

Analyse du *contact tracing* numérique

Bertrand Thirion (INRIA), Alain Barrat (CNRS), Chiara Poletto (INSERM), Alexandra Mailles (Santé Publique France), Moez Draief (Capgemini), Roxane Adle (Orange), Vittoria Colizza (INSERM)

Le suivi des contacts (*contact tracing*) est un outil fondamental de la gestion des épidémies. Les pays qui ont su l'implémenter le plus complètement ont connu des résultats très prometteurs contre le Covid-19, tout en minimisant l'immobilisation sociale. Dans ce document, nous rappelons la définition d'un **contact** dans le cadre de la transmission du COVID-19, et la **modélisation de contacts** au sens de l'épidémiologie. Nous analysons ensuite la **nécessité du contact tracing**, puis du contact tracing numérique à partir du Bluetooth.

1. Notion de contact & analyse de la transmission de Covid-19

Description épidémiologique de la contamination :

- La transmission de COVID-19 peut se faire par des gouttelettes et des objets contaminés. Il a été prouvé récemment que les aérosols pourraient également servir de médiateurs de transmission. La transmission nécessite un contact étroit et prolongé.
- Les infections pré-symptomatiques peuvent contribuer à 23% à 47% des infections, ce qui conduit à un taux de reproduction pré-symptomatique d'environ 1 (pour un R_0 proche de 3), en l'absence de mesures de protection particulières.
- Le pourcentage des cas asymptomatiques est encore inconnu. Les estimations actuelles vont d'un faible pourcentage à environ 50 %. Il semble que ce pourcentage soit plus élevé chez les enfants. On connaît également mal la contribution des cas asymptomatiques à la transmission.

Plusieurs définitions phénoménologiques des contacts existent actuellement. La définition "standard" du **contact**, élaborée par *Santé Publique France* (SpF), est motivée par le contexte d'un suivi par interviews, lors desquelles on peut décrire précisément les circonstances du contact¹:

- **Risque modéré/élevé** : personne ayant partagé le même lieu de vie ou de travail que le cas confirmé ou probable.
- **Risque faible** : personne ayant eu un contact ponctuel étroit (<1 mètre) et/ou prolongé (>15 minutes) avec un cas confirmé ou probable à l'occasion de la fréquentation des lieux publics ou contact dans la sphère privée ne correspondant pas aux critères de risque modéré/élevé.
- **Risque négligeable** : personne ayant eu un contact ponctuel avec un cas confirmé

¹ "COVID-19 - Santé publique France." 14 Mar. 2020, https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/228074/file/COVID-19_conduite_a_tenir_20200314_maj.pdf.

ou probable à l'occasion de la fréquentation de lieux publics, sauf circonstances particulières qui peuvent justifier un classement en risque faible.

La définition du **contact** selon le *European Center for Disease Prevention and Control*² correspond également à une possibilité de description précise du contact :

- **Exposition à haut risque** : même environnement fermé ou face à face à une distance <2 mètres pendant plus de 15 min ou contact physique ou contact direct ou dans un avion.
- **Exposition à faible risque** : même environnement fermé ou face à face à une distance < 2 mètres pendant moins de 15 minutes.

Selon une étude de 2015³, le nombre moyen de contacts évolue principalement en fonction de l'âge, de la composition du ménage, du jour de la semaine, de l'activité et de la période dans l'année et les contacts <2 mètres avec échange oraux s'élèvent en moyenne à 9.78 pour une femme et 9.29 pour un homme. Les contacts tels que définis ci-dessus avaient une acceptation plus large. Les enquêtes de terrain menées par *SpF* en phase 1 avec leur définition standard des contacts (et non celle proposée pour l'application) ont considéré en moyenne 50 contacts par cas, avec une forte variabilité.

Dans le cadre d'un suivi par une application basée sur l'utilisation du Bluetooth, on ne peut clairement pas obtenir autant d'information sur les circonstances d'un contact. D'une part, le Bluetooth ne mesure pas la distance de manière très précise, d'autre part les circonstances ne sont pas enregistrées (position du téléphone, port d'un masque, présence d'une vitre en plexiglas, etc). En prenant l'hypothèse que la précision du signal Bluetooth permette d'approcher la distance et, sous réserve que l'on puisse ajuster la diversité des téléphones, nous pouvons donc ensuite seulement nous baser sur une définition de risque basée sur la durée du contact tel que décrit ci-après :

- Risque élevé : plus de 5 minutes en contact avec un (ou des) cas.
- Risque moyen : entre 1 et 5 minutes en contact avec un (ou des) cas.
- Risque négligeable (et donc pas d'avertissement envoyé) : moins d'1 minute de contact avec un (ou des) cas.

Dans les faits, pour des raisons de communication avec le public, nous proposons une réponse binaire : un contact est considéré à risque s'il dure plus d'une minute.

2. Nécessité du contact tracing

Le déconfinement sans contact tracing est rendu très difficile par le fait que nous sommes face à une pandémie inédite, sur laquelle nous apprenons tous les jours afin d'en suivre l'évolution et d'ajuster les mesures de déconfinement de manière rapide et informée. La diffusion du virus est difficile à détecter : une proportion importante des transmissions a lieu à partir d'individus asymptomatiques ou pré-symptomatiques. On estime par exemple que la contagiosité d'un individu contaminé commence en moyenne 2,3 jours avant l'apparition des symptômes et atteint un pic environ 0,7 jour avant l'apparition des symptômes. La proportion estimée de transmission pré-symptomatique serait de 44 %. Après l'apparition des

² "Contact tracing: Public health management of persons" 9 Apr. 2020, <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19-contact-tracing-public-health-management>. Accessed 23 Apr. 2020.

³ "The French Connection: The First Large Population-Based" 15 Jul. 2015, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0133203>. Accessed 26 Apr. 2020.

symptômes, les charges virales diminuent de façon monotone, et les PCR (Réaction en Chaîne par Polymérase) deviennent négatives entre 8 et 37 jours après l'apparition des symptômes⁴. On considère cependant que la contagiosité se termine au bout de 14 jours (avis du Haut Conseil de la Santé Publique). Il est donc nécessaire de pouvoir alerter les individus et prendre des précautions à la suite d'un contact, avant l'apparition de symptômes⁵. Le contact tracing constitue donc un **outil essentiel pour nous permettre d'anticiper les cas à risque et de désengorger les hôpitaux**, car il nous permet de ne pas combattre le virus en aveugle^{6,7}.

Notons qu'une partie des transmissions peut avoir lieu par des contacts avec des surfaces contaminées, ce qui implique que même un contact tracing parfait ne coupera pas toutes les routes de contagion, et ne signifie pas qu'on ne doit pas continuer à prendre des précautions supplémentaires (lavage de mains, désinfection des surfaces, ...). Cependant, le SRAS-CoV-2 est principalement transmis par des contacts étroits entre individus, et les modèles utilisés actuellement en épidémiologie supposent que la probabilité d'infection est proportionnelle au nombre de contacts étroits qu'une personne établit. Ceci justifie de focaliser la lutte anti-épidémique sur les contacts et la distanciation sociale.

3. Les différents types de contact tracing

3.1. Contact tracing classique

Celui-ci a été utilisé en France en phase 1 et 2 dans l'ensemble des départements, puis ceux qui n'avaient pas à faire face à un très grand nombre de cas. Il consiste à se baser sur la déclaration des cas pour identifier leurs contacts dans les jours précédents. Cette approche est très efficace : elle a par exemple été massivement utilisée en Corée du Sud et en Allemagne, avec un succès manifeste⁸. En revanche, elle réclame beaucoup d'opérations humaines, donc beaucoup de main d'œuvre et ne passe donc pas à l'échelle quand le nombre de cas augmente fortement. **Les délais dans l'identification et la communication aux contacts d'un cas peuvent faire perdre un temps précieux.**

De plus, plusieurs études ont montré⁹ que l'identification des contacts par interviews a des limites : d'une part, chaque individu tend à ne se rappeler que de certains de ses contacts et peut en oublier de nombreux autres ; d'autre part, un individu peut entrer en contact avec de nombreuses personnes inconnues, par exemple dans les transports mais aussi en faisant la queue dans un magasin, et ne pouvoir les identifier même s'il/elle s'en souvient. Dans ce cas, le contact tracing numérique basé sur le Bluetooth peut prendre le relais.

4 "Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of" 18 Mar. 2020, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.15.20036707v2>. Accessed 26 Apr. 2020.

5 "Feasibility of controlling COVID-19 outbreaks by isolation of" 28 Feb. 2020, [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(20\)30074-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(20)30074-7/fulltext). Accessed 26 Apr. 2020.

6 "Why We Must Test Millions a Day | Edmond J. Safra Center for" <https://ethics.harvard.edu/test-millions>. Accessed 26 Apr. 2020.

7 "Expected impact of lockdown in Île-de-France and ... - medRxiv." <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.13.20063933v1.full.pdf>. Accessed 26 Apr. 2020.

8 "Comment la démocratie coréenne a-t-elle dompté Covid-19" 20 Apr. 2020, <https://blogs.mediapart.fr/francois-amblard/blog/200420/comment-la-democratie-coreenne-t-elle-dompte-covid-19>. Accessed 22 Apr. 2020.

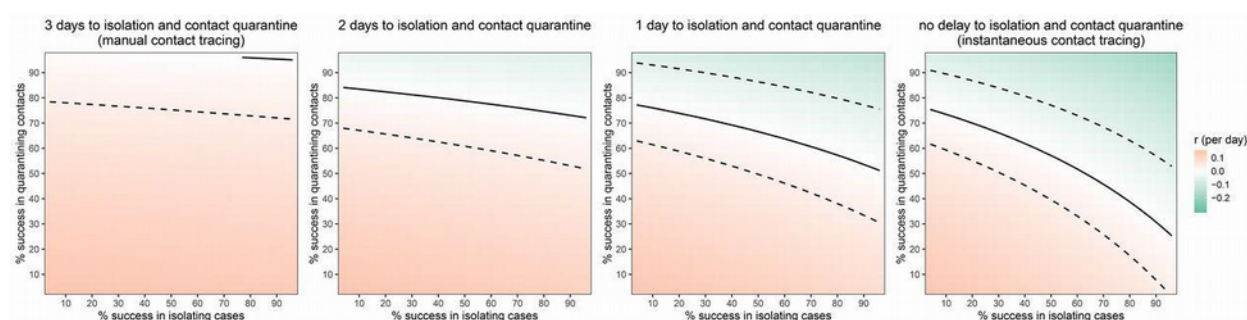
9 Contact diaries versus wearable proximity sensors in measuring contact patterns at a conference: method comparison and participants' attitudes, T. Smieszek, S. Castell, A. Barrat, C. Cattuto, P. J. White, G. Krause, BMC Inf Dis 16:341 (2016); Contact patterns in a high school: a comparison between data collected using wearable sensors, contact diaries and friendship surveys, R. Mastrandrea, J. Fournet, A. Barrat, PLoS ONE 10(9):e0136497 (2015)

3.2. Contact tracing numérique

Le principe du contact tracing numérique est de compléter le contact tracing classique, **qui continuera à être mis en place**, en particulier par rapport aux 2 limitations ci-dessus :

- d'une part, les contacts même avec des inconnus sont enregistrés ;
- d'autre part, l'envoi d'un message d'alerte aux contacts est automatisé une fois que le cas est identifié, et ne nécessite donc pas d'effectuer un appel téléphonique. Ceci constitue un gain de temps et de ressources.

Il est cependant important de bien noter que l'automatisation permet de gagner en nombre de contacts avertis et en temps, mais ne dispense pas de mobiliser des **ressources humaines** : les contacts qui recevront un avertissement feront très probablement la démarche de téléphoner aux autorités sanitaires pour discuter de leur situation et mieux comprendre ce qu'ils doivent faire, éventuellement obtenir un certificat médical pour leur travail, être aiguillés vers des solutions d'hébergement s'ils ne peuvent pas s'isoler chez eux, etc.



Bénéfice du contact tracing automatique¹⁰ : En permettant une détection plus rapide des cas infectés (droite), le contact tracing permet de limiter la transmission du virus par rapport au contact tracing manuel, qui est plus lent temporellement. Ceci conduit à une réduction significative de la propagation de l'épidémie (codée par la couleur).

3.3. Potentiel et limites du Bluetooth

Dans les 15 dernières années, différents groupes de recherche ont mené des expériences pour mesurer les contacts dans des populations, en général en utilisant des capteurs développés exprès pour ces expériences¹¹. Le groupe de S. Lehmann à Copenhague au Danemark a utilisé des téléphones portables avec une application utilisant le Bluetooth distribué à des étudiants¹².

- Le Bluetooth ne détecte pas uniquement les positions face à face, d'autant plus que le téléphone peut être transporté dans la poche avant ou arrière, le sac à main, etc.
- Relation approximative entre la distance et le RSSI ; le Bluetooth n'est pas fait pour mesurer les distances, cependant l'étude de Copenhague l'a utilisé après calibration, en utilisant des smartphones identiques distribués à tous les étudiants, voir fig 1 de¹³. Pour obtenir une haute sensibilité, il vaut mieux utiliser un seuil relativement bas.

¹⁰ "Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests ... - Science." 31 Mar. 2020, <https://science.sciencemag.org/content/early/2020/04/09/science.abb6936>. Accessed 23 Apr. 2020.

¹¹ Voir par exemple www.sociopatterns.org

¹² Stopczynski A, Sekara V, Sapiezynski P, Cuttone A, Madsen MM, Larsen JE, et al. (2014) Measuring Large-Scale Social Networks with High Resolution. PLoS ONE 9(4): e95978.

¹³ "The Strength of Friendship Ties in Proximity Sensor Data - NCBI." 7 Jul. 2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4085074/>. Accessed 22 Apr. 2020.

- Quand deux téléphones sont près d'un mur séparant deux bureaux ou deux appartements, il y a un risque élevé des faux positifs. La calibration pourra répondre en partie à ce problème.
- Potentiel fort : identifier des contacts que le cas ne connaît pas dans le contexte du déconfinement et de la reprise des transports en commun avec des mesures de distanciation sociales insuffisantes, même avec le port du masque.