

Note n° **28** — Les outils de visioconférence : risques et opportunités — Décembre 2021

N° 4763 ASSEMBLÉE NATIONALE – N° 259 SÉNAT



© iStock_Drazen

Résumé

- En faisant basculer la vie économique et sociale sur les plateformes de visioconférence, la pandémie n'a fait qu'accélérer une tendance de fond, liée aux mutations du travail et aux possibilités de ces outils.
- La « Zoom fatigue » est un phénomène d'épuisement bien réel, qui s'explique notamment par la surcharge cognitive liée au traitement des signaux non verbaux. Elle dépend du contexte et de facteurs individuels.
- Si la technologie ne cesse de s'améliorer, avec pour horizon la réalité virtuelle augmentée, l'enjeu est aussi et surtout d'en faire un bon usage.
- Les outils les plus ergonomiques sont aussi ceux qui présentent le plus de risques en matière de sécurité, de confidentialité et de souveraineté. En l'absence de solution parfaite, il faut faire preuve de pragmatisme.

M. Ronan Le Gleut, sénateur

■ L'indispensable visioconférence

• Un basculement dans l'urgence

La pandémie de Covid-19 a fait exploser l'usage des outils de visioconférence, ou plus exactement de webconférence¹, soudain devenus indispensables pour travailler², pour étudier, pour rester en contact avec ses proches –, en somme pour assurer la continuité de la vie économique et sociale³. Bien des usages inconcevables hier se sont au cœur de la crise révélés « compatibles » : consultations médicales et procédures pénales, entretiens d'embauche et entretiens Pôle Emploi, concours de la fonction publique et séances de psychothérapie, *happy hours* et *speed dating*, mariages et enterrements, cours de sport et cours d'échecs, conseils des ministres et conseils municipaux.

Rien n'illustre mieux ce phénomène que le succès fulgurant de la **plateforme américaine Zoom**⁴, passée de 10 millions d'utilisateurs quotidiens en décembre 2019 à **300 millions en avril 2020** (*x30 en trois mois*), et dont le nom est très vite entré dans le langage courant⁵, avec son cortège de mots dérivés (de l'*apéro Zoom* au *Zoom bombing*⁶). La plateforme doit son succès à un mélange d'ergonomie, de simplicité, de fonctionnalités innovantes⁷ et d'une **qualité audio et vidéo jusque là-inégalée**, y compris avec un nombre élevé de participants⁸, mais aussi grâce à une stratégie marketing offensive (communication, prix, etc.).

Participants quotidiens aux réunions⁹ dans le monde en avril 2020



Les plateformes concurrentes ont depuis imité et parfois rattrapé Zoom. Schématiquement¹⁰, le paysage est dominé par les **géants du numérique**, via des applications dédiées (Microsoft Teams¹¹ et Skype¹², Google Meet¹³ ou encore Cisco

Webex¹⁴, l'acteur historique pour les entreprises), ou via les applications de messagerie instantanée, qui touchent un public très large (*Whatsapp*, *Messenger*, *WeChat*, etc.). Le marché compte également un grand nombre d'**acteurs indépendants** (*GoToMeeting*, *BigBlueButton*, les messageries *Signal* et *Telegram*, etc.), qui misent souvent sur la **sécurité** (*Tixeo*, *Jitsi*, *Livestorm*, *PrivateDiscuss*, etc.), plus rarement sur le seul divertissement (comme l'éphémère *Houseparty*¹⁵).

• Une tendance de fond : vers le travail hybride

Il apparaît aujourd'hui évident qu'il n'y aura pas de retour à la situation d'avant-crise : l'essor de la visioconférence est bien une tendance de fond, que la pandémie n'a pas créée mais seulement accélérée. En effet, la visioconférence présente des avantages multiples et importants, qui pour une large part se confondent avec ceux du **télétravail et du travail « hybride »** : moins de déplacements (quotidiens ou longue distance), donc moins de contraintes pour les salariés et moins de coûts pour les entreprises (loyers, etc.).

L'impact sur l'**environnement** est aussi très favorable¹⁶. Certes, l'impact de la visioconférence elle-même est négatif (on estime qu'une minute de visioconférence émet 1g de CO₂). Toutefois, dans son étude sur les effets rebond induits par le télétravail¹⁷, l'Ademe a montré que cet effet négatif était très léger (+2,6 kg eqCO₂ par an pour chaque jour de télétravail par semaine) au regard de l'effet principal lié à la baisse des trajets domicile-travail (-271 kg eqCO₂)¹⁸.

Enfin, et contrairement à une idée largement répandue au début de la crise, **ni la visioconférence, ni le télétravail, ne semblent diminuer la productivité, bien au contraire.**

Pour autant, la visioconférence est loin de ne présenter que des avantages. Si certains problèmes sont d'ordre purement technique ou conjoncturel¹⁹, d'autres constituent **des limitations plus structurelles**²⁰; aussi faut-il rappeler qu'en dépit des perspectives qu'ils ouvrent, **ces outils ne conviennent ni à tout le monde, ni à toutes les situations.**

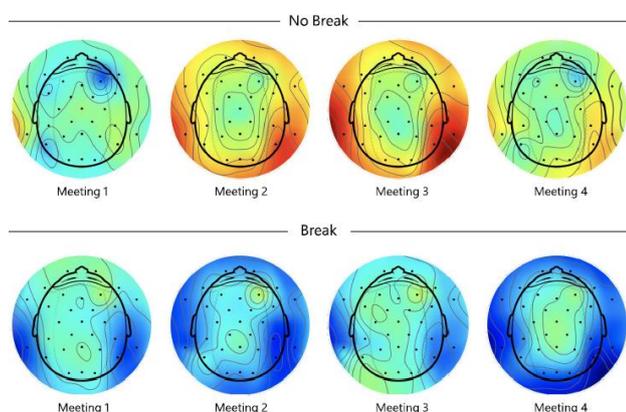
En particulier :

- **certaines interactions humaines sont irremplaçables** : les échanges informels autour de la machine à café²¹, la chaleur de la présence physique des proches, etc. ;
- **les conséquences psychologiques et neurologiques** restent mal connues, notamment en ce qui concerne les plus jeunes et le processus d'**apprentissage** ;
- la maîtrise des outils technologiques est un **obstacle à l'inclusion** de certaines personnes (illettrisme, etc.) ;
- enfin, les outils actuellement disponibles n'offrent pas de garanties suffisantes **en matière de sécurité, de respect de la vie privée et de souveraineté**.

■ Zoom fatigue et sciences cognitives

Il est rapidement apparu que l'enchaînement des réunions en visioconférence provoquait chez les participants un **fort épuisement cognitif**, phénomène rapidement connu sous le nom de « **Zoom fatigue**²² ».

De fait, lors d'une visioconférence, **l'activité cérébrale** des participants se caractérise par un niveau élevé d'**ondes bêta, associées au stress**²³ ; la fatigue augmente à partir de 30 à 40 minutes, et des changements spectaculaires dans les ondes cérébrales, typiques du stress ou du surmenage, surviennent au bout de deux heures. Au-delà de la visioconférence en tant que telle, c'est **l'enchaînement des réunions les unes à la suite des autres**, souvent sans temps de pause, qui est épuisant.



Activité bêta de 14 sujets mesurée au cours de 4 réunions successives, lorsque les participants enchaînent les réunions sans pause (en haut) et lorsqu'ils font des pauses (en bas). Le niveau de stress va du **bleu (faible)** au **rouge (élevé)**. Source : Microsoft Human Factors Lab²⁴

Dans de nombreuses organisations, **ce problème n'a pas été pris suffisamment au sérieux**, en particulier au début de la crise sanitaire. Il s'agit pourtant d'un **enjeu de santé publique**, tant par son caractère généralisé que par la gravité des conséquences potentielles, qui peuvent aller jusqu'au *burnout*.

En outre, si les études sur la visioconférence elle-même sont encore peu nombreuses²⁵, **les mécanismes susceptibles d'entrer en jeu sont quant à eux identifiés et étudiés depuis longtemps par les sciences cognitives**²⁶. Jeremy Bailenson, professeur de psychologie cognitive à Stanford²⁷, a ainsi proposé une typologie – reprise ci-dessous – qui sert de référence à plusieurs études empiriques en cours²⁸.

• La surcharge cognitive liée au traitement des signaux non verbaux

Au-delà de la parole, la communication passe par une multitude de **signaux non verbaux** (gestes, expressions faciales, regard, etc.) qui sont, dans leur immense majorité, déchiffrés de manière automatique et inconsciente par le cerveau²⁹. En visioconférence, la composante non verbale du langage n'est pas moins importante, mais **ces stimuli nous parviennent de façon déformée et dégradée** : flux vidéo « pixelisé » ou gelé, flux audio haché ou décalé, taille du groupe ou disposition de l'écran³⁰ ne correspondant par à une interaction « normale », etc.). **Le cerveau doit alors fournir un effort bien plus important pour les déchiffrer**, et s'épuise donc plus vite. Quelques millisecondes de décalage (on parle de « **dysynchronie** ») suffisent à gêner la compréhension par les adultes³¹, et peut-être l'apprentissage par les enfants³².

Il est également plus difficile d'*envoyer* les bons signaux non verbaux, ce qui explique pourquoi les participants à une visioconférence tendent à **exagérer leur langage corporel** (sourires, hochements de tête, pouces en l'air, regard forcé vers la caméra au lieu de l'écran, etc.), et pourquoi ils **parlent 15 % plus fort** que lors d'une réunion physique³³.

• Le contact visuel à distance rapprochée

Une visioconférence viole simultanément deux normes de la communication non verbale, qui tendent habituellement à se compenser³⁴. D'une part, la **distance interpersonnelle**³⁵ : tout ce qui se passe à moins de 45 cm relève en principe de la sphère « intime », celle des relations amoureuses ou familiales ; or, en mode plein écran, un échange en tête-à-tête **simule une proximité de 13 cm**, que le cerveau assimile à une situation de confrontation. Il se place alors en état d'alerte, prêt à combattre ou à fuir (*fight or flight*).

D'autre part, le **contact visuel (eye contact)** : dans un ascenseur, la violation forcée de l'espace intime d'autrui est compensée par un évitement visuel : on regarde le sol ou le mur, pendant quelques instants. La visioconférence, avec sa mosaïque de visages qui s'affichent sur l'écran, fait tout l'inverse : **tout se passe comme si tout le monde regardait tout le monde dans les yeux, pendant toute la durée de la réunion**, que l'on soit en train de parler ou non³⁶.

• L'anxiété du miroir (mirror anxiety)

Voir une image de soi-même en temps réel déclenche un **reflexe d'auto-évaluation**. Celui-ci se fait au détriment des autres tâches (concentration, réponse à une question, etc.), et est généralement **facteur de stress et d'affects négatifs** (moindre estime de soi, anxiété, etc.)³⁷. Or il n'est pas rare, en télétravail, de passer huit heures d'affilée face à une image de soi-même³⁸.

• L'entrave au mouvement

La nécessité de rester dans le champ de la caméra (*frustrum*) entrave une **mobilité physique dont les effets bénéfiques** sont, par ailleurs, bien documentés : marcher permet d'avoir des idées plus créatives que rester assis³⁹, les enfants apprennent mieux les mathématiques en faisant des gestes avec les mains⁴⁰, etc. Ceci relève autant d'une **contrainte technique** (rester près de l'écran et du clavier) que d'une **convention sociale** (rester visible pour ses interlocuteurs)... dont on se passe pourtant très bien au téléphone⁴¹.

• **Le contexte et les déterminants individuels**

En pratique, l'épuisement dépend de **nombreux facteurs**, liés au **contexte de la réunion** (enjeu stressant, problèmes techniques, utilisation de différents outils, **notifications**⁴² à l'écran, présence des enfants à la maison, etc.) ainsi qu'aux **caractéristiques des participants**.

En particulier, l'une des premières études empiriques sur le sujet⁴³ suggère que **les femmes souffriraient davantage de la Zoom fatigue** que les hommes⁴⁴, ce qui pourrait notamment s'expliquer par leur plus grande sensibilité à **l'anxiété du miroir**⁴⁵, ainsi que par la plus grande place donnée à la **communication non verbale**⁴⁶.

De même, on peut supposer que des facteurs liés à **l'âge**, à la **personnalité**, au **milieu socio-professionnel** ou encore à la **culture**⁴⁷ entrent en jeu. Toutefois, sur l'ensemble de ces sujets, **les connaissances restent très parcellaires et les études encore peu nombreuses**. Il convient donc de faire preuve de prudence, d'autant plus que certains facteurs peuvent jouer de façon paradoxale – ainsi, semble-t-il, de l'effet « reposant » de la visioconférence chez les personnes atteintes d'un **trouble du spectre autistique (TSA)**⁴⁸.

■ **Du bon usage de la technologie**

• **Réalité virtuelle ou collaboration augmentée ?**

La réponse à la *Zoom fatigue* est en partie **d'ordre technique** : il s'agit de **rapprocher la visioconférence du monde physique**, en minimisant les frottements induits par la médiation technologique. Au-delà de l'amélioration de la **qualité du flux audio/vidéo**, des fonctionnalités de plus en plus nombreuses y contribuent, telles que :

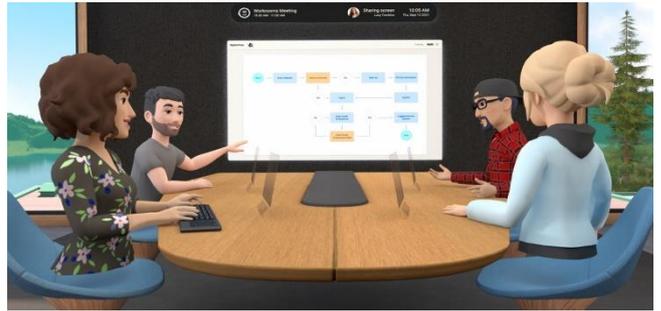
- les options d'**affichage dynamique** (de l'intervenant, du diaporama projeté, etc.), qui dispensent le cerveau d'effectuer cette tâche coûteuse en énergie ;
- la reconstitution d'une **salle de réunion virtuelle** : le mode *Together* de *Microsoft Teams*, par exemple, semble demander moins d'effort cognitif que le mode galerie⁴⁹ ;
- **l'audio spatial, la correction des yeux** pour simuler un regard en face, le suivi du regard de l'assistance, etc.



Le mode galerie et le mode « Together » de Microsoft Teams.

L'horizon est ici celui de la réalité virtuelle : alors que se dessine un futur où le **travail hybride** sera la norme⁵⁰, les plateformes développent des **technologies immersives** visant, pour ainsi dire, à « fusionner » les univers physique et virtuel⁵¹. Les lunettes de réalité virtuelle pourraient demain remplacer ordinateurs et smartphones, permettant de voir ses interlocuteurs dans la pièce sous forme d'**hologrammes** (*Webex Holograms* de Cisco⁵²), ou encore de retrouver ses collègue ou amis, sous forme d'**avatars virtuels**, dans un **univers virtuel persistant**, comme le promettent Facebook (avec *Horizon Workrooms*⁵³) et Microsoft (avec *Mesh*⁵⁴).

Il reste que, pour l'instant, les outils de visioconférence sont **encore très loin d'offrir une expérience comparable** à celle d'une réunion physique.



Une réunion virtuelle dans Horizon Workrooms de Facebook.

Cela dit, l'intérêt de la visioconférence n'est pas seulement d'imiter le réel, c'est aussi **d'offrir des fonctionnalités nouvelles, sans équivalent dans le monde physique** : l'horizon est alors plutôt celui de la **réalité augmentée**. Une innovation aussi simple que le *chat* parallèle, par exemple, permet de partager des liens ou de poser des questions sans interrompre la conversation, pour peu qu'on l'utilise à bon escient⁵⁵. On peut également citer les sondages en cours de réunion, la gestion des tours de parole et de la salle d'attente, le partage ou la modification de documents, la traduction simultanée (en sous-titre et demain en audio) ou encore, demain, l'interaction avec des *bots*. Ces nouvelles fonctionnalités ouvrent la voie à de nouvelles manières de collaborer, d'enseigner, d'apprendre et de créer du lien.

• **Les défis : management et doctrine d'emploi**

Fondamentalement, toutefois, **ce qui compte n'est pas la technologie elle-même mais l'usage qui en est fait**.

C'est en partie **une affaire individuelle** : pour atténuer la *Zoom fatigue*, des recommandations de bon sens ont très vite été formulées⁵⁶, comme **masquer sa propre image** pour éviter l'anxiété du miroir, réduire l'interface et/ou s'éloigner de l'écran pour simuler une distance « normale », bouger régulièrement, quitte à couper sa caméra un court moment, **désactiver les notifications**⁵⁷ et autres sources de distraction, et bien sûr **faire des pauses régulières**.

Toutefois, l'essentiel se joue au niveau des organisations, et relève donc de la **responsabilité des managers**⁵⁸ : fixer les **règles**⁵⁹, définir une **étiquette**⁶⁰, prévoir des **temps de pause**⁶¹ voire sanctuariser une journée entière par semaine, et **limiter la durée des réunions**⁶². À Sciences Po, pour citer un exemple dans l'enseignement supérieur, les cours en distanciel ont ainsi été ramenés à 1h30, contre 2h en présentiel.

Surtout, « organiser une visio » ne doit pas devenir un réflexe comparable à la « réunionnite » du monde physique, avec ses ordres du jour trop vagues, ses exposés trop ennuyeux et ses participants trop nombreux⁶³. Il faut au contraire **se demander, à chaque fois, s'il n'y aurait pas une meilleure manière de faire** : un appel téléphonique, une visioconférence restreinte⁶⁴, ou tout simplement le choix de la **collaboration asynchrone** (document partagé, groupe de discussion sur *Slack*, etc.), devenue grâce à la technologie incomparablement plus efficace que par le passé⁶⁵. Une doctrine d'emploi de la visioconférence permettrait aussi, en creux, de **revaloriser les réunions physiques**, irremplaçables pour créer du lien, favoriser la créativité, etc.

Or c'est bien souvent cette **doctrine d'emploi** qui a fait défaut pendant la crise sanitaire : pratique, disponible et peu onéreuse, **la visioconférence a d'abord été une solution de facilité** pour des organisations prises au dépourvu, qui se sont souvent contentées de **transposer « en distanciel » leur organisation physique habituelle**, sans véritablement mesurer les inconvénients ni profiter des avantages propres à cette technologie⁶⁶. Avec souvent pour conséquence une **augmentation des réunions pendant le confinement**⁶⁷.

■ Sécurité, confidentialité et souveraineté

Savoir quand recourir à la visioconférence ne suffit pas : encore faut-il, ensuite, choisir le bon outil pour le bon usage. **Or il se trouve que les plateformes les plus populaires, les plus complètes et les plus faciles à utiliser sont aussi celles qui présentent le plus de risques en matière de sécurité, de protection des données et de souveraineté.**

L'exemple de **Zoom** résume bien le problème⁶⁸. Aucune plateforme n'a accumulé autant de critiques en matière de sécurité : permissivité de l'accès aux réunions (d'où le *Zoom bombing*) et au partage d'écran⁶⁹, vulnérabilité des clients *MacOS* et *Windows*, partage non autorisé de données⁷⁰ avec *Facebook*, *Google* et *LinkedIn*, envoi de clés de chiffrement américaines en Chine⁷¹, et surtout **annonce trompeuse au sujet du chiffrement de bout-en-bout**⁷² – lui valant des poursuites et 85 millions de dollars de réparations à verser⁷³.

Le choix d'un outil de visioconférence est donc **souvent un dilemme entre accessibilité et sécurité**. Du point de vue des organisations, le choix d'une solution sécurisée mais peu ergonomique peut en effet **s'avérer contre-productif**, les utilisateurs basculant alors vers des outils grand public (phénomène de « *shadow IT* »).

De fait, parmi les **sept solutions recommandées par la DINUM** aux agents publics pendant la crise sanitaire⁷⁴, en complément de la solution *Webconférence de l'État*⁷⁵, on ne trouve **aucune des plateformes grand public**, celles-ci ne présentant « *pas de garanties de sécurité et de confidentialité suffisantes pour les usages professionnels au sein des services de l'État* ». La **CNIL** et l'**ANSSI** ont émis des mises en garde similaires – avec un effet modérément dissuasif.

Il convient donc de **faire preuve de pragmatisme, quitte à disposer d'une palette de plusieurs outils**⁷⁶, **offrant des garanties proportionnées aux usages attendus.**

• **Aspects techniques : le chiffrement des données**

Le principal enjeu est celui du **chiffrement de bout-en-bout** (*end-to-end encryption – E2EE*) : dans ce système, seuls l'expéditeur et le destinataire d'un message disposent des clés cryptographiques permettant de le déchiffrer⁷⁷, ce qui assure **la confidentialité et l'inviolabilité des échanges**. **Aucun tiers**, pas même la plateforme, ni aucune autorité étatique, ne peut en théorie y accéder⁷⁸.

Si tous les services de communication en ligne (messageries instantanées, *e-mail*, etc.) peuvent proposer le chiffrement de bout-en-bout, celui-ci est relativement **plus délicat à mettre en œuvre pour la visioconférence, car il interdit d'effectuer certaines opérations de compression**⁷⁹ **et d'optimisation du flux audio/vidéo sur le serveur**, reportant sur les participants cette charge coûteuse en bande passante et en puissance de calcul. Ainsi, au-delà d'un certain nombre de participants, il devient **impossible de maintenir une vidéo fluide et de bonne qualité** – un obstacle auquel se heurtent très vite, en particulier, les

solutions de **visioconférence dans le navigateur**⁸⁰. Enfin, pour de nombreuses fonctionnalités, un retraitement par le serveur est indispensable⁸¹.

C'est pourquoi **les services les plus populaires**, bâtis sur une architecture *cloud* et utilisables directement dans le navigateur, **ne proposent pas le chiffrement de bout-en-bout par défaut** – celui-ci, lorsqu'il existe, est proposé sous forme d'option, avec des fonctionnalités restreintes⁸².

La plateforme française Tixéo⁸³, seule solution certifiée⁸⁴ et qualifiée⁸⁵ par l'**ANSSI**, propose un vrai chiffrement de bout-en-bout par défaut, mais l'application est d'un maniement plus complexe⁸⁶. La forte consommation de bande passante nécessaire au chiffrement complet avec une solution comme *JITSI* (utilisée par la *Webconférence de l'État*) **limite rapidement le nombre de participants.**

Au-delà du chiffrement de bout-en-bout, qui n'est du reste **ni parfaitement crédible**⁸⁷ **ni vraiment nécessaire aux usages courants**, la sécurité de la visioconférence se joue à de multiples niveaux, à commencer par **la sécurisation du terminal** et la **protection de l'accès aux réunions**, qui tiennent au moins autant à l'humain qu'à la technique.

• **Aspects juridiques : données et territorialité**

Les fonctionnalités des outils de visioconférence reposent de plus en plus sur **l'exploitation des données personnelles** des participants. Elles ouvrent des perspectives qui vont bien au-delà de la recherche scientifique⁸⁸, s'agissant par exemple de l'analyse en temps réel du **temps de parole**, du ton et du vocabulaire, des gestes ou encore des **expressions faciales**. Le *Meeting Coach* de Microsoft utilise ainsi ces données pour construire un tableau de bord personnalisé⁸⁹. D'un point de vue sectoriel, **le champ des possibles est très vaste** : psychothérapie, marketing, recrutement, justice...

Toutefois, de tels usages s'accompagnent de risques pour le respect de la **vie privée**, comme l'a rappelé l'épisode de **l'attention tracker**⁹⁰ proposé par *Zoom* puis rapidement retiré – sans même parler d'usages plus intrusifs encore⁹¹. C'est pourquoi les traitements de données personnelles sont **strictement encadrés**, non seulement pour les utilisateurs – en France, par exemple, **la CNIL interdit de surveiller les salariés par un outil de visioconférence**⁹² – mais aussi, en principe, au niveau des plateformes.

Par ailleurs, entreprises et administrations échangent des informations sensibles, qu'il convient de **protéger contre l'espionnage**, notamment commercial et industriel⁹³.

Assurer l'application du droit national et européen, en particulier du RGPD⁹⁴, permet de nous prémunir contre les risques d'application de **lois extraterritoriales** contraires à nos valeurs ou intérêts. **Or il se trouve que les principales plateformes sont toutes américaines**⁹⁵. Dans ce contexte, leurs promesses (localisation des serveurs en Europe, reprise des standards du RGPD, etc.) n'ont qu'une valeur relative.

• **Aspects économiques : le risque de dépendance**

Pour appréciable qu'elle soit, **la gratuité ou quasi-gratuité** de certains services est un moyen de rendre les utilisateurs captifs d'un écosystème plus large (*Microsoft 365*, *Google Workspace*, etc.), ou à tout le moins de les fidéliser à la faveur d'une période de crise⁹⁶. En position d'*outsider*, *Zoom* a opté pour la stratégie la plus agressive⁹⁷.

L'avantage initial est donc susceptible de se transformer en dépendance financière et technologique durable, sur un marché de surcroît oligopolistique.

■ Liste des personnes entendues

ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)

- M. Yann Tréméac, chef adjoint du service transports et mobilité

ANSSI (Agence nationale de sécurité des systèmes d'information)

- M. Guillaume Poupard, directeur général

Cog'X

- Mme Marie Lacroix, cofondatrice, docteure en neurosciences

DINUM (Direction interministérielle du numérique)

- M. Nadi Bou Hanna, directeur

Université de Göteborg (Suède)

- Mme Géraldine Fauville, Assistant Professor, Faculty of Education (Department of Education, Communication and Learning)

Jitsi (groupe 8x8)

- M. Emil Ivov, fondateur de Jitsi, Vice President Product for Video Platform and Services

Microsoft Research Cambridge

- M. Sean Rintel, Principal Researcher in human-computer interactions
- Mme Abigail Sellen, Partner Deputy Lab Director
- M. Advait Sarkar, Senior Researcher

Rising'Up

- Mme Nawal Abboub, cofondatrice, docteure en neurosciences

Sciences Po Paris

- M. Jean-Pierre Berthet, directeur délégué au numérique

Tixeo

- M. Renaud Ghia, président
- M. Sébastien Jeanjean, vice-président
- M. Olivier Azan, responsable marketing & communication

Zoom

- M. Loïc Rousseau, directeur des opérations stratégies pour l'Europe

Sites Internet de l'OPECST

<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opepst-index.asp>

<http://www.senat.fr/opepst/>

Références

¹ La présente note porte principalement sur les outils de **webconférence** (Zoom, Teams, Skype, Google Meet, etc.), désignés dans l'usage courant sous le vocable plus général de « visioconférence », quelle que soit la technologie sous-jacente. Dans un sens étroit, toutefois, la **visioconférence**, ou vidéoconférence, désigne les technologies de communication **héritées du monde de la téléphonie**, d'abord analogique puis numérique (protocoles H.323 puis SIP). Ces solutions, répandues depuis longtemps au sein des entreprises, demandent un équipement dédié (salles, caméras, micros) et ont souvent l'avantage d'être interopérables. Aujourd'hui, ce dit, la visioconférence tend à être **supplannée partout par la webconférence**, qui utilise la **communication par Internet** (protocoles HTTPS, H.264, WebRTC, etc.) et l'informatique personnelle (PC, smartphone, etc.). Au cours des années 2010, la puissance des terminaux et surtout la montée en débit des réseaux fixes (ADSL, très haut débit) et mobiles (3G, 4G, bientôt 5G) ont permis **au grand public de bénéficier de ces technologies**. Celles-ci sont développées et proposées par les géants d'Internet, et non plus par les acteurs traditionnels (opérateurs télécom et FAI).

Par ailleurs, dans l'usage courant, le terme de visioconférence s'emploie **quel que soit le nombre de participants**, y compris s'ils ne sont que deux (« visiofonie »). Par exception – et paradoxalement –, les **conférences en ligne** (un ou plusieurs intervenants d'une part, et un public pouvant réagir d'autre part) sont parfois désignées par des termes spécifiques, tels que « webinaire » ou « classe virtuelle », selon le contexte et le niveau d'interactivité. Lorsque qu'il s'agit de la simple diffusion en temps réel d'un flux vidéo, on parle de « **streaming** », ce dernier excédant le périmètre de la présente note.

² **En mars 2020, pendant le confinement, environ un quart des salariés français (5 millions de personnes) étaient en télétravail complet.** Depuis, le télétravail s'est consolidé, organisé et installé dans le paysage, alors qu'il ne concernait que 7 % des actifs avant la crise. Aux États-Unis, la pandémie a conduit 34 % des Américains à travailler depuis chez eux, et l'on estime que 37 % des métiers peuvent être effectués à distance.

Le sujet du télétravail en général excède toutefois le périmètre de la présente note. Pour une vision plus approfondie des enjeux qu'il soulève, voir notamment le rapport d'information « 8 questions sur l'avenir du télétravail, vers une révolution du travail à distance ? », rapport n° 89 (2021-2022) de Céline Boulay-Espéronnier, Cécile Cukierman et Stéphane Sautarel, fait au nom de la délégation sénatoriale à la prospective : <http://www.senat.fr/notice-rapport/2021/r21-089-notice.html>

Voir également le rapport « *The New Future of Work* » (janvier 2021), qui synthétise les résultats des équipes de recherche de Microsoft au sujet de l'impact de la pandémie sur les pratiques du travail dans toutes ses dimensions (soit plus de 50 projets de recherche impliquant de nombreuses disciplines, de nombreux chercheurs et de nombreuses méthodes). Une partie du rapport est spécifiquement consacrée à la visioconférence. Le rapport est accessible sur le portail du projet : <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/the-new-future-of-work/>

Enfin, pour une approche par les neurosciences, voir par exemple le livre blanc « *État des ressources cognitives et sociales des salariées : Comment réguler les modes de (télé)travail ?* », publié par la société de conseil en sciences cognitives Cog'X : <https://cogx.fr/publications-sciences-cognitives/> et <https://www.usinenouvelle.com/blogs/le-blog-des-experts-des-neurosciences/confinement-et-teletravail-prolonge-comment-prevenir-les-risques-pour-les-salarie-e-s.N951101>

³ Peut-être même peut-on aller jusqu'à supposer que **nos sociétés n'auraient pas accepté des restrictions aussi longues et aussi fortes si les outils de visioconférence n'avaient pas été disponibles et technologiquement matures**, car sans eux, le télétravail ou encore l'école à la maison auraient été presque impossibles. À quelques années près, les choses auraient ainsi été fondamentalement différentes.

⁴ Fondée en 2011 par Eric Yuan, un ancien employé de Webex, Zoom n'est pas une société récente (selon les critères du secteur des nouvelles technologies). Elle a été introduite en bourse en 2019. Source des chiffres sur l'usage de Zoom : <https://blog.zoom.us/a-message-to-our-users/> (avril 2020) ; <https://blog.zoom.us/reflecting-looking-ahead/> (mars 2021).

⁵ Par antonomase, pour désigner de façon générique toute réunion en visioconférence. Quelques rares marques ont déjà ce privilège dans le secteur des nouvelles technologies : « googler », « un PowerPoint », « un Excel », etc.

⁶ Entre autres exemples :

- *Zoombie* : un « Zoom zombie » qui enchaîne les visioconférences ;
- *Zoom Doom* : la malédiction du Zoombie ;
- *Zoomopticon* : par référence au panoptique, dispositif carcéral de surveillance des individus imaginés par Jeremy Bentham en 1780 et repris par Michel Foucault dans *Surveiller et punir* en 1975 ;
- Et bien sûr le *Zoom bashing*.

⁷ Par exemple la possibilité de définir un arrière-plan personnalisé, imitée depuis.

⁸ Jusqu'à 1000 participants, et 49 à l'écran en même temps en haute définition. Le mode webinaire permet d'accueillir jusqu'à 10 000 participants.

⁹ **Les comparaisons sont impossibles à l'exception du mois d'avril 2020**, où ces trois plateformes ont communiqué sur le même indicateur, les *daily meeting participants*, soit la somme du nombre de participants quotidiens à une réunion, étant précisé qu'un utilisateur peut participer à plusieurs réunions. Pour avril 2020, par exemple, *Microsoft Teams* déclarait 200 millions de participants quotidiens aux réunions mais 75 millions d'utilisateurs actifs quotidiens (*daily active users*). Un autre indicateur utilisé est celui du total des minutes de réunion (par exemple 2,6 trillions en avril 2020 pour Zoom).

Par ailleurs, dans une étude *YouGov* menée dans 17 pays en juillet 2021, **près d'un travailleur sur deux (46 %) déclare utiliser régulièrement Zoom**, devant *Microsoft Teams* (29 %), *Skype* (25 %) *Google Chat* (14 %), *Cisco Webex* (7 %), *GoToMeeting* (7 %), *Slack* (5 %) et les autres (18 %). Source : <https://fr.yougov.com/news/2021/07/20/popularite-zoom-services-visioconference/>

¹⁰ Pour un aperçu du marché et de son évolution récente, ainsi que des différentes fonctionnalités, voir par exemple :

- <https://www.zdnet.fr/blogs/green-si/videoconference-qui-sortira-gagnant-de-la-crise-39902763.htm>
- <https://www.zdnet.fr/guide-achat/les-meilleures-plateformes-de-videoconference-et-de-reunion-virtuelle-39926411.htm>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_syst%C3%A8mes_de_visioconf%C3%A9rence
- <https://damsoncloud.com/google-meet-vs-zoom-which-one-is-best/>
- <https://sal.medium.com/microsoft-teams-vs-google-meet-vs-zoom-6ef354e16f37>

¹¹ **Microsoft Teams** n'est pas seulement une application de visioconférence, mais plutôt un outil collaboratif complet comparable à *Slack*, et dont le grand avantage – notamment pour les professionnels – est son intégration à la suite *Microsoft 365/Office 365*.

¹² Développé notamment en Estonie et lancé en 2003, **Skype** est l'un des pionniers de la visioconférence utilisant le protocole VoIP (Voice over Internet Protocol). Rachetée par Microsoft en 2011, l'application a d'abord été réorientée vers les entreprises, avant d'être à nouveau poussée auprès du grand public (*Teams* remplaçant *Skype* pour les professionnels). *Skype* est sans doute l'application qui a le plus souffert de la concurrence de *Zoom*.

¹³ **Google Meet**, anciennement *Hangouts*, fonctionne dans le navigateur et s'intègre à la suite collaborative de Google.

¹⁴ Fondé en 1995 et racheté par Cisco en 2007, **Webex** s'adresse principalement aux entreprises, avec une offre de visioconférence « en salle ». Son offre a été profondément refondue l'année dernière, et fait désormais une large place à la webconférence, comme ses principaux concurrents. Symétriquement, ceux-ci proposent désormais une offre de visioconférence en salle, avec un matériel spécifique (*Zoom Rooms*, *Team Rooms* etc.).

¹⁵ Créée en 2016 et rachetée en 2019 par Epic Games (l'éditeur du jeu *Fortnite*), **Houseparty** connaît un grand succès pendant le premier confinement (50 millions de téléchargement en mars 2020), grâce à une interface ouverte et conviviale qui se prête à une multitude de jeux, quizzes et autres apéros virtuels. Le déconfinement et des craintes quant à la sécurité des données ont toutefois raison de son succès, et l'application est fermée en octobre 2021.

¹⁶ À titre d'exemple, le Président de la République a participé à quelque **770 visioconférences** entre janvier et septembre 2021, permettant d'économiser des frais de déplacement parfois importants : **900 000 euros pour l'Assemblée générale des Nations Unies**, 60 000 pour chaque conseil européen, etc. Source : rapport spécial de Christophe Naegelen, fait au nom de la commission des finances de l'Assemblée nationale, sur la mission « Pouvoirs publics » du projet de loi de finances pour 2022, rapport n° 4524, tome III, annexe 31 : https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/dossiers/alt/plf_2022

¹⁷ Ademe, Étude sur la caractérisation des effets rebond induits par le télétravail, septembre 2020 : <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/3776-caracterisation-des-effets-rebond-induits-par-le-teletravail.html>
Cette étude a été réalisée à partir d'une enquête terrain (auprès de 26 organisations françaises comptant 350 000 salariés et 3 focus groups rassemblant 25 télétravailleurs). Elle vise à caractériser les « effets rebond » du télétravail, c'est-à-dire les effets qui peuvent conduire à minorer le bénéfice environnemental résultant de la diminution des trajets domicile-travail.

¹⁸ Plus précisément, l'Ademe estime que **l'effet de la réduction des trajets pendulaires domicile-travail**, soit -271 kg équivalent de CO₂ par an et par jour de télétravail hebdomadaire (base 100) (soit 1,355 tonne dans l'hypothèse de cinq jours en télétravail) est **minoré de façon significative – à hauteur de 31 % – par les effets rebond** (soit +84 kg eqCO₂ par an et par jour de télétravail hebdomadaire).

Toutefois, l'augmentation du flux vidéo (essentiellement la visioconférence) ne représente qu'une faible part de ces effets rebond : +2,6 kg eqCO₂ par an et par jour de télétravail hebdomadaire (**-0,96 point de base** par rapport à l'effet modal principal). Les principaux effets rebond directs sont liés au maintien de certaines étapes auparavant intégrées dans les trajets domicile-bureau (déposer les enfants à l'école, faire les courses, etc.) et à l'émergence de nouvelles mobilités (-24,9 points de base) ainsi qu'à la hausse des consommations énergétiques au domicile (chauffage, éclairage, PC etc.) (-7,6 points de base). Enfin, le *flex office* (réduction des surfaces immobilières grâce à la dépersonnalisation des espaces de travail) compense très largement ces effets négatifs en permettant d'améliorer l'effet modal principal de 52 %.

¹⁹ Face à la pandémie, beaucoup d'organisations et d'individus ont dû improviser et s'adapter dans l'urgence, sans toujours disposer des équipements, des compétences, des méthodes et des procédures nécessaires.

²⁰ Du moins dans les conditions techniques, économiques et sociales actuelles et prévisibles à moyen terme. À plus long terme, les progrès de la réalité virtuelle et de l'intelligence artificielle, ou encore une crise majeure et durable (pandémie, etc.), pourraient évidemment changer la donne.

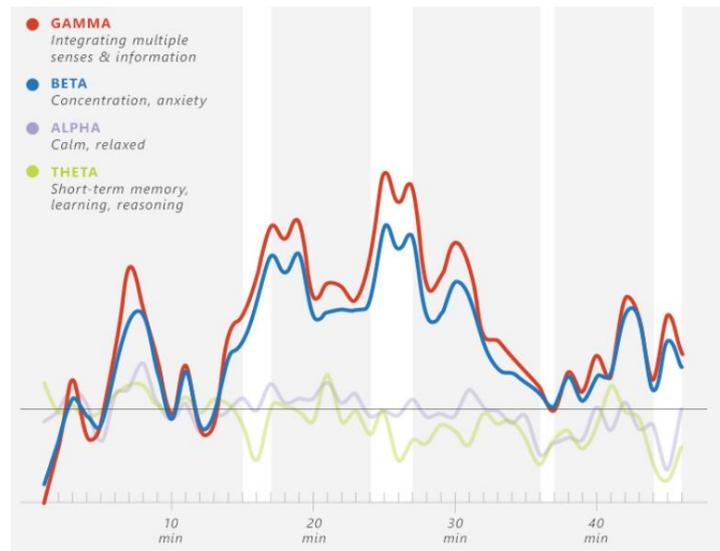
²¹ Certaines entreprises ont essayé de répliquer en ligne ces moments informels (*virtual happy hours*, créneaux libres dédiés, etc.), mais le manque de spontanéité des échanges a souvent eu raison de ces tentatives au bout de quelques semaines.

²² Le phénomène concerne naturellement l'ensemble des plateformes de visioconférence. Parmi les premiers articles ayant contribué à populariser le terme de *Zoom fatigue*, on peut citer l'article du 22 avril 2020 paru sur le site de la BBC (<https://www.bbc.com/worklife/article/20200421-why-zoom-video-chats-are-so-exhausting>) ou encore celui du 29 avril 2020 dans le *New York Times* (<https://www.nytimes.com/2020/04/29/sunday-review/zoom-video-conference.html>).

²³ Microsoft Human Factors Lab, étude réalisée auprès de 12 employés volontaires en avril-mai 2020, consistant à mesurer le rythme cardiaque et l'électroencéphalogramme (EEG) des participants à une série de réunions en visioconférence.

Étude interne citée dans le rapport *The Future of Work* (paragraphe 1.3.1) et dans « *The future of work—the good, the challenging & the unknown* », article de Jared Sparato, Corporate Vice President for Microsoft 365 :

<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2020/07/08/future-work-good-challenging-unknown/>



²⁴ Microsoft Human Factors Lab, *Research Proves Your Brain Needs Breaks*, 20 avril 2021 : <https://www.microsoft.com/en-us/worklab/work-trend-index/brain-research>. Étude conduite en mars 2021 auprès de 14 volontaires exerçant dans le secteur des nouvelles technologies, employés ou non de Microsoft. Divisés en deux groupes, les sujets devaient participer à une série de quatre réunions en visioconférence (30 minutes chacune), en portant un appareil permettant d'enregistrer leur électroencéphalogramme (EEG). Les participants du premier groupe devaient enchaîner les réunions sans aucune pause (soit 2 heures d'affilée), tandis que ceux du deuxième groupe prenaient 10 minutes de pause entre chaque réunion pour faire des exercices de méditation. L'expérience a ensuite été répétée en inversant les groupes.

²⁵ **Quelques études ont étudié l'impact de la visioconférence dans des contextes spécifiques, par exemple :**

- **en matière de psychanalyse** : Sheryl Brahm (2017) *Comparison of In-Person and Screen-Based Analysis Using Communication Models: A First Step Toward the Psychoanalysis of Telecommunications and Its Noise*, *Psychoanalytic Perspectives*, 14:2, 138-158 : <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1551806X.2017.1304112>
- **en matière d'interprétariat à distance**, pour expliquer l'épuisement ressenti par les traducteurs des Nations Unies et de la Commission européenne : Mouzourakis, Panayotis. (2006). *Remote interpreting: A technical perspective on recent experiments*. *Interpreting*. 8. 45-66 : <https://www.jbe-platform.com/content/journals/10.1075/intp.8.1.04mou>

²⁶ Les sciences cognitives ont pour objet d'étude la pensée (humaine, animale ou encore artificielle). On considère généralement qu'elles regroupent six grandes disciplines : les neurosciences, l'intelligence artificielle, la psychologie, la philosophie, la linguistique et l'anthropologie.

²⁷ J.N. Bailenson, « Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of zoom fatigue », *Technology Mind and Behavior*, 2 (1) (2021) : <https://tmb.apaopen.org/pub/nonverbal-overload/release/2//>. Voir également la tribune publiée le 3 avril 2020 dans le *Wall Street Journal* : <https://www.wsj.com/articles/why-zoom-meetings-can-exhaust-us-11585953336>. Jeremy Bailenson est professeur de psychologie cognitive. Il est le fondateur et le directeur du **Virtual Human Interaction Lab (VHIL)** de l'Université de Stanford. Il s'intéresse en particulier à la manière dont les expériences virtuelles, notamment la réalité virtuelle, changent la perception de soi et d'autrui.

²⁸ Dans la continuité de l'article « théorique » de Jeremy Bailenson sur les causes possibles du phénomène, les chercheurs du *Virtual Human Interaction Lab (VHIL)* ont construit **un outil empirique, la Zoom Fatigue & Exhaustion Scale (ou ZEF Scale)**, destiné à tester la validité des hypothèses. Il s'agit d'un questionnaire de 49 items permettant d'appréhender, à l'issue d'une visioconférence, cinq dimensions de la fatigue : générale, sociale, émotionnelle, visuelle et motivationnelle. La ZEF Scale sert de base à plusieurs études empiriques publiées (cf. *infra*) ou en cours, et est également utilisée par des entreprises, des administrations ou des universités.

Lien direct vers la ZEF Scale : https://stanforduniversity.qualtrics.com/jfe/form/SV_3f9xepi9ryP7WK2

Source : G. Fauville, M. Luo, A.C.M. Queiroz, J.N. Bailenson, J. Hancock, « Zoom Exhaustion & Fatigue Scale », *Computers in Human Behavior Reports*, Volume 4, 2021 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451958821000671>.

²⁹ Kendon, A. (1970). *Movement coordination in social interaction: Some examples described*. *Acta Psychologica*, 32, 101–125. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(70\)90094-6](https://doi.org/10.1016/0001-6918(70)90094-6)

³⁰ Le mode galerie, en particulier, force le cerveau à effectuer des allers-retours permanents pour identifier la personne qui parle. En effet, **le cerveau traite les informations en parallèle, et non en série**.

³¹ **Les adultes s'appuient sur la nature audiovisuelle du langage** pour compenser les incertitudes dans la réception de la parole (environnement bruyant, conversation à voix multiples, etc.), en réalisant de façon inconsciente des **corrélations temporelles avec des indices visuels** (gestes, mouvements des lèvres, etc.). Un décalage de quelques millisecondes suffit à créer une ambiguïté et des difficultés à « réconcilier » les différents signaux.

Source : Lalonde, K., & Werner, L. A. (2021). Development of the Mechanisms Underlying Audiovisual Speech Perception Benefit. *Brain sciences*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7824772/>

Par ailleurs, et paradoxalement, **la charge cognitive est souvent moindre lors d'une conversation téléphonique**, alors même qu'aucun signal visuel n'est disponible, **car celles-ci sont plus synchrones que les visioconférences**. Voir à ce sujet : M. Tomprou, Y. J. Kim, P. Chikersal, A. W. Woolley, L. A. Dabbish, Speaking out of turn: How video conferencing reduces vocal synchrony and collective intelligence. *Plos One*. 16, e0247655 (2021).

³² **Il semble que la capacité à établir des corrélations temporelles entre signaux audio et signaux visuels ne soit pas complètement développée avant l'âge de 4 ans**, ce qui pose la question de l'impact de la visioconférence sur l'apprentissage des jeunes enfants.

Source : Lalonde, K., & Werner, L. A. (2021). Development of the Mechanisms Underlying Audiovisual Speech Perception Benefit. *Brain sciences*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7824772/>

On peut également évoquer à ce propos le débat sur les masques transparents à l'école, permettant de lire sur les lèvres.

³³ Croes, E. A. J., Antheunis, M. L., Schouten, A. P., & Kraemer, E. J. (2019). Social attraction in video-mediated communication: The role of nonverbal affiliative behavior. *Journal of Social and Personal Relationships*, 36(4), 1210–1232. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0265407518757382>

³⁴ Sur l'arbitrage entre le contact visuel et la distance interpersonnelle, voir notamment Argyle, M., & Dean, J. (1965). Eye-contact, distance and affiliation. *Sociometry*, 28(3), 289–304. <https://doi.org/10.2307/2786027>.

Pour une application spécifique aux outils vidéo, voir Bailenson, J. N., Blascovich, J., Beall, A. C., & Loomis, J. M. (2001). Equilibrium Theory revisited: Mutual gaze and personal space in virtual environments. *Presence*, 10(6), 583–598. <https://doi.org/10.1162/105474601753272844>

³⁵ **L'étude des distances sociales, ou proxémie**, a été inaugurée par les travaux de l'anthropologue américain Edward T. Hall en 1963 dans *La Dimension cachée*.

Il identifie ainsi **quatre sphères concentriques** autour de l'individu. Les limites diffèrent notablement en fonction des cultures.

- **distance intime** (entre 15 et 45 cm) : contact intime avec ses proches (partenaire, enfants). Elle s'accompagne d'une grande implication physique et d'un échange sensoriel élevé ;
- **distance personnelle** (entre 45 et 135 cm) : conversations particulières ;
- **distance sociale** (entre 1,20 et 3,70 m) : interaction avec des amis et des collègues de travail ;
- **distance publique** (supérieure à 3,70 m) : lorsqu'on parle à des groupes.

45 cm	1 m20	3m60	7m60
--------------	--------------	-------------	-------------

³⁶ Sur l'effet anxiogène du regard des autres lors d'une prise de parole, voir notamment M. Takac, J. Collett, K. J. Blom, R. Conduit, I. Rehm, A. D. Foe, Public speaking anxiety decreases within repeated virtual reality training sessions. *PLOS ONE*. 14, e0216288 (2019).

³⁷ La question des effets psychologiques du miroir a donné lieu à de nombreuses études, menées avec de « vrais » miroirs comme avec des images vidéos, dont les résultats convergent : l'exposition à une image de soi en temps réel tend à **accroître l'attention portée sur soi (self-focused attention)**, qui à son tour entraîne des affects négatifs tels que l'anxiété ou la dépression. Pour une méta-analyse sur le sujet, voir M. C. Fejfar, R.H. Hoyle, Effect of private self-awareness on negative affect and self-referent attribution: A quantitative review. *Pers. Soc. Psychol. Rev.* 4, 132–142 (2000).

Pour une application spécifique aux réseaux sociaux, voir par exemple A. Gonzales, J. Hancock, Mirror, mirror on my facebook wall: Effects of exposure to facebook on self-esteem. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 14, 79–83 (2011)

³⁸ En médaillon voire en plein écran. Il est bien sûr possible de désactiver ou de réduire cette image, mais l'une des caractéristiques de cette auto-évaluation est d'être « addictive » : il est difficile de résister à la tentation de se comparer. En tout état de cause, le temps passé en visioconférence chaque jour excède de loin la durée de la plupart des protocoles expérimentaux (rarement plus d'une heure).

³⁹ Oppezzo, M., & Schwartz, D. L. (2014). Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(4), 1142–1152. <https://doi.org/10.1037/a0036577>

⁴⁰ Pine Karen J, Knott Tracy, Fletcher Ben C, « Quand faire des gestes permet de mieux apprendre », *Enfance*, 2010/3 (N° 3), p. 355-368. URL : <https://www.cairn.info/revue-enfance2-2010-3-page-355.htm>
Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106(2), 1047–1058. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.04.010>

⁴¹ Les échanges téléphoniques sont depuis longtemps l'un des principaux modes de communication dans la sphère professionnelle, mais aussi dans la sphère intime. Or, lors d'une conversation téléphonique, il est tout à fait possible (et donc acceptable) de faire autre chose en même temps, **tout en donnant l'illusion à son interlocuteur de lui consacrer une attention exclusive**. En visioconférence, par contre, cela serait interprété comme un manque de respect et de politesse.

⁴² La première étude menée à grande échelle sur le sujet, à partir des données d'utilisation des logiciels de Microsoft (*Teams*, *Outlook*, *OneDrive* et *Sharepoint*) par les employés de la compagnie ainsi que par un questionnaire rempli quotidiennement par 715 personnes entre février et mai 2020, montre que **le multitasking est un comportement fréquent : dans 30 % des réunions, les participants lisent et répondent en même temps à leurs emails**. Ce comportement est nettement corrélé à des facteurs tels que **l'horaire de la réunion, sa durée et le nombre de participants**.

Source : Hancheng Cao, Chia-Jung Lee, Shamsi Iqbal, Mary Czerwinski, Priscilla N Y Wong, Sean Rintel, Brent Hecht, Jaime Teevan, and Longqi Yang. 2021. Large Scale Analysis of Multitasking Behavior During Remote Meetings. Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 448, 1–13. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/large-scale-analysis-of-multitasking-behavior-during-remote-meetings/>

Selon les personnes et le contexte, le *multitasking* peut avoir des effets positifs. Toutefois, il a généralement un **effet négatif sur la concentration, la productivité et les performances cognitives** en général, confirmé par de nombreuses études. En effet, **le cerveau n'est pas capable de coordonner efficacement plus de deux tâches à la fois**, soit une par hémisphère cérébral, comme a permis de le montrer l'imagerie par résonance magnétique (IRM), notamment dans l'étude réalisée en 2010 par Etienne Koechlin et Sylvain Charron : https://www.sciencesetavenir.fr/sante/de-la-division-cerebrale-du-travail_25388. Comme l'explique Nawal Abboub, docteure en neurosciences cognitives et cofondatrice de la société Rising'Up, notre cerveau « enchaîne les tâches les unes après les autres en quelques millisecondes. Cette rapidité, qui par ailleurs fait qu'il est hyperuissant pour détecter un danger ou un problème, nous donne l'illusion d'être multitâche ». Source : <https://blog.risinguparis.com/rising-up-x-le-figaro-multitasking-et-performance/>.

Les personnes habituées au multitasking, notamment les plus jeunes et ceux qui font un usage intensif du numérique, n'échappent pas à ce constat : plusieurs études ont montré qu'ils obtiennent de moins bons résultats lorsqu'il s'agit de hiérarchiser les informations pertinentes, de se concentrer sur une seule tâche face aux distractions, ou encore de mémoriser des informations.

Voir également, sur le blog d'agence de conseil en sciences cognitives Cog'X, cet article de Gaetan de Lavilléon, Marie Lacroix, et Emma Vilarem, docteurs en neurosciences intégratives et cognitives : <https://www.usinenouvelle.com/blogs/le-blog-des-experts-des-neurosciences/mode-multitache-et-visioconference-les-pratiques-a-adopter-et-a-eviter.N1134069?preview=123>

⁴³ Fauville, Geraldine and Luo, Mufan and Queiroz, Anna C. M. and Bailenson, Jeremy N. and Hancock, Jeff, Nonverbal Mechanisms Predict Zoom Fatigue and Explain Why Women Experience Higher Levels than Men (April 5, 2021), <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3820035>.

Cette étude conduite par les chercheurs du VHIL a consisté à **tester la Zoom Fatigue and Exhaustion Scale (ZEF Scale) auprès d'un échantillon de 10 591 participants volontaires** (donc non représentatifs), afin de vérifier les corrélations entre l'épuisement cognitif rapporté à l'issue des visioconférences et les cinq mécanismes proposés dans l'article théorique de Jeremy Bailenson. Pour évaluer le niveau de *Zoom fatigue*, l'étude se base sur le « score » résultant du questionnaire et sur une analyse textuelle automatisée de la réponse à question ouverte sur l'expérience de la visioconférence (analyse du vocabulaire, fréquence de l'emploi du pronom « je » qui est fréquemment associé à l'attention à soi et aux affects négatifs liés, etc.).

⁴⁴ Dans le détail, le niveau de *Zoom fatigue* rapporté par les femmes est en moyenne **supérieur de 13,8 %** à celui que rapportent les hommes. **Une partie de l'écart s'explique par une différence dans l'usage** de la visioconférence : au sein de l'échantillon, les femmes ont participé au même nombre de réunions que les hommes, mais pour une durée significativement supérieure, et avec moins de temps de pause entre chaque réunion. **Toutefois, même après neutralisation de cet effet, le niveau de fatigue des femmes demeure supérieur**. Il ressort de l'analyse textuelle des réponses que les termes liés à la fatigue ou aux problèmes d'emploi du temps (*scheduling*) sont davantage employés par les femmes que par les hommes.

⁴⁵ R. E. Ingram, D. Cruet, B. R. Johnson, K. S. Wisnicki, Self-focused attention, gender, gender role, and vulnerability to negative affect. *J. Pers. Soc. Psychol.* 55, 967–978 (1988), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3216291/>. Cette étude, qui

contient une méta-analyse et un protocole expérimental, suggère que les femmes à qui l'on montre une image d'elles-mêmes en temps réel tendent à **porter leur attention sur elles-mêmes (self-focus attention) bien davantage que les hommes**, et qu'elles sont en conséquence davantage susceptibles d'en subir les conséquences négatives (en particulier la dépression). Symétriquement, c'est un déficit d'attention à soi qui protégerait davantage les hommes de la dépression.

À cet égard, la visioconférence ne fait qu'exacerber le phénomène déjà bien documenté du « **gender stress gap** ». Par exemple, une méta-étude publiée en 2016 dans la revue *Brain and Behavior* sur la prévalence du stress et de l'anxiété dans la population adulte, à partir de l'analyse des données de 48 études couvrant la plupart des pays du monde, indique que **les femmes sont environ deux fois plus touchées que les hommes**, quels que soient l'âge, le milieu social ou l'air culturelle étudiés.

Source : Remes, O., Brayne, C., van der Linde, R., Lafortune, L. A systematic review of reviews on the prevalence of anxiety disorders in adult populations, *Brain and Behavior*, 2016; 6(7), e00497, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/brb3.497>

⁴⁶ **Les différences entre hommes et femmes dans la communication non verbale sont un phénomène bien documenté en psychologie.** Comme le rappelle l'article de Géraldine Fauville et al. précité, « *les femmes, par exemple, tendent à afficher des expressions faciales plus marquées que les hommes (en souriant davantage, etc.), et les recherches suggèrent que cette différence est liée à l'impression d'être observée et à un sentiment d'embarras. S'agissant de l'interprétation du comportement non verbal, les femmes se souviennent mieux que les hommes des détails de l'apparence et du comportement non verbal d'autrui. Ces résultats ont été corroborés par d'autres études montrant que les femmes jugent avec une plus grande exactitude les émotions d'autrui à partir du regard, déchiffrant ainsi des expressions faciales neutres, et interprétant la personnalité, les pensées ou les sentiments d'autrui. On peut supposer que lors d'une visioconférence, la surcharge cognitive associées à ces mécanismes est plus forte chez les femmes que chez les hommes* » (traduction Sénat).

L'article s'appuie sur une série d'ouvrages et d'études expérimentales, dont :

- J. A. Hall, S. D. Gunnery, "Gender differences in nonverbal communication" in *The social psychology of perceiving others accurately* (Cambridge University Press, 2016), pp. 639-669.
- A. M. Kring, A. H. Gordon, Sex differences in emotion: Expression, experience, and physiology. *J. Pers. Soc. Psychol.* 74, 686–703 (1998).
- M. LaFrance, M. A. Hecht, E. L. Paluck, The contingent smile: A meta-analysis of sex differences in smiling. *Psychol. Bull.* 129, 305–334 (2003).
- J. A. Hall, N. A. Murphy, M. Schmid Mast, Recall of nonverbal cues: Exploring a new definition of interpersonal sensitivity. *J. Nonverbal Behav.* 30, 141–155 (2006).

Sur le **gender stress gap**, voir cet article du *New York Times* : <https://www.nytimes.com/2018/11/14/smarter-living/stress-gap-women-men.html>, et pour une application à Zoom : <https://www.nytimes.com/2020/04/14/us/zoom-meetings-gender.html> et <https://www.nytimes.com/2021/04/13/us/zoom-fatigue-burn-out-gender.html>

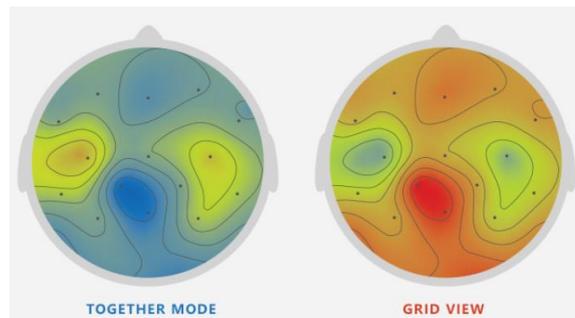
⁴⁷ La gestuelle plus ou moins démonstrative, le rôle du regard ou encore la délimitation des sphères intime, personnelle et sociale (proxémie) diffèrent sensiblement selon les cultures. La **familiarité avec les usages du numérique** est également un facteur important et variable selon les pays ; en Norvège, par exemple, l'enseignement en ligne est déjà très développé, ce qui a facilité les choses lors de la crise.

⁴⁸ On pourrait supposer que les personnes atteintes d'un trouble du spectre autistique (TSA) soient particulièrement pénalisées par la visioconférence, du fait de leurs **difficultés à maîtriser la communication non verbale** ; pourtant, nombreuses sont celles qui rapportent au contraire un grand soulagement, le passage en télétravail leur **épargnant la charge cognitive du « small talk » avant et après les réunions**. Voir par exemple ce cas relaté dans le *National Geographic* : « *Par contraste, le basculement soudain vers la visioconférence a constitué une bénédiction pour les personnes qui éprouvent des difficultés dans les échanges interpersonnels. (...) John Upton, journaliste au Climate Central dans le New Jersey, a récemment découvert qu'il était autiste : à la fin de l'année dernière [2019], il souffrait encore de la surcharge cognitive liée aux conférences, aux réunions et aux conversations superficielles [small-talk] qui font le quotidien de la vie de bureau. (...) Il a fait un burnout autistique, et s'est mis à avoir du mal à traiter l'information complexe – ce qui est habituellement son point fort –, le conduisant à un sentiment de désespoir et d'inutilité. Pour traiter le problème, il s'est progressivement mis à travailler principalement depuis chez lui, en prévoyant toutes ses réunions physiques le mardi. Maintenant que la pandémie a poussé tous ses collègues au télétravail, il constate que les réunions en visioconférence (...) contiennent bien moins de conversations superficielles* ». Source : <https://www.nationalgeographic.com/science/article/coronavirus-zoom-fatigue-is-taxing-the-brain-here-is-why-that-happens>

Sur un sujet proche, celui des **personnalités introverties et extraverties**, voir : <https://www.wsj.com/articles/zoom-fatigue-the-differing-impact-on-introverts-and-extroverts-11615291202> et <https://blog.zoom.us/introverts-musings-on-zoom-fatigue/>

⁴⁹ Le mode « Together » est une nouvelle option de Teams permettant de placer automatiquement les participants sur un fond partagé (salle de réunion, salle de classe, etc.).

D'après Microsoft, « cette vue vous donne l'impression d'être assis dans la même pièce, ce qui réduit les distractions, permet de mieux capter les signaux non verbaux, et rend les discussions plus naturelles. Ce mode est particulièrement adapté aux séances de brainstorming et aux tables rondes (...). **Des recherches préliminaires fondées sur la mesure de l'activité cérébrale montrent que le mode Together demande un effort moindre que le mode galerie** ».



Source : <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/blog/2020/07/08/future-work-good-challenging-unknown/>

⁵⁰ C'est du moins le pari que font les géants du numérique et qui, de fait, est particulièrement pertinent pour les métiers de l'information qui représentent l'essentiel de leurs effectifs.

⁵¹ C'est l'idée du « métavers » (*metaverse*), un concept employé notamment par Microsoft et Facebook, dont la holding vient justement de changer son nom en Meta. Dans la vidéo de présentation de Meta, Mark Zuckerberg explique ainsi que : « lors d'une réunion dans le métavers, vous aurez l'impression d'être réellement dans la même pièce, de vous regarder les yeux dans les yeux (...), plutôt que d'être face à une grille de visages sur un écran » (traduction Sénat). Source : *The Metaverse and How We'll Build It Together*, 28 octobre 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8>

⁵² <https://www.zdnet.fr/actualites/cisco-devoile-le-webex-hologram-pour-les-reunions-en-realite-augmentee-39931467.htm>

⁵³ <https://www.zdnet.fr/actualites/facebook-introduit-le-metaverse-au-travail-avec-horizon-workrooms-39927839.htm> et https://www.oculus.com/experiences/quest/2514011888645651/?locale=fr_FR

⁵⁴ <https://news.microsoft.com/innovation-stories/mesh-for-microsoft-teams/>

⁵⁵ Advait Sarkar, Sean Rintel, Damian Borowiec, Rachel Bergmann, Sharon Gillett, Danielle Bragg, Nancy Baym, and Abigail Sellen. 2021. The promise and peril of parallel chat in video meetings for work. In CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts (CHI '21 Extended Abstracts), May 8–13, 2021, Yokohama, Japan. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/the-promise-and-peril-of-parallel-chat-in-video-meetings-for-work/>

⁵⁶ Les spécialistes formulent des recommandations généralement convergentes – par exemple les chercheurs du *Virtual Human Interaction Lab* de Stanford et ceux du *Human Factors Lab* de Microsoft, etc. En France, la société Rising Up, spécialisée dans la création de solutions pédagogiques et technologies fondées sur les neurosciences, a publié un « **guide de la visioconférence** » : <https://blog.risinguparis.com/7-astuces-pour-des-reunions-visioconference-efficaces/>.

⁵⁷ Certaines plateformes proposent des fonctionnalités permettant de désactiver les notifications ou d'éviter d'être dérangé. Dans les suites collaboratives reliées à des services d'agenda (par exemple *Google Agenda*), il est possible de **refuser automatiquement les réunions** en visioconférence qui se chevauchent ou se suivent de trop près.

⁵⁸ Certaines règles relèvent bien sûr de la loi, à l'instar du **droit à la déconnexion**. Par ailleurs, il n'est **pas possible d'obliger les participants à activer leur caméra**, en vertu du principe de minimisation des données prévu par le RGPD, sauf exceptions dûment justifiées. Voir par exemple : <https://www.cnil.fr/fr/cnil-direct/question/cours-en-ligne-les-eleves-sont-ils-obliges-dactiver-leur-camera>

⁵⁹ Afin de compenser le manque de naturel des réunions en visioconférence, il est important de **fixer des règles de communication explicites, notamment en matière de prise de parole** (en levant la main ou en posant une question dans le chat, en désignant un modérateur au début, etc.). La fixation des règles peut aussi passer par le fait **d'activer ou non certaines options** : visibilité de la caméra, accès au micro ou au partage d'écran, etc.

⁶⁰ **La visioconférence a besoin de ses propres codes**, qui doivent être partagés pour éviter de créer de l'inconfort ou de l'ambiguïté. Par exemple : quand peut-on couper sa caméra et/ou demander à son interlocuteur de l'activer ? Le style vestimentaire attendu est-il le même qu'au bureau ? Peut-on s'absenter quelques instants ou prendre son chat sur les genoux ?

⁶¹ Par exemple, les chercheurs de Microsoft recommandent de « prendre de vraies pauses toutes les deux heures pour recharger votre cerveau, limiter les réunions à 30 minutes, ou ponctuer les réunions plus longues de petites pauses dès que possible ».

⁶² La plupart des spécialistes recommandent de limiter les réunions à une durée comprise **entre 20 minutes et 45 minutes maximum**. En pratique, il semble que cette règle soit toutefois difficile à respecter.

⁶³ Davantage encore que les réunions physiques, les visioconférences sont éprouvantes, notamment pour les personnes qui ne participent pas activement. Il est donc recommandé de **cadre en amont l'objet de la réunion**, avec un ordre du jour précis, un temps limité pour chaque sujet, et un nombre de participants réduit au nécessaire.

Pour une application à l'administration centrale française, voir par exemple Iugulescu-Lestradu Raluca, « Téléconférence et visioconférence ou les paradoxes des outils de simplification des réunions », *Revue française d'administration publique*, 2016/1 (N° 157), p. 105-116. <https://www.cairn.info/revue-francaise-d-administration-publique-2016-1-page-105.htm>

Pour une approche très critique de la visioconférence comme nouvelle dérive de la culture managériale, voir notamment : Hervé Guillaud, « Coincés dans Zoom : de la visioconférence en ses limites », publié en octobre 2020 sur le site *internetactu* : <https://www.internetactu.net/2020/11/20/coinces-dans-zoom-13-de-la-videoconference-en-ses-limites/>

⁶⁴ La facilité d'organisation d'une visioconférence ne doit pas forcément conduire à inviter le plus de personnes possible. Du reste, une visioconférence en format restreint, généralement plus productive et « décisionnelle », peut tout à fait être **enregistrée et/ou faire l'objet d'un compte-rendu (automatisé ou non)**, et ensuite mise à disposition.

⁶⁵ À cet égard, le gain d'efficacité est **bien plus important en matière de collaboration asynchrone** (passage du courrier papier et du parapheur à l'email et à la suite collaborative) qu'en matière de collaboration synchrone (réunions en présentiel et à distance).

⁶⁶ **Au fil des mois, les organisations adaptent peu à peu leurs pratiques**. Le rythme dépend bien entendu de nombreux facteurs, et il n'est pas surprenant que les entreprises technologiques de la Silicon Valley s'adaptent plus facilement que les administrations centrales françaises, tributaires d'une longue histoire.

⁶⁷ D'après le service d'agenda *Clockwise*, avec la crise sanitaire, les salariés auraient passé **29 % de temps en plus en réunion d'équipe** et 24 % de temps en plus en réunions individuelles. Voir à ce sujet : <https://fortune.com/2020/06/07/zoom-fatigue-hangovers-children-workplace-stress-privacy/>

⁶⁸ Pour un aperçu d'ensemble, voir l'enquête de *The Intercept* (cf. *infra*), celle de *Wired*, « Zoom took over the world. This is what will happen next », publiée le 6 août 2020 : <https://www.wired.co.uk/article/future-of-zoom> ou encore <https://protonmail.com/blog/zoom-privacy-issues/>.

Deux précisions s'imposent à ce sujet :

- **D'une part, Zoom n'est pas en tant que tel un logiciel malveillant (malware)**. Il en présente en revanche certaines caractéristiques techniques, qui semblent d'abord s'expliquer par la légèreté des développements en matière de cybersécurité, l'entreprise ayant concentré ses efforts sur la facilité d'utilisation, ainsi que sur la montée en capacité pour répondre à l'explosion de la demande mondiale.
- **D'autre part, c'est aussi la grande popularité de Zoom qui lui a valu de concentrer les critiques** (on a pu parler de « Zoom bashing »), ce qui ne signifie pas pour autant que les autres solutions de visioconférence sont exemptes de faiblesses en matière de sécurité ou de protection des données personnelles.

⁶⁹ Il est souvent possible à n'importe qui d'accéder à une réunion Zoom à partir d'un simple lien, **les fonctionnalités comme le mot de passe, la « salle d'attente » ou l'autorisation du partage d'écran n'étant pas activées par défaut**, du moins jusqu'à récemment. Les conséquences du *Zoombombing* peuvent aller bien au-delà du simple canular. Parmi les exemples rapportés : harcèlement, perturbation de cours ou d'examen, intrusion dans une réunion secrète des vingt-sept ministres européens de la Défense, irruption dans une synagogue virtuelle pour proférer des insultes antisémites, partage d'écran pour diffuser des vidéos pédopornographiques (aux États-Unis, le seul FBI avait reçu 195 signalements de ce type en mai 2020), etc.

⁷⁰ Voir par exemple les révélations de *Vice* : <https://www.vice.com/en/article/k7e599/zoom-ios-app-sends-data-to-facebook-even-if-you-dont-have-a-facebook-account>

⁷¹ Cette faille a été révélée par les chercheurs du Citizen Lab de l'Université de Toronto. D'après Zoom, il s'agirait d'un incident technique (un basculement automatique vers des *data centers* chinois suite à une défaillance aux États-Unis), mais la présence de nombreux employés de Zoom en Chine, au sein de filiales soumises aux demandes des autorités, laisse persister certains doutes.

72 Voir à ce sujet l'enquête de *The Intercept*, « Zoom Meetings Aren't End-to-End Encrypted, Despite Misleading Marketing », publiée le 31 mars 2020 : <https://theintercept.com/2020/03/31/zoom-meeting-encryption/>. Il s'agissait d'une confusion – volontaire – entre la méthode cryptographique utilisée (le puissant chiffrement par blocs 256-bit AES-GCM) et le moment de ce chiffrement (en transit, et non pas de bout-en-bout). En réalité, la plateforme disposait des clés de déchiffrement. En mai 2020, Zoom a finalement proposé un chiffrement de bout-en-bout (aux clients payants puis peu après à l'ensemble de ses utilisateurs).

73 Suite notamment à l'enquête de *The Intercept* révélant les failles en matière de chiffrement de bout-en-bout et de partage de données sans le consentement des utilisateurs, la Federal Trade Commission (FTC) a engagé des poursuites contre Zoom en novembre 2020, pour avoir « **trompé les utilisateurs à propos du niveau de sécurité de la plateforme et abaissé de façon injustifiée le niveau de sécurité d'une fonctionnalité dans le navigateur** » : <https://www.ftc.gov/news-events/press-releases/2020/11/ftc-requires-zoom-enhance-its-security-practices-part-settlement>. Pour mettre fin aux poursuites, **Zoom s'est engagé à revoir l'ensemble de ses procédures de sécurité** avant toute nouvelle innovation.

En parallèle, une class action a été engagée en Californie sur les mêmes fondements, qui s'est conclue en juillet 2021 par un règlement transactionnel par lequel Zoom s'engage à **indemniser les utilisateurs à hauteur de 85 millions de dollars** : <https://arstechnica.com/tech-policy/2021/08/zoom-to-pay-85m-for-lying-about-encryption-and-sending-data-to-facebook-and-google/>

74 Au cœur de la crise sanitaire, le passage massif en télétravail des agents publics a conduit la direction interministérielle du numérique (DINUM) à recommander des outils de visioconférence, en complément de la solution interne *webconférence de l'État*, avec « **un hébergement en France ou à l'intérieur de l'UE et un niveau minimal de protection des données** ». La première liste, publiée en avril 2020, a été **actualisée en décembre 2020** (ci-dessous).

	WEBCONFÉRENCE DE L'ÉTAT <small>(basée sur Jitsi)</small>	WEBCONFÉRENCE DE L'ÉTAT additionnelle <small>(basée sur Jitsi)</small>	PRIVATE DISCUSS	TIXEO	RAINBOW (ALCATEL)	LIVESTORM MEET	STARLEAF	WHEREBY
Accès au service	webconf.numerique.gouv.fr	webconf-add.numerique.gouv.fr	private-discuss.com	www.tixeo.com	www.openrainbow.com/fr	livestorm.co/fr	www.starleaf.com/fr	whereby.com
Organisation sans création de compte	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Connexion pour créer une conférence	Obligatoirement depuis un poste en réseau, connecté au RIE* (impossible SPM)	Depuis un poste non connecté au RIE sauf exception*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis n'importe quel poste, connecté ou non au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis n'importe quel poste, connecté ou non au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*
Simplicité pour les participants	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★☆☆☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★☆
Participation sans création de compte (via partage d'un lien)	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Connexion pour rejoindre une conférence	Depuis n'importe quel poste, connecté ou non au RIE* (privilégier hors RIE)	Depuis un poste non connecté au RIE sauf exception*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis un n'importe quel poste, connecté ou non au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*	Depuis un poste non connecté au RIE*
Qualité audio/vidéo	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Installation logiciel spécifique	non	non	non	oui, obligatoire	non	non	Obligatoire pour organisateur, facultatif pour participants	non
Navigateurs compatibles	Microsoft Edge (Chromium), Chromium, Google Chrome. Package Chromium dédié installable en autonomie (sauf cas exceptionnels)	Microsoft Edge (Chromium), Chromium, Google Chrome	Firefox (82), Safari (14), Chrome (86), Opera (66)	Aucun, logiciel spécifique nécessaire	Microsoft Edge (Chromium), Chromium, Google Chrome	Opera (40), Firefox (52), Safari (12.1), Chrome (49), Microsoft Edge (17+)	Firefox (45), Chrome (51), Internet explorer (11). Pas compatible Safari ni Microsoft Edge	Chrome, Firefox, navigateurs Chromium basés sur Opera & Vivaldi, Safari (11+)
Application mobile	Jitsi Meet (iOS/Android)	Jitsi Meet (iOS/Android)	non	Tixeo (iOS/Android)	Rainbow (iOS/Android)	non	Starleaf (iOS/Android)	Whereby (iOS/Android)
Nombre de participants max	6 conseillé, limité à 20 max	20 conseillé	200 en webconf, 1000 en webinaire	100	120	8	100 (25 à l'écran)	50 (12 avec vidéo)
Tchat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Partage d'écran	✓ (selon navigateur)	✓ (selon navigateur)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coédition de texte	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Autres caractéristiques	Solution opérée par l'État	Solution opérée par l'État	En cours de certification ANSSI	Label de sécurité ANSSI	Fonctions collaboratives avancées	/	Possibilité de se connecter par téléphone	Support en anglais uniquement
Hébergement	France (serveurs de l'État)	France	France	France	France	UE	UE	UE
Prix pendant la crise	Gratuit	Gratuit	Gratuit jusqu'au 31/12/2020 pour 5 hôtes en parallèle par compte et jusqu'à 30 participants internes ou externes par hôte.	1 mois gratuit jusqu'à 10 utilisateurs simultanés par conf, payant au-delà	Gratuit jusqu'à fin 2020	Gratuit pendant la crise mais chacune de vos sessions a une durée maximale de 20 min et est limitée à 10 inscrits	Gratuit et durée illimitée pour toute webconférence entre 2 personnes et 45 min par conférence (20 participants max) Offre spéciale abonnement engagement 3 mois pour des conférences virtuelles de 20 ou 100 sièges en simultané	Gratuit pour 1 organisateur et 3 participants, payant au-delà
Guides	<ul style="list-style-type: none"> webconf.numerique.gouv.fr Utiliser depuis smartphone ou tablette. 	webconf-add.numerique.gouv.fr	private-discuss.com/docs	support.tixeo.com	support.openrainbow.com	support.livestorm.co (en anglais)	support.starleaf.com (en anglais)	support.whereby.com (en anglais)

Lien de la liste à jour : <https://www.numerique.gouv.fr/outils-agents/organiser-webconference-outils-agents-etat/>

⁷⁵ L'État met à la disposition de tous ses agents **un service de webconférence interministériel, basé sur la solution open source JITS** et accessible sur le site webconf.numerique.gouv.fr. Elle permet de créer une webconférence depuis le réseau interministériel de l'État (RIE) et d'inviter des participants, connectés ou non au RIE. Du fait de la crise et du nombre important d'agents travaillant à distance, la sur-sollicitation de cette plateforme crée parfois **des problèmes de qualité de son et/ou d'image** pour certains utilisateurs, particulièrement pour les conférences réunissant **plus de 6 utilisateurs**.

⁷⁶ De toute façon, une visioconférence se faisant au minimum à deux, les participants doivent au préalable s'accorder sur l'outil à utiliser. **L'usage de multiples plateformes est donc amené à rester la norme**, d'autant que celles-ci ne sont pas interoperables et qu'une telle évolution n'est pas d'actualité.

⁷⁷ Concrètement, le chiffrement utilise les principes de la **cryptographie asymétrique** : l'expéditeur chiffre son message en utilisant la « **clé publique** » du destinataire, connue de tous, mais le message ne peut être déchiffré par le destinataire qu'avec sa « **clé privée** », connue de lui seul. En mathématiques, cela correspond à une fonction « à sens unique », dont le résultat est facile à calculer (avec la clé publique), mais pour laquelle il est extrêmement difficile de faire le chemin inverse, sauf à connaître la « brèche secrète » (la clé privée). La cryptographie asymétrique s'oppose à la cryptographie symétrique, plus ancienne et plus fragile, qui implique que tous les participants partagent en amont le même clé secrète.

⁷⁸ **Ce système se distingue du chiffrement en transit**, c'est-à-dire entre chaque participant et le serveur : les données chiffrées par l'expéditeur sont déchiffrées par le serveur, qui les rechiffre avant de les envoyer au destinataire, le cas échéant après diverses opérations. Les clés de chiffrement sont créées et distribuées par le serveur. Cette méthode est donc moins sécurisée, l'intermédiaire ayant accès aux données.

Enfin, il est théoriquement possible d'envoyer les données « en clair », c'est-à-dire sans aucun chiffrement, et donc lisibles par des tiers. Cette méthode n'est toutefois guère utilisée en matière de visioconférence, et tend du reste à reculer sur le web en général (passage du protocole *http* au protocole *https*).

⁷⁹ La **compression vidéo** consiste à ne transférer que les parties modifiées d'une image, afin de réduire l'espace disque nécessaire à son stockage, et surtout en l'espèce la bande passante nécessaire à sa transmission. Une séquence vidéo contient en effet de nombreuses redondances spatiales et temporelles (par exemple le fond statique derrière une personne qui bouge), que l'algorithme de compression (le codec) exploite en établissant des **corrélations statistiques entre pixels**, ce qui permet de **réduire la quantité de données (il y a donc une perte) tout en minimisant l'impact sur la qualité visuelle**. La **compression audio** fonctionne sur le même principe.

⁸⁰ Les solutions de visioconférence **dans le navigateur (web browser)**, par opposition aux solutions nécessitant l'installation d'un **logiciel spécifique (desktop client)**, reposent dans leur quasi-totalité sur la technologie **WebRTC**, développée en **open source** par Google pour son navigateur *Chrome* et ses dérivés. Si celle-ci se prête bien au chiffrement de bout en bout entre deux points (deux participants), elle n'était jusqu'à récemment **pas adaptée au chiffrement d'une communication multipoints** (où chaque point communique avec chaque autre), la demande de bande passante augmentant alors de façon exponentielle par rapport au nombre de participants. **Des évolutions sont toutefois en cours**, avec l'amélioration de *WebRTC (insertable streams API)*, utilisée par exemple par *Jitsi Meet* et l'émergence de protocoles concurrents permettant le chiffrement de bout-en-bout (*WebTransport*, *WebAssembly*, etc.). Voir à ce sujet : <https://www.zdnet.fr/actualites/la-visioconference-dans-le-navigateur-est-elle-vraiment-securisee-39925525.htm> // .
Sur les *insertable streams* : <https://www.chromestatus.com/feature/6321945865879552> et <https://jitsi.org/blog/e2ee/>

Quant aux applications de messagerie instantanée (*Whastapp*, *Messenger* etc.), les appels vidéo peuvent le cas échéant être chiffrés de bout-en-bout, mais sont toujours limités à un petit nombre de participants (souvent 4 ou 8).

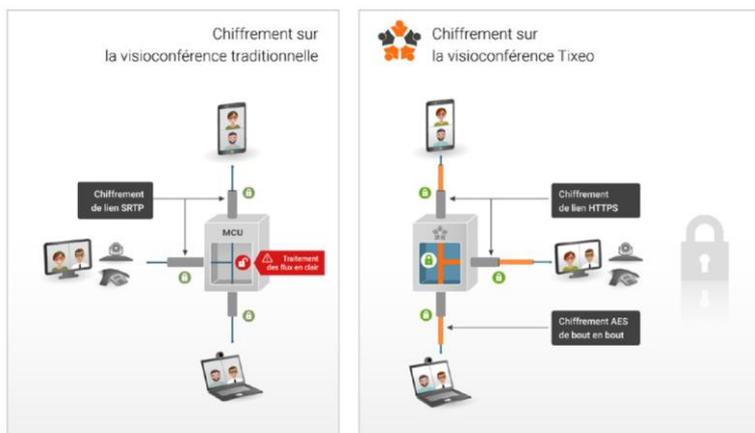
⁸¹ Ces fonctionnalités **nécessitent en effet de retraiter, recombinaison ou enrichir les données** au moment de leur passage sur le serveur. Par exemple : reconstitution d'une table virtuelle, discussion en sous-groupes, sondages, *chat*, tableau blanc, modération et transcription automatiques, *streaming*, etc. En outre, s'il est habituellement possible de rejoindre une visioconférence par différents moyens (client spécifique, navigateur, application smartphone, téléphone, salle de réunion, etc.), ceux-ci utilisent des protocoles qui leurs sont propres : il est donc impossible d'y appliquer un chiffrement de bout-en-bout, pour lequel l'expéditeur et le destinataire doivent par définition utiliser un même protocole.

⁸² Pas d'accès dans le navigateur (téléchargement obligatoire d'un logiciel client), pas d'accès par téléphone, abaissement du nombre maximum de participants, pas *chat*, pas de tableau blanc, etc.

⁸³ Créée en 2003, la société française Tixeo propose depuis 2017 la seule solution de visioconférence avec **un chiffrement de bout-en-bout systématique des flux audio, vidéo et de données**, y compris en multipoints, et en plus du chiffrement vers le serveur.

La solution de Tixeo repose sur une technologie développée en interne, « SVC on Demand ». Elle est notamment certifiée et qualifiée par l'ANSSI, recommandée par la DINUM et utilisée par la CNIL. Source :

<https://www.tixeo.com/tixeo-seule-solution-de-video-collaboration-chiffree-de-bout-en-bout-par-defaut-et-qualifiee-par-lanssi/>



⁸⁴ La **certification est l'attestation de la robustesse d'un produit**, basée sur une analyse de conformité et des tests de pénétration réalisés par un **évaluateur tiers** sous l'autorité de l'Agence nationale de sécurité des systèmes d'information (ANSSI), selon un schéma et un référentiel adaptés aux besoins de sécurité des utilisateurs et tenant compte des évolutions technologiques. L'ANSSI délire des certifications « critères communs » (CC, un standard international) ou alternativement des « certifications de sécurité de premier niveau » (CSPN). Source : <https://www.ssi.gouv.fr/entreprise/produits-certifies/>

La solution Tixeo Server bénéficie d'une certification CSPN, délivrée en 2017 :

https://www.ssi.gouv.fr/entreprise/certification_cspn/tixeoserver-version-11-5-2-0/

Liste des produits certifiés CSPN : <https://www.ssi.gouv.fr/entreprise/produits-certifies/produits-certifies-cspn/>

⁸⁵ La **qualification est une recommandation par l'État français de produits et de services de cybersécurité éprouvés et approuvés par l'ANSSI**. Elle atteste de leur conformité aux exigences réglementaires, techniques et de sécurité promues par l'ANSSI en apportant une garantie de robustesse du produit et de compétence du prestataire de service, et d'engagement du fournisseur de solutions à respecter des critères de confiance. Elle prend la forme de **Visas de sécurité** délivrés à l'issue d'une procédure d'examen.

⁸⁶ Principalement en raison de la nécessité de **télécharger une application spécifique (le client)** et de disposer d'un **identifiant**. Du reste, **la version de Tixeo accessible directement dans le navigateur (et avec un simple code PIN), nouveauté introduite en avril 2021**, s'appuie sur le protocole WebRTC (avec *insertable streams*), et ne bénéficie donc pas du même niveau de sécurité, ni par conséquent de la certification ANSSI. Tixeo insiste d'ailleurs sur le fait que le mode navigateur est réservé aux réunions « occasionnelles » : <https://www.lemagit.fr/actualites/252499860/Tixeo-souvre-a-la-visio-dans-le-navigateur>

⁸⁷ En particulier en raison des « **portes dérobées** » (*backdoors*) que certains gouvernements (notamment les États-Unis et la Chine) demandent aux plateformes de mettre en place pour contourner le chiffrement de bout-en-bout. En 2013, les révélations d'Edward Snowden sur le programme PRISM avaient notamment révélé que Skype (Microsoft) permettait aux services de renseignement américains d'intercepter les conversations.

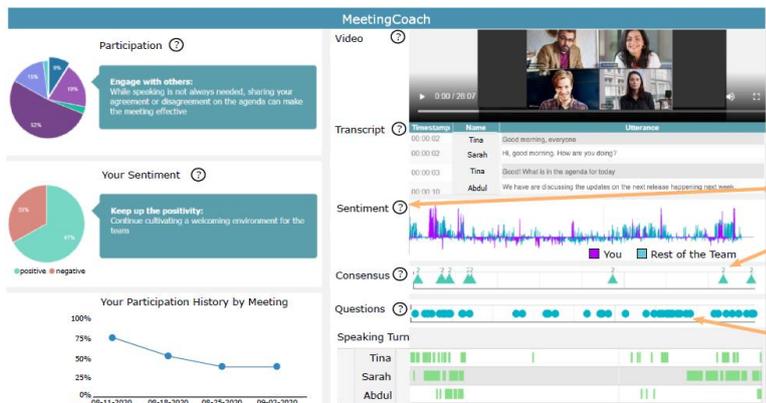
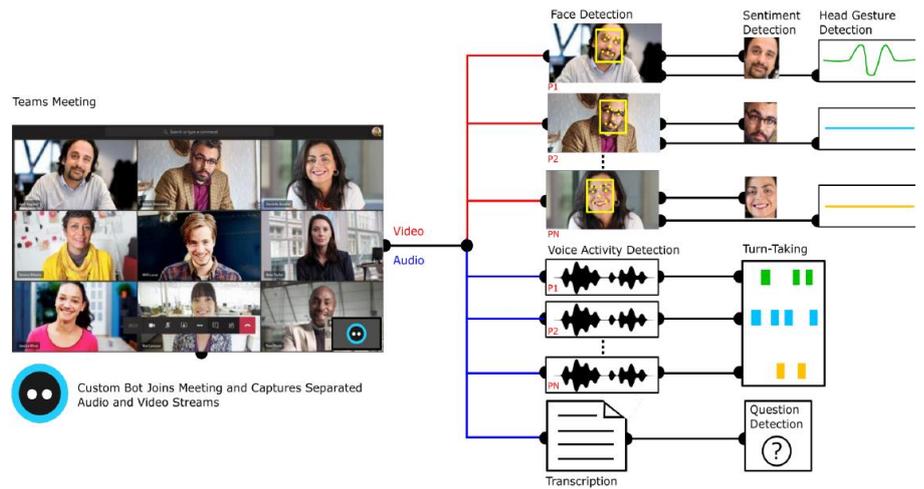
⁸⁸ La collecte de données personnelles sensibles dans le cadre de la recherche scientifique est soumise à des protocoles spécifiques et très encadrés, s'agissant en particulier du recueil du consentement des personnes.

89 Le **Meeting Coach** de Microsoft est un prototype de **tableau de bord post-réunion personnalisé**, construit à partir de données contextuelles et comportementales (analyse des expressions faciales, de la voix, des mots, etc.). Il se présente comme un outil au service de réunions plus dynamiques, efficaces et inclusives.

Source :

<https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/meetingcoach-an-intelligent-dashboard-for-supporting-effective-inclusive-meetings/>

Plus généralement, l'analyse des données comportementales issues des visioconférences pourrait **constituer un puissant outil de lutte contre les inégalités, ne serait-ce qu'en raison de l'objectivation statistique** qu'elle permet (par exemple, le partage de la parole entre hommes et femmes à niveau hiérarchique égal, etc.).



90 Cette fonctionnalité de suivi de l'attention des participants permettait de **prévenir l'hôte de la réunion lorsque la fenêtre Zoom d'un participant est inactive plus de 30 secondes**, indiquant que celui-ci fait autre chose (lire ses mails, etc.). Suite à une série d'articles de presse sévères, la plateforme a annoncé retirer cette fonctionnalité en avril 2020 : <https://blog.zoom.us/a-message-to-our-users/> et <https://www.huffpost.com/entry/zoom-tracks-not-paying-attention-video-call>

Dans certains cas strictement définis, une telle fonctionnalité pourrait néanmoins être utile (par exemple la surveillance d'un examen passé en ligne). La plateforme propose d'ailleurs depuis peu **une fonctionnalité proche, Zoom Focus**, permettant à un enseignant de voir l'ensemble de ses étudiants (notamment dans le cadre d'un travail sous supervision), sans que ces derniers puissent se voir entre eux (pour favoriser la concentration) : <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/360061113751>

91 Par exemple, à Hong-Kong et en Corée du Sud, la visioconférence a été utilisée pour **surveiller le respect de la quarantaine** : isolés chez eux, les cas contacts étaient susceptibles de recevoir des appels vidéo surprise, auxquels ils étaient tenus de répondre, sous peine d'amende. Voir à ce sujet le rapport d'information n° 673 (2020-2021), « Crises sanitaires et outils numériques : répondre avec efficacité pour retrouver nos libertés », fait par Véronique Guillotin, Christine Lavarde et René-Paul Savary au nom de la délégation sénatoriale à la prospective, 3 juin 2021 : <https://www.senat.fr/notice-rapport/2020/r20-673-notice.html>

92 Dans ses questions-réponses sur le télétravail, la CNIL rappelle qu'aux termes de l'article L. 1121-1 du code du travail, « nul ne peut apporter aux droits des personnes et aux libertés individuelles et collectives de restrictions qui ne seraient pas justifiées par la nature de la tâche à accomplir ni proportionnées au but recherché ». Par conséquent, « si l'employeur peut contrôler l'activité de ses salariés, il ne peut les placer sous surveillance permanente, sauf dans des cas exceptionnels dûment justifiés au regard de la nature de la tâche ». Parmi les exemples cités par la CNIL figure « la surveillance constante au moyen de dispositifs vidéo (tels qu'une webcam) ou audio. Il peut s'agir, par exemple, de la demande faite par un employeur à un employé de se mettre en visioconférence tout au long de son temps de travail pour s'assurer de sa présence derrière son écran. Un tel un système [plaçant] les salariés sous surveillance permanente est excessif : il ne peut donc être mis en œuvre, qu'il s'agisse de poursuivre un objectif de sécurité ou un objectif de surveillance du temps de travail. Des moyens alternatifs moins intrusifs existent pour ce faire ».

Source : <https://www.cnil.fr/fr/les-questions-reponses-de-la-cnil-sur-le-teletravail>

⁹³ En à peine 5 ans, la facture du cybercrime a plus que doublé pour les entreprises à l'échelle mondiale, passant de 445 milliards de dollars en 2015 à plus de 1000 milliards en 2020 soit 1% du PIB mondial environ. Source : McAfee & Center of Strategic and International Studies, 2020.

⁹⁴ Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016, relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.

⁹⁵ Elles sont à ce titre tenues, en vertu du **Cloud Act** (2018) et du **Patriot Act** (2001), de coopérer avec la Justice et les services de renseignement des États-Unis, et ceci **quel que soit le lieu d'hébergement des données**.

S'agissant des **données personnelles**, la Cour de Justice de l'Union européenne (CJUE) a jugé dans son arrêt « Schrems II » du 16 juillet 2020 que le **Privacy Shield**, l'accord de 2016 permettant les transferts de données personnelles vers les États-Unis, **était contraire au RGPD**, considérant que la surveillance exercée par les services de renseignement américains sur les données personnelles des citoyens européens était excessive, insuffisamment encadrée et sans réelle possibilité de recours. Saisie par la Conférence des grandes écoles (CGE) et la Conférence des présidents d'université (CPU) du cas des « *suites collaboratives états-uniennes* » utilisées dans l'enseignement supérieur et la recherche (dont les solutions de visioconférence utilisées pendant la crise sanitaire), la CNIL a confirmé en mai 2021 le « **risque d'accès illégal aux données** », appelé à des « *évolutions* » et proposé un « *accompagnement* », tout en reconnaissant **l'absence de solution alternative satisfaisante à ce stade**. Voir à ce sujet : <https://www.cnil.fr/fr/la-cnil-appelle-evolutions-dans-utilisation-outils-collaboratifs-etatsuniens-enseignement-superieur-recherche>

⁹⁶ Les annonces en ce sens se sont succédées en mars-avril 2020, au cœur de la crise. Les versions gratuites **limitent généralement la durée des réunions** (40 minutes pour Zoom, 60 minutes pour Meet) **et/ou le nombre de participants** (100 pour Zoom et Meet, 300 pour Teams). La plupart des plateformes proposent ensuite des forfaits payants dont le prix est de l'ordre de **10 à 15 euros par mois et par hôte**.

Le 1^{er} novembre 2021, Zoom a annoncé **l'introduction progressive de publicités** dans le navigateur pour les utilisateurs gratuits... Source : <https://blog.zoom.us/zoom-continued-access-for-basic-users-with-advertising-program/>

⁹⁷ En avril 2020, Zoom a décidé d'offrir son service à toutes les écoles primaires et secondaires (collèges et lycées) du monde. Un an plus tard, plus de 125 000 établissements dans 25 pays avait adopté la plateforme. Zoom est également utilisé par les plus grandes universités du monde ; la formule proposée consiste généralement à ne facturer que les licences des enseignants, les étudiants pouvant en bénéficier gratuitement.