École nationale supérieure de statistique et d'économie appliquée
ENSEA-Abidjan

École nationale de la statistique et de l'analyse économique
ENSAE Pierre Ndiaye-Dakar

Institut sous-régional de statistique et d'économie appliquée
ISSEA-Yaoundé

Avril 2024

Concours ingénieurs statisticiens économistes cycle long/ analystes statisticiens

ISE cycle long / AS

Première composition de mathématiques
(Durée de l'épreuve : 4 heures)

Avertissement !

- **Le sujet comporte quatre pages numérotées de 1 à 4.**
- **L'exercice 1 est composé de 10 questions indépendantes entre elles, toutes notées sur 1 point. Une note strictement inférieure à 6 est éliminatoire. Toutefois, cet exercice ne comptera que pour un cinquième dans la note finale de cette première épreuve.**

Notations.

— On désigne par $\mathbb{N}$ l'ensemble des *entiers naturels*.

— On désigne par $\mathbb{R}$ l'ensemble des *nombres réels*.

— On désigne par $\mathbb{C}$ l'ensemble des *nombres complexes* — il contient l'ensemble des nombres réels $\mathbb{R}$, ainsi qu'un élément i qui vérifie : $\mathrm{i}^2 = -1$.

Exercice 1

1. Calculer l'intégrale $\displaystyle\int_0^{\sqrt{\pi}} x\sin(x^2)\mathrm{d}x$.
2. Déterminer le domaine de définition de la fonction $x \mapsto \sqrt{\dfrac{x^3}{x-1}}$.
3. Montrer que la courbe représentative de la fonction $x \mapsto \dfrac{x^2-5x+7}{x-2}$ possède une asymptote oblique au voisinage de $+\infty$, dont on déterminera une équation cartésienne.
4. Déterminer les limites à gauche et à droite en 2 de la fonction de la question précédente.
5. Calculer la dérivée de la fonction $x \mapsto \sin(x)\ln(\cos(x))$ définie sur $\left]-\dfrac{\pi}{2}, \dfrac{\pi}{2}\right[$.
6. Déterminer une forme trigonométrique du nombre complexe $a = -3 + \mathrm{i}\sqrt{3}$.
7. Une urne contient quatre boules indiscernables au toucher : deux boules avec le numéro 1, une boule avec le numéro 5 et une boule avec le numéro 8. On pioche au hasard *sans remise* une première boule, puis une deuxième. On note X la variable aléatoire égale à la somme des numéros obtenus. Calculer l'espérance de X.
8. On note $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ la suite définie par son premier terme $u_0 > 0$ et pour tout $n \in \mathbb{N}$: $u_{n+1} = u_n^2 + 2u_n$. Étudier la monotonie de la suite, puis déterminer sa limite.

9. Pour tout $n \in \mathbb{N}$, on pose : $\quad v_n = \dfrac{3\ln(n)^4 - n^3 + \mathrm{e}^{-n}}{1+\cos(n)+2n^3}$. Étudier la limite de la suite $(v_n)_{n\in\mathbb{N}}$.
10. Résoudre l'équation : $\quad \dfrac{1}{2}x^4 - 2x^2 - 3 = 0 \quad$ d'inconnue $x \in \mathbb{R}$, puis d'inconnue $x \in \mathbb{C}$.

Exercice 2

1. **Question préliminaire.** Montrer que la composée d'une fonction croissante et d'une fonction décroissante est décroissante.

Dans cet exercice, on note I l'intervalle $[-1,+\infty[$, et on appelle f la fonction définie par :

$$\forall x \in I, \quad f(x) = x\mathrm{e}^x.$$

2. Dresser le tableau de variation de f.
3. Montrer que la fonction f réalise une bijection de I sur un intervalle J à préciser.

On note g la réciproque de la fonction f, c'est-à-dire la fonction définie par la relation :

$$\forall x \in I, \quad \forall y \in J, \quad y = f(x) \iff x = g(y).$$

4. Donner sans démonstration le tableau de variations complet de la fonction g, et préciser $g(0)$.
5. Montrer que pour tout $x \in J$: $\quad g(x)\mathrm{e}^{g(x)} = x$.

Pour tout réel $a > 0$, on note h_a la fonction $x \mapsto \mathrm{e}^{-x} + ax^2$ définie sur $\mathbb{R}$.

6. Soit $a > 0$.
   (a) Montrer que la fonction h_a admet un minimum.

   On note m_a le point en lequel ce minimum est atteint.

   (b) Exprimer m_a en fonction de a et à l'aide de la fonction g.
   (c) Montrer que : $\quad h_a(m_a) = \dfrac{\mathrm{e}^{-m_a}}{2}(m_a+2)$.
7. Montrer que la fonction $a \mapsto m_a$ définie sur $]0,+\infty[$ est décroissante, puis calculer ses limites aux bornes de son domaine de définition.
8. (a) Montrer que la fonction $a \mapsto h_a(m_a)$ est croissante.
   (b) Déterminer la limite de la fonction $a \mapsto h_a(m_a)$ lorsque a tend vers $+\infty$.

Exercice 3

On note φ la fonction $x \mapsto 3\sin(x)^5 - 5\sin(x)^3 + 1$ définie sur $\mathbb{R}$, et $\mathscr{C}$ sa courbe représentative dans un repère orthonormé $(O;\vec{i},\vec{j})$.

1. Le but de cette question est de trouver un intervalle d'étude *intelligent* de φ permettant de tracer entièrement la courbe $\mathscr{C}$.
   (a) Expliquer pourquoi l'étude de φ sur l'intervalle $[-\pi,\pi[$ permet de tracer entièrement $\mathscr{C}$.
   (b) Montrer que le point $I(0;1)$ est un centre de symétrie de $\mathscr{C}$.
   (c) Montrer que la droite d'équation : $\quad x = \dfrac{\pi}{2} \quad$ est un axe de symétrie de $\mathscr{C}$.
   (d) Expliquer finalement pourquoi l'étude de φ sur $\left[0,\dfrac{\pi}{2}\right]$ permet de tracer entièrement la courbe $\mathscr{C}$.

2. On note ψ la fonction $x \mapsto 3x^5 - 5x^3 + 1$ définie sur $\mathbb{R}$.
   (a) Calculer $\psi(0)$, $\psi(1)$ et $\psi(-1)$.
   (b) Dresser le tableau de variations de la fonction ψ.
   (c) En déduire les variations de φ sur $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$.
3. Construire la courbe $\mathscr{C}$.

Exercice 4

On note B la fonction définie pour tous $a, b \in [0, +\infty[$ par : $\quad B(a,b) = \int_0^1 t^a (1-t)^b \mathrm{d}t$.

1. Justifier que la fonction B est bien définie.
2. Le but de cette question est de calculer $B\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$.
   (a) En effectuant le changement de variable $t = \cos(\theta)^2$, montrer que :
   $$B\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(\theta)^2 \sin(\theta)^2 \mathrm{d}\theta.$$
   (b) Montrer que pour tout $\theta \in \mathbb{R}$: $\quad \cos(\theta)^2 \sin(\theta)^2 = \dfrac{1 - \cos(4\theta)}{8}$.
   (c) En déduire la valeur de $B\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$.
3. Soient $a, b \in [0, +\infty[$.
   (a) À l'aide d'une intégration par parties, montrer que : $\quad B(a+1, b) = \dfrac{a+1}{b+1} B(a, b+1)$.
   (b) Vérifier que : $\quad B(a+1, b) + B(a, b+1) = B(a, b)$.
   (c) En déduire une expression de $B(a+1, b)$ en fonction de $B(a, b)$.
   (d) Au moyen d'un changement de variable, montrer que : $\quad B(a, b) = B(b, a)$.
   (e) En déduire la valeur de $B\left(\frac{5}{2}, \frac{3}{2}\right)$.

Exercice 5

On note $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ la suite définie par $u_0 \in]0,1[$ et pour tout $n \in \mathbb{N}$: $\quad u_{n+1} = u_n - u_n^3$.

1. (a) Montrer que pour tout $n \in \mathbb{N}$: $\quad u_n \in]0,1[$.
   (b) Montrer que la suite converge vers 0.

Pour tout $n \in \mathbb{N}$, on pose : $\quad v_n = \dfrac{1}{u_{n+1}^2} - \dfrac{1}{u_n^2}$.

2. Exprimer v_n en fonction de u_n pour tout $n \in \mathbb{N}$. En déduire que la suite $(v_n)_{n\in\mathbb{N}}$ converge vers 2.
3. On note f la fonction $x \mapsto \dfrac{2-x}{(1-x)^2}$ définie sur l'intervalle $]0,1[$.
   (a) Montrer que f est croissante.
   (b) En déduire que la suite $(v_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est décroissante.
   (c) Montrer que pour tout $n \in \mathbb{N}$: $\quad v_n \geq 2$.

Pour tout $n \in \mathbb{N}$, on pose : $\quad x_n = \dfrac{1}{n+1}\displaystyle\sum_{k=0}^{n} v_k = \dfrac{v_0 + \cdots + v_n}{n+1}$.

4. (a) Justifier que pour tout $n \in \mathbb{N}$: $\quad v_0 \geq x_n \geq v_n$.
   (b) Montrer que la suite $(x_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est décroissante. En déduire qu'elle converge, puis que sa limite L vérifie : $\quad L \geq 2$.
   (c) Montrer que pour tout $n \in \mathbb{N}$: $\quad 2x_{2n+1} - x_n \leq v_{n+1}$. $\quad$ En déduire que $L = 2$.
   (d) Exprimer simplement x_{n-1} en fonction de u_n pour tout $n \in \mathbb{N}$.
   (e) En déduire la limite de $(nu_n^2)_{n\in\mathbb{N}}$.

Exercice 6

1. **Question de cours.** Dans cette question, on fixe deux nombres réels a et b.
   (a) Montrer que : $\quad \big(\cos(a) + \mathrm{i}\sin(a)\big) \times \big(\cos(b) + \mathrm{i}\sin(b)\big) = \cos(a+b) + \mathrm{i}\sin(a+b)$.
   (b) Montrer par récurrence que : $\quad \forall n \in \mathbb{N}, \quad \big(\cos(a) + \mathrm{i}\sin(a)\big)^n = \cos(na) + \mathrm{i}\sin(na)$.

L'objectif de cet exercice est de résoudre l'équation : $\quad z^6 + (7-\mathrm{i})z^3 - 8 - 8\mathrm{i} = 0 \quad$ d'inconnue $z \in \mathbb{C}$.

2. (a) Déterminer $a, b \in \mathbb{R}$ de sorte que : $\quad (a + \mathrm{i}b)^2 = 80 + 18\mathrm{i}$.
   (b) En déduire les racines de l'équation : $\quad x^2 + (7-\mathrm{i})x - 8 - 8\mathrm{i} = 0 \quad$ d'inconnue $x \in \mathbb{C}$.
3. (a) Vérifier que pour tous $a, b \in \mathbb{C}$: $\quad a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$.
   (b) En déduire les *racines cubiques* complexes de -8, c'est-à-dire les nombres complexes $z \in \mathbb{C}$ pour lesquels : $\quad z^3 = -8$.
4. (a) Écrire $1 + \mathrm{i}$ sous forme trigonométrique.
   (b) En déduire les solutions de l'équation : $\quad z^3 = 1 + \mathrm{i} \quad$ d'inconnue $z \in \mathbb{C}$.
   Vous écrirez les solutions sous forme trigonométrique.

Exercice 7

Une entreprise fabrique des casques audio. Dans sa production, 5% des casques ne sont pas conformes (ils ont un défaut). Afin de détecter les casques défaillants, l'entreprise met en place un contrôle qualité : ce contrôle permet de rejeter 96% des casques défaillants, mais rejette malheureusement également 7% des casques en état de marche.

Dans la suite, on note R l'évènement « le casque est rejeté », et D l'évènement « le casque est défaillant ».

1. On choisit un casque au hasard dans cette production.
   (a) Calculer $\mathbb{P}\left(\overline{R} \cap D\right)$, c'est-à-dire la probabilité que le casque ne soit pas rejeté au contrôle qualité et qu'il soit défaillant.
   (b) Quelle est la probabilité qu'il y ait une erreur de contrôle ?
   (c) Quelle est la probabilité qu'il ne soit pas rejeté par ce contrôle ?

À la suite du test, les casques qui sont détectés défaillants sont détruits, et ne sortent donc pas de l'usine. L'entreprise fabrique 10000 casques chaque jour.

2. Combien de casques sortent effectivement chaque jour de l'entreprise en moyenne ?

La production d'un casque coûte 20 euros. Chaque casque sortant de l'usine est vendu 80 euros, et on suppose que tous les casques sont vendus. Cependant, l'entreprise, qui tient à sa réputation, promet de payer 160 euros aux malheureux clients qui auraient acheté un casque défectueux.

3. Combien rapporte en moyenne un casque à l'entreprise ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE STATISTIQUE ET D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE
ENSEA – ABIDJAN

ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE
ENSAE PIERRE NDIAYE – DAKAR

INSTITUT SOUS-RÉGIONAL DE STATISTIQUE ET D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE
ISSEA – YAOUNDÉ

AVRIL 2024

CONCOURS INGÉNIEURS STATISTICIENS ÉCONOMISTES CYCLE LONG / ANALYSTES STATISTICIENS

ISE cycle long / AS

ORDRE GÉNÉRAL
(Durée de l'épreuve : 3 heures)

Les candidats traiteront au choix l'un des trois sujets suivants.

Sujet n° 1

De nombreuses polémiques se font jour actuellement au sujet du développement de l'intelligence artificielle. Quels rôles ce nouveau champ de développement de la technologie peut-il jouer dans notre société ? Quels progrès cette technologie pourrait-elle engendrer, quels dangers pourrait-elle entraîner ?

Sujet n° 2

Les pays du Moyen-Orient semblent jouer progressivement un rôle différent que celui qui leur était habituellement connu en tant que principaux producteurs de ressources d'hydrocarbures. Comment voyez-vous l'évolution de cette nouvelle zone émergente au niveau de la région considérée et au sein du concert des nations ?

Sujet n° 3

Nos cultures et nos traditions sont de plus en plus confrontées à une sorte d'uniformisation portée par la mondialisation. Quelles initiatives pourrait-on engager ou poursuivre afin que nos pays, nos régions, voire des ensembles supranationaux, valorisent leur patrimoine culturel tout en restant ouverts aux transformations apportées par les échanges entre des espaces culturels différents ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE STATISTIQUE ET D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE
ENSEA – ABIDJAN

ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE
ENSAE PIERRE NDIAYE – DAKAR

INSTITUT SOUS-RÉGIONAL DE STATISTIQUE ET D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE
ISSEA – YAOUNDÉ

AVRIL 2024

CONCOURS INGÉNIEURS STATISTICIENS ÉCONOMISTES CYCLE LONG / ANALYSTES STATISTICIENS

ISE cycle long / AS

2ème COMPOSITION DE MATHÉMATIQUES
(Durée de l'épreuve : 3 heures)

Dans toute l'épreuve, *Ln* désigne le logarithme népérien, *e* le nombre de Néper, *R* l'ensemble des nombres réels, *C* l'ensemble des nombres complexes et *N* l'ensemble des entiers naturels.

Exercice n° 1

Soit l'application *f* définie sur R^+ par : $f\ (x) = x^2 Ln\ (x) - \frac{x^2}{2}$ si $x>0$ et $f(0)=0$.

1. Etudier la continuité et la dérivabilité de *f* à droite en zéro.
2. Etudier les variations de *f* et donner l'allure de son graphe.
3. Calculer $I = \int_1^e f(x)\,dx$.
4. Montrer que l'équation $f(x) = x$ admet deux solutions sur R^+ dont l'une est comprise entre $\sqrt{e}$ et e.

Exercice n° 2

Soit la fonction g définie sur R^+ par : $g\ (x) = e^{-2x}\ (2x^2 + 1)$.

1. Etudier les variations de g et tracer son graphe.
2. Etudier la convexité de g.
3. Calculer $I = \int_0^1 g(x)\,dx$.

Exercice n° 3

Le plan complexe *P* est rapporté à un repère orthonormé. On note *A* le point de *P* d'affixe 2*i*.
Soit $f: P - \{A\} \to P$ définie par : $f(z) = \frac{z+1}{z-2i}$.

1. Déterminer l'ensemble *E* des points de *P* dont l'image par *f* est un nombre réel non nul.
2. Déterminer l'ensemble *F* des points de *P* dont l'image par *f* a pour affixe un nombre imaginaire pur non nul.

Exercice n° 4

Les deux questions suivantes sont indépendantes.

1. Une entreprise de location de voitures particulières propose à sa clientèle deux tarifs :
Tarif A : prise en charge 60 dollars par jour et prix unitaire au km : 0,40 dollar.
Tarif B : prise en charge 80 dollars par jour et prix unitaire au km : 0,30 dollar.
Un automobiliste va effectuer un voyage d'affaires de 3 jours.
Déterminer le tarif le plus avantageux pour l'automobiliste en fonction du nombre de kilomètres parcourus.

2. La fonction d'offre Q exprime la quantité produite q d'un bien en fonction de son prix p :

$$q = Q(p) \text{ où } Q(p) = \begin{cases} 4 & si \quad 0 < p < 2 \\ 8(6-p)^{-1/2} & si \quad 2 \leq p < 5 \\ (p-3)^3 & si \quad p \geq 5 \end{cases}$$

Etudier la continuité et la convexité de Q sur chaque intervalle (de la définition) et tracer son graphe.

Exercice n° 5

Une urne contient 8 boules numérotées : 3 boules portent le chiffre 1, 3 boules le chiffre 2, 1 boule le chiffre 3 et 1 boule le chiffre 4. On tire au hasard simultanément deux boules et on note x et y les deux chiffres obtenus.
On considère la variable aléatoire X définie par : $X = |x - y|$.

1. Déterminer la loi de probabilité de X et calculer son espérance.
2. Calculer la variance de X.
3. Soit la variable aléatoire Y= - 2X+1. Calculer son espérance et sa variance.

Exercice n° 6

Pour n entier naturel non nul, on considère la fonction f_n définie par : $f_n(x) = \dfrac{x^n}{1+x^2}$.

1. Etudier les variations de f_n selon les valeurs de n.
2. Tracer le graphe de f_1 et celui de f_2 .
3. Soit $I_n = \int_0^1 f_n(x)\,dx$

- Calculer I_1 et I_2 .
- Calculer I_n pour tout n (on distinguera selon que n est pair ou impair).

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DE STATISTIQUE ET D'ÉCONOMIE
APPLIQUÉE
ENSEA – ABIDJAN

ÉCOLE NATIONALE DE LA
STATISTIQUE
ET DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE
ENSAE PIERRE NDIAYE – DAKAR

INSTITUT SOUS-RÉGIONAL DE
STATISTIQUE
ET D'ÉCONOMIE APPLIQUÉE
ISSEA – YAOUNDÉ

AVRIL 2024

CONCOURS INGÉNIEURS STATISTICIENS ÉCONOMISTES CYCLE LONG / ANALYSTES STATISTICIENS

ISE cycle long / AS

CONTRACTION DE TEXTE
(Durée de l'épreuve : 3 heures)

Le texte ci-après est tiré du livre de Monsieur YVES AGID, intitulé « LE CERVEAU, MACHINE A INVENTER *Comment naissent les grandes découvertes* » paru en avril 2023 aux éditions Albin Michel.

(Il comporte quelques illustrations graphiques qui n'ont pas été reproduites.)

Il doit être résumé en 250 mots (plus ou moins 10%). Vous indiquerez en fin de copie le nombre de mots utilisés.

Il sera tenu compte de l'orthographe, de la ponctuation et de la présentation de votre écrit.

POURQUOI FAIRE DES DECOUVERTES

Pourquoi, à la différence des autres animaux, l'homme a-t-il une telle soif de progrès ? L'histoire montre qu'une civilisation survit si elle progresse et s'éteint faute de progrès. Le progrès semble donc inhérent à l'idée de civilisation. Encore faut-il s'entendre sur la notion de progrès. Le progrès n'est pas seulement social, économique, politique, scientifique ou philosophique. Il est tout à la fois, chacun de ces domaines favorisant les autres. Les avancées se font lentement par accumulation de connaissances, à partir de l'existant, rarement par sauts successifs. C'est ainsi que l'Humanité a passé son temps à progresser dans une direction ou dans une autre, aujourd'hui de manière exponentielle. Des petits pas dans le passé, des grands pas récemment.

Progresser, c'est bien, mais comment ? Le progrès ne peut se faire qu'à partir de ce qui est disponible. Avant de savoir pourquoi c'est ainsi, il faut commencer par savoir comment ça marche. *Homo sapiens* dispose pour cela d'une faculté où il excelle, celle de comprendre, et d'une faculté qui lui est quasiment spécifique, celle de créer. La créativité, cette insatiable soif de progresser, permet d'œuvrer au bien de la société, et si possible, d'éviter les dérives sociales, politiques et morales.

Créer – mot qui a la même origine que croître -, c'est apporter du *nouveau,* souvent avec la connotation d'inhabituel, d'inattendu. Mais, faire du nouveau, ce n'est pas seulement faire différemment, il faut aussi que la nouveauté soit *originale,* singulière, comme la création artistique, ou qu'elle apporte une solution à laquelle on n'aurait pas pensé auparavant. Il faut, de plus, qu'elle ait une *valeur*, petite (un dessin d'enfant) ou grande (la théorie de la sélection naturelle), et qu'elle soit adaptée au contexte (qu'elle tienne compte des besoins, par exemple la réduction de la production d'oxyde de carbone pour lutter contre le réchauffement climatique). Le processus de créativité, loin d'être continu, est constitué de différentes phases qui alternent, d'idées qui se multiplient et qui sont sélectionnées pour aboutir à la création. C'est donc le contraire du banal, du conforme, du classique, de l'académique et du routinier. Mais alors, comment fait-on pour créer ? Il y a trois façons de créer : inventer, innover, découvrir. […]

La vie de tous les jours donne-t-elle souvent l'occasion de faire des découvertes ? En l'absence de difficultés personnelles ou de cataclysme, ne suffit-il pas de « vivre sa vie » en se contentant des habitudes héritées, des routines apprises, ce qu'on pourrait appeler une « bonne vie », celle à laquelle aspire l'immense majorité des habitants de cette planète ? Pourquoi en faire plus si tout va bien ? Ce serait oublier qu'*Homo sapiens* est avide de connaissances. Mais comment connaître, car, si l'on sait, il est inutile de chercher, et, si l'on ne sait pas, on ignore ce qu'il faudrait chercher puisqu'on ne connaît pas la nature de ce que l'on cherche. Telle est la leçon du *Menon,* un dialogue de Platon. Heureusement, l'homme est créatif. Il a en lui ce besoin étrange de rendre maitrisable ce qui l'entoure et, si possible de le rendre calculable. Il veut tout comprendre, tout maîtriser, tout prévoir. Incroyable désir ! Comme le monde avance à toute vitesse, il se sent obligé de trouver des solutions pour ne pas stagner, pour ne pas dépérir. Ce comportement s'impose à lui quand tout va mal, mais aussi quand tout va bien –comme à cet industriel qui disait : « tout marche bien, c'est le moment de changer. » […]

LA RECHERCHE : UNE CONSTRUCTION LABORIEUSE, CONSCIENTE ET SUBCONSCIENTE

L'activité de recherche est une construction, une construction longue, laborieuse, souvent décourageante. […] Ainsi va la science, qui est une accumulation d'innombrables expériences s'échelonnant dans le temps. Mais il ne suffit pas d'accumuler des expériences pour faire des découvertes, car, comme disait Henri Poincaré : « une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierre n'est une maison. »

Certains, souvent les meilleurs, s'accrochent alors à l'hypothèse qu'ils ont formulée et feront tout pour la démontrer envers et contre tous. L'exemple le plus connu est celui de la découverte des hiéroglyphes par Jean-François Champollion, incroyable érudit qui commença à étudier la Pierre de Rosette en 1808, à l'âge de dix-huit ans, et qui trouva la clé du déchiffrement de cette écriture inconnue en 1822. Nous en avons une illustration plus récente avec la découverte du vaccin contre le Covid-19.

LA DECOUVERTE DU VACCIN A ARN :

LA SCIENTIFIQUE QUI LUTTE, QUI CHUTE, QUI REUSSIT

Tout débute en 2005. Une scientifique d'origine hongroise, Katalin Karikö, a passé sa vie à travailler sur une molécule : l'ARN. Emigrée aux Etats-Unis, elle rencontra un immunologiste Drew Weissman, qui la convainquit d'utiliser son savoir-faire pour produire un vaccin. Ces substances que l'on inocule à une personne sont habituellement constituées de microbes, de protéines, d'ADN. *A priori,* aucune raison de collaborer avec Madame K. qui est une spécialiste de l'étude de l'ARN messager (ARNm), une substance qui, dans la cellule, permet à l'ADN de fabriquer des protéines et ne devrait donc pas être envisagée comme support de vaccin. Depuis les années 1985, cette scientifique n'a rencontré que suspicion, voire moquerie, chaque fois qu'elle exposait son projet d'utiliser l'ARNm comme moyen thérapeutique, en particulier parce que la molécule se dégrade rapidement et crée des réactions inflammatoires. Pour empêcher cette dégradation, la chercheuse s'est acharnée à modifier la molécule d'ARNm à l'aide de diverses combinaisons chimiques. « Etre tenace n'est pas s'entêter » dit-elle après avoir été rejetée par un grand nombre de laboratoires. Pourtant, au bout de trente ans, ses recherches aboutirent à la création d'un vaccin contre le virus Covid-19, avec le succès planétaire que l'on connaît. […]

Pour découvrir, il faut voir ce qui est couvert, ce qu'on ne voit pas. Nos cinq sens ont des limites pour ce qui est de voir et de comprendre le monde. L'homme ne peut appréhender qu'une partie infime du réel. Son ingéniosité lui a heureusement permis d'inventer des instruments toujours plus performants, capables d'augmenter le champ de ce qui est perceptible. D'où la production de microscopes de plus en plus pointus pour voir le plus petit, de télescopes de plus en plus puissants pour voir le plus grand, de synchrotrons(1) qui révèlent la structure de la matière, de microscopes à force atomique et autres spectromètres qui révèlent la signature d'un objet, etc. Les scientifiques ont même réussi à voir l'invisible à l'aide des méthodes de la physique corpusculaire (nature des atomes) et de la chimie (structure des molécules). Cette segmentation en objets de plus en plus petits, apparemment dépourvus de signification, prend du sens lorsqu'on les assemble : ils finissent par donner une image cohérente du tout. L'identification d'un phénomène n'est pas suffisante, il faut encore quantifier, expliquer, réunir les données pour les généraliser si possible en un concept ou une loi. Après avoir mis en pièce tous les éléments d'un objet, il faut lui donner du sens … […]

L'irruption de l'informatique.

Par le passé le chercheur pouvait aisément dominer son sujet; la littérature scientifique était maigre, avec un petit nombre de journaux dont il fallait photocopier les articles. Aujourd'hui, le scientifique noyé dans le magma des connaissances de sa spécialité subit le bombardement continu d'informations de valeur inégale. Comment isoler l'information pertinente ? Par le biais de l'intelligence artificielle et de l'informatique. L'ordinateur, grâce à sa mémoire et à sa rapidité colossale fait tout à notre place. Il peut classer, former de nouvelles combinaisons, proposer des probabilités ; bref, il peut trouver toutes les solutions de manière rétrospective parmi les milliards d'informations qu'il a emmagasinées. Encore faut-il qu'il choisisse la bonne. Comment reconnaître le résultat digne d'intérêt à partir de la gigantesque quantité de data qui s'accroît de façon quasi exponentielle ? L'ordinateur est une simple prothèse à l'intelligence humaine…

Mais l'ordinateur peut-il créer ? Comme les performances informatiques s'accroissent, il est à prévoir que les découvertes seront plus nombreuses. Verra-t-on bientôt un *Homo sapiens* augmenté, comme les transhumanistes le prédisent ? Ce sera peut-être le cas pour les organes du corps dont la physiologie est relativement simple, mais probablement pas pour le cerveau, que l'on commence seulement à comprendre et que l'on n'est pas prêt de reproduire ou d'améliorer (sauf peut-être dans un avenir lointain).

L'« homme-machine » n'est pas pour demain, car ce qui fait l'homme, c'est son cerveau. Or, le cerveau humain, cette masse gélatineuse de moins d'un kilo et demi, vivante, malléable, adaptable, capable d'émotions, de conscience et de créativité, est d'une complexité qui dépasse l'imagination.

Il y a pourtant quelque analogie entre le cerveau et l'outil numérique qu'est Internet. Comme le cerveau, la toile est un immense réseau possédant des centaines de milliards de ramifications liées entre elles. Comme le cerveau, Internet apprend de manière continue, c'est ce que nous enseigne le mathématicien Etienne Ghys : chaque page a un classement qui augmente en fonction du nombre de pages consultées, si bien que, lorsqu'on cherche une information en tapant des mots-clés, on est amené à choisir un petit nombre de pistes de recherche dans l'immensité des possibles. Dans ces conditions, pourquoi une machine du futur ne pourrait-t-elle pas créer ?

Pour créer, comme on l'a vu plus haut, il convient de faire du nouveau, de l'original, quelque chose qui soit adapté au contexte et qui ait de la valeur. N'est-ce pas ce qu'a fait le programme de Google AlphaZero en 2017 en battant aux échecs le programme Stockfish 8, qui était champion du monde (28 victoires, 72 parties nulles) ? C'est d'autant plus surprenant qu'AlphaZero n'avait appris à jouer aux échecs que quatre heures plus tôt, que ses capacités étaient plus faibles que celles de l'adversaire […]

FAIRE UNE DECOUVERTE, C'EST UN TRAVAIL COLLECTIF

A l'échelle mondiale, la communication scientifique est confrontée au paradoxe d'une gigantesque quantité de publications scientifiques issues des quatre coins du monde : un nombre incalculable d'articles sont publiés mais présentent un intérêt limité (pourtant nécessaire pour compléter l'immense puzzle de la connaissance), la plupart se perdent dans le néant (certains seront peut-être redécouverts sur le tard), face à un petit nombre d'articles innovants (qui lancent les nouvelles pistes de recherche). Avec ses milliers de journaux scientifiques distribués dans le monde et autant de colloques nationaux et internationaux ubiquitaires[(2)] qui permettent les échanges et la confrontation, la science est devenue collective. La pullulation de l'information, qui rend de plus en plus difficile la détection de celle qui est pertinente, a fait émerger une nouvelle catégorie de scientifiques : ceux qui savent identifier l'information utile ou déterminante pour avoir l'idée que les autres n'ont pas encore eue.

Y a-t-il encore aujourd'hui des découvreurs isolés qui font seuls des découvertes comme on le faisait au temps passé ? Si tant est qu'il y en ait jamais eu, car l'historiographie[(3)] est souvent trompeuse. Aujourd'hui, en tout cas, s'il y a découverte, elle n'est jamais le fait d'un seul individu. Selon la personnalité, selon la formation, selon la discipline, les uns apportent de nouveaux outils, les autres une conception différente du questionnement ; un dernier qui s'était tu jusque-là pose soudain la question inattendue ou jette une idée qui change la donne.

La meilleure preuve en est la diversité des profils psychologiques et des potentiels des chercheurs. La réalité scientifique est là : les découvertes sont collectives, dans le laboratoire ou dans le monde, étalées dans le temps et dans l'espace. Bien souvent, les idées sont dans l'air, mais on n'y pense pas et c'est dans l'échange qu'on saisit l'idée nouvelle.

La découverte n'est donc pas une jubilation solitaire. C'est un engouement collectif tel que l'équipe scientifique entre véritablement en communion. Il est ainsi des moments rares dans un *cursus* scientifique où l'équipe de recherche ressent une sorte de ferveur, comme probablement seuls les religieux en connaissent. Ce qui n'empêche pas le rire, communicatif, entrainant. Et, à cet instant non prévu, sans raison apparente, tout d'un coup émerge une force collective capable d'imaginer, de concevoir, d'aboutir, de trouver, de découvrir. L'entente de plusieurs participants aux compétences complémentaires devient soudainement productive. Comme une même recette de cuisine dont l'un tirera un frichti insipide, un autre un mets délicieux, un troisième une nouvelle recette. Il est vrai qu'en cuisine il ne suffit pas de travailler au sein d'une brigade pour être créatif. Combien d'équipes de recherche et autres comités ne sont que des foyers d'idées reçues sinon d'obscurantisme trompeur ou d'hystérie collective futile. C'est la raison pour laquelle la réflexion collective impose un leader qui écoute, suscite les échanges, entraîne, résume les idées, restitue la synthèse, conclut, instille un certain état d'esprit.

Finalement le nombre et l'importance des découvertes dépendent aussi de la disposition de la société dans laquelle se déroule la recherche. Ce n'est pas dans les pays en situation de misère que peut s'effectuer une recherche de haut niveau, laquelle se concentre donc dans les pays les plus développés, qui ne sont du reste pas nécessairement les plus puissants, mais qui sont ceux où la quête de progrès est prioritaire. […]

La mise en place d'une politique scientifique, nécessairement lente, ne donne pas toujours les résultats escomptés, car la science progresse de plus en plus vite. Il est donc difficile d'anticiper la bonne science de demain, et *à fortiori*, la science qui permettra de faire des découvertes.

Que sera le bon scientifique du futur, étouffé par la routine, asphyxié par des techniques de plus en plus sophistiquées ? Le chercheur scientifique deviendra-t-il un bricoleur ou un ingénieur. Oui, certainement les deux à la fois. Il devra travailler en collectivité, avec l'ensemble de la communauté scientifique, en apportant des idées simples et nouvelles – idées qu'il restera à mettre en œuvre, ce qui implique de la liberté, du temps, de l'ambition, et de la confiance en soi.

(1) – **synchrotron** : instrument électromagnétique de grande taille.

(2) – **ubiquitaire** : présent partout.

(3) – **historiographie** : travail de l'écrivain qui était chargé officiellement d'écrire l'histoire de son temps ou d'un souverain.