

## 1.7

---

### *A l'impossible nul n'est tenu*

*« – Inutile d'essayer, dit Alice, il est impossible de croire aux choses impossibles.*

*– À mon avis vous manquez de pratique, répliqua la Reine. Moi, à votre âge, je m'y appliquais une demi-heure tous les jours. Il m'est arrivé alors de croire jusqu'à six choses impossibles avant le petit déjeuner ».*

Lewis Carroll, *De l'autre côté du miroir*.

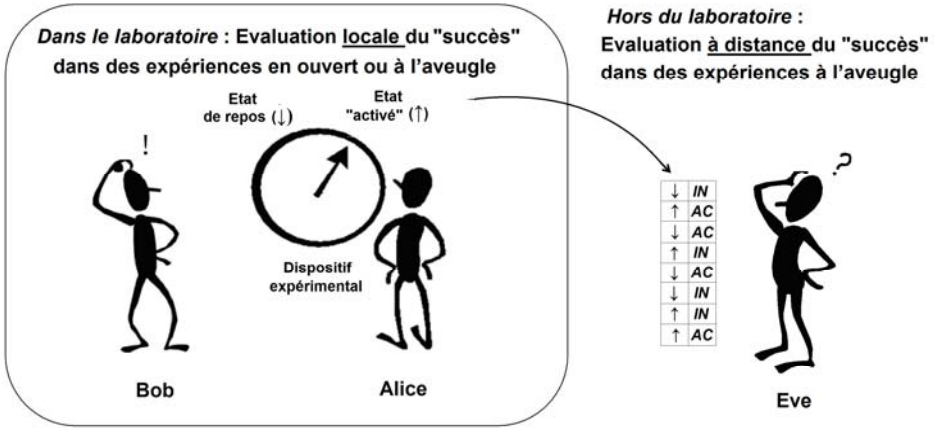
**S**outenir la thèse de la « mémoire de l'eau *sans eau* » n'est pas une simple posture intellectuelle et n'est en aucune manière une concession aux adversaires des expériences de J. Benveniste pour lesquels il ne saurait y avoir de « mémoire de l'eau » car, selon eux, c'est chose impossible dans l'état actuel des connaissances. Nous souhaitons avoir convaincu le lecteur que l'hypothèse de la « mémoire » de l'eau n'est pas tenable, non pas parce cela nous déplaît, mais tout simplement parce que c'est ce que nous enseignent les expériences elles-mêmes pour qui sait les regarder dans leur ensemble et selon le bon angle. Dans ce chapitre, nous formaliserons cette impossibilité en termes mathématiques. Par ailleurs, ce chapitre nous permettra de préparer la modélisation des expériences décrite dans le prochain chapitre.

#### ***Présentation d'Alice, Bob et Eve***

Dans le chapitre 4, nous avons classé les expériences selon le contexte expérimental et, afin de rendre compte des différents résultats, nous allons bâtir un modèle simple basé sur une approche dite personnaliste des probabilités. Nous devons tout d'abord définir certaines conventions et règles.

Il est habituel dans ce type de problème, en cryptologie en particulier, de personnifier les différents protagonistes qui cherchent à échanger (Alice et Bob) ou à intercepter (Eve) des informations. Pour ce qui nous préoccupe, Alice a le rôle de l'expérimentateur tandis que Eve et Bob correspondent respectivement

aux observateurs de type 1 et type 2 que nous avons définis dans le chapitre 4. Le rôle de chacun de ces personnages est décrit dans la Figure 13.



**Figure 13.** Définition des rôles des différents protagonistes dans une situation expérimentale. Eve est hors des locaux où se déroule l'expérience et n'a pas d'informations « directes » ; elle supervise l'expérience à distance en évaluant le taux de succès des expériences faites à l'aveugle (pour Alice/Bob). Dans un premier temps, Eve a remplacé l'étiquette initiale de chaque échantillon expérimental par un code. Quand tous les échantillons ont été testés, les résultats obtenus par Alice sont envoyés à Eve qui peut alors évaluer le taux de succès en comparant terme à terme les deux listes: effets « attendus » (étiquettes « inactives » (IN) et « actives » (AC) des échantillons sous code) et effets observés (état de repos ou état « activé »). Bob qui observe Alice réalisant une expérience et il peut aussi réaliser localement une expérience à l'aveugle pour Alice.

Les termes « local » et « à distance » ne doivent pas induire en erreur, même si, en pratique, Alice et Eve étaient dans des laboratoires plus ou moins éloignés, tandis qu'Alice et Bob étaient proches physiquement. C'est en termes d'informations sur l'expérience que la question se pose. Imaginons qu'Alice joue à pile ou face. Lorsque la pièce est retombée, le résultat de l'expérience est, par exemple, pile pour Alice et Bob. Pour Eve, qui sait que l'expérience a été réalisée, le résultat est néanmoins toujours pile *ou* face jusqu'au moment où Alice l'informe du résultat. On voit ici que les probabilités, même classiques, recèlent un aspect subjectif : le passage de la probabilité 1/2 (incertitude) à 1 ou 0 (certitude) dépend de l'information dont l'observateur dispose sur l'expérience. Les probabilités sont donc une mesure de notre ignorance et

peuvent être différentes selon l'observateur. Elles sont donc liées subjectivement à l'observateur et ne décrivent pas un état objectif du monde.

Le but des expériences que nous décrivons était de démontrer une relation de cause à effet entre la modification de ces échantillons (grâce à la « mémoire de l'eau ») et leur impact sur un dispositif biologique.

Dans ces expériences, l'événement « succès » était défini comme :

1) L'observation d'un échantillon « inactif » (IN) associé à l'état de repos du système expérimental (↓)

*ou*

2) L'observation d'un échantillon « actif » (AC) associé à l'état « activé » du système expérimental (↑).

Nous devons à nouveau insister qu'il est bien entendu (et c'est là que réside l'aspect « non classique » de cette description) que les échantillons sont *tous physiquement équivalents*. Seules les « étiquettes » (qui ne sont en fait que les résultats « attendus » pour chacun des échantillons) permettent de les différencier.

### ***Expériences sur la « mémoire de l'eau » et loi des probabilités totales***

Nous allons montrer dans un premier temps qu'une description selon la logique « classique » ne peut expliquer ces expériences car l'un des piliers des probabilités classiques, la loi des probabilités totales, est violée par ces résultats. Ceci justifiera par conséquent le fait de faire appel à une théorie plus générale des probabilités.

La loi des probabilités totales peut se formuler de la façon suivante. Si on considère deux événements disjoint,  $B_1$  et  $B_2$ , tels que  $\text{Prob}(B_1 \cup B_2) = 1$  (probabilité de réalisation de  $B_1$  ou  $B_2$  égal à 1), alors pour tout événement  $A$ , nous pouvons écrire la formule des probabilités totales::

$$\text{Prob}(A) = \text{Prob}(B_1) \times \text{Prob}(A | B_1) + \text{Prob}(B_2) \times \text{Prob}(A | B_2)$$

Dans cette formule, la probabilité *conditionnelle* d'un événement en fonction de la survenue d'un autre événement est donnée par la formule de Bayes:

$$\text{Prob}(A | B_1) = \text{Prob}(A \cap B_1) / \text{Prob}(B_1).$$

Dans les chapitres précédents, nous avons synthétisé un grand nombre d'expériences basées sur l'appareil de Langendorff (cœur isolé). Ces expériences sont résumées dans le Tableau 3 selon deux types de conditions expérimentales:

- 1) Alice évalue le taux de succès (expérience en ouvert) ou Bob évalue le taux de succès (expérience à l'aveugle pour Alice)
- 2) Eve évalue le taux de succès (expérience à l'aveugle pour Alice).

Dans le cadre d'une description classique de ces expériences, les probabilités respectives de succès ( $SUCC$ ) devraient être identiques avec ou sans supervision par Eve.

Selon les résultats résumés dans le Tableau 3, dans le cas où Eve n'évalue pas le taux de succès des expériences,  $\text{Prob}_A(SUCC) = 0.92$  (évaluation Alice) et  $\text{Prob}_B(SUCC) = 0.88$  (évaluation par Bob). Eve cherche ensuite à confirmer ces résultats proche de l'unité (c'est à dire réalisées avec succès) en réalisant de nouvelles expériences, mais à l'aveugle pour Alice (Figure 1). Lorsque tous les échantillons ont été testés, Eve reçoit les résultats obtenus par Alice pour chacun des échantillons et peut évaluer le taux de succès (Alice ne disposait que d'échantillons sous un numéro de code).

$$\begin{aligned}\text{Prob}_E(SUCC) &= \text{Prob}(IN) \times \text{Prob}(SUCC|IN) + \text{Prob}(AC) \times \text{Prob}(SUCC|AC) \\ &= 0.5 \times 0.57 + 0.5 \times 0.56 = 0.57\end{aligned}$$

Par conséquent, la probabilité de succès est différente selon les conditions expérimentales (évaluation du taux de succès d'abord par Alice/Bob ou d'abord par Eve).

$$\boxed{\text{Prob}_A(SUCC) \approx \text{Prob}_B(SUCC) > \text{Prob}_E(SUCC)}$$

La supervision « à distance » conduit à une chute du taux de succès (le succès étant la concordance des résultats « attendus » et des résultats observés). La loi de probabilité totale est donc violée au cours des expériences de J. Benveniste.

Les situations expérimentales où la loi de probabilité totale est violée concernent des situations non classiques telles que les expériences rencontrées en physique quantique. Une logique décrite par le formalisme quantique est alors nécessaire pour décrire ces expériences qui heurtent le sens commun basé sur une vision « classique » de la réalité. Par exemple, dans l'expérience des fentes de Young, la probabilité d'observer un impact d'un photon sur l'écran en un point précis est différente selon que le chemin emprunté par le photon (fente 1 ou fente 2) a été détecté ou non.

**Tableau 3.** Violation de la loi des probabilités totales dans les expériences sur la « mémoire de l'eau ».

Situations expérimentales	Nombre of points expérimentaux	Résultats « attendus »	Résultats observés (taux de succès, %)	
			Résultat “↓” (état au repos)	Résultat “↑” (état « activé »)
<i>1) Eve n'évalue pas le taux de succès :</i>				
Alice évalue le taux de succès (en ouvert)	N=372	« Inactif »	<b>93%</b>	7%
	N=202	« Actif »	11%	<b>89%</b>
Bob évalue le taux de succès (à l'aveugle pour Alice)	N=118	« Inactif »	<b>91%</b>	9%
	N=86	« Actif »	15%	<b>85%</b>
<i>2) Eve évalue le taux de succès :</i>				
(à l'aveugle pour Alice)	N=54	« Inactif »	<b>57%</b>	43%
	N=54	« Actif »	44%	<b>56%</b>

Les taux de succès (étiquette « inactif » associée à état de repos et étiquette « actif » associée à état « activé ») sont en caractères gras.

Ces résultats sont un résumé du Tableau 2 du Chapitre 5.

La décohérence quantique est toutefois, comme nous le verrons bientôt, un obstacle qui s'oppose *a priori* à l'utilisation de la logique quantique dans des situations expérimentales macroscopiques. C'est pourquoi, dans une deuxième partie nous aborderons les idées et la logique qui sous-tendent la physique quantique. Dans une troisième partie nous proposerons une modélisation des expériences de J. Benveniste en recourant aux probabilités classiques moyennant quelques conditions. Nous verrons qu'une logique de type quantique est néanmoins à l'œuvre à l'arrière plan. Le fait que les expériences de J. Benveniste violent la loi des probabilités totale trouvera alors une explication.

