

# Gouvernance de l'informatique en nuage

## Note de recherche

Federico Mantellassi et Giacomo Persi Paoli

## À propos de cette note

La présente note de recherche est une version synthétique du rapport intitulé « Cloud Computing and International Security: Risks, Opportunities and Governance Challenges » et publié par le Programme de sécurité et de technologie de l'Institut des Nations Unies pour la recherche sur le désarmement (UNIDIR). Le rapport complet contient deux parties : un guide sur la technologie qui offre un aperçu des principales applications de l'informatique en nuage se rapportant à la sécurité internationale et met en évidence les risques et les possibilités qui y sont associés, et un guide sur la gouvernance qui examine les défis de la gouvernance de l'informatique en nuage et les répercussions de cette technologie sur la maîtrise des armements.

Cette note de recherche résume les éléments clés du rapport, en mettant l'accent sur la gouvernance. Elle est structurée en quatre parties. La première partie présente un bref aperçu de la technologie en question. La deuxième partie présente les principaux défis de gouvernance liés à l'informatique en nuage sur le plan de la sécurité internationale ainsi que leurs implications. La troisième partie présente les implications de l'informatique en nuage pour la maîtrise des armements. Enfin, la quatrième partie présente les principales conclusions du rapport.

La note ne présente pas l'analyse complète et ne rend pas compte de l'ensemble de la recherche. Pour une analyse détaillée des risques et des possibilités de l'informatique en nuage sur le plan de sécurité internationale, de l'interconnexion de cette technologie avec l'intelligence artificielle, ainsi que des défis de gouvernance et des implications pour la maîtrise des armements, le lecteur est invité à consulter le rapport complet.

## À propos des auteurs

**Federico Mantellassi** est chercheur au sein du programme Sécurité et technologie de l'UNIDIR.

**Giacomo Persi Paoli** dirige le programme Sécurité et technologie de l'UNIDIR.

## Pour citer cette publication

Federico Mantellassi et Giacomo Persi Paoli, *Gouvernance de l'informatique en nuage : Note de recherche* (Genève : UNIDIR, 2024).

# 1. Informatique en nuage : de quoi parle-t-on ?

L'informatique en nuage est une technologie qui permet aux personnes et aux organisations d'accéder à la demande à un ensemble mutualisé de ressources informatiques configurables, telles que des serveurs, du stockage, des applications et des services, qui peuvent être rapidement provisionnées et rendues disponibles à travers l'Internet<sup>1</sup>. L'informatique en nuage est un système de systèmes. Ses éléments de base peuvent être déployés dans diverses configurations et les services sont fournis selon différents modèles.

Les éléments fondamentaux comprennent la virtualisation, le libre-service à la demande, l'accès au réseau étendu, la mutualisation des ressources, l'élasticité rapide et le service mesuré. Les **modèles de déploiement** sont les environnements spécifiques et les moyens par lesquels les services en nuage sont mis à la disposition des utilisateurs. Ils définissent comment les ressources sont allouées, qui y a accès et comment l'infrastructure en nuage est gérée et détenue. Les **modèles de service** indiquent le type de service fourni aux utilisateurs. L'illustration 1 présente les principaux éléments, les modèles de déploiement et les modèles de service de l'informatique en nuage. Le tableau 1 donne quant à lui un aperçu des principales différences entre l'informatique en nuage et l'informatique traditionnelle.

Contrairement aux infrastructures informatiques locales traditionnelles, les architectures en nuage n'exigent pas des organisations qu'elles possèdent, entretiennent ou sécurisent des ressources, telles que des serveurs, des systèmes de stockage, du matériel de réseau ou même des applications spécialisées<sup>2</sup>. Les utilisateurs délèguent ainsi la gestion à distance de l'infrastructure sous-jacente à un fournisseur de services en nuage tiers. Cela leur permet de se concentrer sur le déploiement d'applications et la gestion des données. L'informatique en nuage est une composante essentielle de l'infrastructure informatique moderne. Elle sous-tend une grande partie de la connectivité mondiale et de l'innovation numérique d'aujourd'hui. Elle a notamment contribué pour beaucoup au développement de l'intelligence artificielle (IA), en permettant son déploiement à grande échelle et en fournissant les infrastructures nécessaires à l'amélioration continue des modèles.

Tableau 1. Informatique en nuage et informatique traditionnelle : aperçu des principales différences

	Traditionnelle	En nuage
<b>Propriété et contrôle</b>	Propriété et contrôle directs de l'ensemble de l'infrastructure informatique	Propriété et gestion externes, accès à distance

<sup>1</sup> Peter M. Mell et Timothy Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", National Institute of Standards and Technology (NIST), 28 septembre 2011, <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>.

<sup>2</sup> Nishant Kumar, "Cloud Computing vs Traditional Infrastructure: A Comparison", Marvsoft, 1er janvier 2024, <https://marvsoft.co/blog/view/cloud-computing-vs-traditional-it-infrastructure-a-comparison>.

<b>Évolutivité</b>	Moins adaptable et moins automatisée, dépend du matériel et des interventions manuelles	Élasticité totale, ajustement des ressources en fonction de la demande
<b>Modèle de coût</b>	Dépenses en matériel	Dépenses opérationnelles
<b>Maintenance, sécurité et mise à niveau</b>	Nécessite un service informatique dédié sur site	Externalisé auprès de fournisseurs de services en nuage

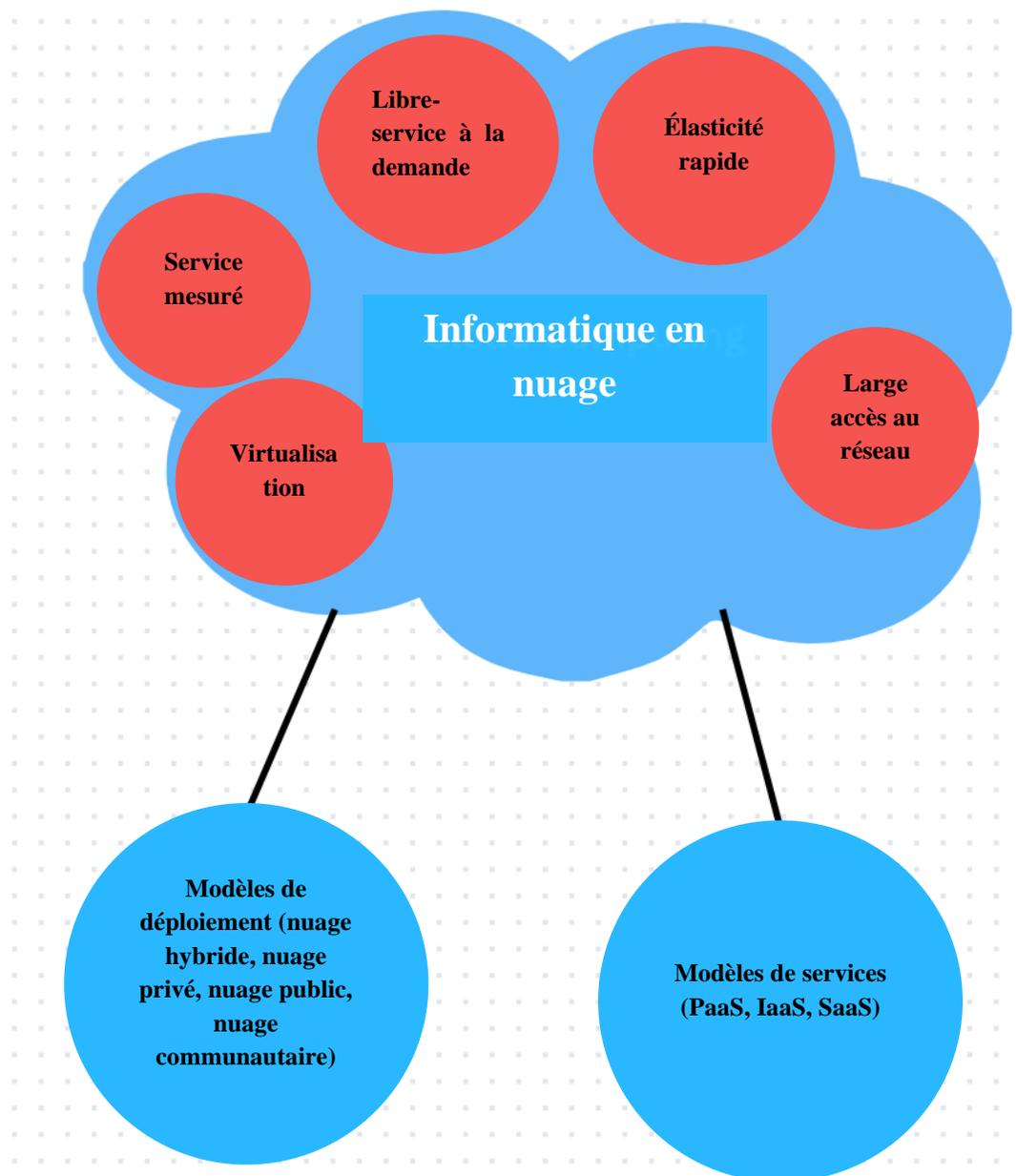


Illustration 1. Principaux éléments, modèles de déploiement et modèles de service de l'informatique en nuage

Aujourd'hui, l'informatique en nuage joue un rôle essentiel dans de nombreux secteurs liés à la sécurité internationale. Ceux-ci vont de la défense et des opérations militaires aux infrastructures critiques nationales, en passant par les opérations humanitaires. L'informatique en nuage présente de réelles possibilités et avantages, tels que le renforcement de la sécurité internationale grâce à une meilleure gestion des informations, une plus grande efficacité dans les opérations et une meilleure collaboration. Toutefois, elle pose aussi des problèmes et présente des risques. L'illustration 2 offre un aperçu des risques et des possibilités de l'informatique en nuage sur le plan de la sécurité internationale.

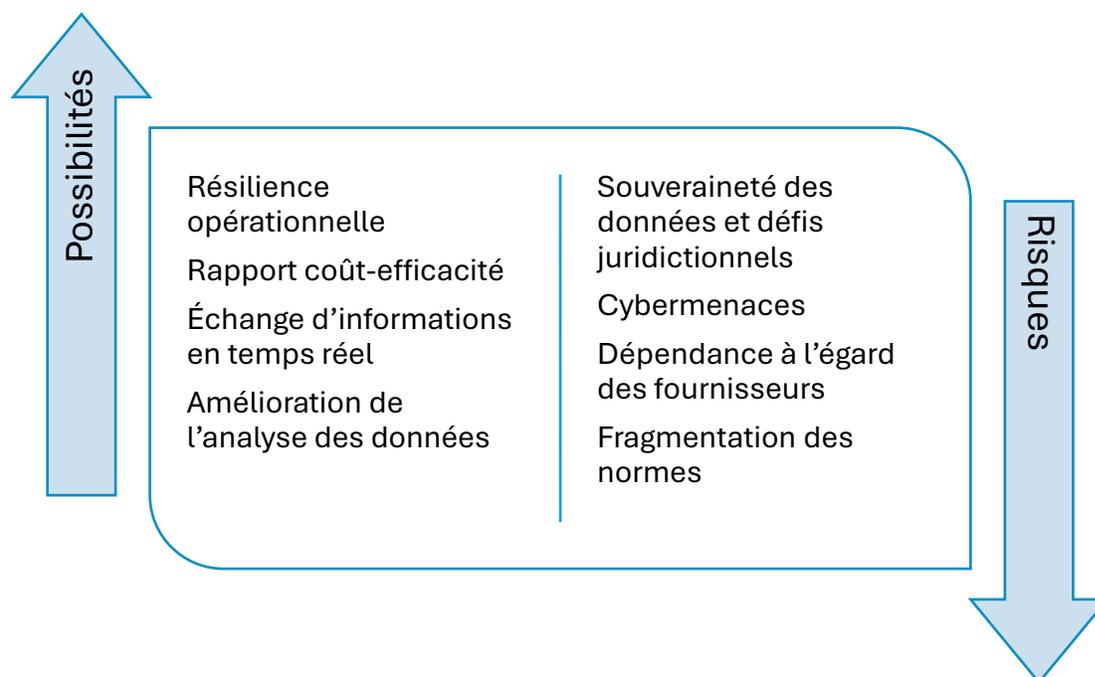


Illustration 2. Possibilités et risques de l'informatique en nuage sur le plan de la sécurité internationale

Voir le rapport pour une présentation complète des possibilités et risques de l'informatique en nuage et de leurs conséquences, ainsi qu'une liste des applications de l'informatique en nuage qui présentent un intérêt pour la sécurité internationale.

## 2. Défis de la gouvernance dans le cadre de la sécurité internationale

L'informatique en nuage est une technologie habilitante désormais incontournable. Elle constitue un des fondements de l'économie numérique mondiale et entraîne des répercussions sur la paix et la sécurité internationales. La bonne gouvernance de cette technologie est donc essentielle pour maximiser ses avantages tout en minimisant ses risques. Toutefois, une discussion globale et cohérente sur la question se fait attendre. En raison de défis majeurs, la gouvernance de l'informatique en nuage dans le monde est fragmentée, incohérente et très complexe. Ces défis découlent tant de la nature même de la technologie et du modèle commercial qui sous-tendent

l'informatique en nuage, que de facteurs liés aux réalités géopolitiques et à la situation internationale en matière de sécurité qui influent sur ce domaine.

**La complexité de l'informatique en nuage** rend sa réglementation particulièrement difficile. Les politiques, les lois, les meilleures pratiques et les normes adoptées pour encadrer la technologie dans divers domaines, secteurs et pays se chevauchent et s'entremêlent. Si la portée de l'informatique en nuage est mondiale, **elle présente néanmoins des niveaux très élevés de concentration géographique et de concentration de marché.** Sur le plan de la gouvernance, cela a pour effet de conférer à un petit groupe d'acteurs du secteur une influence majeure sur les discussions relatives à la réglementation, à la technologie et à la gouvernance.

En outre, comme les technologies n'existent pas en isolation, **les débats sur la gouvernance dans le domaine de l'informatique en nuage croisent ceux d'autres technologies** (par exemple, sur les câbles sous-marins, les puces électroniques et l'intelligence artificielle). Cela signifie non seulement qu'il est difficile de concevoir une action cohérente et ciblée autour de l'informatique en nuage, mais aussi que cette dernière constitue à la fois un ensemble de technologies à réglementer et une technologie dont la gouvernance peut être mise au service de la gouvernance – et des objectifs politiques– d'un autre ensemble de technologies. Cela est particulièrement vrai dans le cadre de la gouvernance de l'IA. Par ailleurs, les enjeux de l'informatique en nuage sont profondément liés au désir des États de réduire leur dépendance à l'égard des technologies étrangères et de limiter la circulation des données en hors de leur territoire. Les questions liées à la **souveraineté numérique** se trouvent donc au centre des discussions sur la gouvernance de l'informatique en nuage et ont profondément influencé la structure du secteur. Enfin, **l'utilisation croissante de l'informatique en nuage par les forces armées, et la mise à disposition de services d'informatique en nuage de service lors de conflit armées** soulèvent des questions légales et de gouvernance.

La gouvernance de l'informatique en nuage souligne les tensions intrinsèques à un environnement numérique mondial de plus en plus interconnecté, et les exigences apparemment contradictoires de sécurité nationale. Cette situation est d'autant plus exacerbée par l'importance croissante des technologies numériques et de la connectivité, ainsi que par la concurrence technologique mondiale qui en découle. Il serait souhaitable d'adopter une approche mondiale plus cohérente de la gouvernance de l'informatique en nuage et de coordonner les approches, les cadres et les outils de gouvernance. Une fragmentation accrue du paysage de la gouvernance pourrait entraîner des conséquences négatives sur la sécurité, la sûreté et la résilience de l'informatique en nuage, et réduire la capacité de la communauté internationale à tirer profit des avantages de cette technologie tout en atténuant les risques.

Le tableau 2 ci-après résume brièvement les différents défis et en présente les conséquences. Pour une analyse détaillée de chaque défi et de ses conséquences, veuillez consulter le rapport complet.

Tableau 2. Défis de la gouvernance de l'informatique en nuage et leurs implications

Défi pour la gouvernance	Description du défi	Implications pour la gouvernance de l'informatique en nuage
Complexité	Le « nuage » est un réseau complexe de technologies (matériel et logiciel), de services et d'acteurs opérant à l'échelle mondiale dans plusieurs secteurs. Il s'agit donc d'un système de systèmes de technologies complexe et opaque, qui rend difficile toute lecture des relations entre ces différents composants et l'identification précise des points de risque.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexité, incohérence, difficulté et fragmentation de la réglementation et de la gouvernance</li> <li>• Un environnement complexe pour les entreprises, et pour les décideurs qui doivent appliquer la réglementation et la gouvernance en matière d'informatique en nuage</li> <li>• Une multitude d'acteurs avec des mandats divers pour différents secteurs, technologies et juridictions</li> <li>• Procédures de mise en conformité lourdes pour les fournisseurs de services en nuage</li> <li>• Potentiel impact négatif sur la sécurité, la sûreté et la résilience de l'informatique en nuage</li> </ul>
Concentration géographique et du marché	Si elle est mondiale, en réseau et complexe par essence, l'informatique en nuage présente malgré tout des niveaux de concentration du marché extrêmement élevés. Les 10 plus grands fournisseurs de services en nuage sont regroupés dans seulement trois pays, et les trois premiers d'entre eux détiennent à eux seuls 65 % du marché mondial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentration de l'influence exercée sur la technologie et sa gouvernance dans un petit nombre d'entreprises privées</li> <li>• Asymétrie de savoir entre le secteur privé et les autorités de régulation.</li> <li>• Opacité quant au fonctionnement et aux pratiques de sécurité des fournisseurs de services en nuage</li> <li>• Accroît le rôle central de la souveraineté numérique dans les discussions sur la gouvernance</li> </ul>
Chevauchement avec d'autres cadres de gouvernance technologique	Le domaine de l'informatique en nuage rejoint une multitude d'autres discussions et initiatives en matière de gouvernance internationale, comme celles concernant les câbles sous-marins, l'IA, les microprocesseurs, les communications 5G et 6G, ou encore la	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chevauchement avec d'autres discussions et initiatives en matière de gouvernance</li> <li>• Influence des discussions, des initiatives et des actions connexes en matière de gouvernance sur l'informatique en nuage</li> </ul>

	<p>gouvernance plus générale de l'Internet et du cyberspace.</p> <p>L'intégration notable de l'informatique en nuage dans le débat plus large sur la gouvernance de l'IA est particulièrement notable. En effet, une discussion émergente sur la gouvernance de l'IA considère le cloud comme un outil parmi les instruments de régulation de l'IA. Ces propositions visent à encadrer certains aspects de l'IA – principalement l'accès à la puissance de calcul et aux microprocesseurs – via le cloud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importance accrue d'une fertilisation croisée entre les initiatives de gouvernance dans les différents domaines technologiques</li> </ul>
<p>Souveraineté numérique</p>	<p>La souveraineté numérique est au cœur des discussions sur la gouvernance de l'informatique en nuage. Cette situation résulte de la concentration géographique des principaux fournisseurs de services en nuage dans un petit nombre d'États, de la nature transfrontalière de l'informatique en nuage, du risque perçu d'influence étrangère et de l'importance des données pour l'économie et la sécurité nationale au XXI<sup>e</sup> siècle. Pour ces raisons, l'informatique en nuage se trouve au centre des préoccupations des états qui cherchent à diminuer leur dépendance envers les technologies étrangères et à limiter le flux de données en provenance de leur territoire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmentation réglementaire accrue</li> <li>• Enchevêtrement avec la concurrence géopolitique</li> <li>• Normes de confidentialité et de sécurité des données divergentes entre les états et régions</li> <li>• Charge de mise en conformité accrue pour les fournisseurs de services en nuage</li> <li>• Potentiel effet négatif sur d'autres objectifs de gouvernance</li> <li>• Influence considérable sur la structure du secteur de l'informatique en nuage</li> </ul>
<p>Utilisation croissante dans le domaine de la défense</p>	<p>L'utilisation croissante de l'informatique en nuage dans les domaines de la défense et de la sécurité nationale au sens large suscite non seulement des préoccupations sur le plan de la sécurité internationale, mais présente également des défis en matière de gouvernance.</p> <p>Tout d'abord, il y a des implications directes liées à l'utilisation de l'informatique en nuage par les forces armées pour renforcer leurs capacités</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligne de démarcation floue entre les technologies militaires et civiles</li> <li>• Importance et influence croissante des entreprises privées du secteur technologique dans les conflits et les affaires militaires. Dépendance croissante des états sur ces entreprises.</li> <li>• Conséquence sur le droit humanitaire international et effets en cascade sur les personnes et les infrastructures civiles</li> </ul>

	opérationnelles. De plus, des défis de gouvernance apparaissent concernant la prestation de services numériques par les fournisseurs de services en nuage pendant les conflits armés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforce le désir de souveraineté numérique, accroît les difficultés de coopération</li> </ul>
--	---	---

### 3. Répercussions sur la maîtrise des armements

Deux facteurs peuvent être isolés pour rendre compte des répercussions de l’informatique en nuage sur la maîtrise des armements. Premièrement, l’informatique en nuage est une méthode de stockage, d’échange et d’accès de plus en plus courante pour les capacités numériques immatérielles et à double usage. Ces capacités sont aussi développées grâce à l’accès à distance à de grandes quantités de puissance de calcul. Deuxièmement, une part importante de l’infrastructure numérique mondiale repose désormais sur le bon fonctionnement et l’intégrité des services d’informatique en nuage.

Dès lors, deux objectifs clés doivent être poursuivis sur le plan de la maîtrise des armements dans le contexte de l’informatique en nuage:

1. **Protéger l’informatique en nuage** : L’informatique en nuage et l’infrastructure sous-jacente constituent une couche critique pour la société et l’économie, permettant la connectivité et l’innovation numériques. Elle doit donc être protégée.
2. **Développer des “jumeaux numériques<sup>3</sup>” des concepts de maîtrise des armements pour l’informatique en nuage** : L’informatique en nuage peut servir à accéder à des capacités numériques et à les développer, ou encore à partager et à accéder à des informations numériques soumises aux dispositions d’accords sur la maîtrise des armements. Par conséquent, il est crucial que les mécanismes de maîtrise des armements permettent à la communauté internationale de régler efficacement une telle utilisation.

Le tableau 3 décrit les objectifs et les pistes à suivre.

Tableau 3. Répercussions de l’informatique en nuage sur la maîtrise des armements

<b>Protéger l’informatique en nuage</b>	<b>Développer des “jumeaux numériques” des mécanismes de maîtrise des armements</b>
---	---

<sup>3</sup> Dans le cadre de la présente note, le terme « jumeau numérique » ne désigne pas une réplique virtuelle d’un objet physique, mais plutôt des instruments et mécanismes de maîtrise des armements mieux adaptés au monde numérique.

<p><b>Le problème :</b> L'informatique en nuage est de plus en plus présente à tous les niveaux de l'économie mondiale et devient vitale pour le fonctionnement des secteurs critiques. Les pannes, qu'elles soient accidentelles ou provoquées par une intervention malveillante, pourraient entraîner des conséquences catastrophiques pour l'ensemble de la société.</p>	<p><b>Le problème :</b> Les réalités technologiques de l'informatique en nuage mettent à l'épreuve la logique des concepts traditionnels du contrôle des armements et leur capacité à être efficaces. Ces concepts (par exemple, les contrôles à l'exportation) se concentrent sur la territorialité et le contrôle des objets physiques et de leurs déplacements. En ce sens, ils peinent à traiter le flux dynamique et sans respect pour les frontières nationales des données que permet l'informatique en nuage, ainsi que le risque de prolifération des capacités perturbatrices de l'IA, rendues possibles par l'accès à distance de grandes quantités de puissance de calcul.</p>
<p><b>Une piste à suivre :</b> La maîtrise des armements ne se limite pas à la gestion des systèmes d'armes, mais concerne également les comportements et les normes. Il serait donc approprié d'engager une conversation à l'échelle mondiale pour définir un ensemble commun d'attentes, de normes et de comportements entre les États en ce qui concerne l'informatique en nuage et l'infrastructure qui y est associée.</p> <p>Dans le domaine de la cybernétique, cela devrait commencer par la mise en œuvre des engagements pris dans le cadre du comportement responsable des États dans l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. L'informatique en nuage n'étant pas seulement une question de cybersécurité, il conviendrait aussi de définir un ensemble d'attentes, de comportements et de normes concernant les attaques physiques contre les services et l'infrastructure s'y rapportant. L'utilisation des services d'informatique en nuage par les forces armées devrait également faire l'objet d'ententes communes similaires.</p>	<p><b>Une piste à suivre :</b> Le succès de la communauté internationale face aux défis que pose l'expansion de l'informatique en nuage sur le plan de la maîtrise des armements dépendra grandement de sa capacité à développer des "jumeaux numériques" pour différents concepts et mécanismes de maîtrise des armements mieux adaptés au dynamiques du monde numérique.</p> <p>En ce qui concerne les contrôles à l'exportation, par exemple, cela nécessite d'élaborer de nouvelles méthodes de contrôle mieux adaptés à l'environnement dématérialisé de l'informatique en nuage. Il faut pour cela comprendre quels concepts et quels outils peuvent être les plus efficaces pour gérer l'accès à distance à de grandes quantités de puissance de calcul.</p> <p>Il serait également judicieux d'explorer davantage comment d'autres concepts (tels qu'un système d'agrément) pourraient être utilisés à cette fin. Enfin, une plus grande harmonisation internationale dans ce domaine sera nécessaire.</p>

## 4. Conclusions

La communauté internationale devrait s'employer à réduire le morcellement de la gouvernance de l'informatique en nuage en harmonisant davantage les approches en matière de gouvernance. Il n'est peut-être pas possible ni souhaitable de mettre en place un cadre de gouvernance unique pour l'informatique en nuage. Toutefois, une plus grande coordination internationale et une meilleure interopérabilité entre les cadres de gouvernance contribueront à combler les lacunes et les incohérences entre ces derniers. Cela permettra de favoriser une approche globale plus cohérente et plus propice à garantir la sécurité, la sûreté et la résilience de l'informatique en nuage.

Il serait nécessaire de mieux comprendre les conséquences de l'informatique en nuage sur la maîtrise des armements pour éviter que ses caractéristiques uniques ne soient utilisées pour favoriser la prolifération de technologies à double usage déstabilisatrices. Une discussion multilatérale sur la protection de cette technologie serait à ce titre important, ainsi que le développement de "jumeaux numériques" de divers instruments de maîtrise des armements adaptés aux réalités de l'informatique en nuage. Ces travaux devraient être complétés par des recherches plus approfondies sur les outils existants et nouveaux (par exemple, un système d'agrément) qui pourraient être mis en place pour les besoins de la maîtrise des armements dans le contexte de l'informatique en nuage. À l'avenir, cet effort ne devrait pas se limiter à l'informatique en nuage, car les nouvelles technologies continueront de mettre à rude épreuve l'efficacité des instruments traditionnels de la maîtrise des armements.

Les États devraient approfondir le débat sur l'informatique en nuage dans le cadre des discussions multilatérales sur la sécurité internationale des technologies de l'information et de la communication. Pour ce faire, ils devraient analyser les défis uniques posés par cette technologie et évaluer dans quelle mesure le cadre actuel est capable de les résoudre. Ils devraient également étudier les possibilités uniques offertes par l'informatique en nuage pour les aider à respecter leurs engagements existants et pour renforcer la cyberrésilience au niveau national.

Une véritable approche multipartite est nécessaire pour discuter, concevoir et mettre en œuvre des réponses politiques appropriées aux défis de l'informatique en nuage. À ce titre, il est important et fortement recommandé qu'un groupe géographiquement représentatif d'acteurs du secteur privé actifs dans ce domaine participe aux discussions. Il en va de même pour les représentants du monde universitaire, de la société civile et de la communauté des experts techniques, y compris les chercheurs en sécurité et les personnes chargées de répondre aux incidents.