

Une meurtrière invisible

Cycle 4 et seconde

Une séquence du projet *Esprit scientifique, Esprit critique – Tome 2*

Résumé

La séquence a pour objectif de travailler la notion de causalité à partir de celle de corrélation, puis d'apprendre à distinguer les deux. Le décor historique de la séquence est celui du travail du médecin Ignace Semmelweis sur l'origine des maladies infectieuses. L'activité est donc conçue comme une enquête et permet ici de montrer comment établir des hypothèses de causalité. Si les documents fournis font référence à des situations historiques, de nombreuses libertés ont été prises. Les élèves jouent donc le rôle d'un scientifique qui mène une enquête pour comprendre l'origine des morts anormales dans un hôpital du XIX^e siècle. Dans la première partie, ils soulèvent les hypothèses et commencent à écarter certaines d'entre elles. Ensuite, ils poursuivent leur enquête avec de nouveaux documents, pour enfin éliminer toutes les hypothèses, sauf une. Le message principal à retenir est le suivant : la recherche d'explications en sciences est un long processus qui peut commencer par l'impression que deux phénomènes sont corrélés (quand on observe le premier, on observe également le second). Il est vrai que toute relation causale repose sur une telle corrélation (la présence de la cause est associée à celle de la conséquence). Mais, attention, il peut ne s'agir que d'une simple impression. La première étape du processus de recherche de cause est de s'assurer du bien-fondé de cette intuition. Lorsqu'ils recherchent une explication, les scientifiques tentent de prouver la relation causale par une expérience, mais aussi de proposer un mécanisme satisfaisant qui relie la cause à sa conséquence. Ce mécanisme doit être plausible, notamment au vu des autres connaissances scientifiques du moment. Pour l'évaluation de la capacité des élèves à remobiliser les compétences travaillées, se référer à la fiche globale d'évaluation « Expliquer » et sélectionner la question 3.

Une meurtrière invisible

Savoir-faire 3 : Élaborer une explication à un phénomène

Niveau 1 : Constaté l'existence de relations régulières entre des phénomènes (Act. 1)

Niveau 2 : Réaliser que la corrélation n'implique pas forcément une relation de cause à effet (Act. 2)

Niveau 3 : Identifier le mécanisme qui relie un effet à sa cause (Act. 3)

3 activités

CE QUE VOUS ALLEZ TROUVER DANS CETTE SÉQUENCE :

- ▶ Des activités de: SVT
- ▶ Des activités de type: Jeu d'enquête
- ▶ Des activités sur le thème de: Épidémie, Mesures d'hygiène, Histoire

Activité 1: Une étrange rumeur

Objectif: Constaté l'existence de relations régulières entre des phénomènes

| | |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Résumé | Les élèves jouent le rôle d'un scientifique qui mène une enquête pour comprendre l'origine des morts anormales dans un hôpital du XIXe siècle. Dans cette première partie, ils soulèvent les hypothèses et commencent à écarter certaines d'entre elles. |
| Matériel | Documents fournis, feuilles A3 ou ordinateur pour consigner les indices. |
| Notions mobilisées | Micro-organismes pathogènes et mesure d'hygiène. |
| Compétences mobilisées | Proposer une ou des hypothèses pour résoudre un problème; Concevoir des protocoles expérimentaux; Identifier par l'histoire des sciences et des techniques comment se construit un savoir scientifique. |
| Production | Poster de résolution d'enquête (début). |
| Durée | 1 heure environ. |

Message à emporter

La recherche d'explications en science est un long processus qui peut commencer par l'impression que deux phénomènes sont corrélés (quand on observe le premier, on observe également le second). Il est vrai que toute relation causale repose sur une telle corrélation (la présence de la cause est associée à celle de la conséquence). Mais attention, il peut ne s'agir que d'une simple impression. La première étape du processus de recherche de cause est de s'assurer du bien-fondé de cette intuition.

Clés pour la mise en œuvre

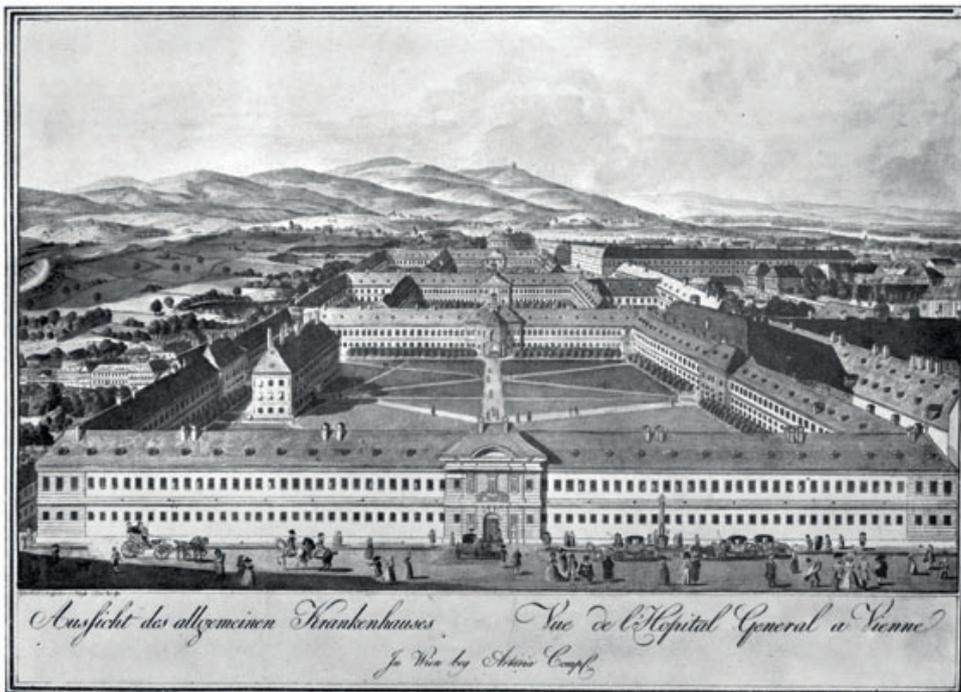
La première étape pour rechercher une explication consiste à remarquer des corrélations: c'est-à-dire les variations simultanées régulières (dans le même sens ou dans le sens opposé) de deux grandeurs. Toute relation causale implique une corrélation. Mais il faut s'assurer que cette corrélation est bien correcte et n'est pas juste une impression.

Cette activité introduit la séquence et plante le décor historique qui servira aux 3 activités de la Séquence. L'objectif est d'exploiter le travail du médecin Ignace Semmelweis sur l'origine des maladies infectieuses pour enseigner la méthode permettant d'établir une relation causale. L'activité est donc conçue comme une enquête et permet ici de montrer comment établir des hypothèses de causalité.

Si les documents fournis font référence à des situations historiques, de nombreuses libertés ont été prises. Il ne s'agit pas de faire un cours d'histoire des sciences (même si l'histoire réelle de ce personnage est assez intéressante en soi pour être évoquée par la suite).

L'enquête va se poursuivre sur 4 ou 5 séances d'une heure. Au fur et à mesure, les élèves collectent des indices (cartes ou tableaux). Ils vont devoir reporter ces indices sur un « mur d'indices » ou « tableau des preuves », les associer à des conclusions, et les relier entre eux jusqu'à la résolution complète de l'enquête. Chaque activité permet de traiter un niveau du savoir-faire, comme indiqué dans les objectifs d'activité.

Note: cette première partie de la séquence peut être réalisée en classe entière, pour placer le contexte et aider les élèves à se lancer dans l'activité.



Déroulé possible de l'activité

Contexte : Vienne, XIX^e siècle. Une épidémie touche les femmes qui accouchent dans un service hospitalier. Etrangement, le service voisin semble épargner. Les rumeurs les plus étranges tentent d'expliquer ce macabre mystère. Un médecin, Ignace Semmelweis, va tout faire pour percer à jour ce mystère.

Objectif : Devenez Ignace Semmelweis et éliminez les unes après les autres les causes jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'une !

Organisation : Par groupes de 2 ou de 4.

Matériel :

- Récits des deux premières journées (distribuer la première journée et la seconde quand les élèves ont terminé la première).
- Les autres indices (à distribuer au fur et à mesure de la progression des élèves).
- Le Tableau des preuves sur lequel reporter les indices et les conclusions.

Règles : Chaque jour d'enquête, les élèves vont découvrir des indices. Ils doivent coller chaque indice sur un Tableau des preuves (une feuille A3 ou un support numérique) et écrire une conclusion très synthétique en dessous (pas besoin de rédiger). Par « Indice » on entend tout élément de l'enquête qui permet de soulever ou de réfuter une hypothèse. Ce n'est qu'à l'issue de la validation par l'enseignant de la conclusion de l'indice que les élèves obtiennent l'indice suivant ou passent à la journée suivante.



| Années | Service 1 | Service 2 |
|--------|-----------|-----------|
| 1843 | 9,0 % | 6,0 % |
| 1844 | 8,2 % | 2,3 % |
| 1845 | 6,9 % | 2,0 % |
| 1846 | 11,5 % | 2,8 % |
| 1847 | 5,0 % | 1,0 % |

L'enseignant explique : « Vous allez jouer le rôle de l'enquêteur : collectez les indices, éliminez les mauvais suspects et déterminez la cause de cette épidémie ! »

■ **L'enseignant présente aux élèves le contexte et l'objectif de l'activité.**

■ **L'enseignant distribue les Fiches élève et présente le contexte historique** à l'aide de l'introduction du scénario. L'enseignant peut expliquer que le fond historique de cette activité est vrai, et certains documents fournis sont issus d'archives.

■ **L'enseignant répartit les élèves en binôme et leur présente les éléments de l'activité en leur distribuant les documents relatifs à la première journée.** Il leur explique le système du Tableau des preuves et des indices et comment les récolter et progresser dans l'enquête.

Note : distribuer aux groupes d'élèves les indices au fur et à mesure, alors qu'ils progressent à des vitesses différentes, nécessite une très grande organisation ! Il est possible de préparer et disposer les indices à un endroit de la classe de sorte que l'enseignant n'ait qu'à autoriser les élèves d'aller les récupérer. Certains enseignants les ont mis à disposition de façon numérisée dans un espace de travail et donnaient l'accès aux élèves qu'après validation de leur travail. Il est également possible de débiter l'activité en classe entière pour que les élèves s'approprient le concept de l'activité et que la suite soit mieux organisée.

■ **L'enseignant propose de réaliser une première mise en commun des Tableaux de preuves en fin d'activité.** Cela permet d'aiguiller les groupes en retard car l'activité suivante est liée à celle-ci. Une discussion peut-être menée avec les élèves sur les causes qu'ils estiment être les plus probables.

Conseils de mise en place et éléments de correction

- Les élèves doivent d’abord vérifier la validité de la « rumeur » donnée dans l’introduction. Cela peut sembler trivial mais il est nécessaire d’insister sur le fait qu’on ne cherche pas d’explication à une affirmation non avérée. Nous avons tendance naturellement à chercher à proposer des explications à des affirmations non vérifiées. En l’occurrence, la rumeur – attribuant une plus grande mortalité des femmes accouchant dans un service de l’hôpital plutôt qu’un autre – est avérée : ce n’est donc plus une rumeur désormais ! Cette phase se déroule avec le récit de la journée 1 uniquement.
- Lorsqu’un groupe a correctement terminé la première journée, l’enseignant peut lui distribuer le récit de la journée 2 et les documents qui s’y rapportent (les indices présents dans la fiche de matériel), permettant d’élaborer des hypothèses à l’origine de la différence de mortalité entre les deux services. Les consignes permettent aux élèves de progresser en autonomie.

Pour nourrir la discussion à l’issue de l’activité

■ La mise en commun débute par une correction :

– Le tableau de la journée 1 permet de confirmer l’existence d’une différence de mortalité entre les deux services, justifiant les recherches à venir. Si la différence n’avait pas été prouvée, s’il n’existait pas de réelle corrélation entre la mortalité due à cette fièvre et le service hospitalier, alors il aurait été inutile de poursuivre la réflexion. Cette vérification n’est donc pas inutile.

– À l’issue de la journée 2, trois hypothèses peuvent être soulevées pour expliquer la surmortalité dans le service 1 : la méthode d’accouchement du médecin (sur le côté) ; la vue du prêtre ; le fait que ce soit des hommes qui pratiquent l’accouchement. En effet, ces trois facteurs varient de façon corrélée à la surmortalité du service 1.

■ Seules des corrélations avérées doivent inciter à la recherche d’une relation de cause à effet. Parfois, on a l’impression qu’une corrélation existe mais ce n’est qu’une impression ! C’est le cas, par exemple, lorsqu’on pense que quelque chose nous porte bonheur ou malheur. On a tendance à ne retenir que les cas qui valident notre supposition ! (« À chaque fois que ma mère lave les vitres, il pleut le lendemain », « À chaque fois que tu es là, mon équipe de foot préférée perd », « À chaque fois que je mange ce légume, je me sens en pleine forme »). On imagine alors qu’il y a une relation de cause à effet. Mais il faudrait noter scrupuleusement la météo de toutes les fois où les vitres ont été lavées, les résultats de notre équipe ou l’évolution de notre état après les repas avant de conclure à une réelle corrélation et donc de rechercher une possible explication !

■ L’enseignant, après avoir présenté cet exemple ou un exemple similaire, invite les élèves à rechercher des situations analogues où l’on affirme un lien de causalité sans avoir pris le temps de vérifier scrupuleusement la corrélation. L’enseignant peut même mettre au défi les élèves de vérifier une telle relation !

Une étrange rumeur (fiche élève)

Objectif : Constaté l'existence de relations régulières entre des phénomènes.

Mission : Formulez des hypothèses sur l'origine de ces morts mystérieuses.

Contexte :

Vienne au XIX^e siècle. Vous êtes un jeune médecin travaillant à l'hôpital de l'université de Vienne. Un jour, en vous rendant à l'université, vous entendez une femme hurler. « Débrouille-toi pour trouver une solution ! » crie-t-elle à son mari.

En vous rapprochant pour tenter de comprendre, vous surprenez la conversation entre deux femmes qui, comme vous, observent la scène :

« La pauvre, elle doit aller chez Klin !

– Mon Dieu, lui rétorque l'autre. Elle n'a pu être admise chez Bartch ?

– Non, plus de place aujourd'hui... ».

Cette discussion ne vous a pas laissé indifférent. Klin est le responsable du département obstétrique d'un service de votre hôpital. Bartch est le responsable du second service. Et le désespoir de cette femme s'explique pour la simple raison que, comme dit la rumeur : « On meurt plus chez Klin que chez Bartch. »

Ce jour marque le début de votre enquête. Votre premier objectif sera de vérifier cette terrible rumeur. Si elle s'avère être vraie, votre second objectif sera de trouver une explication à ce constat, c'est-à-dire de préciser la cause de la différence de mortalité entre les deux services.

Matériel :

- Le récit des journées comportant certaines informations, des indices et des consignes pour progresser.
- Indices à obtenir et à reporter sur le Tableau des preuves.
- Tableau des preuves sur lequel reporter les indices et les conclusions.

Règles : Accumulez les indices et les preuves pour résoudre ce mystère !

À la manière des détectives, collez chaque indice (qu'il confirme ou infirme une hypothèse) sur un Tableau des preuves et établissez les liens entre eux jusqu'à la résolution de l'enquête.



| Années | Service 1 | Service 2 |
|--------|-----------|-----------|
| 1843 | 9,0 % | 6,0 % |
| 1844 | 8,2 % | 2,3 % |
| 1845 | 6,9 % | 2,0 % |
| 1846 | 11,5 % | 2,8 % |
| 1847 | 5,0 % | 1,0 % |

Une étrange rumeur (fiche matériel)

• Récits des deux premières journées

Jour 1 : Juste une rumeur ?

Votre première journée d'enquête commence. Vous cherchez à vérifier si la rumeur qui court dans les rues de Vienne n'est qu'une simple légende urbaine, ou un fait qui mérite d'être éclairé.

En arrivant à l'hôpital, vous vous procurez les archives qui indiquent, année par année, le nombre de patientes qui sont mortes d'une affection particulière appelée maladie puerpérale. Vous répertoriez vos résultats dans un Tableau des preuves. Vous appelez service 1 celui du professeur Klin et service 2 celui du professeur Bartch.

Taux de mortalité enregistrés dans les deux services

| Années | Service 1 | Service 2 |
|-------------|-----------|-----------|
| 1843 | 9,0 % | 6,0 % |
| 1844 | 8,2 % | 2,3 % |
| 1845 | 6,9 % | 2,0 % |
| 1846 | 11,5 % | 2,8 % |
| 1847 | 5,0 % | 1,0 % |

► **Consigne :** ce tableau est votre premier indice. Reportez-le (comme les suivants) sur le Tableau des preuves.

Résumez sous l'indice (en une phrase) votre conclusion concernant la validité de la rumeur.

Jour 2 : L'élaboration d'hypothèses

Votre seconde journée débute par une recherche active d'hypothèses pouvant expliquer la différence de mortalité entre les deux services. Dans les rues de Vienne, les explications ne manquent pas. Parfois, ce sont les phases de la lune que l'on blâme. Difficile pourtant de croire que la lune puisse induire des différences entre deux services d'un même hôpital !

Vous allez donc poursuivre votre enquête dans les couloirs de l'hôpital pour trouver des indices qui vous mèneront sur la voie d'explications plus convaincantes.

► **Consigne 1 :** reportez les différents indices sur le Tableau des preuves.

Résumez sous chaque indice (ou groupe d'indices) l'hypothèse qu'il vous a permis d'élaborer.

Le soir, vous rentrez chez vous. Vous reprenez les indices et les hypothèses que vous avez formulées. Il s'agit maintenant d'élaborer des stratégies qui vous permettraient d'écarter certaines des hypothèses et d'avancer l'enquête avec les autres.

► **Consigne 2 :** rédigez ou schématisez les stratégies mises en place. Si elles sont correctes, vous obtiendrez les résultats de ces expériences.

• Le carnet des indices que les enquêteurs vont pouvoir récolter

✓ Voici deux **témoignages** récoltés en recherchant dans les couloirs de l'hôpital :



✓ Voici deux **faits** que vous avez récoltés en **observant** les services :



✓ Voici un **fait** supplémentaire, retrouvé dans un document de la bibliothèque de l'hôpital :



Activité 2: Un début d'explication?

| Objectif: Réaliser que la corrélation n'implique pas forcément une relation de cause à effet | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Résumé | Les élèves poursuivent leur enquête avec de nouveaux documents. Ils écartent des hypothèses apparues plausibles au premier abord. |
| Matériel | Documents fournis. |
| Compétences mobilisées | Interpréter des résultats et en tirer des conclusions. |
| Production | Poster d'enquête (suite). |
| Durée | 2 heures. |
| Message à emporter | |
| Si la recherche des corrélations est une première étape pertinente pour trouver une explication, il faut toujours garder à l'esprit qu'une corrélation n'implique pas une relation de causalité. La corrélation peut s'expliquer par le hasard (il faut donc la confirmer). Mais elle peut aussi être due à un troisième paramètre qui fait varier les deux premiers en même temps. L'expérience peut permettre de distinguer une relation causale d'une simple corrélation. | |

Clés pour la mise en œuvre

Cette activité se place dans le même contexte que la précédente. Les élèves récupèrent des données d'expériences qui permettent de mettre à l'épreuve les hypothèses formulées dans l'Activité 1. Ils vont ainsi remarquer que certaines corrélations existent en l'absence complète de relation causale et que l'expérimentation permet de s'en rendre compte. L'activité permet ainsi de distinguer entre corrélation et causalité et de comprendre l'importance de mettre en place des expériences contrôlées. Quand cela n'est pas possible, cela invite au moins à considérer avec prudence une preuve simplement basée sur une corrélation.

Déroulé possible de l'activité

Contexte: L'enquête a montré qu'il y avait bien une différence de mortalité entre les deux services et a mené à des hypothèses sur l'origine de cette différence!

Objectif: Il faut continuer à confronter les hypothèses aux faits et ainsi les éliminer une par une, jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'une seule.

Organisation: Par groupes de 2 ou de 4.

Matériel:

- Récits des deux journées suivantes.
- Le carnet contenant les nouveaux indices.
- Le Tableau des preuves commencé dans l'Activité 1.

Règles: Utilisez les nouveaux indices pour écartier certaines des hypothèses encore valables.

L'enseignant explique: « Poursuivez votre enquête et écartez les hypothèses qui ne sont pas supportées par les données ! »

| Années | Taux de mortalité | |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| | Dans le service 1 de l'hôpital | Hors de l'hôpital mais admises dans le service 1 |
| 1844 | 8,2 % | 2,7 % |
| 1845 | 6,9 % | 3,2 % |
| 1846 | 11,5 % | 5,0 % |

■ L'enseignant distribue aux groupes les nouveaux indices en commençant les indices du jour 3. Ceux-ci sont issus d'observations. Le premier tableau permet de comparer la mortalité dans le service

de l'hôpital par rapport à des accouchements hors hôpital pour tenter de vérifier la responsabilité du service lui-même dans la mort des patientes. Le second tableau permet d'écarter une rumeur en se rendant compte qu'elle n'est pas supportée par des faits. Comme précédemment, les élèves reportent leurs indices et concluent dessous dans le Tableau des preuves.

■ L'enseignant distribue aux groupes ayant terminé les indices du jour 3 ceux du jour 4. Il s'agit cette fois de données expérimentales. Quand les observations valident une corrélation (les femmes du service 1 voient en effet plus souvent les prêtres que les femmes du service 2 et les femmes du service 1 meurent plus souvent que celles du service 2), encore faut-il valider le lien causal entre les deux. Les indices du jour 4 correspondent donc à des expérimentations, c'est-à-dire des observations où l'on a contrôlé un paramètre (celui qui est testé, par exemple le passage du prêtre). Ces observations contrôlées permettent d'écarter de nouvelles hypothèses erronées. Une nouvelle fois, les élèves reportent leurs indices et concluent dessous dans le Tableau des preuves.

Note: nous avons fait le choix de multiplier les indices pour que les élèves répètent plusieurs fois la même démarche afin de s'approprier sa logique. L'enseignant pourra cependant faire le choix d'enlever certains indices pour gagner du temps.

Conseils de mise en place et éléments de correction

- L'observation 1 confirme que la cause du problème est bien liée au service 1.
- L'observation 2 infirme la cause possible de la position de l'accouchement. Même si aucune donnée statistique n'est associée aux documents, l'enseignant pourra expliquer que les différences ne sont pas significatives.
- L'expérience 1 infirme le rôle du prêtre. La corrélation n'était qu'une coïncidence : le service 1 est responsable des morts (pour une raison inconnue) et du passage du prêtre (du fait de l'organisation des chambres) sans que les deux paramètres ne soient reliés.
- L'expérience 2 qui consiste à inverser le personnel des deux services confirme le rôle des médecins masculins dans la surmortalité constatée. Ce lien est donc à explorer.

Pour nourrir la discussion à l'issue de l'activité

■ La mise en commun commence par une vérification des conclusions relatives aux indices.

■ Tout d'abord, l'observation permet de confirmer certaines corrélations et d'en infirmer d'autres. Pour ces dernières, aucune relation de causalité n'est possible mais pour les premières le doute subsiste. En faisant varier le facteur causal suspecté, on peut en savoir plus : si, lorsqu'on fait varier ce facteur, la grandeur étudiée varie aussi, alors il y a une relation de cause à effet. Dans le cas contraire, les deux grandeurs variaient ensemble par simple hasard, ou à cause d'un troisième facteur. Certaines corrélations ne sont donc pas associées à des relations de causalité. Seules des nouvelles observations voire des expérimentations garantissent la réalité de la relation causale suspectée.

■ Il est très intéressant ici de multiplier les exemples pour faire prendre conscience aux élèves de notre facilité à voir des liens de causalité dès que l'on perçoit une corrélation. Certains sites rassemblent des corrélations loufoques qui prêtent à sourire. De nombreuses fois pourtant, nous cherchons malgré tout à imaginer des explications causales là où l'on est juste en présence d'une corrélation. Les élèves pourront rechercher de tels exemples.

■ Dans les activités futures, l'enseignant pourra remobiliser cette activité pour demander aux élèves d'évaluer le niveau de preuve dont ils disposent dans un document scientifique : s'agit-il d'une simple corrélation, qui permet d'imaginer une relation causale ? Ou s'agit-il d'une expérience qui donne un argument plus fort en faveur d'une telle relation ?

Un début d'explication? (fiche élève)

Objectif: Réaliser que la corrélation n'implique pas forcément une relation de cause à effet.

Mission: Progressez dans votre enquête!

Contexte:

Au sein de l'hôpital, l'enquête se poursuit. Vos recherches vous ont permis de mettre la main sur de nouvelles données. Vous vous enfermez dans votre laboratoire pour les étudier en détail et vous appuyer dessus pour écarter certaines des hypothèses formulées en début d'enquête.

Matériel:

- Le récit des journées comportant certaines informations, des indices (des faits issus d'observations et des faits issus d'expérimentations) et des consignes pour progresser.

- De nouveaux indices à obtenir et à reporter sur le Tableau des preuves.
- Tableau des preuves sur lequel reporter les indices et les conclusions.

Règles: Remplissez votre Tableau des indices avec les nouveaux indices à disposition et écarter des hypothèses dès que cela est possible.

| Années | Taux de mortalité | |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| | Dans le service 1 de l'hôpital | Hors de l'hôpital mais admises dans le service 1 |
| 1844 | 8,2 % | 2,7 % |
| 1845 | 6,9 % | 3,2 % |
| 1846 | 11,5 % | 5,0 % |



Un début d'explication? (fiche matériel)

• Récits des deux journées suivantes

Jour 3: Les hypothèses à l'épreuve des observations

Vous avez récupéré les données issues d'observations et d'expérimentations menées pour tester vos hypothèses.

En cette première journée, vous commencez votre analyse par ces deux indices issus d'observations :

- ✓ Données d'observation concernant les femmes qui accouchent en dehors de l'hôpital (chez elles ou en chemin).
- ✓ Données d'observation sur le taux d'accouchement en position latérale ou dorsale selon les services, pour trois années.

► **Consigne 1:** Sous les indices reportés dans le Tableau des preuves, énoncez s'il permet d'invalider ou de valider l'une ou l'autre de vos hypothèses. Écrivez bien la ou les hypothèses validées.

Jour 4: Les hypothèses à l'épreuve des expérimentations

Vous poursuivez votre analyse par deux indices, des données issues de deux expérimentations :

- ✓ Résultats d'une expérience où l'on demande au prêtre de faire un détour et au servante de ne pas agiter sa clochette pour ne pas être vu des patientes pendant qu'il se dirige dans la chambre des malades.
- ✓ Résultats d'une expérience où l'on demande d'inverser les étudiants en médecine du service 1 et les sages-femmes du service 2.

► **Consigne 2:** Sous les indices reportés dans le Tableau des preuves, énoncez s'il permet d'invalider ou de valider l'une ou l'autre de vos hypothèses. Écrivez bien la ou les hypothèses validées.

- Le carnet des indices que les enquêteurs vont pouvoir récolter

Indices du Jour 3

Données d'observation concernant les femmes qui accouchent en dehors de l'hôpital (chez elles ou en chemin)

| Années | Taux de mortalité | |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| | Dans le service 1 de l'hôpital | Hors de l'hôpital mais admises dans le service 1 |
| 1844 | 8,2 % | 2,7 % |
| 1845 | 6,9 % | 3,2 % |
| 1846 | 11,5 % | 5,0 % |

Données d'observation sur le taux d'accouchement en position latérale ou dorsale selon les services, pour trois années

| Service | Premier service | | Second service | |
|--------------|-----------------|---------|----------------|---------|
| | Latérale | Dorsale | Latérale | Dorsale |
| Taux en 1844 | 63 % | 37 % | 61 % | 39 % |
| Taux en 1845 | 64 % | 36 % | 62 % | 38 % |
| Taux en 1846 | 62 % | 38 % | 64 % | 36 % |

Indices du Jour 4

Résultats d'une expérience où l'on demande au prêtre de faire un détour et au servant de ne pas agiter sa clochette pour ne pas être vu des patientes pendant qu'il se dirige dans la chambre des malades

| Conditions | Nombre de patientes observées | Nombre de morts (proportions en %) |
|---------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Prêtre visible et servant agitant clochette | 195 | 18 (9,2 %) |
| Prêtre discret et pas de clochette | 102 | 9 (8,8 %) |

Données d'observation sur le taux d'accouchement en position latérale ou dorsale selon les services, pour trois années

| Conditions | Taux de mortalité dans le service 1 | Taux de mortalité dans le service 2 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Étudiants dans le service 1 et sages-femmes dans le service 2 | 11,4 % | 2,7 % |
| Étudiants dans le service 2 et sages-femmes dans le service 1 | 2,9 % | 11,7 % |

Activité 3: Affaire classée

Objectif: Identifier le mécanisme qui relie un effet à sa cause

| | |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Résumé | Les élèves terminent leur enquête avec de nouveaux documents pour éliminer toutes les hypothèses sauf une. |
| Matériel | Documents et éventuellement: microscopes, lames, lamelles, pipettes, yaourt. |
| Compétences mobilisées | Interpréter des résultats et en tirer des conclusions. |
| Production | Poster d'enquête (fin). |
| Durée | 2 heures. |

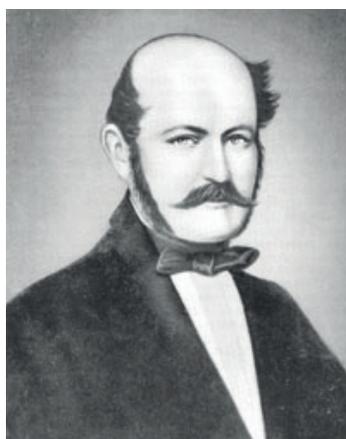
Message à emporter

Lorsqu'ils recherchent une explication, les scientifiques tentent de prouver la relation causale par une expérience mais aussi de proposer un mécanisme satisfaisant qui relie la cause à sa conséquence. Ce mécanisme doit être plausible, notamment au vu des autres connaissances scientifiques du moment.

Clés pour la mise en œuvre

Cette activité reprend le même contexte que les deux précédentes. Les élèves poursuivent leur enquête en éliminant certaines hypothèses et tentent de trouver celle qui permet d'expliquer au mieux les relations observées. Pour cela, ils récupèrent des données d'expériences qui mettent à l'épreuve les hypothèses formulées dans l'Activité 1 et non évincées par l'Activité 2. Dans la suite de l'activité, ils tentent de valider définitivement l'hypothèse choisie par la recherche d'un mécanisme explicatif permettant de relier le phénomène étudié (la mort des femmes dans le service 1) à sa cause probable (l'intervention de jeunes médecins dans les salles d'accouchement).

La fin de l'activité déborde du cadre historique de Ignace Semmelweis puisqu'elle repose sur des expériences pensées et réalisées par Louis Pasteur et Robert Koch vers la fin du XIX^e siècle.



Ignace Semmelweis

Ignace Semmelweis



Louis Pasteur



Robert Koch

Déroulé possible de l'activité

Contexte : L'enquête a déjà permis d'écarter certaines hypothèses, mais le mystère des morts inexplicables demeure. De nouveaux indices majeurs arrivent cependant et semblent indiquer que la résolution finale n'est plus très loin.

Objectif : Eliminer les dernières hypothèses et s'assurer du bien-fondé de l'hypothèse restante.

Organisation : Par groupes de 2 ou de 4.

Matériel :

- Récits des deux journées suivantes.
- Le carnet contenant les nouveaux indices (certains indices ne sont donnés qu'après présentation du protocole par les élèves).
- Le Tableau des preuves commencé dans l'Activité 1.
- Eventuellement du matériel pour obtenir un indice supplémentaire.

Règles : Intégrer les derniers indices et valider l'hypothèse finale.

| | Nombre de naissances | Taux de mortalité (%) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| 1846 Janvier | 255 | 11,4 |
| 1846 Février | 268 | 11,7 |
| 1846 Mars | 250 | 10,5 |
| 1846 Avril | 264 | 12,7 |
| 1846 Mai | 262 | 12,9 |
| 1846 Juin | 278 | 11,9 |

L'enseignant explique : « Poursuivez votre enquête jusqu'à la résoudre complètement ! »

■ **L'enseignant distribue les indices de la nouvelle journée.** Comme précédemment, les élèves collent les indices dans le Tableau des indices et élaborent des hypothèses puis conçoivent les protocoles expérimentaux pour les tester. Par exemple, un fait précise que les médecins réalisent des examens brutaux. Pour tester si la responsabilité des médecins s'explique par les examens brutaux, il faut demander à certains médecins d'arrêter ces examens (test et témoin) ou demander à tous les médecins d'arrêter et comparer les taux de mortalité avant et après la requête.

■ **Quand les protocoles sont jugés satisfaisants par l'enseignant, il distribue les résultats d'expérience.** Ceux-ci permettent à l'élève de conclure sur la relation de causalité. Les élèves doivent comprendre que plusieurs protocoles peuvent être jugés satisfaisants, mais qu'ils doivent maintenant se baser sur les tests réalisés.

Conseils de mise en place et éléments de correction

- La fin du jour 5 a permis de terminer le processus de mise en évidence de l'explication à la surmortalité des femmes dans le service 1. Toutes les hypothèses ont été écartées sauf une (le fait que les médecins sortant des salles d'autopsie ne se lavent pas les mains et vont directement en salle d'accouchement). Pour accorder plus de confiance dans cette hypothèse, les scientifiques ont voulu rechercher le mécanisme qui unit la cause (le fait de ne pas se laver les mains) à son effet (la surmortalité). Ainsi commence le jour 6.
- Le jour 6 révèle de nouvelles informations et l'enseignant demande aux élèves cette fois de proposer une explication à la relation causale, et un protocole qui permettrait de tester l'hypothèse. On est donc précédemment passé du constat d'une corrélation à une mise en évidence d'une preuve expérimentale et on veut maintenant rajouter une confirmation supplémentaire à cette relation causale en déterminant le mécanisme qui la sous-tend. C'est l'objectif de l'expérience proposée ici.

■ **L'enseignant distribue les indices du jour 6.** Ce document peut être remplacé par une observation de bactéries de yaourt. Dans le cas, l'enseignant présente aux élèves l'extrait de yaourt comme étant un échantillon prélevé sur les mains des étudiants en médecine. Concernant l'échantillon prélevé sur les mains des sages-femmes, l'enseignant donnera la photo de droite de l'indice correspondant. Si l'enseignant décide de mener cette activité d'observation au microscope, il devra dédier une heure pleine à cet indice. Dans tous les cas, les élèves comparent les échantillons prélevés sur les étudiants en médecine et les sages-femmes et reportent ensuite leur nouvel indice et l'hypothèse associée dans le tableau des preuves.

■ **L'enseignant distribue l'expérience finale, permettant de terminer l'enquête.** Celle-ci permet de tester le mécanisme causal et de revoir la démarche expérimentale. L'élaboration d'une hypothèse et d'un protocole expérimental aboutissent à la formulation de prédictions. Si l'hypothèse est vraie, les résultats observés seront identiques aux résultats prédits. Le cadre expérimental étant un peu compliqué, il est fourni aux élèves. Ceux-ci doivent en revanche formuler les prédictions et attendre les résultats pour conclure. Cette étape intellectuelle est très difficile à comprendre pour les élèves qui ne perçoivent pas la logique de faire des prédictions si l'hypothèse est vraie et de confronter les données expérimentales à ces prédictions. Certains groupes auront donc besoin d'être accompagnés dans cette procédure.

■ **Finalement, l'enseignant fournit les résultats expérimentaux (Jour 7) et laisse les élèves terminer leurs tableaux.**

Conseils de mise en place et éléments de correction

- Les constats permettent de faire deux hypothèses : les médecins sont responsables de la surmortalité des femmes dans le service 1 car : (hypothèse 1) ils réalisent souvent des dissections avant les accouchements et ils ont sur les mains des éléments invisibles qui causent la mortalité, (hypothèse 2) ils sont brutaux ce qui entraînent des blessures qui causent la mortalité.
- Les élèves ont donc pu proposer les expériences suivantes : pour tester l'hypothèse 1 : demander à certains étudiants (notion de témoin) de ne pas faire de dissections avant les accouchements OU de mettre des gants OU se laver les mains ; pour tester l'hypothèse 2 : demander à certains étudiants de ne pas être brutaux lors des accouchements.
- Les résultats des deux expériences ensuite donnés tendent à valider l'hypothèse 1.
- Le jour 6, la comparaison des prélèvements réalisés sur les mains des sages-femmes et des étudiants doit permettre de mettre en évidence la présence de nombreuses bactéries chez les seconds. Ces bactéries pourraient être le lien entre les dissections et la mort des femmes. Elles seraient transmises par les animaux morts et infecteraient les patientes qui tomberaient ensuite malades. Ces mêmes bactéries seraient éliminées lors du lavage des mains, ce qui limiterait les infections.
- L'expérience finale vient apporter une validation à la dernière hypothèse. Une goutte de sang est prélevée puis elle est diluée. À chaque phase de repos, seules les bactéries se développent. Les dilutions successives sont là pour s'assurer qu'à la fin de l'expérience il ne reste, dans le tube à essais final, que des bactéries et rien d'autre du sang initial. L'injection de ce milieu ne contenant que des bactéries à une nouvelle lapine va permettre de valider ou non l'hypothèse : si l'hypothèse selon laquelle ce sont les bactéries qui sont responsables de la transmission des maladies infectieuses est vraie, alors l'inoculation par une goutte du milieu issue de dilutions répétées doit suffire à contaminer un nouvel individu. C'est le cas, l'hypothèse est validée et le mystère résolu.

Pour nourrir la discussion à l'issue de l'activité

- La mise en commun débute par la vérification des conclusions des différents groupes.
- La comparaison des tableaux de tous les groupes permet d'arriver aux conclusions scientifiques (rôle des micro-organismes pathogènes dans l'origine des maladies infectieuses). La mise en commun permet de souligner les longues et coûteuses étapes de l'élaboration d'une explication scientifique. Des explications aujourd'hui admises ont nécessité souvent de très longues années de travail et de recherche pour passer des hypothèses de causalité à l'acceptation définitive d'un lien, notamment via l'expérimentation et la recherche de mécanismes explicatifs.
- Il est nécessaire de conclure en faisant réfléchir les élèves sur cet aspect d'une science lente et qui prend son temps. Nous avons tous envie d'avoir des réponses fermes, immédiates et définitives sur de nombreux sujets. Parfois, nous acceptons des explications qui proviennent du premier site internet ou du premier ami que l'on a consulté. Mais nous devrions nous demander : comment a été produite cette explication ? Sur une simple intuition ou suivant une procédure longue et coûteuse ? Ai-je envie d'accorder la même confiance à l'idée passée par la tête d'un blogueur et au travail rigoureux de scientifiques respectant une méthodologie exigeante ? L'enseignant peut demander aux élèves de réfléchir à certaines explications douteuses qu'ils ont entendues et aux preuves qu'ils ont sur la façon dont elles ont été conçues.

Affaire classée (fiche élève)

Objectif: Identifier le mécanisme qui relie un effet à sa cause

Mission: Classez définitivement l'affaire!

Contexte:

L'enquête a déjà permis d'écarter certaines hypothèses, mais le mystère des morts inexplicables demeure. De nouveaux indices majeurs arrivent cependant et semblent indiquer que la résolution finale n'est plus très loin.

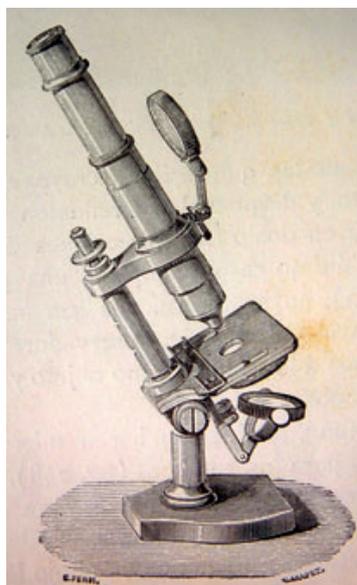
Matériel:

- Récits des deux journées suivantes.
- Le carnet contenant les nouveaux indices.
- Le Tableau des preuves commencé dans l'activité 1.
- Éventuellement du matériel pour obtenir un indice supplémentaire.

Règles: Terminez de remplir le Tableau des preuves.

Résultats d'une expérience où l'on demande aux étudiants de réduire leurs examens d'avant accouchement. Ceci a été fait à partir de mars 1846

| | Nombre de naissances | Taux de mortalité (%) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| 1846 Janvier | 255 | 11,4 |
| 1846 Février | 268 | 11,7 |
| 1846 Mars | 250 | 10,5 |
| 1846 Avril | 264 | 12,7 |
| 1846 Mai | 262 | 12,9 |
| 1846 Juin | 278 | 11,9 |



Affaire classée (fiche matériel)

• Récits des trois dernières journées

Jour 5: Les conclusions mènent à de nouvelles questions

Une nouvelle étape commence dans votre enquête. Comment expliquer que les accouchements par les étudiants de sexe masculin induisent une plus grande probabilité de déclencher une maladie puerpérale que ceux réalisés par des sages-femmes? Vous repartez à la recherche de nouveaux indices pour faire progresser l'enquête.

Vous allez obtenir 4 faits supplémentaires:

- ✓ Un fait que vous apprenez en arrivant à l'hôpital.
- ✓ Trois faits supplémentaires récoltés lors de l'enquête dans les couloirs de l'hôpital.
- **Consigne:** reportez les nouveaux indices et les hypothèses qu'ils permettent d'élaborer sur le Tableau des preuves.

Élaborez des stratégies pour tester chaque hypothèse formulée. Elles vous permettront d'accéder aux résultats.

Jour 6: À la recherche d'une explication

Vous avez prouvé que les mains des étudiants en médecine sortant des cours d'anatomie où ils pratiquent des autopsies sont responsables de la mort plus importante des femmes dans le service 1. Mais une question continue de vous tarauder: quelle est cette matière qui cause la mort?

- **Consigne 1:** réalisez des observations au microscope (gros grossissement) de prélèvements réalisés sur les mains des étudiants et des sages-femmes avant opération. Reportez l'indice et résumez en une phrase votre hypothèse quant au mécanisme expliquant la maladie puerpérale.

Vous allez ensuite obtenir le protocole expérimental final qui vous permettra de tester votre hypothèse.

- **Consigne 2:** réalisez les prédictions du protocole expérimental dans le cas dans le cas où votre hypothèse est vraie? Fausse?

Pour vous aider: schématisez la première goutte de sang prélevé sur la lapine malade: elle contient essentiellement des globules rouges de lapin, des molécules et des cellules de bactéries. Puis le résultat après dilution? Et après la phase de repos? Et donc à la fin de l'expérience, juste avant l'inoculation?

Jour 7: Le rideau tombe

Vous obtenez les résultats de l'expérience. Vous pouvez terminer l'enquête.

- Le carnet des indices que les enquêteurs vont pouvoir récolter

Éléments recueillis le Jour 5

- ✓ Un fait entendu à l'hôpital le matin-même.



- ✓ Voici deux **faits** que vous avez récoltés en **observant** les services :



Indices obtenus après présentation des protocoles

Résultats d'une expérience où l'on demande aux étudiants de réduire leurs examens d'avant accouchement. Ceci a été fait à partir de mars 1846

| | Nombre de naissances | Taux de mortalité (%) |
|---------------------|----------------------|-----------------------|
| 1846 Janvier | 255 | 11,4 |
| 1846 Février | 268 | 11,7 |
| 1846 Mars | 250 | 10,5 |
| 1846 Avril | 264 | 12,7 |
| 1846 Mai | 262 | 12,9 |
| 1846 Juin | 278 | 11,9 |

Résultats d'une expérience où l'on demande aux étudiants de se laver les mains de façon prononcée avant accouchement. Ceci a été fait à partir de juin 1847

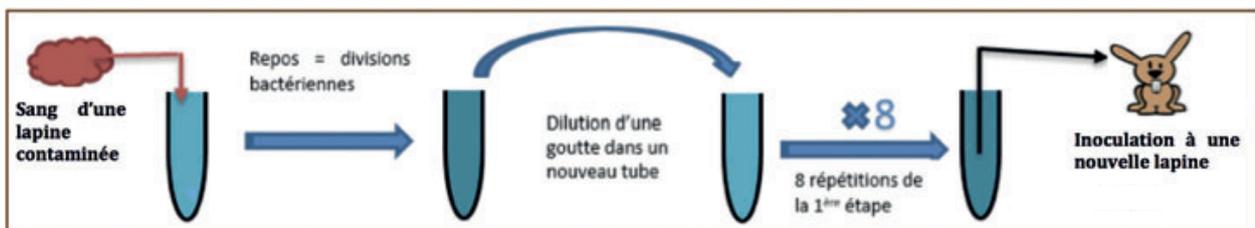
| | Nombre de naissances | Nombre de morts | Taux de mortalité (%) |
|----------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| 1846 | 4010 | 459 | 11,4 |
| 1847 Juin | 268 | 6 | 2,38 |
| 1847 Juillet | 250 | 3 | 1,20 |
| 1847 Août | 264 | 5 | 1,89 |
| 1847 Septembre | 262 | 12 | 5,23 |
| 1847 Octobre | 278 | 11 | 3,95 |

Éléments recueillis le Jour 6

✓ Résultats d'observations comparées de prélèvements réalisés sur les mains d'étudiants ou de sages-femmes.



✓ Protocole expérimental mis en place pour tester le rôle de micro-organismes dans le déclenchement d'une infection.



• Protocole: on récupère du sang d'une lapine contaminée. On réalise une dilution au $1/100^e$ de ce tube (c'est-à-dire que vous prélevez une goutte que vous mélangez à 99 autres dans un nouveau tube). Vous répétez l'opération 10 fois! Après la dernière dilution, vous prélevez une goutte que vous inoculez à une vingtaine de lapines en bonne santé.

- Connaissances initiales:

- si on transfère à l'aide d'un pinceau de la matière issue d'un cadavre sur l'utérus de lapines qui viennent de donner naissance, celles-ci meurent systématiquement.

- entre chaque dilution, un seul type d'éléments peut rester en concentration élevées: les micro-organismes (comme des bactéries) car seules celles-ci sont capables de se multiplier.

► **Consigne:** réalisez les prédictions du protocole expérimental dans le cas dans le cas où votre hypothèse est vraie? Fausse?

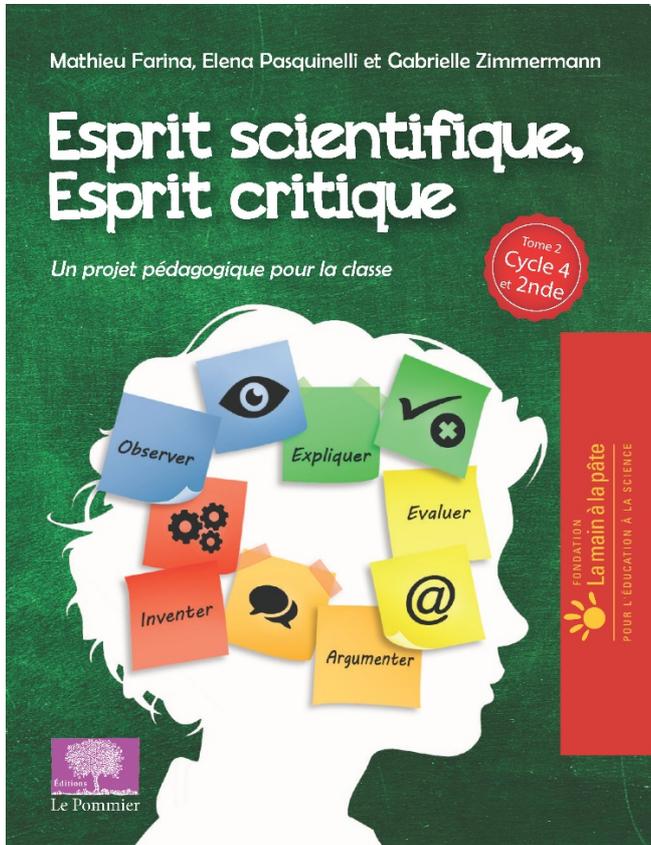
Pour vous aider: schématisez la première goutte de sang prélevé sur la lapine malade: elle contient essentiellement des globules rouges de lapin, des molécules et des cellules de bactéries. Puis le résultat après dilution? Et après la phase de repos? Et donc à la fin de l'expérience, juste avant l'inoculation?

Éléments recueillis le Jour 7

✓ Résultats de l'expérience du Jour 6.



Cette ressource est issue du projet thématique *Esprit scientifique, Esprit critique – Tome 2*, paru aux Éditions Le Pommier.



Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes
75006 Paris
01 85 08 71 79
contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

