

La place de l'ingénieur dans le monde médical : l'exemple de la lutte contre l'antibiorésistance

L'augmentation du nombre d'infections résistantes aux antibiotiques est devenue un enjeu majeur de santé publique, qui mobilise de nombreux acteurs du monde médical. Comment un ingénieur peut-il contribuer à la lutte contre ce phénomène ? En tant qu'élèves de l'École des mines de Paris, c'est ce que nous avons cherché à comprendre par la pratique au cours d'un travail de groupe de trois semaines, en collaborant avec des professionnels de santé des hôpitaux de Paris.

En 2050, dix millions de morts par an seront imputables à des infections résistantes aux antibiotiques, selon la « [Review on Antimicrobial Resistance](#) », une instance chargée par le gouvernement britannique d'évaluer les effets de l'augmentation de la résistance bactérienne. En comparaison, la première cause de mortalité aujourd'hui, les maladies cardiaques, représente neuf millions de morts par an.

La fin de l'ère antibiotique

Dans la guerre que mène la médecine contre les bactéries pathogènes, le répit procuré par la découverte des antibiotiques pourrait toucher à sa fin, à peine plus d'un siècle après la découverte de la pénicilline par Alexander Flemming en 1928. Sans l'arme antibiotique et sans solution de remplacement, ce seraient en effet des avancées majeures de la médecine moderne qui seraient mises en péril : outre leur capacité à soigner des maladies autrefois incurables telles que la pneumonie ou la gangrène, les antibiotiques ont permis le progrès de la chirurgie, de la chimiothérapie et de la greffe entre autres domaines. Médicaments souvent peu chers et perçus comme ayant peu d'effets secondaires, ils sont parfois utilisés comme tir de barrage contre d'éventuelles infections.

Cependant, outre les dommages collatéraux qu'ils causent sur des bactéries utiles à l'organisme telles que celles de la flore intestinale, les antibiotiques favorisent l'apparition de mécanismes de défense chez les bactéries qu'ils sont pourtant censés combattre : c'est le phénomène de l'augmentation de l'antibiorésistance (voir encadré). Pour éviter de dégarnir l'arsenal thérapeutique d'une de ses plus puissantes pièces, il est nécessaire d'économiser nos munitions en mettant en place le bon usage des

Comment l'antibiorésistance est favorisée par les antibiotiques

Les bactéries peuvent au fil des mutations développer spontanément des mécanismes de résistance aux antibiotiques. En temps normal, ces bactéries résistantes ne constituent pas l'essentiel de la population d'une souche de bactéries.

Cependant, sous l'effet des antibiotiques, ces bactéries sont sélectionnées et prolifèrent en transmettant leur résistance à leurs bactéries filles. On voit alors la souche devenir résistante.

antibiotiques : il faut utiliser les antibiotiques seulement dans la mesure où leur prescription est justifiée.

Des acteurs mobilisés pour organiser la riposte contre l'antibiorésistance

Face à ce constat, différents acteurs du monde de la santé ont un rôle à jouer.



L'État :

À travers les politiques publiques, l'État organise la réponse à ce problème. En 2015, le ministère de la Santé a commandé [le plan Carlet](#), qui est l'état des lieux le plus récent des mesures prises en matière d'antibiothérapie.



Les médecins

Les médecins s'imposent comme les acteurs incontournables du monde de la santé. Ce sont les prescripteurs des antibiotiques, et c'est donc aussi par eux que passe le bon usage des antibiotiques.



Le public

Au-delà des effets de l'opinion publique, les patients exercent une pression à la prescription sur les médecins en matière d'antibiothérapie. Des campagnes de communication telles que « Les antibiotiques, c'est pas automatique » sont diffusées afin de le sensibiliser à cette problématique.



Les infectiologues transversaux

Ces infectiologues ont pour particularité de réaliser une activité de conseil auprès des médecins d'un hôpital afin d'améliorer le traitement des maladies infectieuses qui peuvent être traitées dans tous les services de l'hôpital (contrairement par exemple aux pneumopathies, traitées uniquement au sein du service de pneumologie).

Les infectiologues transversaux sont donc des acteurs-clés de la problématique de l'antibiorésistance, en ce qu'une de leur mission principale est d'améliorer la prescription des antibiotiques au sein d'un hôpital. Ce sont d'ailleurs deux infectiologues transversaux - Aurélien Dinh, infectiologue transversal à l'hôpital Ambroise Paré et à l'hôpital Raymond Poincaré, et Alexandre Bleibtreu, infectiologue transversal à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière - qui nous ont présenté le problème de l'antibiorésistance.

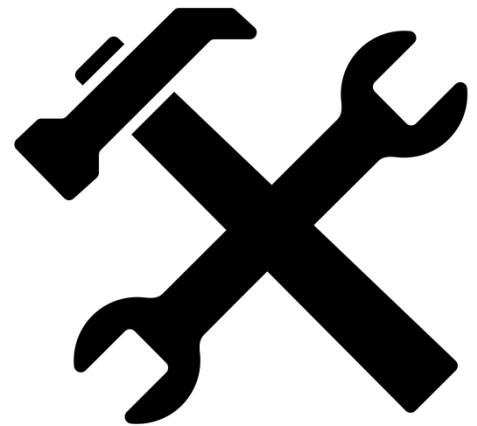
La liste ci-dessus n'est de plus pas exhaustive : les pharmaciens et le personnel infirmier pourraient notamment y être rajoutés. Cependant, après une semaine et demie à rencontrer des acteurs du monde de la santé confrontés aux problèmes de l'antibiorésistance et du mésusage des antibiotiques, il nous a fallu tenter de répondre à cette question : comment pouvions-nous, nous aussi, à notre échelle, contribuer à la lutte contre l'antibiorésistance ?

La démarche de l'ingénieur

Notre équipe composée de 14 élèves de l'école [MINES-Paristech](#) a agi en appliquant une démarche d'ingénieurs dans le monde médical. En effet, nous n'avions pas de connaissance préalable dans ce domaine de la médecine, il nous a d'abord fallu acquérir un socle de base afin de mieux appréhender la problématique. Nous avons eu de nombreuses conférences sur le sujet par des professionnels du monde de la santé, chacun nous éclairant sur un point différent de la lutte contre l'antibiorésistance. Ces professionnels étaient tous des experts dans leur domaine, et nous ont transmis un très grand nombre d'informations. Cependant, même au bout de deux semaines, nous ne pouvions évidemment pas prétendre avoir les connaissances de ces personnes ayant passé de nombreuses années voire des décennies à essayer de résoudre ce problème. Néanmoins, nous avons un avantage : nous avons un regard neuf sur le sujet, et nous avons eu la chance de rencontrer en très peu de temps de nombreux acteurs du monde de la santé aux profils diversifiés.

Nous avons alors dû effectuer un travail de structuration de ces connaissances, afin d'identifier les échelles pertinentes auxquelles nous pouvions agir. Fallait-il agir à l'échelle d'un hôpital ? D'un médecin ? De l'État ? Quel impact était-il raisonnablement possible pour nous d'avoir ? Une fois ce travail de structuration de la problématique, il nous a fallu identifier les acteurs-clé que nous pouvions aider. Il est bien évident que ces acteurs du monde de la santé rencontrent des problèmes au quotidien. Les solutions à ces problèmes étaient parfois simples. Cependant, les acteurs du monde de la santé n'ont pas le temps de voir que les outils pour résoudre des problèmes qu'ils n'ont pas forcément pu formuler clairement existent déjà, et c'est précisément là que nous avons pu les aider.

Néanmoins, avant même de chercher des solutions, il nous a fallu évaluer sur des bases solides et sérieuses ces problèmes, et mesurer leur conséquences concrètes, afin de garantir l'efficacité de notre action. Cela s'est fait par un travail de recherche



Identifier les acteurs, formuler et évaluer les problèmes qu'ils rencontrent sur le terrain, puis trouver les outils et les bonnes personnes pour lever ces obstacles : c'est ce que nous avons retenu de la démarche de l'ingénieur.

bibliographique dans la littérature scientifique, ainsi que par une confrontation à la réalité du terrain. Pour chaque solution que nous avons trouvée, nous avons eu à cœur de vérifier que celle-ci était faisable aussi bien financièrement que techniquement.

Voici les problèmes que nous avons identifiés, et les solutions que nous avons conçues :

- [Pour les infectiologues](#)
- [Pour les médecins non-spécialistes](#)
- [Pour le personnel infirmier](#)
- [Pour le public](#)

L'optimisation du temps des infectiologues sur le terrain

C'est tout d'abord très logiquement vers les infectiologues transversaux que nous nous sommes tournés, car ceux-ci nous avaient fait part de leurs difficultés rencontrées au quotidien sur le terrain.

Nous avons passé plusieurs jours à observer le travail d'infectiologues dans les trois hôpitaux de taille assez variable que sont Ambroise Paré (450 lits), Cochin (903 lits) et La Pitié-Salpêtrière (2228 lits, le plus grand hôpital d'Europe). Nous avons ainsi découvert que leur temps pouvait être optimisé. Voici quelques processus chronophages que nous avons identifiés :

Zoom sur les EMA

Les Équipes Mobiles d'Antibiothérapie sont constituées le plus souvent d'un infectiologue, d'un pharmacien et d'un bactériologiste. Elles ont pour mission, au sein d'un hôpital, de s'assurer qu'un bon usage des antibiotiques est fait dans le traitement des infections. Pour cela, elles pratiquent une activité de conseil auprès des médecins en se déplaçant dans chaque service auprès des malades ; ou bien à la demande d'un praticien, ou bien spontanément. C'est au sein de ces EMA que les infectiologues transversaux exercent leur activité de conseil, en plus des consultations qu'ils donnent comme tout médecin.

- Comme leur activité de conseil s'exerce principalement par téléphone, ils doivent à chaque fois demander voire demander à l'oral au médecin qui les appelle toutes les données sur les patients et donner leurs recommandations également à l'oral, ce qui augmente à chaque fois le risque de mécompréhension d'un côté comme de l'autre. On estime à 50% la part d'informations erronées transmise par téléphone.
- Quand les infectiologues voient des patients en consultation, l'accès au dossier médical est de plus très compliqué car ce dernier se compose souvent d'un sac rempli de pochettes contenant des photocopies de lettres et d'ordonnances ; difficile dès lors d'en extraire des informations en un temps restreint. En effet, cela signifie qu'elles ne sont pas accessibles informatiquement, et que de plus, l'infectiologue ne peut pas y rechercher rapidement les données cruciales.
- Quand ils sont au chevet du patient, puisqu'il n'y a pas nécessairement d'ordinateur dans les salles, ils sont obligés de prendre des notes sur un carnet qu'ils doivent retranscrire numériquement dans leur bureau en fin de journée, ce qui peut leur prendre jusqu'à une heure par jour.

Ainsi, il existe une marge d'amélioration de leur activité : en optimisant leur temps, il sera possible non seulement de gagner en qualité des soins, mais aussi de faire réaliser des

économies à l'hôpital, ce que nous avons pu constater en lisant les rapports d'activité des infectiologues transversaux.

Les solutions que nous proposons

Nous avons cherché à concevoir des solutions logicielles et organisationnelles permettant aux infectiologues transversaux de faire un usage optimal de la puissance de l'outil informatique. L'informatique dans le milieu médical est un sujet complexe, à cause des problématiques de secret médical et de la multiplicité des logiciels utilisés par les médecins pour gérer les données de leurs patients. [Moins de 1% des hôpitaux atteignent les objectifs fixés par la Direction Générale de l'Offre des Soins](#). S'il est bien évident que l'idéal serait qu'à l'avenir la communication se fasse directement sous des formats compatibles avec tous les logiciels des médecins, nous avons voulu agir au plus près des préoccupations actuelles des médecins. Pour résoudre le problème de l'accès aux données médicales nous avons pensé à mettre en place deux systèmes.



Le dossier d'un patient à l'hôpital, sur toute l'étagère. Le papier reste trop souvent le support privilégié de la communication des données médicales.

- **La numérisation et le traitement informatique des dossiers patient papier :** Nous avons ainsi proposé de munir les infectiologues de scanners et d'un logiciel permettant l'océrisation - c'est-à-dire la reconnaissance optique de caractères - puis la recherche de mots clés dans plusieurs fichiers, voire capable de reconstituer la chronologie du passé du patient. Nous avons contacté une société de conception de logiciels informatique afin d'évaluer le coût d'une implémentation à l'échelle d'un hôpital, ce qui permet par ailleurs d'envisager la mise en place d'un service de numérisation centralisant toutes les numérisations de dossiers papiers. En ce qui concerne la faisabilité technique, au vu des performances actuelles des scanners et de l'existence de logiciels réalisant des océrisations sur les caractères imprimés, et sachant que les ordonnances sont désormais de plus en plus souvent imprimées pour les patients aux traitements longs, nous en avons conclu que ce logiciel était faisable. Pour la datation automatique de documents, [même si l'état de l'art de l'intelligence artificiel permet d'être optimiste](#), on peut de toute façon considérer

qu'à l'échelle d'un hôpital, la datation des documents peut être déléguée au service de numérisation, comme cela est déjà fait dans des services d'archives.

- **L'utilisation de tablettes en mobilité :** Nous avons proposé l'utilisation d'une application sur des tablettes pour que les médecins aient accès au dossier du patient lors de leurs déplacements. Cette application - [Orbis ME](#) - est une extension du logiciel qui est déjà utilisé pour gérer les dossiers patients à l'hôpital, mais nous avons remarqué que peu d'acteurs du monde de l'hôpital connaissait son existence. De plus, nous avons proposé l'utilisation de QR Codes dans les chambres afin de faciliter l'accès au dossier patient pour les infectiologues transversaux lorsqu'ils n'ont pas été appelés, à l'instar des codes-barres déjà utilisés pour l'identification des patients ayant des besoins particuliers lors de la distribution des plateaux repas.

Nous contacter

Supports de recommandations

Les membres des différentes EMA

Trombinoscope

Récentes publications

Quelques chiffres

Prochaines dates importantes

ASSISTANCE PUBLIQUE HÔPITAUX DE PARIS

EMAccess

Nom d'utilisateur :

Mot de passe :

[J'ai oublié mon mot de passe](#)

Se connecter

La page d'accueil du site selon la maquette que nous avons conçue

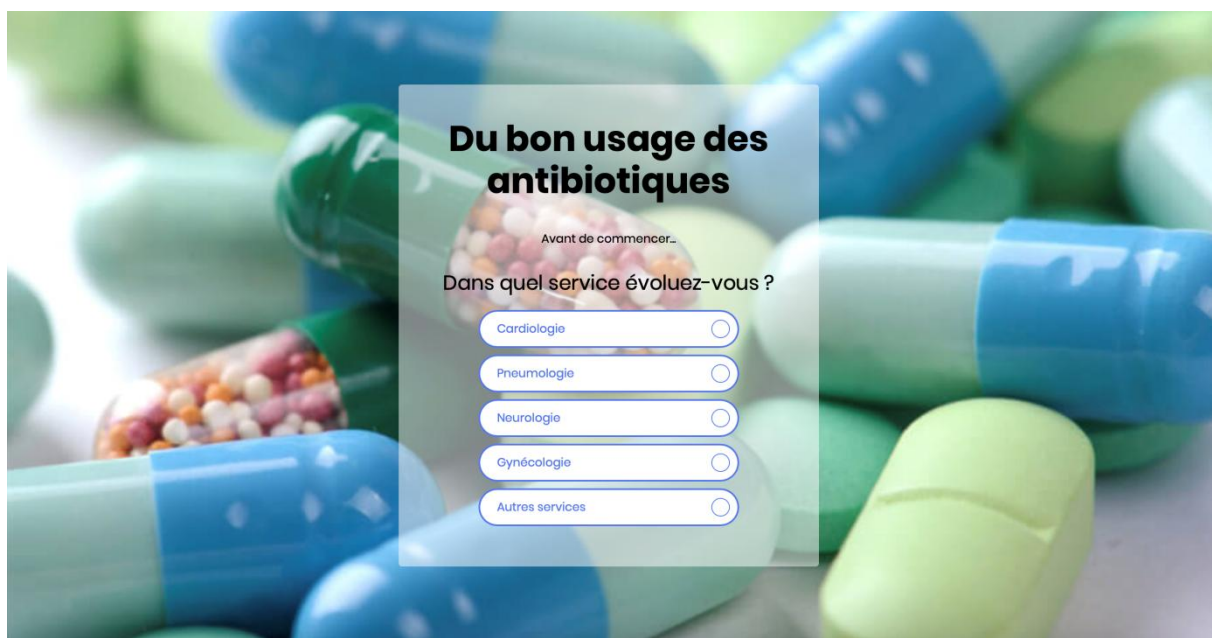
De plus, afin de formaliser l'activité de conseil des infectiologues transversaux au sein des Équipe Mobile d'Antibiothérapie - EMA (voir encadré), qui se fait trop souvent par téléphone, **nous avons conçu une maquette de site, EMAccess pour centraliser les demandes d'avis des EMA.** Cela permettra tout d'abord de gagner en efficacité en classant les demandes d'avis par patient afin d'éviter les redites aussi bien en termes de communication du dossier patient qu'au niveau des avis qui sont donnés. De plus, il sera possible d'optimiser le temps de trajet des EMA par un algorithme. Nous voulons mettre en place d'autres fonctionnalités, notamment une messagerie interne sur ce site, ou bien un retour sur les avis des EMA. Pour ces trois projets, nous avons été en lien avec des infectiologues afin d'évaluer leur pertinence. En ce qui concerne le coût, nous avons vérifié que ces solutions étaient viables en les mettant en regard avec les économies que

permettent les infectiologues transversaux, que nous avons calculées à partir de leurs rapports d'activité.

La péremption des connaissances

Néanmoins, il nous a paru nécessaire d'agir auprès d'un deuxième type d'acteurs cruciaux dans l'antibiorésistance : **les médecins eux-mêmes**. Les médecins, quelque soit leur spécialité, peuvent être amenés à traiter des infections, en utilisant notamment des antibiotiques ; pourtant, ils ne sont le plus souvent pas spécialistes de l'antibiothérapie, à l'inverse des infectiologues transversaux. Nous avons appris que le renouvellement des connaissances, en particulier celles sur l'antibiothérapie, posait problème. À titre d'exemple, il y a 20 ans, des durées longues étaient recommandées, et il fallait absolument mener les traitements jusqu'à leur terme. Désormais, on préconise des traitements courts et l'arrêt du traitement dès le rétablissement.

Nous avons donc voulu chiffrer la péremption des connaissances : pour cela, **nous avons réalisé un questionnaire d'antibiothérapie en collaboration avec des infectiologues**, contenant des questions différentes selon les services. Notre but était d'établir tout d'abord un état des lieux, mais aussi de faire en sorte que les médecins puissent constater d'eux-mêmes s'ils étaient au point dans ce domaine où ils prescrivent alors qu'ils ne sont pas spécialistes en antibiothérapies. Ce questionnaire en ligne a été diffusé par mail au sein des hôpitaux par les autorités compétentes afin de lui donner une légitimité, mais nous avons récolté peu de réponses - 31 personnes y ont répondu -, preuve là encore du manque de temps des professionnels de santé.



Du bon usage des antibiotiques

Avant de commencer...

Dans quel service évoluez-vous ?

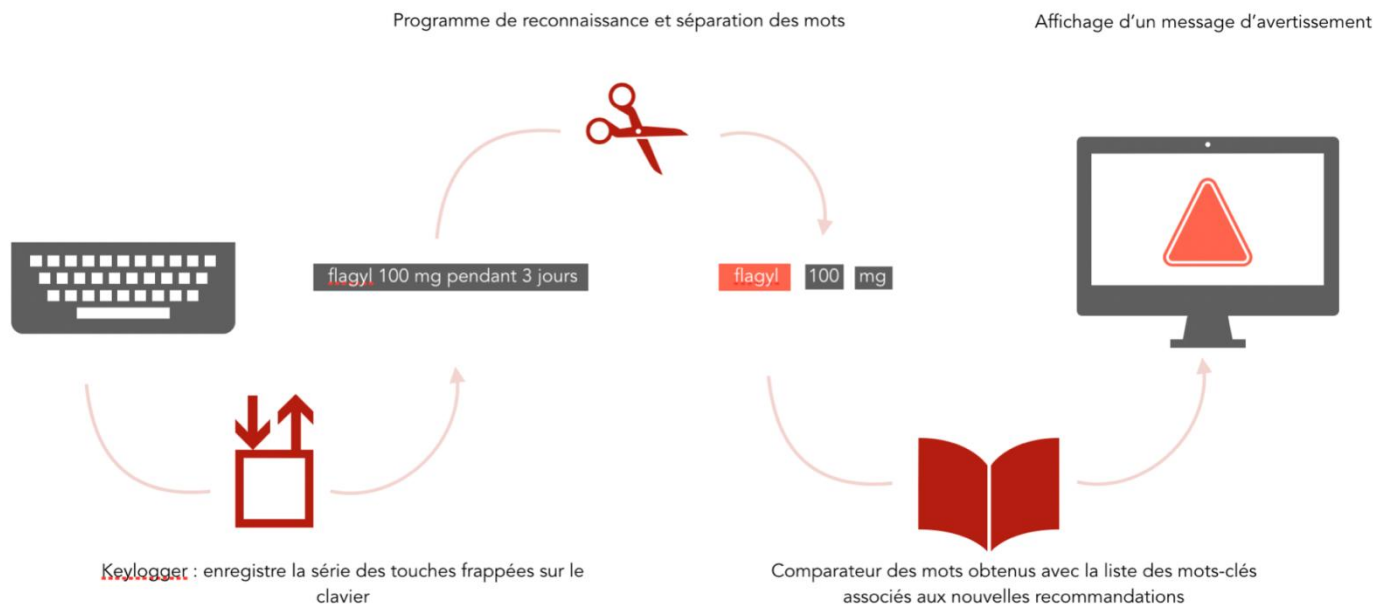
- ☐ Cardiologie
- ☐ Pneumologie
- ☐ Neurologie
- ☐ Gynécologie
- ☐ Autres services

La première page du questionnaire que nous avons conçu en collaboration avec des infectiologues

La solution que nous proposons

Outre le questionnaire, qui nous espérons a permis aux personnels de santé de prendre conscience des lacunes qu'ils pouvaient avoir en matière d'antibiothérapie, nous avons codé un **logiciel permettant de détecter lorsqu'un antibiotique pour lesquels les**

recommandations ont changé est prescrit et d'afficher un pop-up en conséquence. Ce programme très léger peut être appelé automatiquement à l'ouverture du logiciel de prescription. Notre logiciel utilise un système de keylogger pour fonctionner : les mots entrés au clavier sont comparés à une liste de mots-clés pour lesquels les prescriptions en matière d'antibiothérapie ont changé, et un pop-up est alors affiché si ce mot clé est dans la base de données. Il est bien évidemment possible de faire en sorte que pour chaque nouvelle recommandation, le pop-up ne s'affiche qu'une fois, quand le médecin a été informé. **L'idée-clé est que l'information vienne directement aux médecins, sans qu'ils aient à aller la chercher par eux-mêmes**, concernant les nouvelles recommandations en matière d'antibiothérapie.



Nous avons conçu un logiciel capable d'informer automatiquement le médecin des nouvelles recommandations en matière d'antibiothérapie : apporter l'information au médecin sans qu'il ait besoin de la chercher, voilà l'idée-clé.

Personnel infirmier : les impliquer davantage ?

Il s'agit d'un acteur que nous avons identifié et dont le rôle nous a paru pourtant étonnamment peu abordé par la recherche dans le domaine médical, alors que ce dernier est au cœur de la vie d'un patient pendant son séjour à l'hôpital. Son rôle dans la lutte contre l'antibiorésistance n'a presque pas été abordé par nos conférenciers. Pourtant, dans la littérature médicale, nous avons découvert que la proportion de faux positifs dans les tests visant à détecter la présence de bactéries, et notamment des bactéries résistantes, n'est pas négligeable. Une explication à cela est la réalisation de la prise de sang en plusieurs fois pour les hémocultures, ou encore des règles d'hygiène pas parfaitement appliquées - d'après le Rapport des 16^{ème} Journées Nationales d'Infectiologie. De plus, la pose de cathéters peut elle aussi mener à des infections, alors

que celle-ci n'est pas forcément justifiée. En interrogeant les infirmiers, nous nous sommes rendu compte que certains ne connaissaient pas suffisamment l'antibiorésistance mais que tous seraient enthousiastes à l'idée d'être formés sur le sujet, à la fois théoriquement et concrètement pour améliorer les bonnes pratiques, pour peu qu'on leur en donne le temps.



Le personnel infirmier a une part essentielle dans le traitement du patient, car il est présent à ses côtés tout au long de sa prise en charge. Pourtant, son rôle est sous-évalué.

La solution que nous proposons

Nous avons établi avec des infectiologues le cahier des charges d'une formation destinée au personnel infirmier sur le thème de l'antibiorésistance. Cette formation abordera justement la question de la pose des cathéters, des prélèvements sanguins destinés aux hémocultures et rappellera les principes de l'hygiène. Si nous avons conscience du coût possible de la formation, nous avons calculé que celui-ci allait être compensé par les économies réalisées par l'hôpital (de l'ordre de trois millions d'euros) grâce à la diminution du nombre de faux-positifs et d'infections, outre l'amélioration de la qualité des soins et du confort du patient.

Le patient : un rôle actif à jouer dans la lutte contre l'antibiorésistance

Au fil de nos recherches bibliographiques et de nos discussions avec les intervenants, pour certains spécialisés en médecine générale, et avec des médecins généralistes eux-mêmes, nous avons cherché à préciser le rôle du patient dans la lutte contre l'antibiorésistance. Nous avons découvert que la population est peu sensibilisée au sujet - d'ailleurs nous-mêmes n'avions pas idée de l'ampleur de cette problématique avant de travailler dessus : 49 % de la population ne connaît pas ou connaît mal l'antibiorésistance. Pourtant, les patients exercent parfois une pression à la prescription sur le médecin, plus ou moins directement, car ils ont l'idée que les antibiotiques sont des médicaments miracles qui soignent tout type de maladie - par exemple, les gripes - et ne peuvent concevoir d'aller voir un médecin et de repartir sans traitement. Des campagnes de sensibilisation ont eu lieu : le programmes Antibiotiques de l'Assurance Maladie a fait baisser de 23,4% la



La campagne de l'Assurance Maladie de 2002, « Les antibiotiques, c'est pas automatique ! » a contribué à faire baisser la consommation d'antibiotiques. Cependant, aucune autre campagne de communication depuis n'a eu un impact aussi fort.

[consommation d'antibiotiques entre 2002 et 2007](#). Cependant il a été constaté une baisse de l'efficacité de ces campagnes au fil du temps.

La solution que nous proposons

Intervention en maternelle

Ateliers :	Fait :
• Bactéries en pâte à modeler : montrer l'affiche de publicité Baccide comme exemple de représentation imagée d'un bactérie. Puis donner comme consigne de modeler de petits monstres de couleurs et de formes laissées au choix de l'enfant. On les aidera dans cette activité. Appeler ces modèles d'environ 10 cm "bactéries" et expliquer qu'on peut en retrouver sur les mains, les vêtements, le doudou mais que l'on s'en débarrasse en un lavage.	☐
• Lavage de mains : réunir les enfants par petits groupes, faire une démonstration de lavage de mains en frottant bien entre les doigts, autour du pouce et des poignets (en leur expliquant ce que c'est s'ils ne le savent pas) et les faire essayer à leur tour, en vérifiant que c'est bien fait pour chacun.	☐
• Tousser dans son coude : et non dans sa main ou "en l'air". Faire une démonstration puis inviter les enfants à essayer.	☐

Objectifs d'apprentissage :

- **Lavage de mains** : pour avoir les mains propres et ne pas être malade. Expliquer quand les enfants doivent se laver les mains dans leur vie quotidienne (avant et après manger, après être allé aux toilettes, après avoir touché le sol ou des animaux, en arrivant à la maison et à l'école). On pourra retracer la chronologie d'une journée type à l'aide d'images sur une frise, et faire jouer les enfants à venir placer les flèches lorsqu'ils jugent pertinent de se laver les mains, le corps, les dents...
- **Douche** : insister sur la nécessité de se laver tous les jours. Cibler les zones sales : aisselles, entrejambe, pieds.
- **Lavage de dents** : tous les matins et soirs, pendant 3 minutes en frottant de haut en bas.
- **Lavage du doudou** : doudou se remplit de petits monstres lorsqu'on ne le lave pas, il faut accepter de s'en séparer le temps que les parents le lavent.

Un exemple de support de cours que nous avons conçu. Une formation clé en main permet de minimiser le coût, pour une efficacité maximale.

Nous sommes partis du constat de l'efficacité des campagnes de communication contre le Sida qui étaient ciblées pour les jeunes - [puisque l'utilisation du préservatif lors du premier rapport sexuel est passée de 15% avant 1985 à 86% en 2005](#) -, et nous avons voulu concevoir une campagne d'information au niveau de l'Éducation Nationale. En collaboration avec des personnels de santé et des enseignants, nous avons réalisé des supports de cours qui sont adaptés aux différentes classes auxquelles elle est destinée. Pour sa mise en place, nous avons été en contact avec l'ARS. Si l'idéal sera d'inclure la problématique de l'antibiorésistance dans les programmes scolaires, ce qui donnera un caractère obligatoire à cette formation et ce pour un coût minime puisque les supports de cours existent déjà, il est d'ores et déjà possible de proposer ces interventions aux établissements scolaires par le biais d'associations ou de la Caisse Primaires d'Assurance Maladie.

L'ingénieur : un acteur-clé pour résoudre le problème de l'antibiorésistance ?

Nous ne pouvons évidemment pas prétendre avoir trouvé des solutions miracles à la problématique complexe qu'est la lutte contre l'antibiorésistance : il est possible que des obstacles à la mise en place de ces solutions que nous n'avons pas envisagés subsistent. Cependant, nous avons voulu concevoir des solutions concrètes qui aient un impact maximal dans la lutte contre l'antibiorésistance. Passer du conditionnel à l'indicatif, du « il faudrait » au « il faut », tout en vérifiant que les solutions que nous proposons allaient fonctionner ailleurs que sur le papier en vérifiant leur faisabilité et leur coût, et si possible

Une légitimité difficile à asseoir pour les ingénieurs dans le monde médical

Lors de ce travail de groupe, nous avons eu le sentiment que le monde de la santé restait avant tout un monde dirigés principalement par des médecins, où il est accordé une grande importance aux statuts académiques, et ce malgré la multiplicité des acteurs qui y jouent un rôle. Il a parfois été difficile pour nous d'être perçus comme légitimes pour proposer des solutions, et ce d'autant plus que nous étions étudiants dans un domaine qui ne semblait de prime abord pas concerner la santé.

à travers des prototypes : c'est ce que nous avons cherché à faire.

Les objectifs à atteindre pour lutter contre l'antibiorésistance sont clairs : cependant, il ne suffit pas de s'arrêter à des prescriptions d'ordre général, qui trop souvent finissent par se heurter à la réalité ; il nous a fallu définir pour cette problématique des angles d'attaques, et ensuite formuler les problèmes qui étaient rencontrés sur le terrain pour pouvoir utiliser nos outils pour les résoudre. Nous avons ainsi proposé des solutions sur tous les aspects que nous avons identifiés, afin de garantir qu'à chaque niveau, les mécanismes de la lutte contre l'antibiorésistance ne se grippent pas.

C'est pourquoi nous espérons avoir montré que l'ingénieur n'est pas cantonné à des machines ou à des logiciels, mais que la démarche qu'il propose afin de proposer des solutions est pragmatique, rigoureuse et efficace. Nous n'étions certes pas médecins ou infirmiers, ni même forcément des acteurs habituels du monde de la santé. Cependant nous avons voulu, nous aussi, à notre échelle, agir contre l'antibiorésistance.

Si les intervenants que nous avons rencontrés étaient tous enthousiastes à l'idée de travailler avec de futurs ingénieurs, cela montrait également que la plupart n'en côtoyaient que rarement au quotidien. Qu'est-ce qu'un ingénieur ? La réponse n'est pas si évidente, et ce travail de groupe nous a permis nous-mêmes de trouver la réponse à cette question. Les domaines de compétences de l'ingénieur, et a fortiori de l'ingénieur généraliste, sont bien plus vastes que seulement la conception de machines ou la programmation de logiciels - domaines auxquels nous nous sentions bien souvent renvoyés. Ni technicien, ni médecin, mais créateur de solution et pragmatique ; nous espérons avoir contribué à prouver que l'ingénieur avait sa place dans le domaine médical au-delà des biotechnologies et de la e-santé.