que nous nous fions à d'autres outils et machines dont nous ne comprenons pas forcément tous les rouages, voire pas du tout.<sup>34</sup>

—> 34

Pour construire une société solide qui intègre efficacement les solutions numériques, les mesures politiques doivent refléter les données qui montrent que la numérisation et l'adoption de l'IA ne sont pas une simple mise à niveau technique mais une reconfiguration des relations humaines et des structures institutionnelles. Les professionnel·les doivent recevoir une formation, non seulement à la maîtrise de l'IA, mais aussi à des stratégies de collaboration être humain/IA efficaces, y compris comment s'y fier de manière adéquate, communiquer, s'exprimer et prendre des décisions.<sup>26</sup> Il découle de la recherche qu'il faut concevoir les technologies numériques en ayant mieux conscience des contextes pour lesquels elles sont conçues et pour soutenir des relations être humain/machine plus positives. Dans cette configuration, les êtres humains doivent être tenus responsables du contrôle des machines, des algorithmes et de l'IA et d'intégrer l'équité

—> 26

et la transparence dans leur conception. Le succès des interactions être humain/IA dépend non seulement des aptitudes technologiques, mais aussi de la promotion d'une société qui s'adapte aux évolutions des relations entre l'humanité et la technologie et les évalue de manière critique.

## CONSIDÉRATION

# 3

### **Reconnaître l'évolution des interactions être humain/machine et s'y adapter**

Pour bâtir une société résiliente et mettre en œuvre des solutions numériques efficaces, il est essentiel de reconnaître que l'introduction d'outils informatisés transforme les interactions (humaines) et que différents modèles de relations et de partage du travail entre les acteurs humains et machines peuvent apparaître, modèles qui sont complexes, divers et requièrent une réflexion et une adaptation permanentes.

## CONSIDÉRATION 4

### **Favoriser la disponibilité et l'accessibilité des données**

La numérisation a permis la création de données et d'outils numériques qui facilitent la collecte et l'analyse de grandes quantités de données. Les données sont devenues une ressource inestimable qui permet des conclusions et décisions fondées sur les preuves. Les chercheur·euses se basent de plus en plus souvent sur l'accès à des jeux de données divers et complets pour proposer des recommandations politiques basées sur les preuves, mais des obstacles systémiques sont susceptibles d'entraver leurs possibilités d'obtenir et utiliser ces données. Vu la complexité de la prise de décisions basée sur les données et les contraintes de calendrier dans les processus réglementaires, les autorités publiques n'ont souvent pas les capacités requises pour procéder à des évaluations politiques pertinentes.<sup>35,36</sup> Avant de mettre en œuvre une mesure politique, il convient pour les responsables politiques de se demander de quel type de données on aura besoin pour évaluer cette mesure dans l'avenir.

—> 35

—> 36

De même, la recherche sur les dimensions spatiales de l'économie montre comment des jeux de données privés, par exemple ceux des entreprises de téléphonie mobile, fournissent des informations importantes sur les modèles de mobilité urbaine mais restent en grande partie inaccessibles à une plus vaste communauté de recherche.<sup>37,38</sup> Même lorsque des jeux de données substantiels sont créés, comme l'a montré une étude sur la concurrence fiscale dans l'économie numérique, celles-ci ne sont souvent pas partagées ou restent inaccessibles en raison de questions légales et de protection des données en matière de réaffectation d'informations disponibles en libre accès, ce qui soulève des questions de durabilité et de reproductibilité.<sup>39</sup> Néanmoins, l'existence du dépôt de données qu'est le Centre de compétences suisse en sciences sociales (FORS) représente un modèle d'accès aux données centralisé et structuré.<sup>40</sup> La convergence des données de recherche et des

—> 37

—> 38

—> 39

—> 40

données issues du monde réel est non seulement importante pour la recherche, mais aussi pour l'économie guidée par les données (p. ex. accès aux données dans des espaces de données).

Une complication considérable dans l'accessibilité des données provient de la tension entre réglementations de confidentialité, enjeux contractuels de l'accès aux données et besoin d'accès de la recherche. L'utilisation du moissonnage (ou web scraping, extraction automatisée de contenus Web), souvent essentielle pour collecter des données en temps réel ou à grande échelle, entre régulièrement en conflit avec les règles d'utilisation des plateformes, ce qui limite la possibilité des chercheur·euses de construire et valider des jeux de données. Ce conflit aboutit à des inefficacités et des opportunités de découvertes trans-sectorielles manquées, comme le montrent des résultats sur le commerce en ligne et les disparités régionales. Les chercheur·euses ne savent souvent pas précisément si la collecte de données, par exemple par moissonnage, est autorisée, ni comment ils/elles peuvent stocker ces données et les rendre accessibles à la communauté scientifique à des fins de reproduction ainsi que pour d'autres travaux de recherche. La comparaison de données issues de la recherche est encore compliquée par le besoin d'aligner les catégories lors de la définition et de la classification de l'économie numérique, car les définitions des impôts et des réglementations évoluent avec le temps. Ce qui est actuellement considéré comme faisant partie de l'économie numérique ne le sera peut-être plus à une date ultérieure.<sup>39</sup> Le projet de loi fédérale sur les plateformes de communication contient des règles similaires à celles du Règlement de l'UE sur les services numériques et vise à faciliter l'accès aux données de très grandes plateformes à des fins de recherche.<sup>41</sup>

→ 39

→ 41

La demande d'infrastructures de recherche permettant à la fois la protection et l'accès aux données, comme par exemple des centres de données de recherche ou des cadres d'appariement sécurisés, souligne le besoin de solutions systématiques qui équilibrent la confidentialité et l'utilisation à des fins d'analyse.<sup>40</sup> Pour aborder ces défis et assurer la durabilité de la recherche guidée par les données, les responsables politiques et les détenteur·rices de fonds doivent accorder la priorité à l'accès aux données des chercheur·euses mandaté·es et des initiatives d'accessibilité aux données structurées. Le Fonds national suisse de la recherche scientifique fournit des directives mais en l'absence de pouvoir d'exécution, leur impact reste limité. Comme le montre le FORS, établir des archives centralisées de données de recherche peut améliorer la pérennité des données et investir dans une infrastructure d'appariement sécurisée, comme le projet de centre suisse d'appariement des données, faciliterait un partage responsable des données.

→ 40

## CONSIDÉRATION

# 4

### **Favoriser la disponibilité et l'accessibilité des données**

Pour avoir une base à des mesures politiques fondées sur des données probantes, il faut assurer que les chercheur·euses aient un accès rapide, sécurisé et équitable aux données pertinentes pour leurs études, de manière à faciliter la reproductibilité et la validation des recherches. Il convient que les responsables politiques envisagent des possibilités d'évaluer les mesures politiques dès le départ.

# Formation, apprentissage et tournant numérique

## 4.2

Dans le domaine de l'enseignement, la transformation numérique offre des opportunités considérables de perfectionner les processus d'apprentissage, mais elle fait face à des défis de mise en œuvre et de portée. Les projets du PNR 77 ont examiné des questions de transformation numérique dans l'apprentissage et la formation tout au long de la vie, avec certains projets focalisés explicitement sur l'inclusion qui doit assurer que les jeunes apprenant·es, les personnes en situation de handicap et les personnes âgées acquièrent les compétences numériques requises pour une participation active à une société en rapide mutation. Le programme s'est aussi concentré sur des initiatives de formation formelle qui soutiennent la transformation à tous les niveaux pour promouvoir la formation des enseignant·es à l'intersection entre le numérique et la pédagogie, mettant en lumière l'importance d'équiper les enseignant·es des compétences nécessaires pour naviguer efficacement dans les ressources numériques. En outre, les études ont découvert que des approches structurées de technologie éducative (EdTech) et un soutien institutionnalisé sont essentiels pour l'intégration d'outils numériques qui favorisent l'engagement et le bénéfice éducatif dans tout l'écosystème du secteur.

## CONSIDÉRATION 5

### **Promouvoir les compétences numériques tout au long de la vie**

Sachant que la numérisation continue de modifier de nombreux domaines professionnels ainsi que l'engagement civique, la Suisse doit assurer que les personnes de tous les groupes d'âge et secteurs professionnels soient équipées des compétences numériques requises.<sup>42,43</sup> Les compétences numériques comprennent la capacité à utiliser les dispositifs et applications numériques, à trouver, évaluer, créer et partager des informations, à coopérer et participer en ligne, à résoudre des problèmes en utilisant des outils numériques. Elles recouvrent également la réflexion critique sur les médias numériques, y compris leurs implications sociales, éthiques et environnementales, ainsi que la capacité à s'adapter à l'évolution rapide des technologies. Les compétences numériques liées à l'IA telles qu'elles ont été définies par l'OCDE s'étendent au fait de comprendre la base du fonctionnement des systèmes d'IA, utiliser les outils d'IA de manière efficace et éthique, identifier leurs limites et risques (p. ex. biais ou utilisation abusive), et appliquer son jugement humain lors des interactions ou de l'exploitation de systèmes basés sur l'IA.<sup>44,45</sup>

—→ 42

—→ 43

—→ 44

Dans l'enseignement primaire, la recherche souligne l'importance d'enseigner explicitement les concepts informatiques au lieu de partir du principe que les enfants les comprendront à mesure qu'ils auront des interactions avec la technique. Une exposition précoce aux concepts de base comme l'infrastructure d'Internet fournit une base clé à des compétences numériques plus avancées plus tard dans la vie.<sup>46</sup> Bien

—→ 45

—→ 46

que ces aptitudes soient difficiles à définir et mesurer, les travaux du PNR 77 ont montré qu'il est possible d'évaluer et favoriser les aptitudes à la pensée computationnelle tout au long de la scolarité obligatoire.<sup>46-48</sup> Intégrer l'apprentissage de la pensée computationnelle à tous les niveaux de la scolarité permet aux enseignantes de développer systématiquement chez leurs élèves l'aptitude à résoudre des problèmes en faisant usage du numérique, une compétence d'importance croissante dans le monde du travail moderne. Pour que ces progrès soient efficaces, il faut accorder la priorité à la formation des enseignantes pour que ceux-ci/celles-ci aient suffisamment de confiance et de connaissances pour transmettre l'apprentissage numérique (cf. Considération 6).

→ 46

→ 47

→ 48

Cependant, il importe de ne pas enseigner les compétences numériques isolément, car toutes les aptitudes de base comme lire et écrire, le calcul et les relations sociales sont importantes. De fait, les travaux du PNR 77 soulignent que l'entraînement précoce aux aptitudes de base est crucial pour préparer les individus à un marché du travail qui se transforme rapidement et que les intégrer dans les programmes scolaires améliore la capacité d'adaptation dans toutes les activités. Des recherches extérieures au cadre du PNR 77 montrent que les aptitudes de base acquises à l'école primaire sont souvent indissociables de l'apprentissage des compétences requises dans un monde de plus en plus numérisé.<sup>44</sup> Il faut donc innover dans les programmes et la pédagogie pour assurer que les jeunes soient équipés des compétences et connaissances dont ils et elles ont besoin.

→ 44

Au-delà de l'enseignement primaire et secondaire, le développement des compétences numériques doit aussi s'étendre aux adultes d'un certain âge qui peuvent faire face aux circonstances de vie les plus diverses. C'est ainsi que les adultes âgés de 50 ans ou plus peuvent avoir besoin d'aide en matière d'aptitudes numériques utiles pour leur retraite ou pour leur travail dans un domaine où l'évolution technique est rapide, comme par exemple les soins.<sup>43</sup> Si les technologies numériques offrent des avantages considérables, les personnes d'un certain âge ont un risque accru d'être confrontées à des obstacles à leur accès et utilisation. Ce que l'on appelle la « fracture numérique grise » n'est pas seulement une question d'âge, mais aussi de différences d'exposition aux outils numériques entre les générations ainsi qu'à des désavantages sociaux, économiques et culturels.<sup>49</sup> Pour combler ce fossé, des environnements d'apprentissage sur mesure doivent aborder les besoins spécifiques des apprenant-es âgé-es et leur fournir des voies structurées d'acquisition et renforcement des compétences numériques tout en agissant aussi sur d'autres aspects de l'inégalité numérique que vivent les groupes marginalisés et exclus.

→ 43

→ 49

Au travail, comme par exemple dans les soins, la numérisation a transformé la gestion de l'information sur les patient-es. Cependant, des enjeux d'interopérabilité et des difficultés d'utilisation demeurent, ce qui est source d'inefficacité et de perturbations dans les processus cliniques. La recherche met en lumière que les hôpitaux disposant de systèmes numériques bien intégrés subissent moins d'interruptions des processus et moins d'incidents critiques pour les patient-es liés aux TI. Mais pour que ces avantages se manifestent, il faut une formation au numérique mieux structurée au sein des programmes de formation du personnel infirmier et médical.<sup>4</sup> Pour que de tels programmes de formation au numérique réussissent, il faut tenir compte de la fracture numérique qui peut exister au sein du personnel, des adultes d'un certain âge, ainsi que des personnes de tout âge qui ont un arrière-plan éducatif, socio-économique ou culturel hors norme.

→ 4

Pour naviguer entre ces défis, une approche du développement des aptitudes numériques structurée tout au long de la vie est essentielle. La politique doit promouvoir une définition et différenciation claires des aptitudes numériques par niveau et par thématique et assurer que les initiatives de formation soient ciblées et efficaces. Dans l'enseignement primaire et secondaire, on peut concevoir, analyser et évaluer la pensée computationnelle ainsi que l'engagement critique dans la technologie et ses conséquences pour la société et son utilisation responsable, en tenant compte de la nature situationnelle des activités de pensée computationnelle.<sup>48</sup> Pour les adultes d'un certain âge, les initiatives de maîtrise du numérique doivent être conçues en pensant à l'accessibilité et offrir des formats d'apprentissage souples qui conviennent à différents niveaux de connaissances préalables et de capacités fonctionnelles.<sup>49</sup> Dans les secteurs professionnels comme les soins, il convient d'intégrer une formation continue aux aptitudes numériques dans les cadres de développement professionnel, les institutions fournissant soutien et évaluation en continu, de manière à assurer l'intégration fluide des outils numériques dans la pratique clinique.

—→ 48

—→ 49

## CONSIDÉRATION

# 5

### **Promouvoir les compétences numériques tout au long de la vie**

Pour promouvoir le développement de compétences numériques tout au long de la vie, il faut définir, différencier et intégrer ces compétences aux programmes scolaires, formations professionnelles initiales, continues et universitaires conformément aux niveaux d'éducation et aux domaines thématiques ; leur développement continu doit faire l'objet d'un monitoring systématique.

## CONSIDÉRATION 6

### **Renforcer en permanence les aptitudes numériques des enseignant-es**

La transformation numérique modifie l'enseignement dans les salles de classe et les campus du monde entier et offre de nouvelles opportunités de perfectionner l'apprentissage. Cependant, malgré le potentiel des outils numériques, comme par exemple la réalité augmentée (RA), la réalité virtuelle, l'analyse de l'apprentissage, les jeux numériques, les systèmes de tutorat intelligents et l'utilisation de robots ou de l'IA, nombre d'enseignant-es sont confronté-es à des obstacles non négligeables à leur intégration efficace.<sup>50,51</sup> Le PNR 77 montre par exemple que si les médias didactiques numériques peuvent enrichir de nombreuses disciplines enseignées, y compris les MINT (mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique), la qualité variable du matériel disponible et le manque d'entraînement structuré à son évaluation laisse nombre d'enseignant-es en difficulté lorsqu'il s'agit d'identifier les ressources fiables. D'autres recherches du programme montrent que les écoles professionnelles suisses soulignent plus un enseignement interactif que les écoles gé-

—→ 50

—→ 51

nérales et que leur corps enseignant affiche une plus grande conviction de l'utilité du numérique et de leurs compétences, mais moins de connaissances pédagogiques technologiques, ce qui souligne le besoin de tenir compte de la culture contextuelle et personnelle pour former les enseignant·es à intégrer la technologie.<sup>52</sup> De même, les travaux illustrent que les applications de RA renferment une promesse d'apprentissage immersif, mais que leur efficacité est freinée par les coûts élevés de développement, une mauvaise harmonisation avec les programmes et un manque de formation préparatoire des enseignant·es à leur mise en œuvre spécifique au sujet.<sup>50</sup> Autre exemple, l'analyse de l'apprentissage est susceptible de perfectionner l'enseignement supérieur en fournissant des informations en temps réel sur l'engagement des étudiant·es, mais l'adoption de ces outils reste lente en raison de la complexité de leur mise en œuvre et du manque de conception orientée vers les utilisateur·rices.<sup>2</sup> Ces défis révèlent une problématique fondamentale : le système éducatif n'a pas encore entièrement équipé les enseignant·es des aptitudes et du soutien dont ils et elles ont besoin pour manœuvrer efficacement dans la transformation numérique.

Le problème clé est la complexité des compétences requises : il ne s'agit pas seulement que les enseignant·es développent des aptitudes à l'accès et à l'utilisation de la technologie, mais aussi des méthodes pédagogiques appropriées pour soutenir l'intégration numérique. La recherche révèle que les technologies numériques sont souvent utilisées pour soutenir des formes d'apprentissage passives, tandis que l'utilisation de la technologie pour des formes plus actives, en particulier plus constructives et interactives d'apprentissage, est beaucoup moins fréquente.<sup>53</sup> Pour soutenir une intégration technique de haute qualité dans laquelle la technologie est utilisée pour toutes les formes d'apprentissage (passif, actif, constructif et interactif), des cours de formation des enseignant·es sont essentiels.<sup>51</sup> Les établissements scolaires se concentrent souvent sur la maîtrise de base des outils numériques plutôt que sur le développement de la capacité des enseignant·es à évaluer la technologie de manière critique et à l'appliquer correctement du point de vue pédagogique pour favoriser un approfondissement de l'apprentissage. Il existe une tendance à se concentrer sur les aptitudes opérationnelles, c'est-à-dire comment faire fonctionner la technologie isolément, plutôt que de soutenir le développement d'autres aptitudes liées aux compétences pédagogiques des enseignant·es et à leur connaissance du sujet à enseigner. En d'autres termes, on n'attache pas assez d'attention au développement de connaissances sur les contenus pédagogiques technologiques.<sup>54</sup>

Les résultats de la recherche soulignent l'importance de tenir compte de l'interaction entre les facteurs personnels et scolaires lors de la formation des enseignant·es à l'intégration de la technologie.<sup>52</sup> Les programmes de formation des enseignant·es doivent se concentrer non seulement sur les aspects techniques, mais aussi sur l'application des outils numériques à l'enseignement d'une discipline spécifique.<sup>50</sup> Ces défis sont encore amplifiés par les disparités d'accès aux technologies, par exemple appareils obsolètes ou qualité des connexions, ce qui crée des inégalités entre les institutions et empêche les enseignant·es d'exploiter au mieux ces innovations.<sup>51</sup> Dans l'enseignement supérieur, l'analyse de l'apprentissage renferme le potentiel de contribuer aux stratégies d'enseignement, mais à défaut d'une formation sur la pédagogie guidée par les données, nombre d'enseignant·es peinent à utiliser ces connaissances de manière pertinente. En outre, une infrastructure et/ou une formation inadéquates, allant d'appareils obsolètes à des mesures restrictives d'utilisation du numérique et des connaissances insuffisantes, empêchent les enseignant·es d'exploiter au mieux ces innovations ou de les intégrer à leurs cours de manière à ce qu'elles perfectionnent l'apprentissage.<sup>2</sup> En l'absence d'une stratégie

claire de formation des enseignant·es, la transformation numérique de l'enseignement reste fragmentée, ce qui limite sa capacité à améliorer l'enseignement et la réussite des étudiant·es.

Pour combler ce fossé, les responsables politiques doivent veiller à une formation continue à long terme des enseignant·es et assurer que les compétences numériques évoluent avec le progrès technique dans le cadre d'une stratégie plus vaste de transformation culturelle. La recherche souligne que la connaissance des contenus pédagogiques ne couvre pas automatiquement la capacité à transférer ceux-ci par le biais de nouvelles approches numériques ou d'EdTech, ce qui signifie que la formation doit être systématique et permanente.<sup>55</sup> Il convient que les universités et les institutions de formation des enseignant·es intègrent à leurs programmes une formation numérique spécifique à la matière enseignée pour rendre les enseignant·es aptes à évaluer et appliquer efficacement les outils numériques. Les établissements scolaires peuvent favoriser une culture de l'innovation numérique en fournissant aux enseignant·es des horaires structurés pour explorer les nouvelles technologies, en encourageant la coopération interdisciplinaire et en investissant dans une infrastructure numérique stable et accessible. Dans l'enseignement supérieur, l'analyse de l'apprentissage doit être intégrée aux plateformes existantes d'une manière qui accorde la priorité à la facilité d'utilisation et à la pertinence pédagogique.<sup>2</sup>

—> 55

—> 2

## CONSIDÉRATION

# 6

### **Renforcer en permanence les aptitudes numériques des enseignant·es**

La formation continue des enseignant·es à l'utilisation des outils numériques doit être assurée de manière permanente ; en même temps, il faut des investissements dans un écosystème de formation coopératif pour développer des formats d'enseignement numérique pratiques et efficaces dans les institutions d'enseignement primaire, secondaire et tertiaire/supérieur.

## CONSIDÉRATION 7

### **Développer une approche structurée de l'innovation en EdTech**

Dans un paysage de l'enseignement en pleine mutation, l'utilisation de technologies numériques représente une chance sans précédent de redéfinir l'apprentissage et l'enseignement. La recherche montre par exemple que les technologies immersives comme la réalité virtuelle (RV)<sup>56,57</sup> et la réalité augmentée (RA)<sup>58</sup> peuvent perfectionner l'apprentissage en rendant des concepts abstraits plus tangibles et intéressants, en particulier dans le contexte de l'enseignement primaire ou en plein air.

—> 56

—> 57

—> 58

Cependant, l'adoption et l'utilisation des technologies éducatives (EdTech) ne sont jusqu'à présent pas optimales, non seulement en raison du besoin de compétences des enseignant·es et d'infrastructure adéquate, comme indiqué dans la consi-

dération stratégique précédente #6, mais aussi en raison des hésitations des enseignantes et des institutions du fait de soucis principalement pratiques comme les coûts et les ressources, ainsi que la valeur pédagogique de la transformation numérique. Dans les écoles, il y a par exemple des réticences en raison des coûts, de la praticabilité et du risque de se fier exagérément aux outils numériques aux dépens des interactions des jeunes enfants avec le monde réel. Dans les écoles du degré secondaire II, on reconnaît que les technologies numériques renferment un potentiel considérable, mais que leur efficacité dépend de l'alignement pédagogique.<sup>59</sup> —→ 59

Comme on a pu le constater dans le système éducatif de la Suisse, des efforts précédents de transformation numérique ont trébuché lorsque la technologie était introduite sans cadre pédagogique clair, entraînant une mise en œuvre inefficace et un besoin d'améliorer la confiance des enseignant·es et des responsables politiques.<sup>60</sup> —→ 60

Ces résultats soulignent le besoin urgent d'une intégration numérique structurée qui accorde la priorité au développement de cultures de soutien pour les mutations qui transforment les institutions éducatives. De telles mesures politiques doivent assurer des ressources adéquates, une formation et un soutien aux enseignantes pour les aider à utiliser les EdTech dans le sens de leurs objectifs pédagogiques. Les écoles doivent établir des priorités stratégiques claires, qui fassent concorder la transformation numérique avec les objectifs pédagogiques pour encourager une culture de transformation dans tout l'établissement scolaire. Elles doivent aussi assurer une infrastructure stable et sécurisée, fournir du matériel d'enseignement ciblé et dédié du temps au développement professionnel.<sup>61,62</sup> À défaut de ces éléments essentiels de ressources et de soutien, la numérisation risque de devenir un ajout peu utilisé ou superficiel au lieu d'être —→ 61

une force de transformation de l'enseignement. Ces risques s'appliquent par analogie à d'autres institutions d'enseignement. Les universités, les écoles secondaires et les écoles primaires doivent investir dans le développement professionnel et la co-création, favoriser les communautés d'enseignement mutuel et assurer du temps dédié à la mise en œuvre pour renforcer la capacité des établissements à s'adapter et innover.<sup>63</sup> —→ 62

Pour que la transformation numérique progresse, il faut que les entités responsables renforcent leur soutien aux écoles et universités pour que celles-ci puissent développer leurs propres stratégies et aient du temps dédié à la mise en œuvre. Une telle transformation requiert que la politique guide clairement le processus et fournisse les ressources nécessaires. Cela veut dire pour les entités responsables de définir des priorités claires et d'aligner le progrès technologique sur des objectifs pédagogiques bien définis, de manière à éviter des solutions d'EdTech guidées par la technologie mais qui manquent de profondeur éducative.<sup>64</sup> Mais il faudra aussi des efforts pour créer dans tout le secteur un écosystème durable qui fournisse des possibilités d'enseignement mutuel. —→ 63

L'enseignement mutuel et la recherche sont essentiels pour contribuer à une transformation informée de l'enseignement. Par exemple, le secteur de l'enseignement supérieur s'occupe activement de la transformation numérique, tant comme sujet de recherche que comme moyen de perfectionner les pratiques enseignantes. Cependant, cet engagement varie : si certaines institutions privilégient les initiatives numériques qui favorisent leur compétitivité, d'autres se concentrent sur des progrès substantiels dans l'enseignement numérique et l'infrastructure. Ce paysage compétitif met en lumière l'adaptabilité des universités suisses et leur aptitude à l'innovation, mais souligne en même temps le besoin d'approches structurées, basées sur les données probantes, pour évaluer et guider les efforts de transformation numérique.<sup>65</sup> —→ 64

Il y a fort à faire au niveau individuel des écoles et des universités, mais il est aussi important de créer un écosystème couvrant l'ensemble du secteur. Au final, la transformation numérique de l'enseignement doit être un processus itératif, guidé par les connaissances, qui tire les leçons d'erreurs passées et rend chaque institution capable de développer ses propres stratégies tout en assurant un partage et un apprentissage qui couvrent l'ensemble du secteur.

Une telle transformation peut aussi impliquer des coopérations dans la conception, parfois aussi avec le secteur privé, dans lesquelles les enseignant·es, les chercheur·es et les responsables politiques créent ensemble des produits d'EdTech pertinents, tant du point de vue pratique que pédagogique, et façonnent ainsi la conception future de l'EdTech.<sup>2,53</sup> Il appartient aux responsables politiques de plaider pour des infrastructures numériques adaptables, compatibles avec différents contextes d'apprentissage, de manière à assurer que les solutions d'EdTech restent pertinentes et évolutives.<sup>66</sup> De tels développements techniques futurs, conçus en commun, doivent aussi reconnaître que l'intégration d'outils dans des plateformes existantes plutôt que la création de systèmes autonomes est une possibilité de réduire les coûts de leur adoption et d'encourager les pratiques d'enseignement basées sur les données probantes.<sup>2</sup> En outre, des investissements stratégiques dans des technologies d'EdTech libres (open source) et compatibles est une possibilité d'assurer leur durabilité à long terme, de réduire les risques d'obsolescence et les limitations liées à la propriété.<sup>58</sup>

—> 2

—> 53

—> 66

—> 2

—> 58

Pour parvenir à une transformation numérique durable et efficace du système éducatif public de la Suisse, une approche participative qui s'appuie sur la recherche est donc de mise. En adoptant une approche structurée, qui veille à tirer les leçons des expériences du passé, à encourager la coopération intersectorielle, à déployer les ressources de manière stratégique et à coopérer pour concevoir les futures technologies d'enseignement, le secteur de l'éducation pourra établir un écosystème d'innovation numérique robuste et durable, dans lequel l'EdTech serve à rendre possibles un apprentissage et un enseignement pertinents.

## CONSIDÉRATION

# 7

### **Développer des approches structurées de l'innovation en EdTech**

Une approche structurée, orientée vers l'apprentissage, au sein de l'écosystème suisse d'EdTech favorise une innovation agile et durable. Un soutien ciblé d'organes compétents permet aux écoles et aux universités de développer leurs propres stratégies numériques, une allocation stratégique des ressources, le partage des connaissances, l'apprentissage à partir des erreurs commises et la coopération entre toutes les parties prenantes.

# 4.3

## Éthique, fiabilité et gouvernance

L'intégration accélérée des technologies numériques dans les institutions publiques et privées a placé des questions urgentes d'éthique, fiabilité et gouvernance au premier plan de la recherche et des débats politiques. Des projets du PNR 77 ont examiné l'équilibre entre transparence et confidentialité, p. ex. dans le système judiciaire, où l'on développe des outils d'anonymisation pour sauvegarder les données personnelles. La recherche a aussi étudié le rôle de l'IA dans l'innovation démocratique en se penchant sur le sentiment de légitimité et d'équité vis-à-vis d'une prise de décision basée sur les algorithmes dans les informations et les médias sociaux, son influence sur le comportement électoral et son utilisation croissante dans les médias et diffuseurs d'informations.<sup>67,68</sup> En outre, des cadres éthiques ont été élaborés pour naviguer entre des défis tels que l'impact de l'Internet des objets (IoT) sur la surveillance du lieu de travail et la cybersécurité, de manière à assurer que la technologie soit conforme aux valeurs de la société et aux principes démocratiques. Ces initiatives visent à créer des structures légales et de gouvernance qui soutiennent une intégration numérique équitable et éthique.

—→ 67

—→ 68

## CONSIDÉRATION 8

### **Mieux impliquer la population dans les processus politiques**

À une époque de défis croissants pour la légitimité démocratique, les interactions entre les technologies numériques et l'engagement citoyen renferment à la fois des promesses et de la complexité.<sup>69</sup> La légitimité des processus démocratiques a de multiples facettes et recouvre la légitimité de l'input (participation citoyenne), du throughput (équité du processus) et de l'output (satisfaction procurée par les résultats). Des innovations, par exemple un processus budgétaire numérique participatif, permettent d'évaluer séparément chacune de ces dimensions.<sup>70</sup>

—→ 69

—→ 70

La participation est très gourmande en ressources et les occasions pour les citoyen-nnes de s'impliquer activement sont limitées. Par conséquent, il convient de n'employer les approches participatives qu'avec prudence, dans des cas spécifiques, comme par exemple les situations qui sont dans l'impasse, lorsque les citoyen-nnes en prennent l'initiative (opt-in), ou dans des cas d'extrême urgence et/ou d'incertitude.<sup>71</sup>

—→ 71

La recherche indique que si des processus de décision équitables et transparents sont essentiels, ils ne peuvent à eux seuls compenser l'éventuelle insatisfaction vis-à-vis du résultat final. Les méthodes d'élections proportionnelles renforcent mieux le ressenti d'équité, d'inclusion et de représentativité que les méthodes majoritaires, ce qui souligne le potentiel de mécanismes de votes sur mesure pour accroître la légitimité démocratique.<sup>70</sup> Cependant, la mise en œuvre de ces méthodes requiert de veiller soigneusement à l'accessibilité, transparence et confiance des citoyen·nes pour assurer leur succès dans différents contextes politiques et sociaux.

—> 70

Les innovations démocratiques numériques comme la « Demokratiefabrik » (fabrique de la démocratie) illustrent le potentiel que renferme la technologie de dépasser les divisions sociales et raviver la participation politique.<sup>72</sup> Si la numérisation est liée à des défis comme la polarisation et la désinformation, elle peut aussi offrir des opportunités pour renforcer l'engagement démocratique, en particulier dans des groupes traditionnellement peu intéressés. Des observations de la recherche suggèrent que la participation numérique structurée est à même de favoriser des débats constructifs et d'atténuer les points de vue négatifs vis-à-vis des opinions divergentes. Néanmoins, des inégalités de participation qui reflètent les modèles traditionnels d'engagement politique semblent persister. De plus, les plateformes numériques requièrent des investissements substantiels en termes d'infrastructure, de sécurité et de maintenance.

—> 72

## CONSIDÉRATION

# 8

### **Mieux impliquer la population dans les processus politiques**

Une implication accrue de la population durant tout le cycle de prise de décision politique renforce la légitimité et l'équité des processus démocratiques numériques.

## CONSIDÉRATION 9

### **Intégrer les aspects éthiques et l'input des parties prenantes dans la conception du numérique**

Pour évaluer les solutions numériques, on utilise différents concepts et valeurs, par exemple l'équité, la fiabilité ou la protection de la vie privée. Mais ces concepts ne sont pas universellement compris ou appliqués : leur sens varie souvent entre les communautés telles que celles de l'informatique, des sciences sociales et des responsables politiques. De plus, les efforts visant à faire respecter une valeur peuvent entrer en conflit avec d'autres, d'où des compromis entre lesquels il faut manœuvrer. Par conséquent, concevoir, mettre en œuvre et maîtriser les technologies numériques requiert de mettre au point clairement au cas par cas comment ces valeurs sont définies et quelle priorité on entend leur accorder. Reconnaître ces valeurs et définitions contradictoires souligne le besoin que toutes les parties prenantes mènent des discussions ouvertes sur la définition des valeurs et les compromis envisageables.

Par exemple, la confiance dans la technologie est souvent présentée comme un idéal. Or, la recherche philosophique souligne qu'il semble être une erreur d'anthropomorphiser les artefacts numériques : la confiance est un concept qui s'applique tout particulièrement aux relations sociales, tandis qu'il convient d'évaluer la technologie en termes de fiabilité et de possibilités de la contrôler.<sup>34</sup> Dans des domaines comme la médecine, dans lesquels les algorithmes de l'IA servent au diagnostic et à la prévision des risques pour les patientes, il convient que les parties prenantes mènent des discussions ouvertes sur les fonctions souhaitées et les limites de ces technologies.<sup>73-75</sup>

→ 34

→ 73

De même, au lieu de considérer les outils numériques tels que les algorithmes ou les modèles de l'IA comme des entités neutres ou intrinsèquement équitables, les décideur-euses doivent tenir compte de la complexité que renferment, tant les concepts liés à l'équité que les technologies numériques, et encadrer le déploiement des outils numériques d'une manière qui s'aligne sur les valeurs plus larges de la société.<sup>76</sup> Cette perspective souligne l'importance de concevoir les technologies numériques en tenant compte de l'équité spécifique au contexte et en assurant que la technologie serve les intérêts humains sans renforcer les biais ou dégager les professionnel·les de leurs responsabilités interpersonnelles. En outre, la recherche souligne que l'équité n'est pas un simple défi technique mais une question profondément philosophique et morale qui requiert un engagement interdisciplinaire.<sup>77</sup> Les développeur-euses et les responsables politiques doivent combiner des connaissances issues des mathématiques, de la théorie de la décision et des sciences sociales pour créer des modèles d'IA qui représentent et modélisent une distribution juste (ou équitable) des risques et avantages.<sup>78</sup> Les dimensions légales, éthiques et sociétales de l'équité sont souvent divergentes, de sorte qu'il est impératif que les cadres réglementaires et le développement des technologies combinent efficacement ces fossés.

→ 74

→ 75

→ 76

→ 77

→ 78

À défaut de mécanismes robustes d'évaluation et de réduction des biais, l'IA risque de perpétuer les inégalités systémiques au lieu de les atténuer.<sup>79,80</sup> Les réformes du système éducatif doivent donc accorder la priorité à l'équité algorithmique et intégrer des programmes interdisciplinaires dans les programmes de cours d'informatique de manière à équiper les futures développeuses des outils qui leur permettront de naviguer entre ces dilemmes éthiques.<sup>81</sup>

—> 79

—> 80

—> 81

Pour rendre de tels concepts opérationnels et mettre en œuvre efficacement les solutions numériques, il faut que les acteurs publics et privés transposent des notions controversées telles que confiance, équité et respect de la vie privée dans des cadres praticables. Comme le montrent des résultats de la recherche sur les difficultés d'anonymisation des données légales et des résultats sur la gouvernance de l'IA, il est important que la gouvernance agisse de concert avec le progrès technologique.<sup>82</sup> La recherche souligne que la perception qu'ont les parties prenantes de l'équité de l'IA dépend à la fois de la robustesse technique et de la transparence des structures de gouvernance.<sup>83</sup> Ainsi, aboutir à une IA socialement équitable requiert une approche double : améliorer les capacités techniques de l'IA pour détecter et atténuer les biais tout en favorisant des mécanismes institutionnels qui renforcent les possibilités de contrôle moral et légal.

—> 82

—> 83

## CONSIDÉRATION

# 9

### **Intégrer les aspects éthiques et l'input des parties prenantes dans la conception du numérique**

Intégrer à la conception, mise en œuvre et gouvernance des solutions numériques des mécanismes tels que dialogue entre parties prenantes, évaluation de l'impact éthique et prise de décision spécifique au contexte pour aboutir à un accord entre les valeurs en concurrence et à des compromis de manière transparente et contrôlable.

## CONSIDÉRATION 10

### Renforcer le paysage des médias indépendants

L'ère du numérique a introduit de profondes transformations dans la manière dont l'information est produite, distribuée et consommée, amenant à la fois des opportunités et des défis pour les sociétés démocratiques.

La recherche souligne que l'intelligence artificielle, par exemple la sélection algorithmique par des systèmes de recommandation d'informations, est de plus en plus utilisée dans le journalisme mais que l'adoption de ces systèmes reste expérimentale et marquée par des tensions.<sup>67,68</sup> Les professionnel·les des médias reconnaissent le potentiel des systèmes de recommandation pour renforcer l'intérêt des usager·ères, mais veulent en priorité conserver le contrôle éditorial et la transparence pour éviter l'érosion de la confiance envers les médias. Les usager·ères se disent quant à eux/elles sceptiques vis-à-vis des recommandations algorithmiques, en particulier sur des sujets délicats comme la politique, car ils/elles craignent la manipulation et la perte d'autonomie. Cela semble indiquer que, pour les contenus socialement pertinents, les usager·ères privilégient, tout au moins actuellement, la rédaction par l'être humain.<sup>84</sup>

—> 67

—> 68

—> 84

En même temps, la transformation numérique a mis à mal les modèles économiques traditionnels des médias d'information, mettant en danger le rôle du journalisme en tant que pilier de la démocratie, comme on le voit au déclin de la confiance envers les institutions et la faible participation politique des personnes qui consomment peu ou pas d'informations.<sup>85</sup> En outre, les personnes dont la maîtrise du numérique ou des médias ainsi que l'intérêt pour la politique est faible sont moins bien équipées pour naviguer dans des environnements d'information complexes, de sorte qu'elles sont plus vulnérables à la désinformation et moins susceptibles de participer aux processus démocratiques. Certes, les usager·ères s'informent de plus en plus via les médias sociaux, mais les médias professionnels restent cruciaux pour fournir un journalisme indépendant. D'une part, les médias et technologies du service public telles qu'applications de conseil sur les votations peuvent jouer un rôle d'information crucial au-delà des divisions idéologiques et géographiques, mais leur efficacité dépend du maintien d'une haute qualité et fiabilité des contenus et d'une utilisation adéquate par les citoyen·nes.<sup>86</sup> D'autre part, les journaux sont menacés dans leur existence à mesure de l'érosion de leurs modèles économiques.<sup>87</sup> Lorsque les municipalités réagissent aux difficultés des médias locaux en produisant leurs propres publications qui imitent des formats journalistiques, elles risquent d'affaiblir encore davantage le journalisme indépendant.<sup>88</sup> Ce flou croissant des limites entre journalisme et communication du secteur public risque de saper le contrôle démocratique. Il est donc essentiel de distinguer clairement le rôle des municipalités et celui des médias et de respecter la fonction cruciale du journalisme d'évaluation et contextualisation indépendantes des communications municipales.

—> 85

—> 86

—> 87

—> 88

Pour aborder ces défis, il est essentiel d'adopter une approche multiple qui favorise un écosystème d'informations plus sain et, à terme, une plus grande résilience de la démocratie à l'ère du numérique. Premièrement, les prestataires des médias qui décident d'investir dans des systèmes de recommandation d'informations responsables doivent assurer la transparence, le contrôle des usager·ères et la concordance avec les valeurs journalistiques et démocratiques. Les responsables politiques ont aussi un rôle à jouer en créant des incitations à ces pratiques.<sup>89</sup> Les résultats donnent à penser qu'il convient d'accorder la priorité au renforcement de l'éducation civique qui encourage l'intérêt pour la politique plutôt qu'à des initiatives d'éducation aux médias. En effet, c'est plus l'intérêt pour la politique que l'utilisation des médias qui favorise les connaissances politiques et la participation démocratique.<sup>85</sup> Une formation complète aux algorithmes, à l'IA et à l'importance du journalisme pour la démocratie doit s'adresser à la fois au grand public et aux professionnel·les des médias. Deuxièmement, les organisations des médias ont besoin d'un soutien financier pour le journalisme indépendant.<sup>90</sup> Enfin, il reste crucial de renforcer les médias du service public en tant que force fédératrice. —→ 89 —→ 85 —→ 90

## CONSIDÉRATION

# 10

### **Renforcer le paysage des médias indépendants**

Investir dans des structures de médias robustes et indépendantes, créer des incitations à une utilisation responsable de l'IA dans le journalisme et renforcer l'instruction civique ainsi que l'éducation à la maîtrise des médias sont des contributions à la démocratie.

# Économie numérique et marché du travail

## 4.4

La numérisation transforme les marchés du travail, affecte la dynamique des emplois, les compétences requises et les stratégies d'emploi. La transformation numérique représente un défi pour les organisations qui sont susceptibles de déployer des outils numériques tels que l'IA, soit pour améliorer les emplois, soit pour les remplacer. Il faut des mesures stratégiques qui renforcent les compétences numériques des employé·es, facilitent la mobilité entre différent·es employeur·euses et industries ainsi que des outils qui améliorent le rapprochement entre emplois à pourvoir et candidat·es. En outre, la recherche montre comment les technologies telles que plateformes d'emploi en ligne et analyses de mégadonnées peuvent améliorer l'efficacité du placement en emploi, le monitoring du marché du travail et l'adaptabilité des travailleur·euses déplacé·es. Les approches interdisciplinaires sont de plus en plus utilisées pour analyser ces transformations et aider les responsables politiques et les entreprises à favoriser des carrières durables au sein de la transformation numérique en cours.

#### CONSIDÉRATION 11

##### **Exploiter les capacités numériques des employé·es**

Le cadre de changement technologique basé sur les tâches<sup>91,92</sup> fournit une base théorique pour comprendre l'impact de la transformation numérique sur les marchés du travail. En réponse au changement technologique, les entreprises déterminent quelles tâches elles veulent automatiser et lesquelles améliorer par la complémentarité être humain/machine.<sup>92,93</sup> Pour ce qui est des aptitudes, la transformation numérique génère deux défis distincts : premièrement, le changement technologique modifie profondément la structures des groupes de tâches au sein des emplois. Certaines tâches n'ont plus besoin d'être exécutées par l'être humain, d'autres sont nouvellement complétées par la technologie et des catégories de tâches entièrement nouvelles apparaissent. Deuxièmement, les employé·es en place n'ont souvent pas toutes les compétences requises pour travailler avec les nouvelles technologies comme l'IA ou exécuter des tâches entièrement nouvelles. Par conséquent, les entreprises doivent choisir entre investissements de reconversion/perfectionnement interne et recrutement externe d'employé·es disposant déjà des compétences correspondantes.

Des résultats empiriques illustrent la nécessité d'aligner les investissements dans les technologies numériques sur les capacités d'innovation et soulignent que la technologie n'accroît pas à elle seule la productivité mais réussit au mieux lorsqu'elle est intégrée à un développement stratégique des personnes actives.<sup>94</sup> Logiquement, les entreprises qui adoptent les technologies numériques fournissent plus probablement une formation à leurs employé·es, y compris formation continue et programmes d'apprentissage élargis.<sup>95,96</sup> Pour une collaboration fructueuse humain/IA, il faut développer de nouvelles compétences au-delà des aptitudes techniques, par exemple la capacité à calibrer correctement une confiance prudente

envers l'IA, à communiquer efficacement au sein d'équipes êtres humains/machine, à prendre des décisions conjointement,<sup>97</sup> à favoriser une manière adéquate de s'y fier et à aborder des considérations éthiques.<sup>28,30</sup>

→ 97

→ 28

→ 30

Si les entreprises n'ont pas les capacités organisationnelles requises pour investir dans la formation de leurs employé·es, elles peuvent soit recruter du nouveau personnel disposant des compétences numériques adéquates, soit investir dans l'automatisation pour remplacer des membres du personnel. Ces deux stratégies impliquent des coûts et le recrutement externe dépend aussi de la disponibilité de personnes disposant des compétences voulues. Par conséquent, il convient, tant à l'intention des employé·es que des personnes en recherche d'emploi, de créer des incitations à investir dans la formation pour mettre à jour ses compétences numériques et sauvegarder ou améliorer ainsi ses atouts sur le marché du travail.<sup>98</sup>

→ 98

## CONSIDÉRATION

# 11

### **Exploiter les capacités numériques des employé·es**

Pour accroître les chances de succès de l'introduction de technologies numériques, il convient que les entreprises et les employé·es investissent régulièrement dans la mise à jour des capacités numériques des employé·es.

## CONSIDÉRATION 12

### **Fournir un soutien numérique aux demandeur·euses d'emploi et conseiller·ères**

Dans un paysage du marché du travail en évolution permanente, les demandeur·euses d'emploi doivent souvent naviguer sur un terrain numérique complexe où des algorithmes de recherche et d'appariement et la conception des plateformes déterminent leur accès aux offres d'emploi. Des recherches récentes indiquent à quel point la conception des plateformes d'emploi (p. ex. paramètres par défaut, filtres de recherche, classification des professions, visibilité des caractéristiques des postes) influence les offres que les personnes à la recherche d'un emploi consultent et pour lesquelles elles postulent.<sup>99</sup> Or, cette infrastructure numérique n'est pas toujours optimisée pour un appariement efficient des emplois. Il est donc souhaitable que les services publics de l'emploi prennent des mesures proactives pour améliorer les outils numériques de manière à assurer que les personnes à la recherche d'un emploi se voient proposer des recommandations basées sur leurs compétences et des informations en temps réel sur la concurrence sur le marché du travail, ce qui les aidera à prendre des décisions mieux fondées.<sup>100</sup>

→ 99

→ 100

Les responsables politiques doivent assurer que les personnes qui travaillent à la demande par le biais de plateformes (gig work) aient accès à des conseils ciblés pour leur carrière, par exemple programmes des Offices régionaux de placement (ORP), pour les aider à manœuvrer entre les risques et l'instabilité du travail basé sur les plateformes.<sup>101,102</sup>

→ 101

→ 102

Les conseiller·ères en emploi ont besoin d'outils et de données sur le marché du travail qui reflètent non seulement le nombre de postes à pourvoir, mais aussi le niveau de concurrence dans différents segments d'emploi, pour les aider à guider les personnes en recherche d'emploi vers des chances réalistes.<sup>100</sup> Par exemple, l'intégration sur les plateformes d'emploi d'indicateurs tels que le volume de candidatures en plus d'outils d'appariement basés sur les compétences qui indiquent aussi des emplois voisins peut accroître l'ouverture des demandeur·euses d'emploi et des recruteur·euses, renforçant tant l'aide des conseiller·ères que les stratégies des demandeur·euses d'emploi.<sup>100</sup>

—→ 100

—→ 100

L'un des défis critiques identifiés est le décalage entre les stratégies de recherche des demandeur·euses d'emploi et les conditions réelles sur le marché du travail. De nombreuses personnes se concentrent uniquement sur le nombre de postes à pourvoir et négligent d'évaluer le niveau de concurrence ou la coïncidence entre les offres et leurs compétences.<sup>100</sup> Des données expérimentales montrent que fournir des recommandations d'emplois basées sur les compétences améliore le succès de la recherche et que les recruteur·euses qui font face à une pénurie de personnel ont davantage tendance à recruter des personnes issues de différents contextes professionnels. Ces disparités représentent aussi une opportunité : en exploitant l'analyse des données et les outils numériques, les demandeur·euses d'emploi peuvent être mieux orienté·es vers des reconversions viables, en particulier dans les domaines à forte demande. Les systèmes de recommandation d'emplois personnalisés qui incluent des données sur les dimensions du marché du travail et tiennent compte de la coïncidence entre les compétences requises pour l'emploi vacant et celles du ou de la candidat·e pourraient nettement améliorer l'efficacité de l'appariement et assurer que les demandeur·euses d'emploi aient non seulement conscience des postes à pourvoir mais soient aussi équipés·es pour évaluer s'ils ou elles sont concurrentiel·les au sein de ces rôles.

—→ 100

Pour aborder ces défis, les responsables politiques et les services d'emploi devraient adopter des stratégies guidées par les données qui améliorent de manière dynamique les processus d'appariement des emplois. Par exemple, l'intégration de méthodes avancées d'apprentissage automatique causal peut optimiser l'affectation de personnes sans emploi à des programmes d'emploi actifs, ce qui assure l'attribution efficace des ressources publiques.<sup>35,36</sup> La collecte et l'analyse des données des plateformes d'emploi peut permettre aux autorités de développer un système de soutien réactif et adaptatif qui aide non seulement les personnes en recherche d'emploi à naviguer plus efficacement sur le marché du travail numérique, mais aussi à renforcer l'efficacité générale du marché du travail.

—→ 35

—→ 36

## CONSIDÉRATION

# 12

### **Fournir un soutien numérique aux demandeur·euses d'emploi et conseiller·ères**

Les outils et stratégies numériques aident à appairer plus précisément les compétences des personnes en recherche d'emploi avec les postes à pourvoir et optimisent l'efficacité des conseils.

# 5

## Épilogue

Ces considérations stratégiques présentées par le Comité de direction du PNR 77 reflètent un ensemble de résultats interdisciplinaires de spécialistes suisses et internationaux·ales dans des domaines sociétaux clés de la transformation numérique et soulignent l'importance de la co-création inclusive, du développement des capacités numériques tout au long de la vie et de l'autonomisation des enseignant·es, institutions et employé·es. Elles soulignent le besoin d'anticiper les transformations techniques, d'assurer la compatibilité des technologies numériques avec les valeurs de la société et les droits fondamentaux par une gouvernance éthique et d'assurer un large accès aux données en tant que bien public. Ensemble, elles forment une feuille de route pour ancrer la transformation numérique dans l'éducation, les institutions démocratiques et les médias, ainsi que l'économie et les marchés du travail. Pour contextualiser efficacement ces considérations stratégiques, il convient de les aborder comme faisant partie d'une transformation sociétale plus large, en soulignant le partage des responsabilités entre secteurs et en assurant la cohérence entre les intentions stratégiques et la mise en œuvre pratique.

## 5.1

# Développements récents qui ont eu un impact sur la transformation numérique

Depuis le lancement du PNR 77 en 2018, des évolutions mondiales ont modifié le paysage de la transformation numérique, et nombre d'entre elles ont dépassé la portée de ce programme sur cinq ans. La pandémie de Covid-19 a clairement accéléré la numérisation de nombreux secteurs<sup>103</sup> et l'IA générative renferme le potentiel de révolutionner l'automatisation et le travail de la connaissance. Entre-temps, des inquiétudes sur la souveraineté numérique de la Suisse se sont amplifiées avec la dominance accrue de grandes compagnies localisées en dehors de l'Europe, que ce soit aux États-Unis (p. ex. Google, Amazon, Microsoft, Meta, Apple) ou en Chine (p. ex. Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi, Huawei).

—> 103

De plus, dans de nombreuses régions du monde, la situation géopolitique s'est profondément modifiée depuis fin 2024. Ces modifications ont eu pour effet qu'il est devenu plus urgent et plus complexe pour la Suisse d'aborder les questions que soulève la transformation numérique, et que des inquiétudes en matière de surveillance, monopoles, érosion démocratique, polarisation et souveraineté se sont manifestées.<sup>69</sup> Ce paysage mouvant requiert des analyses continues pour naviguer entre les nouveaux défis de l'ère du numérique.

—> 69

## 5.2

# Résultats du PNR 77 applicables aux défis mondiaux

Tandis que la société traverse une transformation numérique rapide, le monde fait face à des défis sans précédent : conflits géopolitiques, phénomènes météorologiques extrêmes dus au changement climatique, polarisation de la société, diffusion de désinformation. Si ces sujets n'étaient pas au premier plan lors de la mise au concours du PNR 77, plusieurs de ses conclusions stratégiques offrent un guide précieux pour les aborder.

Notamment, le programme souligne l'importance de favoriser l'éducation et la maîtrise du numérique de la population, d'encourager la participation politique active et de promouvoir des aptitudes professionnelles adaptables. Ces éléments sont la base à une société résiliente, capable de réagir à la complexité des perturbations mondiales. Par exemple, le perfectionnement des citoyen·nes dans le domaine numérique et l'engagement civique peuvent aider à contrecarrer la désinformation et à renforcer la gouvernance démocratique, en même temps que les solutions numériques inclusives et les approches de co-création peuvent soutenir l'autonomisation des bénéficiaires et l'accès équitable aux nouvelles technologies. En ce sens, les leçons tirées du PNR 77 peuvent être utiles à des stratégies plus larges visant à former une société mondiale numérique durable, démocratique et prête pour l'avenir.

## 5.3

# Recommandations de financement pérenne

Prenant note de l'évolution rapide du paysage de la transformation numérique dans les trois domaines de recherche ainsi que de l'étendue des recherches en cours dans des domaines qui y sont liés dans l'ensemble de la société suisse, le Comité de direction s'abstient de préconiser des directions spécifiques pour les recherches à venir. Considérant l'accélération du progrès technologique, il préfère souligner le besoin que les responsables politiques et décideur-euses suisses fassent des investissements pérennes dans des travaux de recherche d'avenir afin de ne pas se faire distancer par les développements en cours dans tous les domaines de la transformation numérique, dont la formation, l'éthique/gouvernance et les marchés du travail.

## 5.4

# Perspective et conclusion

La Suisse est à un tournant de sa transformation numérique et le PNR 77 offre des observations clés sur la manière dont l'éducation, l'éthique/gouvernance, le travail et la société peuvent s'adapter aux modifications technologiques rapides. Pour assurer la résilience, la démocratie, l'inclusion et la préparation à l'avenir, des mesures politiques coordonnées doivent accorder la priorité à la maîtrise du numérique, l'équité et l'innovation éthique. Sur la base des résultats du PNR 77, la Suisse peut avancer en confiance vers un avenir numérique mettant l'être humain au centre des considérations.

# 6

## Annexes

### 6.1

### Bibliographie/références

1. Lindblom, T., Lindell, J., & Gidlund, K. (2024). Digitalizing the Journalistic Field: Journalists' Views on Changes in Journalistic Autonomy, Capital and Habitus. *Digital Journalism*, 12(6), 894–913. <https://doi.org/10.1080/21670811.2022.2062406>
2. Cai, Z., Davis, R., Tormey, R., & Dillenbourg, P. (2024). Learning Analytics Beyond Traditional Classrooms: Addressing the Tensions of Cognitive and Meta-Cognitive Goals in Exercise Sessions. In R. Ferreira Mello, N. Rummel, I. Jivet, G. Pishtari, & J. A. Ruipérez Valiente (Eds.), *Technology Enhanced Learning for Inclusive and Equitable Quality Education* (Vol. 15160, pp. 81–86). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72312-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72312-4_9)
3. Cai, Z., Davis, R. L., Mariétan, R., Tormey, R., & Dillenbourg, P. (2025). Jupyter Analytics: A Toolkit for Collecting, Analyzing, and Visualizing Distributed Student Activity in Jupyter Notebooks. *Proceedings of the 56th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 172–178. <https://doi.org/10.1145/3641554.3701971>
4. Bürkle, T., Lueg, C., Salzmann, P., Salini, D., Von Kaenel, F., Löffel, K., Meier, L., Moozhyyil, S.-M., Perrini, S., Trede, I., Volpe, A., & Holm, J. (2022). Digi-Care: Exploring the Impacts of Digitization on Nursing Work in Switzerland. In T. Bürkle, K. Denecke, J. Holm, M. Sariyar, & M. Lehmann (Eds.), *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press. <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHTI220321>
5. Blasimme, A., Landers, C., & Vayena, E. (2025). Fostering inclusive co-creation in digital health. *Fostering Inclusive Co-Creation in Digital Health*, 8, 311. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-01724-w>
6. Jaccard, D., Suppan, L., Sanchez, E., Huguenin, A., & Laurent, M. (2021). The co.LAB Generic Framework for Collaborative Design of Serious Games: Development Study. *JMIR Serious Games*, 9(3), e28674. <https://doi.org/10.2196/28674>
7. Carpentras, D., Hänggli Fricker, R., & Helbing, D. (2024). Empowering minorities and everyone in participatory budgeting: An agent-based modelling perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 382(2285), 20240090. <https://doi.org/10.1098/rsta.2024.0090>
8. Tian, Y. J. A., Wangmo, T., & Savulescu, J. (2025). Misalignments of values and preferences: Finding an ideal elder care arrangement. *Journal of Medical Ethics*, jme-2024-110559. <https://doi.org/10.1136/jme-2024-110559>
9. Wangmo, T., Duong, V., Felber, N. A., Tian, Y. J. (Angelina), & Mihailov, E. (2024). No playing around with robots? Ambivalent attitudes toward the use of Paro in elder care. *Nursing Inquiry*, 31(3), e12645. <https://doi.org/10.1111/nin.12645>
10. Antener, G. & Bannwart Garibovic, J. (2025). Digitale Teilhabe: Keine Selbstverständlichkeit. *Digital Participation: Not A Matter Of Course*. Transfer. *Berufsbildung in Forschung Und Praxis*, 10(5). <https://transfervet/digitale-teilhabe-keine-selbstverstaendlichkeit>
11. Steiner, O., & Kaiser, F. (2023). E-Inclusion of People with Disabilities in Vocational and Professional Education and Further Training Organisations in Switzerland: First Results of a Quantitative Survey. In M. Antona & C. Stephanidis (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction* (Vol. 14021, pp. 417–433). Springer Nature Switzerland. [https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-35897-5\\_30](https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-35897-5_30)
12. Lehmann, J., & Beckmann, M. (2025). Digital technologies and performance incentives: Evidence from businesses in the Swiss economy. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 161(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s41937-024-00132-3>
13. Lehmann, J., & Beckmann, M. (2024). Digital Transformation in Switzerland: The Current State and Expectations (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2412.12784>
14. El Bouchikhi, M., Weerts, S., & Clavien, C. (2024). The internet of things deployed for occupational health and safety purposes: A qualitative study of opportunities and ethical issues. *PLOS One*, 19(12), e0315671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315671>

15. Mettler, T. (2024). The connected workplace: Characteristics and social consequences of work surveillance in the age of datification, sensorization, and artificial intelligence. *Journal of Information Technology*, 39(3), 547–567. <https://doi.org/10.1177/02683962231202535>
16. Mettler, T. (2025). Re-Thinking Algorithmic Control: Common Assumptions, Controversies, Misconceptions. 2025 Eleventh International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICE-DEG), 139–144. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG65568.2025.11081667>
17. Strobl, R., & Wunsch, C. (2024 in preparation) Skill-related Job Preferences of University Students. University of Basel (version 30 December 2024) <https://drive.google.com/file/d/1AyRJ2002Mkj9yF04naLxjjdzcGFpJtjF/view?pli=1>
18. Strobl, R., & Wunsch, C. (2024). Students' Beliefs about Digital Skills [In preparation]. <https://data.snf.ch/grants/grant/187462>
19. La Russa, F., Strobl, R., & Wunsch, C. (2024). Students' Perceived Returns to Skills [In preparation]. <https://data.snf.ch/grants/grant/187462>
20. Kahn, S., & Ginther, D. (2018). Women and Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Are Differences in Education and Careers Due to Stereotypes, Interests, or Family? In S. L. Averett, L. M. Argys, & S. D. Hoffman (Eds.), *The Oxford Handbook of Women and the Economy* (pp. 766–798). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190628963.013.13>
21. Wunsch, C., Rochlitz, F., & Arni, P. (2025). Jobseekers' skills and job search behaviour. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 161(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41937-025-00142-9>
22. Cheryan, S., Master, A., & Meltzoff, A. N. (2015). Cultural stereotypes as gatekeepers: Increasing girls' interest in computer science and engineering by diversifying stereotypes. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00049>
23. Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1–35. <https://doi.org/10.1037/bul0000052>
24. Bienefeld, N., Keller, E., & Grote, G. (2025). AI Interventions to Alleviate Healthcare Shortages and Enhance Work Conditions in Critical Care: Qualitative Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e50852. <https://doi.org/10.2196/50852>
25. Bürkle, T. & IOS Press (Eds.). (2022). *Healthcare of the Future 2022: Digital health – from vision to best practice!* Healthcare of the Future, Amsterdam, Netherlands. IOS Press. [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3233/SHTI292\\_fm](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3233/SHTI292_fm)
26. Bienefeld, N., Kolbe, M., Camen, G., Huser, D., & Buehler, P. K. (2023). Human-AI teaming: Leveraging transactive memory and speaking up for enhanced team effectiveness. *Frontiers in Psychology*, 14, 1208019. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1208019>
27. Bienefeld, N., Keller, E., & Grote, G. (2024). Human-AI Teaming in Critical Care: A Comparative Analysis of Data Scientists' and Clinicians' Perspectives on AI Augmentation and Automation. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e50130. <https://doi.org/10.2196/50130>
28. Hautz, W. E., Marcin, T., Hautz, S. C., Schaubert, S. K., Krummrey, G., Müller, M., Sauter, T. C., Lambrigger, C., Schwappach, D., Nendaz, M., Lindner, G., Bosbach, S., Griesshammer, I., Schönberg, P., Plüss, E., Roman, V., Ravioli, S., Werthmüller, N., Kölbener, F., ... Zwaan, L. (2025). Diagnoses supported by a computerised diagnostic decision support system versus conventional diagnoses in emergency patients (DDX-BRO): A multicentre, multiple-period, double-blind, cluster-randomised, crossover superiority trial. *The Lancet Digital Health*, 7(2), e136–e144. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(24\)00250-4](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(24)00250-4)
29. Arbelaez Ossa, L., Rost, M., Lorenzini, G., Shaw, D. M., & Elger, B. S. (2023). A smarter perspective: Learning with and from AI-cases. *Artificial Intelligence in Medicine*, 135, 102458. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2022.102458>
30. Lorenzini, G., Arbelaez Ossa, L., Shaw, D. M., & Elger, B. S. (2023). Artificial intelligence and the doctor–patient relationship expanding the paradigm of shared decision making. *Bioethics*, 37(5), 424–429. <https://doi.org/10.1111/bioe.13158>
31. Jarke, J., & Macgilchrist, F. (2021). Dashboard stories: How narratives told by predictive analytics reconfigure roles, risk and sociality in education. *Big Data & Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1177/20539517211025561>
32. Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Medford, MA, USA: Polity Press. <https://research.monash.edu/en/publications/should-robots-replace-teachers-ai-and-the-future-of-education>
33. Perrotta, C., Gulson, K. N., Williamson, B., & Witzemberger, K. (2021). Automation, APIs and the distributed labour of platform pedagogies in Google Classroom. *Critical Studies in Education*, 62(1), 97–113. <https://doi.org/10.1080/17508487.2020.1855597>
34. Budnik, C. (2025). Can We Trust Artificial Intelligence? *Philosophy & Technology*, 38(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s13347-024-00820-1>
35. Bodory, H., Mascolo, F., & Lechner, M. (2024). Enabling Decision Making with the Modified Causal Forest: Policy Trees for Treatment Assignment. *Algorithms*, 17(7), 318. <https://doi.org/10.3390/a17070318>

36. Lechner, M. (2023). Causal Machine Learning and its use for public policy. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 159(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s41937-023-00113-y>
37. Steentoft, A., Lee, B.-S., & Schläpfer, M. S. (2022). Interpretable Prediction of Urban Mobility Flows with Deep Neural Networks as Gaussian Processes. Center for Regional Economic Development (CRED) Research Paper No. 36. University of Bern. [https://www.cred.unibe.ch/forschung/publikationen/cred\\_research\\_papers/index\\_ger.html](https://www.cred.unibe.ch/forschung/publikationen/cred_research_papers/index_ger.html)
38. Steentoft, A., Lee, B.-S., & Schläpfer, M. (2024). Quantifying the uncertainty of mobility flow predictions using Gaussian processes. *Transportation*, 51(6), 2301–2322. <https://doi.org/10.1007/s11116-023-10406-z>
39. Arioldi, D., Barisone, L., & Mocci, A. (2024). Agglomeration or Taxation? This is the Question for the Digital Economy. In Preparation. (See NRP 77 project of D'Ambros and Parchet at <https://data.snf.ch/grants/grant/187353>).
40. Schiller, D. H., & Hanselmann, M. (2025). Das erweiterte Potenzial von Bildungsdaten: Datensichtbarkeit. VEO-Report 2. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.14772704>
41. Swiss Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications (DETEC). (2025, October 29). New law on communication platforms and search engines: Start of consultation proceedings [Press Release]. News Service Bund The Portal of the Swiss Government. <https://www.bakom.admin.ch/en>
42. Vuorikari, Riina, Kluzer, Stefano, Punie, Yves, & European Commission Joint Research Centre. (2022). DigComp 2.2, The Digital Competence framework for citizens. Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-48882-8, doi:10.2760/115376, JRC128415. <https://www.unesco.org/sdg4education2030/en/knowledge-hub/digital-competence-framework-citizens-22>
43. Speck, S., Ruther, L., & Misoch, S. (2023). Digital Participation Among People Aged 50+ in Switzerland: Insights to Course Offers and Training Experiences: Proceedings of the 9th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and E-Health, 48–58. <https://doi.org/10.5220/0011851900003476>
44. OECD. (2025). How's Life for Children in the Digital Age? OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/0854b900-en>
45. OECD. (2025). Empowering learners for the age of AI: An AI literacy framework for primary and secondary education. OECD Publishing. <https://ailiteracyframework.org/>
46. Babari, P., Hielscher, M., Edelsbrunner, P. A., Conti, M., Honegger, B. D., & Marinus, E. (2023). A literature review of children's and youth's conceptions of the internet. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 37, 100595. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2023.100595>
47. Babari, P., Hielscher, M., Edelsbrunner, P. A., Honegger, B. D., Waldvogel, B., & Marinus, E. (2023). Using Concept Cartoons for Assessing Children's Conceptions about the Internet. Proceedings of the 18th WiPSCe Conference on Primary and Secondary Computing Education Research, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3605468.3605496>
48. Piatti, A., Adorni, G., El-Hamamsy, L., Negrini, L., Assaf, D., Gambardella, L., & Mondada, F. (2022). The CT-cube: A framework for the design and the assessment of computational thinking activities. *Computers in Human Behavior Reports*, 5, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100166>
49. Hämmerle, V., Reiner, J., Ruf, E., Lehmann, S., & Misoch, S. (2022). Beyond the Digital Divide: Digital Skills and Training Needs of Persons 50+: Proceedings of the 8th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and E-Health, 276–282. <https://doi.org/10.5220/0011068200003188>
50. Stolzenberger, C., Frank, F., Trefzger, T., & Brovelli, D. (2023). Realexperiment und Modell mit AR vereinigen: Verstehen in der Elektrizitätslehre mit Augmented Reality erleichtern – zwei Apps im Überblick. Preprint Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.14537433>
51. Antonietti, C., Schmitz, M.L., Consoli, T., Cattaneo, A., Gonon, P. & Petko, D. (2023). More formal, please! The impact of teachers' formal and independent professional development on the quality of technology integration. In E. Langran, P. Christensen & J. Sanson (Eds.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference (pp. 2392-2397). New Orleans, LA, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learnlib.org/primary/p/222136/>
52. Cattaneo, A., Schmitz, M.-L., Gonon, P., Antonietti, C., Consoli, T., & Petko, D. (2025). The role of personal and contextual factors when investigating technology integration in general and vocational education. *Computers in Human Behavior*, 163, 108475. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108475>
53. Antonietti, C., Schmitz, M.-L., Consoli, T., Cattaneo, A., Gonon, P., & Petko, D. (2023). "Development and validation of the ICAP Technology Scale to measure how teachers integrate technology into learning activities." *Computers & Education*, 192, 104648. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104648>

54. Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131–152. <https://doi.org/10.2190/OEW7-01WB-BKHL-QDYV>
55. Küng, J., & Brovelli, D. (2025). The Impact of Teacher Training on the Evaluation and Selection of STEM Augmented Reality Applications and TPACK Self-Assessment. *Frontiers in Psychology, Educational Psychology*(accepted, in press). <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2025.1657028/abstract>
56. Martarelli, C. S., Dubach, J., Schelleis, N., Cacchione, T., & Tempelmann, S. (2025). Virtual reality in primary science education: Improving knowledge of the water cycle. *Educational Technology Research and Development*, 73(2), 999–1024. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10431-4>
57. Schnyder, S., Dubach, J., Dall'Olio, L., Tempelmann, S., Cacchione, T., & Martarelli, C. S. (2025). Are primary schools ready for immersive virtual reality? Resistance among stakeholders. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1304. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05702-1>
58. Mercier, J., Chabloz, N., Dozot, G., Ertz, O., Bocher, E., & Rappo, D. (2023). BiodivAR: A Cartographic Authoring Tool for the Visualization of Geolocated Media in Augmented Reality. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(2), 61. <https://doi.org/10.3390/ijgi12020061>
59. Schmitz, M.-L., Antonietti, C., Consoli, T., Cattaneo, A., Gonon, P., & Petko, D. (2023). Transformational leadership for technology integration in schools: Empowering teachers to use technology in a more demanding way. *Computers & Education*, 204, 104880. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104880>
60. Selwyn, N. (2016). *Education and technology: Key issues and debates* (Second edition). Zed Books. <https://doi.org/10.5040/9781474235952>
61. Petko, D., Antonietti, C., Schmitz, M.-L., Consoli, T., Gonon, P., & Cattaneo, A. (2022). Digitale Transformation der Sekundarstufe II: Erste Ergebnisse einer repräsentativen Bestandsaufnahme in der Schweiz. *Gymnasium Helveticum*, 76(5), 20–21. <https://doi.org/10.5167/UZH-223928>
62. Petko, D., Cattaneo, A., Gonon, P., Antonietti, C., Consoli, T., Hartmann, M., Michos, K. & Schmitz, M.-L. (2025). Digital Transformation in Upper Secondary Schools Final Report of the DigiTraS II Project. *Digitale Transformation der Sekundarstufe II. Schlussbericht des DigiTraS II Projektes*. Universität Zürich & Eidgenössische Hochschule für Berufsbildung EHB. <https://www.ehb.swiss/forschung/publikationen/petko-d-cattaneo-gonon-p-antonietti-c-consoli-t-hartmann-m-michos-k-schmitz>
63. Mercier, J., Ertz, O., & Bocher, E. (2025). “Look at the trees”: A verbal nudge to reduce screen time when learning biodiversity with augmented reality. *Computers in Human Behavior Reports*, 18, 100614. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100614>
64. Petko, D., Koehler, M. J., & Mishra, P. (2024). Placing TPACK in context: Looking at the big picture. *Computers and Education Open*, 7, 100236. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100236>
65. Saner, P., & Rost, K. (2025). Competition for students in the digital era: Scientific disciplines as drivers of study program innovation in Swiss higher education. *Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10734-025-01548-3>
66. Consoli, T., Schmitz, M.-L., Antonietti, C., Gonon, P., Cattaneo, A., & Petko, D. (2024). Quality of technology integration matters: Positive associations with students' behavioral engagement and digital competencies for learning. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13118-8>
67. Blassnig, S., Mitova, E., Strikovic, E., Urman, A., De Vreese, C., Hannák, A., & Esser, F. (2024). User Perceptions of News Recommender Systems and Trust in Media Outlets: A Five-Country Study. *Journalism Studies*, 25(10), 1182–1204. <https://doi.org/10.1080/1461670X.2024.2364628>
68. Blassnig, S., Strikovic, E., Mitova, E., Urman, A., Hannák, A., De Vreese, C., & Esser, F. (2024). A Balancing Act: How Media Professionals Perceive the Implementation of News Recommender Systems. *Digital Journalism*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/21670811.2023.2293933>
69. World Economic Forum. (2025). *Global Risks Report 2025* (No. (20th ed.)). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2025/>
70. Hänggli Fricker, R., Wellings, T., Zai, F., Yang, J. C., Majumdar, S., Bernhard, L., Weil, L., Hausladen, C. I., & Pournaras, E. (2024). Exploring legitimacy in a municipal budget decision in Switzerland: Empirical insights into citizens' perceptions. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 382(2285), 20240098. <https://doi.org/10.1098/rsta.2024.0098>
71. Hänggli, R., Pournaras, E., & Helbing, D. (2021). Human-centered Democratic Innovations with Digital and Participatory Elements. *DG.O2021: The 22nd Annual International Conference on Digital Government Research*, 227–233. <https://doi.org/10.1145/3463677.3463708>
72. Gianola, G., Wyss, D., Bächtiger, A., & Gerber, M. (2024). Empowering local citizens: Assessing the inclusiveness of a digital democratic innovation for co-creating a Voting Advice Application. *Local Government Studies*, 50(1), 174–203. <https://doi.org/10.1080/03003930.2023.2185228>

73. Budnik, C. (2024). Künstliche Intelligenz und Vertrauen im medizinischen Kontext. *Zeitschrift Für Praktische Philosophie*, 11(1). <https://doi.org/10.22613/zfpp/11.1.17>
74. Arbelaez Ossa, L., Milford, S. R., Rost, M., Leist, A. K., Shaw, D. M., & Elger, B. S. (2024). AI Through Ethical Lenses: A Discourse Analysis of Guidelines for AI in Healthcare. *Science and Engineering Ethics*, 30(3), 24. <https://doi.org/10.1007/s11948-024-00486-0>
75. Vokinger, K. N., Feuerriegel, S., & Kesselheim, A. S. (2021). Continual learning in medical devices: FDA's action plan and beyond. *The Lancet Digital Health*, 3(6), e337–e338. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00076-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00076-5)
76. Baumann, J., Hertweck, C., Loi, M., & Heitz, C. (2022). Distributive Justice as the Foundational Premise of Fair ML: Unification, Extension, and Interpretation of Group Fairness Metrics (Version 3). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2206.02897>
77. Baumann, J., & Loi, M. (2023). Fairness and Risk: An Ethical Argument for a Group Fairness Definition Insurers Can Use. *Philosophy & Technology*, 36(3), 45. <https://doi.org/10.1007/s13347-023-00624-9>
78. Baumann, J. (2024). Identifying, Mitigating, and Anticipating Bias in Algorithmic Decisions. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(21), 23385–23386. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i21.30393>
79. Dolata, M., & Schwabe, G. (2021). How Fair Is IS Research? In S. Aier, P. Rohner, & J. Schelp (Eds.), *Engineering the Transformation of the Enterprise* (pp. 37–49). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84655-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84655-8_3)
80. Dolata, M., Feuerriegel, S., & Schwabe, G. (2022). A sociotechnical view of algorithmic fairness. *Information Systems Journal*, 32(4), 754–818. <https://doi.org/10.1111/isj.12370>
81. Hertweck, C., Baumann, J., Loi, M., & Heitz, C. (2023, June 7). FairnessLab: A Consequence-Sensitive Bias Audit and Mitigation Toolkit. *CEUR Workshop Proceedings. EWF'23: European Workshop on Algorithmic Fairness*, Winterthur, Switzerland. <https://ceur-ws.org/Vol-3442/paper-13.pdf>
82. Nyffenegger, A., Stürmer, M., & Niklaus, J. (2024). Anonymity at Risk? Assessing Re-Identification Capabilities of Large Language Models in Court Decisions. *Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2024*, 2433–2462. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-naacl.157>
83. Sentinella, R., Schnegg, M., & Möller, K. (2023). A management control oriented governance framework for artificial intelligence. *Swiss Journal of Business*, 77(2), 162–184. <https://doi.org/10.5771/0042-059X-2023-2-162>
84. Strikovic, E., Blassnig, S., Mitova, E., Urman, A., Esser, F., & De Vreese, C. (2024). Opportunity structures for user acceptance of news recommender systems (NRS): A multi-country survey study of relationships between individual-level factors and evaluations of NRS. *New Media & Society*, 14614448241263765. <https://doi.org/10.1177/14614448241263765>
85. Vogler, D., Weston, M., Ryffel, Q., Rauchfleisch, A., Jürgens, P., Eisenegger, M., Schwaiger, L., & Christen, U. (2023). Mobile News Consumption and Its Relation to Young Adults' Knowledge About and Participation in Referendums. *Media and Communication*, 11(1), 6–18. <https://doi.org/10.17645/mac.v11i1.6029>
86. Walder, M., Fivaz, J., Schwarz, D., & Giger, N. (2024). Explaining the (non-) Use of Voting Advice Applications. *Digital Government: Research and Practice*, 5(3), 1–29. <https://doi.org/10.1145/3689214>
87. Dalmus, C., Kalbermatter, U., Burger, J., Künzler, M., & Dahinden, U. (2024). Just weather and cheese? Analysis of the content of Swiss local media online with different business models. *Studies in Communication Sciences*, 24(2), 189–208. <https://doi.org/10.24434/j.scoms.2024.02.3100>
88. Burger, J., Wellinger, D., Künzler, M., Autenrieth, U., Fetz, U., Schädler, T., Dalmus, C., & Dahinden, U. (2023). Lokaljournalismus und Gemeindegemeinschaft: Bestandesaufnahme der Schweizer. In *Lokaljournalismus und Gemeindegemeinschaft: Bestandesaufnahme der Schweizer Lokalkommunikation auf Ebene der Lokalmedien und der Gemeinde: Studie*. Fachhochschule Graubünden. [https://localcommunication.fhgr.ch/wp-content/uploads/sites/13/2023/11/2023\\_Lokalkommunikation\\_Burger\\_et\\_al.pdf](https://localcommunication.fhgr.ch/wp-content/uploads/sites/13/2023/11/2023_Lokalkommunikation_Burger_et_al.pdf)
89. Mitova, E., Blassnig, S., Strikovic, E., Urman, A., De Vreese, C., & Esser, F. (2023). When Worlds Collide: Journalistic, Market, and Tech Logics in the Adoption of News Recommender Systems. *Journalism Studies*, 24(16), 1957–1976. <https://doi.org/10.1080/1461670X.2023.2260504>
90. Burger, J., Künzler, M., & Autenrieth, U. (2024). Innovations in local media (funding) in Switzerland. In M. L. Young & A. Hermida (Eds.), *Novel Directions in Media Innovation and Funding* (pp. 43–52). The Global Journalism Innovation Lab School of Journalism, Writing, and Media University of British Columbia. [https://journalisminnovation.ca/wp-content/uploads/2024/03/GJIL-Report-Novel-Directions-in-Media-Innovation-and-Funding\\_.pdf](https://journalisminnovation.ca/wp-content/uploads/2024/03/GJIL-Report-Novel-Directions-in-Media-Innovation-and-Funding_.pdf)
91. Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4, pp. 1043–1171). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)

92. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
93. Autor, D., Chin, C., Salomons, A., & Seegmiller, B. (2024). New Frontiers: The Origins and Content of New Work, 1940–2018. *The Quarterly Journal of Economics*, 139(3), 1399–1465. <https://doi.org/10.1093/qje/qjae008>
94. Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. (2025). Generative AI at Work. *The Quarterly Journal of Economics*, 140(2), 889–942. <https://doi.org/10.1093/qje/qjae044>
95. Gathmann, C., Kagerl, C., Pohlen, L., & Roth, D. (2024). The pandemic push: Digital technologies and workforce adjustments. *Labour Economics*, 89, 102541. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2024.102541>
96. Muehleemann, S. (2025). Artificial intelligence adoption and workplace training. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 238, 107206. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2025.107206>
97. Bienefeld, N., Boss, J. M., Lüthy, R., Brodbeck, D., Azzati, J., Blaser, M., Willms, J., & Keller, E. (2023). Solving the explainable AI conundrum by bridging clinicians' needs and developers' goals. *Npj Digital Medicine*, 6(1), 94. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00837-4>
98. Bessen, J., Goos, M., Salomons, A., & Van Den Berge, W. (2025). What Happens to Workers at Firms that Automate? *Review of Economics and Statistics*, 107(1), 125–141. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_01284](https://doi.org/10.1162/rest_a_01284)
99. Beerli, A., Fiorin, S., Gulyas, A., Kopp, D., Khoshnama, M., & Siegenthaler, M. (2024). The Role of Job Benefits in Job Search Evidence from a Large-Scale Online Field Experiment. 7th LISER and IDSC of IZA Workshop Papers. [https://population-economics.committee.socialpolitik.de/sites/default/files/2025-01/Siegenthaler%20Value\\_of\\_Job\\_Benefits%20%285%29\\_0.pdf](https://population-economics.committee.socialpolitik.de/sites/default/files/2025-01/Siegenthaler%20Value_of_Job_Benefits%20%285%29_0.pdf)
100. Klaeui, J., Kopp, D., Lalive, R., & Siegenthaler, M. (2023, March 31). Labor Demand and Supply Across Occupational Boundaries. IZA Summer School 2023, Bonn, Germany. [https://conference.iza.org/SummerSchool\\_2023/klaeui\\_j33802.pdf](https://conference.iza.org/SummerSchool_2023/klaeui_j33802.pdf)
101. Zwettler, C., Straub, C., & Spurk, D. (2024). Kicking off a Gig Work Career: Unfolding a Career Learning Cycle of Gig Workers. *Journal of Career Assessment*, 32(4), 650–677. <https://doi.org/10.1177/10690727231212188>
102. Affolter, L., Spurk, D., & Straub, C. (2025). Living a calling despite the challenges of the gig economy? The role of meaning-making and work alienation. *Journal of Vocational Behavior*, 162, 104175. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2025.104175>
103. International Monetary Fund staff, Shibata, I., Pizzinelli, C., Tavares, M., Medici, A., Li, L., Oikonomou, M., Soh, J., & Jaumotte, F. (2023). Digitalization During the COVID-19 Crisis. *International Monetary Fund*, 2023(003), 1. <https://doi.org/10.5089/9798400232596.006>

## 6.2

# Glossaire

Terme	Définition
<b>système d'intelligence artificielle (IA)</b>	Un système d'IA est un système automatisé qui, pour des objectifs définis par l'être humain, déduit des prédictions, du contenu, des recommandations ou des décisions qui peuvent influencer les environnements physiques ou virtuels. Les systèmes d'IA sont conçus pour opérer à différents degrés d'autonomie.
<b>réalité augmentée (RA)</b>	La RA est une technologie qui insère des éléments virtuels (images, textes, sons, etc.) générés par un système informatique dans les images du monde réel, fournissant une expérience interactive réaliste, dans laquelle les utilisatrices peuvent interagir avec ce qu'ils/elles voient sur l'écran d'un dispositif.
<b>apprentissage automatique causal</b>	Ensemble de méthodes qui combine l'apprentissage automatique et l'inférence causale pour répondre aux questions de cause à effet des interventions en tenant compte des corrélations fallacieuses pour permettre une prise de décision basée sur les données et personnalisée.
<b>numérisation (au sens strictement technique)</b>	Conversion d'informations analogiques dans un format numérique (p. ex. scanner des documents papier au format PDF).
<b>numérisation</b>	Intégration des technologies numériques dans des processus existants dans le but d'améliorer l'efficacité et la fourniture de services.
<b>transformation numérique</b>	Transformation globale du mode d'opération d'organisations par l'utilisation des technologies numériques pour modifier profondément les services, processus ou modèles économiques.
<b>EdTech</b>	La technologie éducative (EdTech) est le vaste champ et la pratique d'utilisation d'outils numériques, logiciels, matériels et théories dans le but d'améliorer l'enseignement, l'apprentissage et les résultats de l'enseignement.
<b>IA explicable (XAI)</b>	Systèmes d'IA conçus de manière à ce que les humains puissent comprendre et interpréter comment ils produisent leurs résultats. L'XAI vise à rendre les systèmes d'IA plus transparents et plus faciles à interpréter.
<b>IA générative</b>	Type d'intelligence artificielle qui crée de nouveaux contenus, par exemple textes, images et codes, en apprenant des modèles à partir d'énormes jeux de données.
<b>Internet des objets (IoT)</b>	Mise en réseau d'objets physiques connectés à Internet de sorte qu'ils peuvent collecter des données, les partager et y réagir.
<b>apprentissage automatique</b>	Ensemble de techniques qui permettent aux machines d'améliorer leurs performances et de générer des modèles de manière automatisée grâce à l'exposition à des données d'entraînement qui aident à identifier des schémas et répétitions sans instructions explicites d'un être humain.

<b>Terme</b>	<b>Définition</b>
<b>jeu sérieux</b>	Un jeu sérieux (ou jeu appliqué) est un jeu qui n'est pas seulement conçu pour la distraction, mais aussi dans un but pratique comme l'apprentissage, la formation, la modification du comportement ou la simulation.
<b>MINT</b>	Abréviation utilisée pour regrouper quatre disciplines quantitatives étroitement reliées : mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique (MINT).
<b>études tertiaires</b>	Études suivies après le degré secondaire. Elles incluent les universités, hautes écoles et établissements d'enseignement professionnel.
<b>réalité virtuelle (RV)</b>	Technologie qui immerge la personne dans un environnement entièrement créé par l'ordinateur, en général à l'aide d'un casque.

## 6.3

# Abréviations et acronymes

<b>Abréviation</b>	<b>Terme complet</b>
<b>IA</b>	intelligence artificielle
<b>RA</b>	réalité augmentée
<b>CDIP</b>	Conférence des directrices et directeurs cantonaux de l'instruction publique
<b>FORS</b>	Centre de compétences suisse en sciences sociales
<b>IAg</b>	IA générative
<b>TI</b>	technologies de l'information
<b>TIC</b>	technologies de l'information et de la communication
<b>IoT</b>	Internet des objets
<b>PNR</b>	Programme national de recherche
<b>FNS</b>	Fonds national suisse de la recherche scientifique
<b>MINT</b>	mathématiques, informatique, sciences naturelles et technique
<b>RV</b>	réalité virtuelle

## 6.4

# Liste des 46 projets du PNR 77

Pour une liste complète des résultats de la recherche sur tous les sujets, merci de consulter le [site web](#) du PNR 77 et le [portail de données](#) du FNS.

Chercheur-euse principale	Titre du sujet de recherche	Nom du module
Prof. Gabriela Antener Institut Integration und Partizipation Hochschule für Soziale Arbeit Fachhochschule Nordwestschweiz, Olten	<b>Participation numérique de personnes avec un handicap à la formation professionnelle</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Dr. Marc Audétat Laboratoire d'étude des sciences et des techniques Université de Lausanne, Lausanne	<b>Des robots à l'école ? Confiance, interaction et institution</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Ingo Barkow Schweizerisches Institut für Informationswissenschaft (SII) Departement Medien Information Kommunikation Fachhochschule Graubünden, Chur	<b>Plus que la somme des parties : le potentiel amplifié des données sur l'éducation</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Dr. Mathias Beck KOF – Konjunkturforschungsstelle ETH Zürich, Zürich	<b>Comment la transformation numérique modifie organisations, performances et marchés</b>	Économie numérique et marché du travail
Dr. Nadine Bienefeld Arbeits – und Organisationspsychologie D-MTEC ETH Zürich, Zürich	<b>Comment garantir une collaboration fructueuse avec l'intelligence artificielle ?</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Dorothee Brovelli Forschung und Entwicklung Pädagogische Hochschule Luzern, Luzern	<b>Utilisation des médias numériques : compétences didactiques des enseignants</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Marlis Buchmann Soziologisches Institut Universität Zürich, Zürich	<b>Comment la numérisation modifie-t-elle les profils professionnels ?</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Marc Bühlmann Année Politique Suisse Universität Bern, Bern	<b>Une participation démocratique accrue grâce à la numérisation ?</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Thomas Burri Law School Universität St. Gallen, St. Gallen	<b>Que signifie avoir le contrôle humain sur les machines intelligentes ?</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance

<b>Chercheur·euse principal·e</b>	<b>Titre du sujet de recherche</b>	<b>Nom du module</b>
Dr. Markus Christen UZH Digital Society Initiative Universität Zürich	<b>L'éthique et le droit pour promouvoir la confiance en la cybersécurité</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Dr. Marco D'Ambros CodeLounge, Software Institute Facoltà di scienze informatica Università della Svizzera italiana, Lugano	<b>Entreprises et concurrence fiscale dans l'économie digitale</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Dr. Sarah Dégallier Rochat Technik und Informatik Berner Fachhochschule, Biel/Bienne	<b>Les nouvelles technologies peuvent-elles humaniser l'automatisation ?</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Pierre Dillenbourg Computer-Human Interaction in Learning and Instruction (CHILI) EPFL, Lausanne	<b>L'utilisation de l'analyse de l'apprentissage dans les hautes écoles</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Mark Eisenegger Abteilung Öffentlichkeit & Gesellschaft IKMZ Universität Zürich, Zürich	<b>Journalisme et comportement des jeunes adultes face à l'information numérique</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Bernice Elger Institut für Bio – und Medizinethik (IBMB) Universität Basel, Basel	<b>Compréhension technique – conception éthique : IA et données de santé en milieu clinique</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Olivier Ertz Institut d'ingénierie des Médias (MEI) HEIG-VD, Yverdon-les-Bains	<b>Biodiversité et réalité augmentée : un avenir de l'apprentissage ?</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Frank Esser Institut für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung (IKMZ) Universität Zürich, Zürich	<b>Démocraties numériques et rôle des systèmes de recommandation d'informations</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Nathalie Giger Faculté des Sciences de la Société Université de Genève, Genève	<b>Consommation d'informations et d'actualités numériques : un péril pour la démocratie ?</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Regula Hänggli Departement für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung Universität Freiburg, Fribourg	<b>Confiance et légitimation dans la démocratie numérique</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Dr. Wolf Hautz Universitäres Notfallzentrum, Inselspital, Universität Bern, Bern	<b>Amélioration des diagnostics médicaux grâce à la technologie de l'information ?</b>	Économie numérique et marché du travail

<b>Chercheur·euse principal·e</b>	<b>Titre du sujet de recherche</b>	<b>Nom du module</b>
Prof. Christoph Heitz Institut für Datenanalyse und Prozessdesign ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Winterthur	<b>Une intelligence artificielle équitable et socialement acceptable</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Dominique Jaccard Media Engineering Institute COMEM – HEIG-VD HES-SO Centre St-Roch, Yverdon	<b>Un laboratoire digital pour la co-conception de jeux numériques éducatifs</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Ulrich Kaiser Institut für Betriebswirtschaftslehre Universität Zürich, Zürich	<b>Importance des compétences informatiques pour la réussite professionnelle</b>	Économie numérique et marché du travail
Dr. Michaela Knecht Institut Mensch in komplexen Systemen Hochschule für Angewandte Psychologie Fachhochschule Nord- westschweiz (FHNW), Olten	<b>Le travail omniprésent : comment parvenir à dissocier métier et vie privée ?</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Matthias Künzler Institut für Multimedia Production (IMP) Departement Angewandte Zukunfts- technologien Fachhochschule Graubünden, Chur	<b>Journalisme local et communication communale dans la transformation numérique</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Michael Lechner Institut suisse de recherche en économie empirique (SEW-HSG) Université de Saint-Gall, Saint-Gall	<b>Opportunités et risques d'une politique du marché du travail guidée par les données</b>	Économie numérique et marché du travail
Dr. Florian Liberatore Department of Business Law School of Management and Law ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Winterthur	<b>Organisation optimale du travail temporaire moyennant des plateformes en ligne</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Andreas Lienhard Kompetenzzentrum für Public Management Universität Bern, Bern	<b>Décisions judiciaires : dilemme entre transparence et protection de la vie privée</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Eva Marinus Institut für Medien und Schule Pädagogische Hochschule Schwyz, Goldau	<b>« Ça fonctionne comment ? » L'informatique et la programmation selon les enfants</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Corinna Martarelli Fakultät für Psychologie FernUni Schweiz, Brig	<b>L'utilité de la réalité virtuelle dans l'enseignement des sciences naturelles</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique

<b>Chercheur·euse principal·e</b>	<b>Titre du sujet de recherche</b>	<b>Nom du module</b>
Prof. Tobias Mettler IDHEAP Institut de hautes études en administration publique Université de Lausanne, Lausanne	<b>L'Internet des objets pour la promotion de la santé sur le lieu de travail</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Sabina Misoch Institut Alter Bernser Fachhochschule (BFH), Bern	<b>Compétences numériques et besoins de formation des personnes de plus de 50 ans</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Klaus Möller Direktor Institute of Accounting, Control & Auditing Universität St. Gallen, St. Gallen	<b>Gouvernance et cadre juridique pour la gestion de l'intelligence artificielle</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Francesco Mondada Mobile Robotic Systems Group EPFL – STI – IEM École polytechnique fédérale, Lausanne	<b>Nos enfants développent-ils des compétences complémentaires aux ordinateurs ?</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Dominik Petko Institut für Erziehungswissenschaften Universität Zürich, Zürich	<b>La transformation numérique dans les écoles de niveau secondaire II</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Edy Portmann Human-IST Institut Departement für Informatik Universität Fribourg, Fribourg	<b>Comment transformer une idée ingénieuse en une ville intelligente</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Katja Rost Soziologisches Institut der Universität Zürich, Zürich	<b>Stratégies numériques : hautes écoles et domaines d'étude, agents du changement ?</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Dr. Patrizia Salzmann Gischi Haute école fédérale en formation professionnelle HEFP, Zollikofen	<b>Technologies numériques et soins cliniques : faut-il réapprendre à communiquer ?</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique
Prof. Peter Schaber Ethik-Zentrum Universität Zürich, Zürich	<b>Est-il raisonnable de se fier aveuglement aux applications digitales ?</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Dr. Michael Siegenthaler KOF – Konjunkturforschungsstelle ETH Zürich, Zürich	<b>Stratégies pour la recherche de travail sur les plateformes d'emploi en ligne</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Dr. Caroline Straub New Work Institute Bernser Fachhochschule Wirtschaft, Bern	<b>Le « gig work » : un nouveau phénomène sur le marché du travail helvétique</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Effy (Eftychia) Vayena Departement Gesundheitswissen- schaften und Technologie (D-HEST) ETH Zürich, Zürich	<b>La santé numérique au service de la population tout entière</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance

<b>Chercheur·euse principal·e</b>	<b>Titre du sujet de recherche</b>	<b>Nom du module</b>
Prof. Maximilian von Ehrlich Departement Volkswirtschaftslehre Universität Bern, Bern	<b>Le rôle de la numérisation dans la répartition spatiale de l'économie</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Dr. Tenzin Wangmo Institut für Bio – und Medizinethik (IBMB) Universität Basel, Basel	<b>Technologies « smart home » pour les soins des personnes âgées</b>	Éthique, fiabilité et gouvernance
Prof. Conny Wunsch Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Universität Basel, Basel	<b>Marché du travail suisse et transformation numérique</b>	Économie numérique et marché du travail
Prof. Carmen Zahn Institut für Kooperationsforschung und -entwicklung Hochschule für Angewandte Psychologie FHNW, Olten	<b>Qualité des processus de groupe dans l'apprentissage numérique</b>	Formation, apprentissage et tournant numérique

# 6.5

## Organisation

### **Membres du comité de direction**

- Prof. Abraham Bernstein, Institut für Informatik, Universität Zürich (président)
- Prof. Irene Bertschek, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim, DE (vice-présidente)
- Prof. Bert Bredeweg, Centre for Applied Research in Education, Amsterdam University of Applied Sciences und Institute of Informatics, University of Amsterdam, NL
- Prof. Joanna Bryson, Professor of Ethics and Technology, Hertie School, Berlin, DE (jusqu'en septembre 2020)
- Prof. Kevin Crowston, School of Information Studies, Syracuse University, New York, USA
- Prof. Rebecca Eynon, Oxford Internet Institute, Department of Education, University of Oxford, GB (à partir de septembre 2020)
- Prof. Natali Helberger, Faculty of Law, University of Amsterdam, NL
- Prof. Åsa Mäkitalo, Department of Education, University of Gothenburg, SE et University of Oslo, NO
- Prof. Sandra McNally, Centre for Economic Performance, London School of Economics, GB (à partir d'août 2020)
- Prof. Samuel Mühlemann, LMU Munich School of Management, Ludwig-Maximilians-Universität München, DE (à partir d'août 2020)
- Prof. Manuel Puppis, Departement für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung, Universität Freiburg
- Prof. Dr. Wolfgang Schulz, Hans-Bredow-Institut für Medienforschung, Universität Hamburg, DE (à partir d'août 2020)
- Prof. Ursula M. Staudinger, Technische Universität Dresden, DE (jusqu'en août 2020)

### **Déléguée du Conseil national de la recherche**

- Prof. Uschi Backes-Gellner, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Université de Zurich

### **Transfert de connaissances**

- Mathis Brauchbar, Responsable du transfert de connaissance, advocacy ag, Zürich (à partir d'octobre 2022)
- Céline Meier, Communication, advocacy ag, Zürich (à partir d'octobre 2022)
- Beat Glogger, Responsable du transfert de connaissance, scitec-media GmbH, Winterthur (jusqu'en juin 2022)

### **Représentants de l'Administration fédérale suisse et des cantons**

- Dr Stefan Leist, Analyse du marché du travail et politique sociale, Secrétariat d'État à l'économie (SECO)
- Dr Johannes Mure, Pilotage et recherche en matière de formation, Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI)
- Dr Wendelin Brühwiler, Conférence des directrices et directeurs cantonaux de l'instruction publique (à partir d'avril 2024)
- Andreas Klausung, Unité de coordination Scolarité obligatoire, culture et sport, Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) (jusqu'en mars 2024)

### **Manager du programme**

- Marjory Hunt, Fonds national suisse (FNS)
- Boris Buzek, Fonds national suisse (FNS) (à partir de novembre 2022)
- Barbara Flückiger-Schwarzenbach (FNS) (jusqu'en octobre 2022)

# 7

## Impressum

**Éditeur**

Comité de direction du PNR 77

**Rédaction scientifique**

Karin Holm, Genève

**Mise en page**

studiotanner.ch

**Traduction**

Sophie Neuberg, Berlin

**Référence**

Comité de direction du PNR 77 (2026) : Éducation, fiabilité et marché du travail à l'ère de la transformation numérique – Perspectives et réflexions issues du Programme national de recherche « Transformation numérique » (PNR 77). Fonds national suisse de la recherche scientifique, Berne, Suisse.

**Avis de non-responsabilité**

Les équipes de recherche respectives sont responsables des résultats présentés. Le Comité de direction est responsable de la synthèse. Ses opinions ne reflètent pas forcément celles du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

© Mai 2026

Fonds national suisse de la recherche scientifique, Berne

ISBN 978-3-907087-81-7

DOI [10.46446/Publication\\_pnr77.2026.1.fr](https://doi.org/10.46446/Publication_pnr77.2026.1.fr)

Cette publication est disponible gratuitement sur commande en français, anglais et allemand.

[www.pnr77.ch](http://www.pnr77.ch) ou [pnr77@snf.ch](mailto:pnr77@snf.ch)

**Fonds national suisse**

Wildhainweg 3, case postale

CH-3001 Berne

[www.snf.ch](http://www.snf.ch)

# Les programmes nationaux de recherche PNR

Les PNR apportent des contributions scientifiques pour résoudre des problèmes urgents d'importance nationale. Ils sont définis par le Conseil fédéral, durent six à sept ans et sont dotés de dix à vingt millions de francs. Les PNR ont une orientation interdisciplinaire et transdisciplinaire. Les projets et les groupes de recherche sont coordonnés dans l'optique d'atteindre un même objectif global où le transfert de savoir et de technologie occupe une place prépondérante.

## Le Fonds national suisse

Sur mandat de la Confédération, le Fonds national suisse (FNS) encourage la recherche dans toutes les disciplines scientifiques. Il est la principale institution suisse d'encouragement de la recherche scientifique.

[www.snf.ch](http://www.snf.ch)