

Л. Е. Левонюк

# ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

## Le Français

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего  
образования по специальностям «Экономическая кибернетика»,  
«Прикладная математика», «Физика и информатика»,  
«Компьютерная физика», «Математика и информатика»*

Минск  
«ИВЦ Минфина»  
2019

УДК 811.133.1(075.8)  
ББК 81.2Фр-923  
Л37

**Рецензенты:**

кафедра романских языков учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (зав. кафедрой, кандидат филологических наук, доцент *М. А. Комарова*);

доцент кафедры лексикологии французского языка факультета романских языков учреждения образования «Минский государственный лингвистический университет», кандидат филологических наук, доцент *Л. Г. Бондарчук*

**Левонюк, Л. Е.**

Л37 Французский язык = Le Français : учебное пособие / Л. Е. Левонюк. — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 200 с.

ISBN 978-985-7224-80-7.

Основная цель данного учебного пособия — обучение студентов чтению профессионально ориентированных текстов.

Учебное пособие состоит из трех больших разделов по заявленным дисциплинам: «Математика», «Информационные технологии», «Физика».

Текстовые материалы информативны, тщательно отобраны и представляют собой аутентичные тексты из различных источников, в том числе специальных научных журналов. Имеются тексты для самостоятельной работы и приложения. Даны способы контроля знаний.

Предназначено для студентов физико-математических специальностей учреждений высшего образования.

**УДК 811.133.1(075.8)**  
**ББК 81.2Фр-923**

**ISBN 978-985-7224-80-7**

© Левонюк Л. Е., 2019  
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2019

---

---

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

---

Основной целью обучения иностранному языку в высшем учебном заведении является формирование у студентов способности и готовности к межкультурной коммуникации в сфере профессиональной деятельности. Программа для высших учебных заведений неязыковых специальностей ставит задачу расширения запаса специальной лексики и активизации работы с иноязычной литературой по специальности в процессе формирования умений и навыков работы с профессионально ориентированными текстами.

Данное учебное пособие предназначено для студентов физико-математических специальностей учреждений высшего образования, разработано в соответствии с действующей учебной программой по иностранному языку и рассчитано на 120 часов аудиторной и 80 часов внеаудиторной работы.

Цель учебного пособия – на интересном материале проблемно-информационного характера научить студентов читать профессионально ориентированные тексты, а также, используя аутентичные источники на французском языке, показать студентам, что изучаемый иностранный язык является средством получения, расширения и углубления системных знаний по специальности и способствует самостоятельному повышению своей профессиональной квалификации.

В процессе чтения решаются задачи по формированию навыков и умений перевода и аннотирования текстов по специальности, ведения профессиональной беседы на заданную тему, аргументированного изложения своей точки зрения, а также по формированию умения делать презентацию информации на французском языке.

Пособие состоит из двух частей: первой, основной части, включающей три раздела «Математика», «Информационные технологии», «Физика», второй части, содержащей дополнительные тексты для самостоятельной работы студентов, и приложения.

Каждый раздел первой части в свою очередь делится на структурированные подразделы, в которые вошли материалы для обучения различным видам чтения и перевода профессионально ориентированных текстов, написания аннотации и краткого сообщения или презентации на заданную тему, составления аргументированных высказываний.

Предтекстовые задания направлены на снятие трудностей при первичном знакомстве студентов с материалом и включают упражнения на

расширение словарного запаса, нахождение дефиниций, подбор синонимов и антонимов, а также на определение основной проблематики текста.

**Étude du vocabulaire du texte** – первый блок послетекстовых упражнений предусматривает работу по закреплению вокабуляра текста: составление словосочетаний, словообразование и перевод специальных терминов, встречающихся в тексте, с русского языка на французский.

**Étude du contenu du texte** – второй блок послетекстовых упражнений включает задания на проверку понимания прочитанного текста, формирование умения извлекать содержащуюся в нем информацию.

**Production orale** предлагает задания на вычленение смысловых частей текста, ключевых слов и выражений, компрессию, презентацию информации, что нацеливает на составление аннотации.

**Expression libre** содержит задание творческого характера, направленное на развитие навыков аргументированного высказывания (комментирование цитат, написание статей для периодических изданий, подготовка публичных выступлений и т.д.).

**Production écrite** включает тексты по тематике раздела для письменного перерыва с французского языка на русский и составления аннотации.

**Révision** (2 теста после каждого раздела) предполагает контроль приобретенных студентами навыков и умений, а также уровня усвоения лексического материала раздела.

Вторая часть пособия, включающая тексты для самостоятельной работы студентов по трем тематическим разделам: «Математика», «Информационные технологии», «Физика», предлагает предтекстовые задания по составлению глоссария специальных и научных терминов, содержащихся в текстах, а также блок послетекстовых упражнений для закрепления навыков работы с текстом, приобретенных во время аудиторных занятий, включающий задания по вычленению смыслового компонента текстов, их ранжированию по частям, резюмированию, а также творческое задание подготовить презентацию или научную статью по тематике текста с использованием дополнительной информации, что способствует развитию навыков поиска и отбора информации по заданной теме.

В приложении даются памятки для составления глоссария и написания аннотации, список фраз-клише, необходимых для выполнения заданий и образец глоссария и аннотации.

Автор надеется, что пособие послужит фундаментом для дальнейшей работы студентов физико-математического профиля с научной литературой профессионально ориентированной направленности, написания научных статей и подготовки презентаций по теме их исследований.

---

---

# MATHÉMATIQUES

---

---

## L e ç o n 1

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

résonnement (m) logique	énoncé (m) mathématique
figure (f)	théorème (m)
transformation (f)	lemme (m)
domaine (m)	branche (f)
logique (f) mathématique	scholie (f)
mathématiques (f, pl) pures	corollaire (m)
mathématiques (f, pl) appliquées	conjecture (f)
axiome (m)	extraction (f) des racines carrées
postulat (m)	équation (f) polynomiale
fondements (m, pl)	infinitésimal
recherche (f)	observation (f)
expérience (f)	valide
compétence (f) calculatoire	application (f)
se distinguer	calcul (m) fractionnaire

#### **II. Trouvez la bonne définition :**

1. L'axiome	a) est une conséquence immédiate d'un théorème énoncé et démontré.
2. Les mathématiques	b) ce qui s'exprime dans le monde matériel sous une forme mesurable.
3. Le corollaire	c) signifie les aptitudes de l'homme de faire des calculs différents et de résoudre des problèmes mathématiques.
4. Les compétences mathématiques	d) désigne une proposition indémontrable utilisée comme fondement d'un raisonnement.

5. Le monde physique	e) sont un ensemble de connaissances abstraites résultant de raisonnements logiques appliqués à des objets divers tels que les nombres, les figures, les structures et les transformations.
6. Infinitésimal	f) est une proposition intermédiaire ou accessoire d'un raisonnement.
7. Le lemme	g) est une supposition fondée sur des probabilités, mais qui n'est pas contrôlée par les faits.
8. La fraction	h) relatif aux quantités infiniment petites.
9. La conjecture	i) est une proposition démontrable qui résulte d'autres propositions déjà posées.
10. Le théorème	j) est un certain nombre de parts considérées après la division d'un nombre entier en parties égales.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

raisonnement (m)	quête (f)
appliquer	expérimentation (f)
recherche (f)	postulat (m)
branche (f)	évaluation (f)
expérience (f)	spéculation (f)
axiome (m)	solution (f)
conjecture (f)	chiffre (m)
mesure (f)	discipline (f)
résolution (f)	employer
nombre (m)	hypothèse (f)

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

logique	rationnelle
empirique	ordinaire
séparation (f)	imiter
se distinguer	illogique
particulier	similitude (f)
entier (m)	concrétisation (f)
abstraction (f)	se confondre
précis	inéquation (f)
inventer	indéterminé
équation (f)	fraction (f)

## V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :

### Les mathématiques : leurs origines et histoire

Le mot «mathématique» vient du grec, par l'intermédiaire du latin. Le mot *μάθημα* (*máthēma*) signifie «science, connaissance» puis «mathématiques». Les mathématiques sont un ensemble de connaissances abstraites résultant de raisonnements logiques appliqués à des objets divers tels que les nombres, les figures, les structures et les transformations. Les mathématiques sont aussi le domaine de recherche développant ces connaissances, ainsi que la discipline qui les enseigne.

Elles possèdent plusieurs branches telles que : l'arithmétique, l'algèbre, l'analyse, la géométrie, la logique mathématique, etc. Il existe également une certaine séparation entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées.

Les mathématiques se distinguent des autres sciences par un rapport particulier au réel car l'observation et l'expérience ne s'y portent pas sur des objets physiques. Elles sont de nature entièrement intellectuelle, fondées sur des axiomes déclarés vrais ou sur des postulats provisoirement admis. Ces axiomes en constituent les fondements et ne dépendent donc d'aucune autre proposition. Un énoncé mathématique – dénommé généralement, après être validé, théorème, proposition, lemme, fait, scholie ou corollaire – est considéré comme valide lorsque le discours formel qui établit sa vérité respecte une certaine structure rationnelle appelée démonstration, ou raisonnement logico-déductif. Un énoncé présenté comme plausible, mais qui n'a pas encore été établi comme vrai s'appelle une conjecture.

Il est probable que l'homme ait développé des compétences mathématiques avant l'apparition de l'écriture. Les premiers objets reconnus attestant de compétences calculatoires sont les bâtons de comptage, tels que l'os d'Ishango (en Afrique) datant de 20 000 ans avant notre ère. Le développement des mathématiques en tant que connaissance transmise dans les premières civilisations est lié à leurs applications concrètes : le commerce, la gestion des récoltes, la mesure des surfaces, la prédiction des événements astronomiques, et parfois l'exécution de rituels religieux.

Les premiers développements mathématiques concernaient l'extraction des racines carrées, des racines cubiques, la résolution d'équations polynomiales, la trigonométrie, le calcul fractionnaire, l'arithmétique des entiers naturels. Ils s'effectuèrent dans les civilisations akkadiennes, babyloniennes, égyptiennes, chinoises ou encore de la vallée de l'Indus.

Dans la civilisation grecque, les mathématiques, influencées par les travaux antérieurs et les spéculations philosophiques, recherchent davantage d'abstraction. Les notions de démonstration et de définition axiomatique sont précisées. Deux branches se distinguent, l'arithmétique et la géométrie.

Au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C., les *Éléments* d'Euclide résument et ordonnent les connaissances mathématiques de la Grèce.

Les civilisations chinoises et indiennes sont parvenues en Occident par la civilisation islamique à travers la conservation de l'héritage grec et l'interfécondation avec les découvertes, notamment en matière de représentation des nombres. Les travaux mathématiques sont considérablement développés tant en trigonométrie (introduction des fonctions trigonométriques) qu'en arithmétique. L'analyse combinatoire, l'analyse numérique et l'algèbre polynomiale sont inventées et développées.

Durant la «renaissance du XII<sup>e</sup> siècle», une partie des textes grecs et arabes sont étudiés et traduits en latin. La recherche mathématique se concentre en Europe. Au XVI<sup>e</sup> siècle se développe – avec notamment Pierre de La Ramée – l'idée qu'il existe une science universelle sur laquelle il est possible de fonder l'ensemble des connaissances.

Descartes voit dès 1629, dans les *Règles pour la direction de l'esprit*, les possibilités qu'offrent les mathématiques pour jouer ce rôle. Descartes souligne, dans le «Discours de la méthode», l'attrait des mathématiques, «à cause de la certitude et de l'évidence de leurs raisons». Le calcul algébrique se développe alors à la suite des travaux de Viète et de Descartes. Newton et Leibniz, indépendamment, inventent le calcul infinitésimal.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Galilée se rend compte que les mathématiques sont l'outil idéal pour décrire le monde physique, ce qu'on peut résumer en disant que les lois de la Nature sont écrites en langage mathématique. Les mathématiques constituent donc, avec la démarche expérimentale, l'un des deux piliers du développement de la Science moderne.

Au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle et du XIX<sup>e</sup> siècle, les mathématiques connaissent de forts développements avec l'étude systématique des structures, à commencer par les groupes des travaux de Galois sur les équations polynomiales, et les anneaux introduits par Dedekind.

Le XIX<sup>e</sup> siècle voit avec Cantor et Hilbert le développement d'une théorie axiomatique sur tous les objets étudiés, soit la recherche des fondements mathématiques. Ce développement de l'axiomatique conduira plusieurs mathématiciens du XX<sup>e</sup> siècle à chercher à définir toutes les mathématiques à l'aide d'un langage, la logique mathématique.

Le XX<sup>e</sup> siècle a connu un fort développement en mathématiques avec une spécialisation des domaines, et la naissance ou le développement de nombreuses nouvelles branches (théorie de la mesure, théorie spectrale, topologie algébrique et géométrie algébrique). L'informatique a eu un impact sur la recherche. D'une part, elle a facilité la communication et le partage des connaissances, d'autre part, elle a fourni un formidable outil pour la confrontation aux exemples. Ce mouvement a naturellement conduit à la modélisation et à la numérisation.



## Étude du vocabulaire du texte

### **I. Formez les mots de la même famille :**

Les mathématiques, la connaissance, la science, appliquer, transformer, pure, le fondement, l'extraction, infinitésimal, le raisonnement, la recherche, la mesure, développer, distinguer, l'observation, l'analyse, dépendre, considérer, calculer, influencer, universel, la possibilité, décrire, l'étude, conduire, faciliter.

### **II. Reliez les deux colonnes :**

des connaissances	de recherche
des raisonnements	physiques
le domaine	mathématique
les mathématiques	des surfaces
des objets	abstraites
la nature	des événements astronomiques
un énoncé	logiques
la mesure	des racines carrées
la prédiction	intellectuelle
l'extraction	pures et appliquées
la résolution	fractionnaire
le calcul	la communication
décrire	d'équations polynomiales
faciliter	le monde physique

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Совокупность абстрактных знаний, логическое рассуждение, область исследований, отрасли знаний, чистая и прикладная математика, отличаться, наблюдение, опыт, вычислительные навыки, измерение площадей, предсказание астрономических событий, извлечение квадратного и кубического корня, решение уравнений, дробный счет, открытие, развивать, исчисление бесконечно малых величин, изобретать, математический язык, влияние.

## Étude du contenu du texte

### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Les mathématiques sont un ensemble de connaissances abstraites ...
2. Il existe une certaine séparation ...

3. L'observation et l'expérience en mathématiques sont de nature entièrement intellectuelle, ...

4. Le développement des mathématiques en tant que connaissance transmise dans les premières civilisations ...

5. Au XVI<sup>e</sup> siècle se développe l'idée ...

6. Galilée se rend compte que les mathématiques ...

7. Au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle et du XIX<sup>e</sup> siècle, les mathématiques connaissent ...

8. Le développement de l'axiomatique conduira plusieurs mathématiciens du XX<sup>e</sup> siècle ...

9. L'informatique a eu un impact ...

a) qu'il existe une science universelle sur laquelle il est possible de fonder l'ensemble des connaissances.

b) de forts développements avec l'étude systématique des structures.

c) entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées.

d) sur la recherche mathématique.

e) résultant de raisonnements logiques appliqués à des objets divers.

f) à chercher à définir toutes les mathématiques à l'aide d'un langage, la logique mathématique.

g) fondées sur des axiomes déclarés vrais ou sur des postulats provisoirement admis.

h) sont l'outil idéal pour décrire le monde physique.

i) est lié à leurs applications concrètes.

## **II. Associez les deux colonnes pour reconstituer les étapes de l'évolution des mathématiques :**

1. Découverte des premiers objets ayant des compétences calculatoires	a) civilisations akkadiennes, babyloniennes, égyptiennes, chinoises
2. Premiers développements mathématiques	b) III <sup>e</sup> siècle avant J.-C.
3. Mathématiques recherchent davantage d'abstraction	c) XI <sup>e</sup> – XVI <sup>e</sup> siècles
4. <i>Éléments</i> d'Euclide	d) XIX <sup>e</sup> siècle
5. Recherche mathématique se concentre en Europe	e) 20 000 ans avant notre ère
6. <i>Règles pour la direction de l'esprit</i> de Descartes	f) XX <sup>e</sup> siècle
7. Mathématiques comme l'outil idéal pour décrire le monde physique	g) civilisation grecque

8. Étude systématique des structures en mathématiques	h) Galilée, XVII <sup>e</sup> siècle
9. Développement d'une théorie axiomatique	i) 1629
10. Spécialisation des domaines et la naissance ou le développement de nombreuses nouvelles branches des mathématiques	j) XVIII <sup>e</sup> et XIX <sup>e</sup> siècles

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que les mathématiques ?
2. Quelle est l'origine du mot «mathématique» ? Qu'est-ce qu'il signifie ?
3. Quelles branches englobent les mathématiques ?
4. Par quoi les mathématiques se distinguent-elles des autres sciences ?
5. À quoi est lié le développement des mathématiques en tant que connaissance transmise dans les premières civilisations ?
6. En quoi consiste la contribution des civilisations chinoises et indiennes au développement des mathématiques occidentales ?
7. Comment se développe la recherche mathématique au cours des XII<sup>e</sup>–XVII<sup>e</sup> siècles ?
8. Qu'est-ce qui contribue au développement rapide des mathématiques aux XVIII<sup>e</sup>–XIX<sup>e</sup> siècles ?
9. Quelles nouvelles branches des mathématiques sont nées au XX<sup>e</sup> siècle ?
10. Quel est l'impact de l'informatique sur la recherche mathématique ?

### **Production orale**

***I. Divisez le texte en parties et dégagez l'idée principale de chacune d'elles.***

***II. Trouvez des mots et des expressions clés qui vous aideront à rendre en bref le contenu de chaque partie du texte.***

***III. Résumez le texte en parlant :***

- des origines du mot «mathématique» ;
- de la science mathématique et ses branches ;
- des étapes historiques du développement des mathématiques au cours des siècles.

## Expression libre

*Exprimez votre point de vue argumenté à propos de la définition des mathématiques donnée par Bertrand Russell, écrivain, mathématicien, philosophe britannique: «Les mathématiques peuvent être définies comme une science dans laquelle on ne sait jamais de quoi on parle, ni si ce qu'on dit est vrai».*

## Texte B

### André-Marie Ampère

André-Marie Ampère, un mathématicien, physicien, chimiste et philosophe français, est né le 20 janvier 1775 à Lyon et est mort le 10 juin 1836 à Marseille. Il était membre de l'Académie des sciences, ainsi que professeur à l'École polytechnique et au Collège de France.

André-Marie Ampère, le fils de Jeanne Antoinette de Sutières-Sarcey et de Jean-Jacques Ampère, un riche négociant en soie de l'agglomération lyonnaise a passé son enfance et son adolescence dans la maison familiale située à Poleymieux-au-Mont-d'Or. Son père était un fervent disciple du philosophe Jean-Jacques Rousseau, dont les théories en matière d'éducation étaient au fondement même de l'éducation du jeune André-Marie. Ce dernier se formait librement en puisant dans la bibliothèque de son père. Son éducation reposait notamment sur la lecture de *L'Histoire naturelle* de Buffon et de *L'Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert. Son premier véritable contact avec les mathématiques a eu lieu à l'âge de treize ans au cours de la lecture des *Éléments de mathématiques* de Dominique-François Rivard.

Pendant la Révolution, le père d'André-Marie est retourné à Lyon pour y exercer les fonctions de juge de paix. Il a pris fermement position contre les excès révolutionnaires qui ont mené au soulèvement et au siège de Lyon. Le 25 novembre 1793 le père d'André-Marie a été condamné à la peine capitale et guillotiné, parce qu'il avait fait arrêter le chef des Jacobins lyonnais. La nouvelle de cette exécution a plongé André-Marie dans un état de prostration intellectuelle extrêmement profond.

En 1796, Ampère s'est épris de Julie Carron, dont la famille habitait Saint-Germain. Sans véritable situation, Ampère a été contraint d'attendre le 6 août 1799 pour épouser Julie. Un an plus tard, est né leur fils Jean-Jacques, dont le prénom était un hommage à son grand-père paternel.

En 1801, Ampère a été nommé professeur de physique-chimie à l'école centrale du département de l'Ain, à Bourg-en-Bresse. Son premier mémoire

intitulé «Considérations sur la théorie mathématique du jeu», qu'il a publié en 1802, a attiré l'attention de l'astronome Delambre, dont la recommandation lui a permis d'être nommé professeur de mathématiques transcendantes au lycée de Lyon. Entre-temps, sa femme Julie, gravement malade, restait à Lyon en compagnie de leur jeune enfant. Elle est morte en 1803 au moment même où Ampère est revenu dans sa ville natale.

Bouleversé par cette nouvelle épreuve, il a quitté la région lyonnaise pour s'installer à Paris. Soutenu par Delambre et remarqué par le mathématicien Lagrange, il a été nommé répétiteur d'analyse à l'École polytechnique en 1804.

À partir de 1809, Ampère a été professeur d'analyse et de mécanique à l'École polytechnique jusqu'à sa démission en 1828.

Il est entré parallèlement à l'Académie des sciences en novembre 1814 dans la section de géométrie. Entre 1819 et 1820, il enseignait la philosophie à la faculté des lettres. Il a été ensuite élu à la chaire de physique du Collège de France en 1824.

Inspecteur général de l'Université, Ampère passait plusieurs mois par an à visiter les lycées de province. Il est mort au cours de l'une de ces tournées, en 1836, dans les locaux de l'infirmerie du lycée Thiers à Marseille.

En 1869, des amis de son fils Jean-Jacques – historien, mort en 1864 – ont fait ramener sa dépouille à Paris, pour l'enterrer aux côtés de ce dernier, au cimetière Montmartre.

### ***1. Lisez attentivement le texte proposé puis remettez ses événements dans l'ordre logique :***

1. Son premier véritable contact avec les mathématiques a eu lieu à l'âge de treize ans.

2. Le 25 novembre 1793 le père d'André-Marie a été condamné à la peine capitale et guillotiné.

3. Pendant la Révolution son père a pris fermement position contre les excès révolutionnaires.

4. André-Marie Ampère est né le 20 janvier 1775 dans la famille d'un riche négociant en soie de l'agglomération lyonnaise.

5. Le jeune André-Marie se formait librement en puisant dans la bibliothèque de son père.

6. Il a passé son enfance et son adolescence dans la maison familiale.

7. Bouleversé par la mort de sa femme, il a quitté la région lyonnaise pour s'installer à Paris.

8. À partir de 1809, Ampère a été professeur d'analyse et de mécanique à l'École polytechnique.

9. Le 6 août 1799 Ampère a épousé Julie Carron et un an plus tard, est né leur fils Jean-Jacques.

10. Son premier mémoire intitulé «Considérations sur la théorie mathématique du jeu» a été publié en 1802.

11. Des amis de son fils Jean-Jacques ont fait ramener sa dépouille à Paris, pour l'enterrer aux côtés de ce dernier, au cimetière Montmartre.

12. Il est mort en 1836 dans les locaux de l'infirmerie du lycée Thiers à Marseille.

13. En 1824 il a été élu à la chaire de physique du Collège de France.

14. Il est entré à l'Académie des sciences dans la section de géométrie.

## ***II. Connaissez-vous d'autres célèbres mathématiciens français ? Parlez d'un d'eux.***

### **Production écrite**

#### ***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

#### **Les mathématiques appliquées et pures**

On fait parfois la distinction entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées.

Les mathématiques pures ont pour objectif le développement des connaissances mathématiques pour elles-mêmes sans aucun intérêt a priori pour les applications, sans aucune motivation d'autres sciences. L'objet de la recherche mathématique peut ainsi être une meilleure compréhension d'une série d'exemples particuliers abstraits, sur lesquels s'appuie et se développe la réflexion mathématique, la généralisation d'un aspect d'une discipline ou la mise en évidence de liens entre diverses disciplines des mathématiques.

Au contraire, les mathématiques appliquées sont la mise en œuvre des connaissances mathématiques pour les besoins de formalisme d'autres sciences (physique, informatique, biologie, astrophysique), et pour des applications industrielles (ingénierie par exemple). Elles tendent à développer ces outils mathématiques pour répondre à ces demandes, pour résoudre des problèmes posés en termes concrets.

En France, cette distinction structure souvent les équipes de recherche, sans forcément hypothéquer les possibilités d'interactions entre elles. Toutefois, la pertinence de cette distinction est remise en cause par un certain nombre de mathématiciens. L'évolution des domaines et de leurs objets d'étude peut également contribuer à déplacer une éventuelle frontière ou

notion de séparation. Selon Ian Stewart, auteur de nombreux ouvrages portant sur les mathématiques populaires «la relation entre les mathématiciens purs et appliqués est fondée sur la confiance et la compréhension. Les mathématiciens purs ne font pas confiance aux mathématiciens appliqués, et les mathématiciens appliqués ne comprennent pas les mathématiciens purs».

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **Le fondement**

Censément, les mathématiques utilisent la logique comme outil pour démontrer des vérités organisées en théories. Une première analyse laisse espérer qu'une utilisation puissante de cet outil tellement sûr, une réduction toujours plus poussée des bases, les axiomes, sur lesquelles s'échafaude l'édifice mathématique, finissent par mener à un corpus de faits incontestables. Plusieurs obstacles se dressent pourtant.

D'une part, en tant qu'activité humaine, les mathématiques s'éloignent du modèle d'une construction suivant scrupuleusement les lois de la logique et indépendante du réel. Citons un fait et un phénomène pour illustrer cela. Tout d'abord, les démonstrations que rédigent les mathématiciens ne sont pas formalisées au point de suivre en détail les lois de la logique, car cela est impossible en un temps raisonnablement court. Comme pour n'importe quelle science. L'acceptation de la véracité d'une démonstration, et donc d'un théorème, repose in fine sur un consensus de spécialistes au sujet de la validité de l'approximation de démonstration formelle proposée (La structure des révolutions scientifiques de Thomas Samuel Kuhn). L'avènement de l'informatique a cependant changé la donne, au moins marginalement, puisque celle-ci permet de formaliser et de vérifier des démonstrations de plus en plus complexes.

Cependant l'activité mathématique est loin de se réduire à la recherche de démonstrations et à la vérification de celles-ci. La confiance que la communauté mathématique place dans un de ses membres qui propose un résultat nouveau intervient dans la réception qu'aura ce résultat, et ce d'autant plus s'il est inattendu ou modifie la façon de voir les choses. On peut prendre pour exemple historique les controverses sur les géométries non euclidiennes au XIX<sup>e</sup> siècle, durant lequel les travaux de Lobatchevski ont été largement ignorés.

D'autre part, la solidité même des bases ne peut reposer sur les seules mathématiques. En effet les théorèmes d'incomplétude, démontrés par Kurt Gödel dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, montrent que, contrairement à ce

qu'espérait David Hilbert, il est impossible de réduire formellement les bases des mathématiques en un système dont la sûreté se démontre à partir de celles-ci, et cela entraîne que certaines propriétés considérées « vraies » resteront inaccessibles à la démonstration, quels que soient les axiomes choisis.

J. Cavaillès. Le livre *Méthode axiomatique et formalisme - Essai sur le problème du fondement des mathématiques*, 1938.

## L e ç o n 2

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

<p>géométrie (f) non euclidienne          parallèle (f)          droite (f)          sécant(e)          redondant(e)          échouer          conclusion (f)          démonstration (f)          angle (m) intérieur, extérieur          dimension (f)          parvenir          considérer          remplacer</p>	<p>prolonger à l'infini          raisonnement (m) logico-déductif          construction (f) mathématique          démontrer          quadrilatère (m)          triangle (m)          angle (m) aigu, obtus          géométrie (f) hyperbolique          géométrie (f) elliptique          espace (f) sphérique          faire appel à          cohérent(e)          sous-entendre</p>
--	---

#### **II. Trouvez la bonne définition :**

1. La géométrie non euclidienne	a) est un polygone à quatre côtés.
2. La droite	b) est un angle saillant dont la mesure en degrés est comprise entre $0^\circ$ et $90^\circ$ .
3. Les parallèles	c) est un angle saillant dont la mesure en degrés est comprise entre $90^\circ$ et $180^\circ$ .



4. Le quadrilatère	d) est une théorie géométrique ayant recours à tous les axiomes et postulats posés par Euclide dans les <i>Éléments</i> , sauf le postulat des parallèles.
5. Le triangle	e) est une ligne dont l'image est celle d'un fil parfaitement tendu, une notion de base de la géométrie élémentaire.
6. L'angle aigu	f) sont les lignes, de surfaces qui ne se rencontrent pas.
7. L'angle obtus	g) est une figure géométrique, polygone à trois côtés.
8. Cohérent	h) établir la vérité de quelque chose d'une manière évidente et rigoureuse.
9. Démontrer	i) qui se compose de parties liées et harmonisées entre elles.

**III. Reconstituez les paires de synonymes :**

conclusion (f)	affirmation (f)
issu	illimité
théorème (m)	caractéristique (f)
angle (m) intérieur	né
infini	élucider
validité (f)	solution (f)
propriété (f)	prouver
éclaircir	harmonieux
démontrer	exactitude (f)
cohérent	coin (m)

**IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

inférieur	évidence (f)
parallèle (f)	raisonnable
intérieur	sécante (f)
contradiction (f)	confondre
absurde	supérieur
hypothèse (f)	positif
se joindre	confirmation (f)

négatif  
distinguer  
aigu

diverger  
obtus  
extérieur

## V. *Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :*

### **La géométrie non euclidienne**

On appelle géométrie non euclidienne une théorie géométrique ayant recours à tous les axiomes et postulats posés par Euclide dans les *Éléments*, sauf le postulat des parallèles.

Les différentes géométries non euclidiennes sont issues de la volonté de démontrer le cinquième postulat d'Euclide qui semblait peu satisfaisant car trop complexe, et peut-être redondant.

Dans les *Éléments* d'Euclide, le postulat ressemble à la conclusion d'un théorème, mais qui ne comporterait pas de démonstration: si une droite, tombant sur deux droites, fait les angles intérieurs du même côté plus petits que deux droits, ces droites, prolongées à l'infini, se rencontreront du côté où les angles sont plus petits que deux droits.

Et qu'on peut comprendre comme : par un point extérieur à une droite, il passe toujours une parallèle à cette droite, et une seule.

Durant plusieurs siècles, la géométrie euclidienne a été utilisée sans que l'on mette en doute sa validité. Elle a même été longtemps considérée comme l'archétype du raisonnement logico-déductif. Elle présentait en effet l'avantage de définir les propriétés intuitives des objets géométriques dans une construction mathématique rigoureuse.

La préhistoire de la géométrie non euclidienne est la longue suite de recherches et de tentatives d'éclaircissement du cinquième postulat d'Euclide (le postulat des parallèles). Ce postulat – notamment car il fait appel au concept d'infini – a toujours paru un peu «à part» et non évident aux mathématiciens, qui ont cherché soit à le remplacer par un postulat plus simple et plus direct, soit à le démontrer à partir des autres postulats d'Euclide. Ainsi, les mathématiciens arabes et perses dont notamment Thābit ibn Qurra, Alhazen, et surtout Omar Khayyam ont étudié les liens entre le postulat des parallèles et la somme des angles des quadrilatères et des triangles. Khayyam propose ainsi dès le XI<sup>e</sup> siècle une alternative au cinquième postulat d'Euclide, et des tentatives de démonstration de ce postulat par l'absurde.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, John Wallis et surtout Giovanni Girolamo Saccheri se sont inspirés des travaux de ces mathématiciens et ont tenté de démontrer le postulat des parallèles. Saccheri consacra sa vie entière à essayer de démontrer le postulat des parallèles par l'absurde, sans y parvenir. Mais,

postulant «l'hypothèse de l'angle aigu», qui postule que la somme des angles d'un quadrilatère est inférieure à quatre angles droits, non seulement il n'aboutit à aucune contradiction mathématique flagrante, mais de plus il découvre tout un ensemble de nouveaux théorèmes, cohérents et riches. Il est sur le point de découvrir une géométrie non euclidienne (par exemple la géométrie hyperbolique, dans laquelle l'espace peut admettre une infinité de parallèles à une droite donnée et passant par un point hors de cette droite), mais il n'acceptera jamais ces nouveaux théorèmes qu'il considère comme «répugnants».

Reprenant les travaux de Saccheri en 1766, Johann Heinrich Lambert reprend l'hypothèse de l'angle aigu, mais ne conclut pas à une contradiction. Il réalise, au moins dans les toutes dernières années de sa vie, qu'il doit être possible de bâtir des géométries cohérentes, soit à partir de l'hypothèse de l'angle aigu (géométrie hyperbolique), soit celle de l'angle obtus (géométrie elliptique).

C'est Gauss qui, dès 1813, a formulé la possibilité qu'il existe d'autres géométries que celle d'Euclide.

On distingue les géométries à courbure négative, comme celle de Lobatchevski (1829) et Bolyai (1832) (somme des angles d'un triangle inférieure à  $180^\circ$ , nombre infini de parallèles possibles à une droite par un point, par exemple la géométrie hyperbolique), des géométries à courbure positive comme celle de Riemann (1867) (somme des angles d'un triangle supérieure à  $180^\circ$ , parallèles se rejoignant aux pôles, par exemple la géométrie elliptique).

La géométrie communément appelée «géométrie de Riemann» est un espace sphérique à trois dimensions, espace fini et cependant sans bornes, à courbure positive régulière, alternative au postulat euclidien des parallèles. Riemann a conçu par ailleurs une théorie étendue des géométries non euclidiennes à  $n$  dimensions.

L'idée de «géométrie non euclidienne» sous-entend généralement l'idée d'un espace courbe, mais la géométrie d'un espace courbe n'est qu'une représentation de la géométrie non euclidienne, précise Duncan Sommerville dans *Les Éléments de la géométrie non euclidienne* (Londres, 1914). Il existe des espaces non euclidiens à trois dimensions.

Lobatchevski, Klein et Poincaré ont créé des modèles de géométrie dans lesquelles on peut tracer une infinité de parallèles à une droite donnée et passant par un même point.

Il est remarquable que seul le cinquième postulat d'Euclide ait été levé; les géométries non euclidiennes respectent par ailleurs toutes les autres définitions d'Euclide. En particulier, une droite est toujours définie comme la ligne de plus court chemin joignant deux points sur une surface.

## Étude du vocabulaire du texte

### **I. Formez les mots de la même famille :**

Différent, satisfaisant, complexe, ressembler, considérer, définir, une construction, rigoureux, une tentative, remplacer, démontrer, un triangle, un espace, concevoir, précis, découvrir, une représentation, une infinité, remarquable.

### **II. Reliez les deux colonnes :**

une théorie	intérieurs
le postulat	euclidienne
les angles	logico-déductif
la géométrie	géométrique
le raisonnement	par un postulat plus simple
remplacer	des parallèles
consacrer	aux pôles
se rejoindre	à trois dimensions
des espaces	par un même point
tracer	la vie entière
passer	une infinité de parallèles

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Доказать постулат, образовать внутренний угол, острый угол, тупой угол, продлить до бесконечности, точка вне прямой, проходит параллельная прямая, подвергать сомнению, попытка пояснить, понятие бесконечности, сумма углов, четырехугольник, треугольник, предпринять попытку, удаваться, геометрии отрицательной (положительной) кривизны, трехмерное пространство, провести бесконечное множество параллельных прямых, проходить через одну точку.

## Étude du contenu du texte

### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Durant plusieurs siècles, la géométrie euclidienne ...
2. La géométrie d'Euclide présentait en effet l'avantage ...
3. Le cinquième postulat d'Euclide a toujours paru un peu «à part» et non évident aux mathématiciens, qui ont cherché soit à le remplacer par un postulat plus simple et plus direct, ...

4. Les mathématiciens arabes et perses ont étudié les liens ...
5. Postulant «l'hypothèse de l'angle aigu», qui postule que la somme des angles d'un quadrilatère est inférieure à quatre angles droits, non seulement Saccheri, n'aboutit à aucune contradiction mathématique flagrante, ...
6. Johann Heinrich Lambert reprend l'hypothèse de l'angle aigu et il réalise, ...
7. «La géométrie de Riemann» est un espace sphérique à trois dimensions ...
8. Lobatchevski, Klein et Poincaré ont créé des modèles de géométrie ...

a) de définir les propriétés intuitives des objets géométriques dans une construction mathématique rigoureuse.

b) soit à le démontrer à partir des autres postulats d'Euclide.

c) a été utilisée sans que l'on mette en doute sa validité.

d) dans lesquelles on peut tracer une infinité de parallèles à une droite donnée et passant par un même point.

e) qu'il doit être possible de bâtir des géométries cohérentes, soit à partir de l'hypothèse de l'angle aigu, soit celle de l'angle obtus.

f) mais de plus il découvre tout un ensemble de nouveaux théorèmes, cohérents et riches.

g) entre le postulat des parallèles et la somme des angles des quadrilatères et des triangles.

h) espace fini et cependant sans bornes, à courbure positive régulière, alternative au postulat euclidien des parallèles.

**II. Associez les deux colonnes pour parler des étapes de la création de la géométrie non euclidienne :**

1. Euclide	a) l'hypothèse de l'angle aigu
2. Khayyam	b) les géométries à courbure négative
3. Saccheri	c) des espaces non euclidiens à trois dimensions
4. Johann Heinrich Lambert	d) une alternative au cinquième postulat
5. Gauss	e) le cinquième postulat
6. Lobatchevski et Bolyai	f) modèles de géométrie dans lesquelles on peut tracer une infinité de parallèles à une droite donnée et passant par un même point
7. Riemann	g) la possibilité de bâtir des géométries cohérentes

8. Duncan Sommerville	h) formule la possibilité qu'il existe d'autres géométries que celle d'Euclide.
9. Lobatchevski, Klein et Poincaré	i) des géométries à courbure positive

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que la géométrie non euclidienne ?
2. En quoi consiste le cinquième postulat d'Euclide ?
3. De quoi sont issues les différentes géométries non euclidiennes ?
4. Quel avantage présentait la géométrie euclidienne ?
5. Pourquoi les mathématiciens ont-ils toujours cherché à simplifier ou démontrer le postulat des parallèles ?
6. Qu'est-ce que les mathématiciens arabes et perses ont étudié ?
7. Qui a proposé une alternative au cinquième postulat d'Euclide au XI<sup>e</sup> siècle ?
8. À quoi Saccheri a-t-il consacré sa vie ?
9. Quelle conclusion a fait Johann Heinrich Lambert à la fin de sa vie ?
10. Sur quelles hypothèses se basent les géométries hyperbolique et elliptique ?

### **Production orale**

**I. Dégagez les parties principales du texte et intitulez-les.**

**II. Résumez chaque partie du texte.**

**III. En vous servant des informations du texte préparez un exposé d'après le plan :**

- la définition de la géométrie non euclidienne ;
- le cinquième postulat d'Euclide ;
- les tentatives des mathématiciens de simplifier ou bien démontrer le postulat des parallèles.

### **Expression libre**

*Vous participez au forum d'Internet «Futura-Sciences : Mathématiques du supérieur». Exprimez votre point de vue sur le problème proposé : «C'est grâce à la coupure de Dedekind, c'est-à-dire l'axiome de «Continuité», que l'on peut montrer que, dans le plan, par un point extérieur à une droite passe toujours une parallèle à cette droite».*

## Texte B

### **I. Complétez le textes en utilisant les formes convenables des mots suivants :**

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. géométrie (f)  | 6. rectangle (m)  |
| 2. déformer       | 7. différence (f) |
| 3. former         | 8. curiosité (f)  |
| 4. cristal (m)    | 9. observer       |
| 5. simplicité (f) | 10. transformer   |

### **La géométrie des minéraux**

La nature connaît-elle la géométrie ou la géométrie suit-elle les lois de la nature ? Il est, certe, bien évident que l'on retrouve dans les minéraux tous les solides 1) ... connus. Souvent ils sont 2) ... ou ne présentent que quelques faces du solide, mais il n'est pas rare cependant de trouver des cristaux dont la forme géométrique est bien faite.

Tous les minéraux qui existent dans la nature ont été classés, selon la 3) ... de leurs cristaux, dans sept systèmes 4) .... Un polyèdre de base 5) ... par lequel est défini chacun de ces systèmes, représente : cube, prisme à base carée, prisme à base 6) ..., prisme à base hexagonale, prisme à base losange, parallélépipède incliné et parallélépipède incliné selon les trois dimensions. Chacun de ces solides possède des axes de symétrie.

Donc la nature est riche en minéraux parmi lesquels on trouve ces 7) ... solides mais aussi tous les solides qui en dérivent. Et il est 8) ... de voir, en 9) ... les minéraux, les diverses 10) ... que subit le cube pour donner l'octaèdre en passant par le cube épointé et par le cuboctaèdre.

### **II. Trouvez d'autres faits intéressants de la «géométrie pour le plaisir» sur le site d'Internet. Faites une présentation sur un de ces faits pour vos co-étudiants.**

### **Production écrite**

#### **I. Traduisez le texte suivant en russe :**

### **La géométrie euclidienne**

La géométrie euclidienne commence avec les *Éléments d'Euclide*, qui est à la fois une somme des connaissances géométriques de l'époque et une

tentative de formalisation mathématique de ces connaissances. Les notions de droite, de plan, de longueur, d'aire y sont exposées et forment le support des cours de géométrie élémentaire. La conception de la géométrie est intimement liée à la vision de l'espace physique ambiant au sens classique du terme.

Un objectif de la géométrie euclidienne est la construction de figures à la règle et au compas. L'étude du triangle relève de ce domaine. La richesse des résultats obtenus est illustrée par la liste des éléments remarquables d'un triangle. Une famille de figures emblématiques est celle des polygones réguliers. Ils ne sont cependant pas tous constructibles. Les techniques de construction s'appliquent non seulement au plan, mais aussi à l'espace comme le montre l'étude des polyèdres.

Une spécificité de la géométrie euclidienne réside dans le fait qu'elle n'utilise initialement que peu ou pas du tout de théorèmes complexes et puissants d'algèbre ou d'analyse. C'est une mathématique autonome et indépendante, où les preuves proviennent essentiellement de raisonnements purement géométriques. Cependant, pour les cas complexes d'autres outils, par exemple les polynômes, se révèlent indispensables. La résolution des trois grands problèmes de l'antiquité, à savoir la constructibilité ou non de la quadrature du cercle, la trisection de l'angle et la duplication du cube, à l'aide seulement de la règle et du compas, n'a pu d'ailleurs être possible qu'avec l'apport d'une autre branche des mathématiques : l'arithmétique, algébrique ou analytique.

La géométrie euclidienne a de nombreuses applications. La Renaissance fait largement appel aux techniques des *Éléments*. L'architecture, la peinture à travers la perspective regorgent d'exemples de cette nature. L'art des entrelacs de Léonard de Vinci (1452–1519) est un autre cas d'utilisation. Ces mathématiques servent aussi à la mesure, à la fois pour les arpenteurs et dans un objectif scientifique. Elles permettent à Ératosthène (276–194 av. J.-C.) de mesurer la circonférence de la Terre. Les techniques utilisées, dites de triangulation et ayant pour base la trigonométrie, permettent aux marins de connaître leur position.

Aujourd'hui, plus de 2 000 ans après sa naissance, l'espace géométrique euclidien est un outil toujours efficace aux vastes domaines d'applications. À l'exception des échelles cosmiques et microscopiques, l'espace des physiciens reste encore principalement du domaine de la géométrie euclidienne.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **La topologie**

La topologie est une branche des mathématiques concernant l'étude des déformations spatiales par des transformations continues (sans arrachages ni



recollement des structures). La topologie s'intéresse plus précisément aux espaces topologiques et aux applications qui les lient, dites «continues». Elle permet de classer ces espaces, notamment les nœuds, entre autres par leur dimension (qui peut être aussi bien nulle qu'infinie). Elle s'intéresse aussi à leurs déformations.

En analyse, grâce aux informations qu'elle fournit sur l'espace considéré, elle permet d'obtenir un certain nombre de résultats (existence ou unicité de solutions d'équations différentielles, notamment). Les espaces métriques ainsi que les espaces vectoriels sont des exemples d'espaces topologiques.

L'origine de la topologie est l'étude de la géométrie dans les cultures antiques. Le travail de Leonhard Euler datant de 1736 sur le problème des sept ponts de Königsberg est considéré comme l'un des premiers résultats de géométrie qui ne dépend d'aucune mesure, c'est-à-dire l'un des premiers résultats topologiques.

Henri Poincaré publia *Analysis Situs* en 1895, introduisant les concepts d'homotopie et d'homologie.

Maurice Fréchet, unifiant les travaux sur les espaces de fonctions de Cantor, Volterra, Arzelà, Hadamard, Ascoli et d'autres, introduit le concept d'espace métrique en 1906.

En 1914, Felix Hausdorff, en généralisant la notion d'espace métrique, inventa le terme d'«espace topologique» et définit ce qui s'appelle aujourd'hui l'espace séparé ou espace de Hausdorff.

Finalement, une autre légère généralisation en 1922, par Kuratowski, donna le concept actuel d'espace topologique. Le terme «topologi», fut introduit en allemand en 1847 par Johann Benedict Listing.

Le concept central en topologie est la notion de limite. Cette idée de limite est très visuelle. La topologie cherche à formaliser cette notion. Il y a plusieurs moyens d'y parvenir. La façon la plus simple est de définir une distance. Dans notre exemple, on utilise simplement la distance euclidienne. Les points limites sont ceux qui sont proches (c'est-à-dire à une distance aussi faible que désirée) à la fois de points dans notre surface et de points qui ne sont pas dedans. Définir une distance sur un ensemble lui confère une structure d'espace métrique. Cette façon de voir est suffisante pour résoudre de nombreux problèmes. Cependant, utiliser une distance passe par l'intermédiaire des nombres réels et introduit donc une contrainte qu'il a fallu dépasser. Pour cela, on a été amené à définir le concept de proximité de façon plus abstraite, sans faire appel à un argument numérique, c'est le concept de voisinage. Pour des raisons techniques, il est équivalent et plus simple de définir directement les ouverts avant les voisinages, c'est donc ainsi que l'on définit usuellement une topologie : en décidant quelles sont les parties ouvertes.

La notion de limite n'est pas seulement statique mais aussi dynamique. La topologie permet d'appréhender les limites de fonctions ou de suites. Regardons la suite des inverses des nombres entiers à partir de 1 :  $1/1, 1/2, 1/3, 1/4, \dots, 1/n, \dots$ . À la limite, cette suite va tendre vers 0. Cela rejoint plus ou moins le fait que 0 est un point limite de l'ensemble des  $1/n$ .

Il est important de noter que la plupart des notions de topologie, notamment la continuité sont des conséquences de la notion de limite. C'est le cas notamment de la notion de dérivée qui se conçoit comme limite du taux d'accroissement, de la tangente qui est la limite des cordes. La topologie est donc une théorie unificatrice : elle explique avec peu d'axiomes initiaux un grand nombre de phénomènes.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Topologie>.

## L e ç o n 3

### Texte A

#### I. *Enrichissez votre vocabulaire :*

structure (f) algébrique équation (f) polynôme (m) nombre (m) complexe calcul (m) quaternion (m) structure (f) de matrice (f) algèbre (f) linéaire coefficient (m) traitement (m) exponentiel définir	diagonalisation (f) trigonalisation (f) algèbre (f) multilinéaire algèbre (f) tensorielle logique (f) axiomatisation (f) espace (m) vectoriel théorie (f) des ensembles (m, pl) algèbre (f) universelle anneau (m) dominer généralisation (f)
--	--

#### II. *Trouvez la bonne définition :*

1. L'algèbre	a) est une branche des mathématiques qui, dans sa partie classique, se consacre à la résolution par des formules explicites des équations algébriques et, dans sa partie
--------------	--

	moderne, étude des structures (groupes, anneaux, corps, idéaux).
2. L'équation	b) est un facteur appliqué à une grandeur quelconque.
3. L'algèbre linéaire	c) est une branche des mathématiques qui permet d'exprimer les propriétés des opérations et le traitement des équations et aboutit à l'étude des structures algébriques.
4. Le coefficient	d) est une égalité qui n'est vérifiée que pour certain(s) valeur(s) de la ou des inconnue(s).
5. L'axiomatisation	e) est une branche des mathématiques dont les concepts de base sont les notions d'élément, d'ensemble et d'appartenance.
6. La théorie des ensembles	f) est une opération consistant à présenter une théorie mathématique sous forme de théorie axiomatique.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

exprimer	appliquer
traitement (m)	compliqué
étendre	provenir
polynôme (m)	modèle (m) mathématique
complexe	manifester
dériver	entreprendre
objectif (m)	manipulation (f)
entamer	galopant
matrice (f)	but (m)
exponentiel	trinôme (m)

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

complexe	limité
permettre	synthétique
généralisé	déclin (m)
différent	infécond
analytique	empêcher
essor (m)	individuel
forcément	similaire
fécond	moderne
universel	probablement
classique	simple

## V. *Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :*

### **L'algèbre moderne et ses découvertes**

L'algèbre est une branche des mathématiques qui permet d'exprimer les propriétés des opérations et le traitement des équations et aboutit à l'étude des structures algébriques. Selon l'époque et le niveau d'études considérés, elle peut être décrite comme :

- une arithmétique généralisée, étendant à différents objets ou grandeurs les opérations usuelles sur les nombres ;
- la théorie des équations et des polynômes ;
- depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, l'étude des structures algébriques.

Le domaine d'application de l'algèbre s'étend des problèmes arithmétiques, qui traitent des nombres, à ceux d'origine géométrique tels que la géométrie analytique de Descartes ou les nombres complexes. L'algèbre occupe ainsi une place charnière entre l'arithmétique et la géométrie permettant d'étendre et d'unifier le domaine numérique.

Le mot «algèbre» est dérivé du titre d'un ouvrage rédigé vers 825, «Abrégé du calcul par la restauration et la comparaison», du mathématicien d'origine persane Al-Khwarizmi. Ce livre avait des objectifs pratiques : le calcul d'héritage, l'arpentage, les échanges commerciaux, etc., et s'inscrivait dans l'époque d'essor des sciences et techniques islamiques.

Le mot arabe *al-jabr* signifie «réduction d'une fracture», «réunion (des morceaux)», «reconstruction», «connexion», «restauration». Il est à l'origine du mot latin *algebra* qui a donné «algèbre» en français.

Dès lors, on s'est mis à calculer sur des objets qui ne sont plus forcément des nombres. L'algèbre moderne entame un parcours fécond : Boole crée l'algèbre qui porte son nom, Hamilton invente les quaternions, et les mathématiciens anglais Cayley, Hamilton et Sylvester étudient les structures de matrices. L'algèbre linéaire, longtemps restreinte à la résolution de systèmes d'équations linéaires à 2 ou 3 inconnues, prend son essor avec le théorème de Cayley-Hamilton («Toute matrice carrée à coefficients dans  $R$  ou  $C$  annule son polynôme caractéristique»).

S'ensuivent les transformations par changement de base, la diagonalisation et la trigonalisation des matrices, et les méthodes de calcul qui nourriront, au XX<sup>e</sup> siècle, la programmation des ordinateurs. Parallèlement, Kummer généralise les structures galoisiennes et étudie les structures de corps et d'anneau. Dedekind définit les idéaux (déjà entrevus par Gauss) qui permettront de généraliser et reformuler les grands théorèmes d'arithmétique. L'algèbre linéaire se généralise en algèbre multilinéaire et algèbre tensorielle.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, sous l'impulsion de l'allemand Hilbert et du français Poincaré, les mathématiciens s'interrogent sur les fondements des mathématiques : logique et axiomatisation occupent le devant de la scène.

Peano axiomatise l'arithmétique, puis les espaces vectoriels. La structure d'espace vectoriel et la structure d'algèbre sont approfondies par Artin en 1925, avec des corps de base autres que  $\mathbb{R}$  ou  $\mathbb{C}$  et des opérateurs toujours plus abstraits. On doit aussi à Artin, considéré comme le père de l'algèbre contemporaine, des résultats fondamentaux sur les corps de nombres algébriques. Les corps non commutatifs amènent à définir la structure de module sur un anneau et la généralisation des résultats classiques sur les espaces vectoriels.

L'école française «Nicolas Bourbaki», emmenée par Weil, Cartan et Dieudonné, entreprend de réécrire l'ensemble des connaissances mathématiques sur une base axiomatique : ce travail gigantesque commence par la théorie des ensembles et confirme l'algèbre comme langage universel des mathématiques.

Paradoxalement, alors que le nombre de publications suit une croissance exponentielle à travers le monde, alors qu'aucun mathématicien ne peut prétendre dominer qu'une toute petite partie des connaissances, les mathématiques n'ont jamais autant paru unifiées qu'aujourd'hui. L'étude de ces structures peut être faite de manière unifiée dans le cadre de l'algèbre universelle.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Une opération, généraliser, unifier, confirmer, un nombre, l'algèbre, permettre, dériver, différent, changer, un parcours, reformuler, s'étendre, traiter, nourrir, analyser, une croissance, dominer, entreprendre.

### ***II. Reliez les deux colonnes :***

la théorie	des structures algébriques
l'étude	à calculer
le domaine	fécond
occuper	des équations et des polynômes
se mettre	des ordinateurs
un parcours	linéaire
les structures	de systèmes d'équations
l'algèbre	d'application de l'algèbre
la résolution	de matrices
prendre	une place charnière

la programmation  
occuper  
les espaces

le devant de la scène  
vectoriels  
un essor

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Отрасль математики, вести к изучению, алгебраические структуры, область применения, арифметические задачи, сложные числа, времена расцвета, означать, создавать, изобретать, линейные уравнения с двумя или тремя неизвестными, коэффициент, тензорная алгебра, полилинейная алгебра, векторные пространства, углублять, рассматривать, теория множеств, универсальный язык.

#### **Étude du contenu du texte**

##### **1. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Le domaine d'application de l'algèbre s'étend ...
2. Le mot arabe *al-jabr* est à ...
3. L'algèbre linéaire prend son essor ...
4. Plus tard s'ensuivent les transformations par changement de base, la diagonalisation et la trigonalisation des matrices, et les méthodes de calcul ...
5. Au commencement du XX<sup>e</sup> siècle, sous l'impulsion de l'allemand Hilbert et du français Poincaré, les mathématiciens s'interrogent ...
6. La structure d'espace vectoriel et la structure d'algèbre sont approfondies ...
7. On doit à Artin, considéré comme le père de l'algèbre contemporaine, ...
8. L'école française «Nicolas Bourbaki» entreprend ...
  - a) avec le théorème de Cayley-Hamilton («Toute matrice carrée à coefficients dans  $R$  annule son polynôme caractéristique»).
  - b) qui nourriront, au XX<sup>e</sup> siècle, la programmation des ordinateurs.
  - c) des problèmes arithmétiques, qui traitent de nombres, à ceux d'origine géométrique tels que la géométrie analytique de Descartes ou les nombres complexes.
  - d) sur les fondements des mathématiques : logique et axiomatisation occupent le devant de la scène.
  - e) l'origine du mot latin *algebra* qui a donné «algèbre» en français.
  - f) de réécrire l'ensemble des connaissances mathématiques sur une base axiomatique.
  - g) par Artin avec des corps de base autres que  $R$  ou  $C$  et des opérateurs toujours plus abstraits.
  - h) des résultats fondamentaux sur les corps de nombres algébriques.

**II. Associez les deux colonnes contenant les noms des savants et les domaines de leurs recherches :**

Hamilton	les structures de matrices
Cayley, Hamilton et Sylvester	les structures de corps et d'anneau
Kummer	les quaternions
Hilbert et Poincaré	l'axiomatisation de l'arithmétique et des espaces vectoriels
Peano	la structure d'espace vectoriel et la structure d'algèbre
l'école française «Nicolas Bourbaki»	les fondements des mathématiques
Artin	l'axiomatisation de l'ensemble des connaissances mathématiques

**III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que l'algèbre ?
2. Comment peut-on décrire le niveau d'études en algèbre selon l'époque ?
3. Quel est le domaine d'application de l'algèbre ?
4. D'où est dérivé le mot «algèbre» ?
5. Que signifie le mot arabe *al-jabr* ?
6. Qui étudie la structure des matrices au XX<sup>e</sup> siècle ?
7. Grâce à qui l'algèbre linéaire prend-elle son essor ?
8. Quel mathématicien du XX<sup>e</sup> siècle est considéré comme le père de l'algèbre contemporaine ?
9. En quelle année Artin a-t-il approfondi la structure d'espace vectoriel et la structure d'algèbre ?
10. Quel travail important a entrepris l'école française «Nicolas Bourbaki» ?

**Production orale**

**I. Dégagez les parties essentielles du texte.**

**II. Formulez l'idée principale de chacune d'elles.**

**III. En vous servant des informations du texte préparez une présentation pour la leçon d'algèbre en 6-ième de l'école secondaire d'après le plan suivant :**

**- la définition de l'algèbre et du domaine de son étude ;**

- les étapes importantes du développement de l'algèbre et d'élargissement des sphères de ses études au XX<sup>e</sup> siècle;
- l'école mathématique française «Nicolas Bourbaki».

### Expression libre

Exprimez votre point de vue argumenté sur la citation du mathématicien et philosophe français René Descartes : «L'algèbre est la clé de toutes les autres sciences».

## Texte B

1. Les parties du texte sont données en désordre. Mettez dans l'ordre la structure du texte :

### **L'application des équations linéaires : l'espace de Minkowski**

A. Cet espace a été introduit par Henri Poincaré dans un long article, connu comme *le Mémoire de Palerme* publié en février 1906, soit deux ans avant les publications de Hermann Minkowski sur ce sujet. La primeur de la découverte est un sujet à débats, mais il semble, d'après certains historiens des sciences, que l'interprétation moderne de cet espace comme espace-temps physique, et non pas convention calculatoire, est une idée de Minkowski, qui abandonna l'éther électromagnétique, à la suite d'Einstein, alors que Poincaré n'y renonça jamais vraiment, considérant que dans un référentiel quelconque les quantités mesurées sont toujours «apparentes», alors que les quantités «réelles» sont mesurées dans le référentiel de l'éther.

B. Poincaré aurait proposé cet espace comme une présentation algébrique et géométrique possible, pratique d'un point de vue calculatoire, mais axiomatique, c'est-à-dire conventionnelle, des propriétés mathématiques liées au principe de relativité et à l'invariance des équations de Maxwell par changement de référentiel inertiel, en privilégiant de manière conventionnelle comme réel le référentiel de l'éther, c'est-à-dire un espace réel qui serait classique. Seul Hermann Minkowski aurait vu dès 1907 que cet espace était un modèle expérimentable (et pas seulement conventionnel) d'un espace-temps où espace et temps sont liés dans les lois de la mécanique et y développa, entre autres, les conditions de la causalité et de la simultanéité suivant le référentiel de l'observateur. Poincaré se rapprochera de ce point de vue en 1912, dans sa dernière conférence intitulée *L'espace et le temps* prononcée à Londres, où il exprimera que l'on peut définir un espace-temps à partir du groupe de symétrie



des lois de la physique, en posant cette fois le principe de relativité comme une convention.

C. En géométrie et en relativité restreinte, l'espace de Minkowski du nom de son inventeur Hermann Minkowski, parfois appelé l'espace-temps de Poincaré-Minkowski, est un espace mathématique, et plus précisément un espace affine pseudo-euclidien à quatre dimensions, modélisant l'espace-temps de la relativité restreinte : les propriétés géométriques de cet espace correspondent à des propriétés physiques présentes dans cette théorie.

## ***II. Connaissez-vous d'autres faits intéressants de l'application des équations linéaires dans les différents domaines de la science ? Parlez-en.***

### **Production écrite**

#### ***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

##### **La logique et la théorie des ensembles**

Sur la question des fondements, les mathématiciens se disputent allègrement, et des branches apparaissent sous l'impulsion de Brouwer, de Henri Poincaré. Cependant la majorité de la communauté mathématique adhère à l'axiome du choix dont Kurt Gödel montrera en 1938 que, tout comme l'hypothèse généralisée du continu, il pouvait être ajouté aux axiomes de la théorie des ensembles de Zermelo-Fraenkelsans introduire de contradictions. En réalité, ces deux énoncés sont indépendants des autres axiomes : ce sont des propositions indécidables.

Le programme que David Hilbert a présenté lors de son célèbre exposé au 2<sup>e</sup> congrès international des mathématiciens en 1900, lance les recherches sur la théorie de la démonstration. Hilbert souhaite assurer les fondements de mathématiques, et en particulier le maniement d'objets infinis, par des preuves de cohérence (non contradiction) suffisamment élémentaires des théories mathématiques. On notera les travaux de Herbrand (1930) et de Gentzen, trop vite décédés, le premier en 1931, le second en 1945.

En 1931, Gödel montre avec son premier théorème d'incomplétude, que pour toute théorie axiomatique arithmétique non contradictoire, il existe des énoncés arithmétiques vrais qui ne sont pas démontrables dans cette théorie. Il en déduit son second théorème d'incomplétude : la cohérence d'une théorie arithmétique comme l'arithmétique de Peano, ou plus généralement d'une théorie qui permet de formaliser l'arithmétique (comme la théorie des ensembles) ne peut être démontrée dans la théorie elle-même si celle-ci est

cohérente, résultat qui rend irréalisable le programme de Hilbert, du moins sous sa forme initiale.

Church invente le lambda calcul et énonce sa thèse, Turing invente la machine abstraite qui porte son nom et Kleene précise la définition des fonctions récursives. La notion de fonction calculable est inventée. Matiyasevich démontre qu'il n'existe pas d'algorithme qui permette de dire si une équation diophantienne est résoluble. La théorie des automates et la théorie des langages apparaissent.

Donald Knuth publie son encyclopédie sur l'art de la programmation et crée une nouvelle discipline : l'analyse d'algorithmes. Il crée aussi le langage de composition mathématique TeX universellement utilisé pour les écrits mathématiques.

## **II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :**

### **La théorie de Galois**

La théorie de Galois contient de nombreux exemples d'espaces vectoriels. Elle consiste à étudier un corps comme un espace vectoriel sur un sous-corps. Ainsi chaque sous-corps permet de considérer la structure initiale comme un espace vectoriel particulier.

Un exemple d'application est celui des figures constructible à la règle et au compas. Ces points forment un corps disposant d'une structure d'espace vectoriel sur les nombres rationnels. Il est de dimension infinie et, pour chaque point, le plus petit sous-corps le contenant est de dimension finie égale à une puissance de 2. Un tel sous-corps est appelé une tour d'extensions quadratiques. Cette propriété de ces espaces vectoriels permet de résoudre d'antiques conjectures comme la duplication du cube, la trisection de l'angle ou la construction d'un polygone régulier.

L'exemple historique de la théorie est celui de la résolution d'une équation polynomiale. Le théorème d'Abel donne une condition nécessaire et suffisante de résolution par radicaux. Les espaces vectoriels utilisés ont pour éléments ceux du plus petit corps  $L$  contenant tous les coefficients du polynôme ainsi que ses racines et le corps sous-jacent est un sous-corps  $K$  du premier contenant tous les coefficients.

Le groupe de Galois est composé des automorphismes du corps  $L$  et laissant invariant le corps  $K$ . Il correspond à un nombre fini de symétries de l'espace vectoriel. L'élément clé de la démonstration montre que l'équation est résoluble seulement si ces symétries sont diagonalisables.

J. Dieudonné. Le livre *Généralisation de la théorie de Galois*, 1948.

# L e ç o n 4

## Texte A

### I. Enrichissez votre vocabulaire :

théorie (f) des nombres (m)	soustraction (f)
théorie (f) des groupes (m)	nombre (m) réel
nombre (m) entier naturel	décimal (m) illimité
nombre (m) rationnel	exponentiation (f)
opération (f) arithmétique	racine (f) carrée
addition (f)	congruence (f)
division (f)	arithmétique (f) modulaire
multiplication (f)	se limiter à
anneau (m) euclidien	polynôme (m) cyclotomique
modulaire	parvenir

### II. Trouvez la bonne définition :

1. Le nombre rationnel	a) est une opération mathématique qui, à deux nombres $a$ et $b$ , associe un troisième nombre, appelé quotient ou rapport.
2. L'entier naturel	b) est l'une des quatre opérations de l'arithmétique élémentaire dont le résultat s'appelle le produit
3. L'addition	c) est l'opération qui permet de calculer la différence entre deux nombres.
4. La division	d) est un nombre qui peut s'exprimer comme le quotient de deux entiers relatifs.
5. La multiplication	e) est un nombre positif permettant fondamentalement de dénombrer des objets comptant chacun pour $un$ .
6. La soustraction	f) est l'unique réel positif qui, lorsqu'il est multiplié par lui-même, donne $x$ . c'est-à-dire le nombre positif dont le carré vaut $x$ .
7. La racine carrée	g) est une opération élémentaire, permettant de décrire la réunion de quantités ou l'adjonction de grandeurs extensives de même nature, comme les longueurs, les aires, ou les volumes.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

comprendre	se borner
utiliser	habituel
se limiter	réunir
traditionnel	comporter
inclusion (f)	de base
regrouper	commencements (m, pl)
essentiellement	exploiter
élémentaire	universaliser
les rudiments (m, pl)	intégration (f)
généraliser	principalement

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

entier (m)	soustraction (f)
rationnel	exclusion (f)
addition (f)	qualitative
multiplication (f)	complexe
inclusion (f)	fraction (f)
formellement	élément (m)
quantitative	destruction (f)
élémentaire	éventuellement
ensemble (m)	division (f)
construction (f)	irrationnel

### **V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

#### **Les différentes arithmétiques**

L'arithmétique est une branche des mathématiques qui comprend la partie de la théorie des nombres qui utilise des méthodes de la géométrie algébrique et de la théorie des groupes. On l'appelle plus généralement la «science des nombres». Son étymologie provient du mot grec «ἀριθμός» qui signifie «nombre».

Autrefois, l'arithmétique se limitait à l'étude des propriétés des entiers naturels, et des nombres rationnels (sous forme de fractions), et aux propriétés des opérations sur ces nombres.

Les opérations arithmétiques traditionnelles sont l'addition, la division, la multiplication, et la soustraction.

Cette discipline fut ensuite élargie par l'inclusion de l'étude d'autres nombres comme les réels (sous forme de développement décimal illimité), ou même de concepts plus avancés, comme l'exponentiation ou la racine carrée.

Une arithmétique est une manière de représenter formellement, autrement dit, coder les nombres sous la forme d'une liste de chiffres, par exemple ; et, grâce à cette représentation, définir les opérations de bases : addition, multiplication, etc.

Dans l'école pythagoricienne, à la deuxième moitié du VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., l'arithmétique était, avec la géométrie, l'astronomie et la musique, une des quatre sciences quantitatives ou mathématiques. Celles-ci furent regroupées au sein des sept arts libéraux par Martianus Capella (V<sup>e</sup> siècle) et plus précisément désignées sous le nom de *quadrivium* par Boèce. Les trois autres disciplines étaient littéraires (grammaire, rhétorique, dialectique) et firent l'objet des travaux de Cassiodore et, plus tard, Alcuin qui leur donna le nom de *trivium*.

L'expression «arithmétique élémentaire» désigne parfois la forme la plus basique des mathématiques, apprise à l'école élémentaire. Il s'agit essentiellement de l'étude des nombres et des opérations élémentaires (soustraction, addition, division, multiplication).

Ce terme désigne aussi les rudiments des techniques de l'arithmétique. Les outils utilisés sont la division euclidienne, le lemme d'Euclide, le théorème de Bachet-Bézout ou encore le théorème fondamental de l'arithmétique. Il permet de démontrer des théorèmes comme celui de Wilson ou encore le petit théorème de Fermat.

### **L'arithmétique modulaire**

Carl Friedrich Gauss (1777–1855) étudie l'ensemble des classes de congruence des entiers relatifs modulo un entier donné. Chaque classe correspond à un reste de la division euclidienne par cet entier, et l'ensemble est naturellement muni d'une addition et d'une multiplication.

L'étude de cette structure porte le nom d'arithmétique modulaire. Elle permet de généraliser les résultats de l'arithmétique élémentaire. Le théorème d'Euler, correspondant à un résultat plus fort que celui du petit théorème de Fermat, illustre une généralisation.

L'arithmétique modulaire est utilisé en cryptologie ou pour la construction de codes correcteurs en informatique.

### **La théorie algébrique des nombres**

De nombreuses questions ne trouvent pas de réponse, même avec les techniques de l'arithmétique modulaire. Des exemples proviennent d'équations diophantiennes, c'est-à-dire d'équations dont les coefficients sont entiers et dont les solutions recherchées sont entières. Une méthode consiste à élargir l'ensemble des entiers à une nouvelle structure qualifiée d'anneau d'entiers algébriques, comme celui des entiers de Gauss.

L'étude de ces structures, plus générales que celles de l'arithmétique modulaire qui se limite aux anneaux euclidiens, constitue le premier chapitre de la théorie algébrique des nombres.

### **L'arithmétique des polynômes**

L'étude de l'arithmétique, au sens des nombres entiers, suppose d'établir des théorèmes. Ces théorèmes se démontrent à l'aide de techniques qui ne se limitent pas aux nombres entiers. Il est possible de faire usage de la même démarche sur d'autres structures, comme celle des polynômes. À travers l'étude des polynômes cyclotomiques, Gauss parvient à trouver un nouveau polygone régulier constructible à la règle et au compas, de 17 côtés.

Sa démarche est de nature arithmétique, pour cette raison, on parle d'arithmétique des polynômes.

### **Étude du vocabulaire du texte**

#### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Une partie, entier, naturel, une division, une multiplication, une soustraction, élargir, une inclusion, formel, coder, regrouper, un résultat, une méthode, construire, correcteur, une cryptologie.

#### ***II. Reliez les deux colonnes :***

le théorème	arithmétiques
les propriétés	formellement
les opérations	pythagoricienne
représenter	des techniques de l'arithmétique
définir	l'objet d'étude
l'école	régulier
les rudiments	des entiers naturels
faire	correcteurs
l'arithmétique	les opérations de bases
des codes	usage de
l'anneau	à l'aide de techniques
se démontrer	d'entiers algébriques
faire	modulaire
un polygone	fondamental

#### ***III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :***

Теория чисел, использовать методы, наука о числах, целые натуральные числа, дробь, традиционные арифметические операции,

сложение, вычитание, деление, умножение, бесконечные десятичные дроби, математические дисциплины, литературные дисциплины, предмет исследования, элементарная математика, основы арифметических методов, модульная арифметика, корректирующие коды, кольцо целых алгебраических чисел.

### Étude du contenu du texte

#### ***I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :***

1. Les opérations arithmétiques traditionnelles ...
  2. Une arithmétique est une manière de ...
  3. L'expression «arithmétique élémentaire» désigne parfois la forme ...
  4. Chaque classe correspond ...
  5. L'arithmétique modulaire permet ...
  6. L'étude des structures d'anneau d'entiers algébriques, plus générales ...
  7. À travers l'étude des polynômes cyclotomiques, Gauss parvient ...
- a) de représenter formellement, autrement dit, coder les nombres sous la forme d'une liste de chiffres.
- b) sont l'addition, la division, la multiplication, et la soustraction.
- c) à un reste de la division euclidienne par cet entier.
- d) la plus basique des mathématiques, apprise à l'école élémentaire.
- e) à trouver un nouveau polygone régulier constructible à la règle et au compas, de 17 côtés.
- f) de généraliser les résultats de l'arithmétique élémentaire.
- g) que celles de l'arithmétique modulaire qui se limite aux anneaux euclidiens, constitue le premier chapitre de la théorie algébrique des nombres.

#### ***II. Associez les deux colonnes pour parler des étapes de l'évolution du domaine d'études de l'arithmétique :***

1. Autrefois	a) l'arithmétique est, avec la géométrie, l'astronomie et la musique, une des quatre sciences quantitatives ou mathématiques.
2. Ensuite	b) créer l'arithmétique modulaire
3. L'école pythagoricienne (la deuxième moitié du VI <sup>e</sup> siècle av. J.-C.)	c) comprendre l'étude des structures, plus générales que celles de l'arithmétique modulaire.
4. Carl Friedrich Gauss (1777–1855)	d) donne la possibilité de trouver un nouveau polygone régulier constructible à la règle et au compas, de 17 côtés.

5. Le premier chapitre de la théorie algébrique des nombres	e) s'élargir par l'étude de nombres réels et la racine carrée.
6. L'étude des polynômes cyclotomiques	f) se limiter à l'étude des propriétés des entiers naturels, des nombres rationnels et des opérations sur ces nombres.

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que l'arithmétique ?
2. Comment appelle-t-on plus généralement l'arithmétique ?
3. À quoi se limitait l'arithmétique d'autrefois ?
4. Quelles sont les opérations arithmétiques traditionnelles ?
5. Qu'est-ce que l'on a inclus dans l'étude arithmétique ensuite ?
6. Quelles sciences mathématiques enseignait-on dans l'école pythagoricienne, à la deuxième moitié du VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C. ?
7. Que désigne l'expression «arithmétique élémentaire» ?
8. Quels outils l'arithmétique élémentaire utilise-t-elle dans ses opérations ?
9. L'étude de quoi porte le nom d'arithmétique modulaire ?
10. Qu'est-ce que c'est qu'une équation diophantienne ?
11. Qu'est-ce qui constitue le premier chapitre de la théorie algébrique de nombres ?
12. Que Gauss a-t-il parvenu à trouver à travers l'étude des polynômes cyclotomiques ?

### **Production orale**

**I. Divisez le texte en parties et intitulez-les.**

**II. Trouvez des mots et des expressions clés dans chaque partie du texte.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de l'arithmétique et du domaine de son étude ;
- l'histoire du développement de l'arithmétique ;
- les différents types d'arithmétique.

### **Expression libre**

*En vous servant des informations de la deuxième partie du texte «L'arithmétique modulaire» et des informations supplémentaires rédigez un court texte sur les principes et les domaines d'application de l'arithmétique modulaire (250 mots).*



## Texte B

### **I. Complétez le texte en utilisant les formes convenables des mots suivants :**

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. disposition (f) | 7. contenir       |
| 2. partir          | 8. décomposer     |
| 3. système (m)     | 9. correspondre   |
| 4. extensionnel    | 10. résoudre      |
| 5. polynôme (m)    | 11. nombre (m)    |
| 6. réductible      | 12. diversité (f) |

### **Les résidus de polynômes et la théorie de Galois**

Les idées de l'arithmétique modulaire s'appliquent à l'anneau des polynômes à coefficients dans un corps commutatif, car cette structure 1) ... d'une division. Elle est le point de 2) ... de la théorie d'Évariste Galois et consiste en l'étude 3) ... des ensembles de congruence de polynômes modulo un polynôme irréductible, l'équivalent des nombres premiers. Ces ensembles sont maintenant appelés 4) ... algébriques.

Ces extensions permettent l'analyse de la résolubilité des équations algébriques, c'est-à-dire des équations s'écrivant sous forme 5) .... Si le polynôme est 6) ..., son ensemble de congruences est le plus petit corps 7) ... au moins une racine. Il est appelé corps de rupture. En répétant ce processus, un corps contenant toutes les racines, le corps de 8) ..., est construit. La logique modulaire du quotient fournit la structure algébrique adaptée à cette problématique.

La théorie de Galois fait appel à bien d'autres notions. L'étude de la résolubilité de l'équation est possible via l'étude du groupe des automorphismes du corps, appelé groupe de Galois, grâce à la 9) ... de Galois entre sous-corps et sous-groupes. Au-delà de l'étude de la 10) ... des équations algébriques, la théorie de Galois est devenue un cadre naturel de résolution de 11) ... problèmes en arithmétique, géométrie arithmétique ou géométrie algébrique, et permet surtout de formuler de nouveaux problèmes plus généraux dans ces 12) ... domaines. L'un des fruits de cette théorie, les corps finis, encore appelés corps de Galois, fournissent un cadre naturel à de nombreuses applications en arithmétique modulaire.

### **II. Connaissez-vous quelques faits de la vie du mathématicien français Evariste Galois ? Rédigez un court article sur sa vie et son activité scientifique.**

## **Production écrite**

### ***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

#### **L'arithmétique modulaire et la cryptologie**

Ce domaine quitte celui des mathématiques pures. En revanche, une application industrielle fait, au cours du temps, de plus en plus appel aux notions mathématiques développées par Gauss : la science des codes secrets appelée cryptologie. En 1883, Auguste Kerckhoffs énonce que : «la sécurité d'un système de cryptographie ne doit pas reposer sur le secret de l'algorithme. La sécurité ne repose que sur le secret de la clé». Cette approche est à l'origine d'une modification profonde de cette science. Au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, elle devient une branche des mathématiques appliquées.

Au début des années 1930, le bureau du chiffre polonais fait appel au mathématicien Marian Rejewski pour percer le code du système Enigma, utilisé par les Allemands. Les anciens codes, comme le chiffre de César, sont réinterprétés comme une transformation mathématique dans l'ensemble des moduli de Gauss sur les nombres entiers. Le terme d'«arithmétique modulaire» est utilisé pour décrire ces techniques. Durant les années 1970, Horst Feistel développe un système à clé privée, le Data Encryption Standard ou DES, qui devient le standard des applications non classifiées. Les cryptanalystes du DES, et plus généralement des chiffrements symétriques, utiliseront des mathématiques issues des travaux de Dirichlet sur les caractères, dans le cadre d'un espace vectoriel sur un corps fini à deux éléments.

En 1976 une nouvelle famille de codes est découverte, fondée sur une clé publique. Des solutions industrielles sont rapidement développées, la plus célèbre est dénommée R.S.A.. Elle se fonde sur les travaux de Fermat et d'Euler. Le terme d'«arithmétique modulaire» est, dans ce contexte, utilisé pour décrire non seulement la structure des moduli sur les entiers, mais aussi les théorèmes traitant des nombres premiers comme la décomposition en produit de facteurs premiers, le théorème chinois, le petit théorème de Fermat et sa généralisation par Euler. Avec le développement de l'informatique, l'arithmétique modulaire devient un domaine de recherche actif : les applications nécessitent l'utilisation d'opérations sur des grands nombres, et la mise en œuvre d'algorithmes efficaces.

### ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

#### **De l'arithmétique à l'algèbre**

L'arithmétique enseignée à l'école élémentaire et au début du collège traite de la résolution de problèmes numériques en utilisant essentiellement des

nombres entiers naturels, et des décimaux positifs. Son outil essentiel est le langage ordinaire, augmenté du calcul sur les nombres. Elle demeure essentiellement un savoir oral : le papier ne conserve que quelques phrases et des opérations sur les nombres qui donnent les solutions des problèmes proposés.

Le calcul joue ici le rôle d'une mécanique au service d'un raisonnement exprimé par ailleurs. Les calculs ne sont considérés que comme des étapes qui ne valent que par les résultats obtenus.

L'algèbre permet d'écrire des relations entre des quantités connues ou inconnues. Elle emploie des paramètres et des variables. Les énoncés du langage ordinaire se traduisent par des expressions littérales sur lesquelles opère le calcul algébrique.

En «arithmétique», il s'agit de travailler uniquement sur des quantités connues, en progressant pas à pas du connu vers l'inconnu. En algèbre, il s'agit d'exprimer des relations entre des quantités, qu'elles soient connues ou inconnues. Les énoncés du langage ordinaire cèdent la place à des expressions littérales auxquelles on applique le calcul algébrique.

Le recours à l'algèbre est rendu nécessaire dès que la complexité des situations dépasse un certain niveau, la plupart du temps pour des problèmes autres que ceux qui relèvent du premier degré.

Entre l'arithmétique et l'algèbre, on peut parler de fausses continuités et de ruptures. En effet, en arithmétique et en algèbre il existe certains outils communs : le signe « $\Leftrightarrow$ », l'usage des parenthèses, les signes opératoires.

Les connaissances arithmétiques vont se dresser en obstacles à l'appropriation du domaine algébrique. La maîtrise de l'algèbre au collège nécessite, de la part des élèves, l'appropriation d'une syntaxe nouvelle mais aussi de nouveaux usages de certains symboles déjà connus comme les symboles opératoires, le signe « $\Leftrightarrow$ » ou les parenthèses.

En résumé, on peut identifier une double rupture entre arithmétique et algèbre : celle résultant de l'introduction d'un détour formel dans le traitement des problèmes habituellement traités intuitivement, et celle résultant de l'utilisation d'objets mathématiques communs et de l'introduction d'objets mathématiques nouveaux comme les équations, les inconnues ou les fonctions.

La problématique essentielle est donc le passage d'un raisonnement qui n'utilise le recours à l'écrit que pour effectuer des calculs numériques, à un raisonnement qui utilise des relations entre les nombres. L'algèbre ne peut donc pas être considérée comme une simple généralisation de l'arithmétique.

H. Lehning. Le livre *Toutes les mathématiques du monde*, 2017.

---

---

# RÉVISION

## (LEÇONS 1-4)

---

---

### Test N° 1

#### **I. Complétez le texte en utilisant les mots suivants :**

*ce qui, toutes, qui, comprendre, les relations, s'intéressant, autant, des équations, y, ont connu*

#### **Les domaines fondamentaux des mathématiques**

L'algèbre est l'ensemble des méthodes mathématiques visant à étudier et développer les structures algébriques et à comprendre 1) ... qu'elles entretiennent entre elles. L'algèbre, au sens actuel, trouve historiquement ses origines dans la compréhension 2) ... polynomiales et dans les développements des méthodes de résolution : les recherches dans ces domaines ont suscité l'émergence des notions 3) ... fondent la théorie des groupes, la théorie de Galois ou encore la géométrie algébrique.

En un sens très restrictif, l'analyse est la partie des mathématiques 4) ... aux questions de régularité des applications d'une variable réelle ou complexe : on parle alors plus volontiers d'analyse réelle ou d'analyse complexe. En un sens élargi, elle englobe 5) ... les méthodes mathématiques qui s'6) ... apparentent, et un certain nombre de méthodes pour comprendre et analyser les espaces de fonctions.

La géométrie tente de 7) ... en premier lieu les objets dans l'espace, puis par extension s'intéresse aux propriétés d'objets plus abstraits, à plusieurs dimensions, introduits selon plusieurs approches, relevant 8) ... de l'analyse que de l'algèbre.

Les probabilités tentent de formaliser tout 9) ... relève de l'aléatoire. Bien qu'anciennes, elles 10) ... un renouveau avec la théorie de la mesure. La compréhension des lois aléatoires rendant compte au mieux des données déjà réalisées forme les statistiques.

#### **II. Trouvez la bonne définition :**

I. Les mathématiques	a) branche des mathématiques qui, dans sa partie classique, se consacre à la résolution par des formules explicites des équations algébriques et, dans sa partie moderne, étudie les structures.
----------------------	--

2. La géométrie	b) les méthodes mathématiques qui sont appliquées au domaine d'un problème particulier à l'aide d'un modèle mathématique.
3. L'algèbre	c) une branche des mathématiques concernant l'étude des déformations spatiales par des transformations continues.
4. Les mathématiques appliquées	d) la branche des mathématiques qui s'intéresse à l'étude des propriétés et des mesures des figures dans l'espace ou sur un plan.
5. La géométrie euclidienne	e) une théorie relativiste de la gravitation qui décrit l'influence sur le mouvement des astres de la présence de matière et, plus généralement d'énergie.
6. La relativité générale	f) un ensemble de méthodes permettant la résolution de problèmes sur les nombres entiers.
7. La topologie	g) science qui étudie par le moyen du raisonnement déductif les propriétés d'êtres abstraits (nombres, figures géométriques, fonctions, espaces, etc.) ainsi que les relations qui s'établissent entre eux.
8. L'arithmétique modulaire	h) commence avec les Éléments d'Euclide, qui est à la fois une somme des connaissances géométriques de l'époque et une tentative de formalisation mathématique de ces connaissances.

### **III. Préparez l'annotation du texte par écrit :**

#### **La théorie des ensembles**

La théorie des ensembles est une branche des mathématiques, créée par le mathématicien allemand Georg Cantor à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. La théorie des ensembles se donne comme primitives les notions d'ensemble et d'appartenance, à partir desquelles elle reconstruit les objets usuels des mathématiques : fonctions, relations, entiers naturels, relatifs, rationnels, nombres réels, complexes. C'est pourquoi la théorie des ensembles est considérée comme une dont Hilbert a pu dire qu'elle était un «paradis» créé par Cantor pour les mathématiciens.

En plus de proposer un fondement aux mathématiques, Cantor introduisait avec la théorie des ensembles des concepts radicalement nouveaux, et notamment l'idée qu'il existe plusieurs types d'infini que l'on peut mesurer et comparer au moyen de nouveaux nombres (ordinaux et cardinaux).

À cause de sa modernité, la théorie des ensembles fut âprement controversée, notamment parce qu'elle postulait l'existence d'ensembles infinis, en contradiction avec certains principes des mathématiques constructives ou intuitionnistes.

Au début du  $XX^e$  siècle, plusieurs facteurs ont poussé les mathématiciens à développer une axiomatique pour la théorie des ensembles : la découverte de paradoxes tels que le paradoxe de Russell, mais surtout le questionnement autour de l'hypothèse du continu qui nécessitait une définition précise de la notion d'ensemble. Cette approche formelle conduisit à plusieurs systèmes axiomatiques, le plus connu étant les axiomes de Zermelo-Fraenkel (ZF), mais également la théorie des classes de von Neumann ou la théorie des types de Russell.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie\\_des\\_ensembles](https://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie_des_ensembles).

## T e s t N° 2

### **I. Complétez le texte en utilisant les mots suivants :**

*revanche, même, officielles, recherche, fondamentales, permettant, résoudre, détaillée, enseignées, y*

### **L'enseignement des mathématiques**

L'enseignement des mathématiques peut aussi bien désigner l'apprentissage des notions mathématiques 1) ... ou élémentaires de base que l'apprentissage et l'initiation à la 2) .... Suivant les époques et les lieux, les choix des matières 3) ... et les méthodes d'enseignement changent (mathématiques modernes, méthode de Moore, éducation classique...). Dans certains pays, le choix des programmes scolaires dans l'éducation publique est fait par des institutions 4) ....

Cédric Villani rappelle un problème important que l'enseignement des mathématiques ne 5) ... pas à lui seul : le processus d'une découverte mathématique ne relève pas lui-même des mathématiques. George Pólya indiqua en 6) ... vers le milieu du  $20^e$  siècle quelques techniques 7) ... de résoudre des problèmes existants, dans son livre Comment poser et résoudre un problème. Vers la 8) ... époque quelques ouvrages proposaient d'acquérir les mécanismes de résolution par une multitude d'exercices proposés avec leur correction 9) .... En France pour les mathématiques, il 10) ... eut les ouvrages de Pierre Louquet. Dans le monde anglophone

concernant un grand nombre de disciplines, la série des Schaum's Outlines poursuit ce but.

## II. Trouvez la bonne définition :

1. La conjecture	a) une opération binaire non commutative qui étend la notion de puissance d'un nombre en algèbre.
2. L'exponentiation	b) un ensemble au sein duquel une notion de distance entre les éléments de l'ensemble est définie.
3. L'angle aigu	c) famille $(a_{ij})$ d'éléments d'un corps $K$ , $(i, j) \in \{1, \dots, n\} \times \{1, \dots, p\}$ , $n$ et $p$ étant deux naturels, habituellement présentée sous la forme d'un tableau rectangulaire à $n$ lignes et $p$ colonnes.
4. L'espace métrique	d) un ensemble muni d'une structure permettant d'effectuer des combinaisons linéaires.
5. Le polynôme	e) tous les nombres qui peuvent s'écrire sous la forme d'une fraction.
6. La matrice	f) expression algébrique constituée par une somme algébrique de monômes reliés par les signes + et -.
7. L'espace vectoriel	g) un angle saillant inférieur à l'angle droit, autrement dit un angle dont la mesure en degrés est comprise entre $0^\circ$ et $90^\circ$
8. Le nombre rationnel	h) supposition fondée sur des probabilités, mais qui n'est pas contrôlée par les faits ; présomption, hypothèse.

## III. Préparez l'annotation du texte par écrit :

### Les algorithmes dans la vie quotidienne

L'algorithmique intervient dans la vie de tous les jours. Une recette de cuisine peut être réduite à un algorithme si on peut réduire sa spécification aux éléments constitutifs : des entrées (les ingrédients, le matériel utilisé) ; des instructions élémentaires simples (fire, flamber, blanchir, etc. ), dont les exécutions dans un ordre précis amènent au résultat voulu ; un résultat : le plat préparé. Cependant, les recettes de cuisine ne sont en général pas présentées

rigoureusement sous forme non ambiguë : il est d'usage d'y employer des termes vagues laissant une liberté d'appréciation à l'exécutant alors qu'un algorithme doit être précis et sans ambiguïté.

Le tissage, surtout tel qu'il a été automatisé par le métier Jacquard est une activité que l'on peut dire algorithmique. Un casse-tête, tel le Rubik's Cube, peut être résolu de façon systématique par un algorithme qui mécanise sa résolution. En sport, l'exécution de séquences répondant à des finalités d'attaque, de défense, de progression, correspond à des algorithmes. En soins infirmiers, le jugement clinique est un algorithme. Le jugement clinique désigne l'ensemble des processus cognitifs et métacognitifs qui aboutissent au diagnostic infirmier. Il met en jeu des processus de pensée et de prise de décision dans le but d'améliorer l'état de santé et le bien-être des personnes que les soignants accompagnent.

Dans la vie quotidienne, un glissement de sens s'est opéré, ces dernières années, dans la notion «algorithme» qui devient à la fois plus réducteur, puisque ce sont pour l'essentiel des algorithmes de gestion du big data et d'autre part plus universel en ce sens qu'il intervient dans tous les domaines du comportement quotidien. La famille des algorithmes dont il est question effectue des calculs à partir de grandes masses de données (les big data). Ils réalisent des classements, sélectionnent des informations, et en déduisent un profil, en général de consommation, qui est ensuite utilisé ou exploité commercialement. Les implications sont nombreuses, dans les domaines les plus variés.

D. Cardon. *A quoi rêvent les algorithmes*, coll. «La République des Idées», 2015.



---

# TECHNOLOGIES D'INFORMATION

---

## Leçon 5

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

traitement (m) automatique	conjonction (f)
exécution (f) de programmes	semi-conducteur (m)
système (m) embarqué	calculabilité (f)
ordinateur (m)	composant (m) informatique
robot (m)	circulation (f) de l'information (f)
champ (m) d'application	réseau (m)
mise (f) en œuvre	concevoir
théorie (f) des langages	traiter les données (f)
programmation (f)	mémoire (f)
interface (f)	organe (m) d'entrée-sortie
support (m)	unité (f) de commande
circulation (f)	processeur (m)
fonctionnement (m) cohérent	complexité (f)
logiciel (m)	fiabilité (f)

#### **II. Trouvez la définition convenable :**

1. L'informatique	a) est l'ensemble des activités qui permettent l'écriture des programmes informatiques. C'est une étape importante du développement de logiciels.
2. L'ordinateur	b) est un ensemble de séquences d'instructions interprétables par une machine et d'un jeu de données nécessaires à ces opérations.

3. La programmation informatique	c) est un domaine d'activité scientifique, technique et industriel concernant le traitement automatique de l'information par l'exécution de programmes informatiques par des machines.
4. L'interface	d) est un composant présent dans de nombreux dispositifs électroniques qui exécute les instructions machine des programmes informatiques.
5. Le logiciel	e) est une machine électronique qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instructions, organisées en programmes, qui lui font exécuter des opérations logiques et arithmétiques sur des chiffres binaires.
6. Le processeur	f) est un dispositif électronique qui sert à stocker des informations.
7. La mémoire	g) est la couche limite entre deux éléments par laquelle ont lieu des échanges et des interactions.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

embarqué	ignorant
automate (m)	relation (f)
profane	donnée (m)
langage (m) de programmation	combinaison (f)
interface (f)	enfoui
information (f)	automatique (f)
conjonction (f)	digital
miniaturisation (f)	robot (m)
cybernétique (f)	langage (m) informatique
numérique	diminution (f)
calculateur (m)	instruction (f)
commande (f)	ordinateur (m)

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

automatique	pratique
séparer	éloigné
théorique	connaisseur

abstrait	agrandissement (m)
proche	littéral
profane	unir
miniaturisation (f)	décodage (m)
numérique	simple
compliqué	concret
codage (m)	central
périphérique	manuel

## V. *Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :*

### **L'histoire de l'informatique**

L'informatique est un domaine d'activité scientifique, technique et industriel concernant le traitement automatique de l'information par l'exécution de programmes informatiques par des systèmes embarqués, des ordinateurs, des robots, des automates, etc.

Ces champs d'application peuvent être séparés en deux branches, l'une, de nature théorique, qui concerne la définition de concepts et modèles, et l'autre, de nature pratique, qui s'intéresse aux techniques concrètes de mise en œuvre. Certains domaines de l'informatique peuvent être très abstraits, comme la complexité algorithmique, et d'autres peuvent être plus proches d'un public profane. Ainsi, la théorie des langages demeure un domaine davantage accessible aux professionnels formés (description des ordinateurs et méthodes de programmation), tandis que les métiers liés aux interfaces homme-machine sont accessibles à un plus large public.

L'histoire de l'informatique est l'histoire de la science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux.

En 1966, l'informatique a été définie par l'Académie française comme la «science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux» (Emmanuel Lazard et Pierre Mounier-Kuhn, *Histoire illustrée de l'Informatique*, Paris, 2016).

L'histoire de l'informatique résulte de la conjonction entre des découvertes scientifiques et des transformations techniques et sociales telles que :

- découvertes physiques sur les semi-conducteurs et la miniaturisation des transistors ;
- découvertes mathématiques sur la calculabilité et les propriétés des algorithmes ;

- invention de la théorie de l'information, de la sémiotique et de la cybernétique ;

- transformations techniques, l'introduction de machines ou de composants informatiques, des machines à laver aux automobiles et aux avions, des banques à la santé, de l'imprimerie à la documentation en ligne ;

- transformations sociales avec l'organisation des entreprises et des administrations autour de leur système d'information automatisé, et avec la circulation de l'information dans les réseaux sous forme numérique.

Si les ordinateurs ont été conçus au départ pour exécuter des calculs numériques trop longs ou trop compliqués pour être effectués à la main, on s'est assez vite aperçu que de telles machines pouvaient également traiter des informations non numériques. Les calculateurs devenaient des machines universelles de traitement de l'information, d'où le mot *ordinateur*, retenu en 1956. Ce terme a progressivement remplacé celui de calculateur, au sens trop restreint.

Les premiers ordinateurs datent de 1949. C'est la notion de programme enregistré, due à John von Neumann et à ses collaborateurs, en 1945, qui transforme les machines à calculer en ordinateurs. La machine est composée des éléments suivants :

- un organe de calcul, susceptible d'exécuter les opérations arithmétiques et logiques, l'unité arithmétique et logique ;

- une mémoire, ou mémoire centrale, servant à la fois à contenir les programmes décrivant la façon d'arriver aux résultats et les données à traiter ;

- des organes d'entrée-sortie, ou périphériques, servant d'organes de communication avec l'environnement et avec l'homme ;

- une unité de commande permettant d'assurer un fonctionnement cohérent des éléments précédents.

L'ensemble formé par l'unité arithmétique et logique, d'une part, et l'organe de commande, d'autre part, constitue l'unité centrale ou processeur. L'ensemble des composants physiques, appelé matériel, est commandé par un logiciel.

L'histoire de l'informatique porte donc seulement sur une soixantaine d'années. Elle peut se décliner selon quatre points de vue :

- la dimension physique qui décrit les moyens matériels du traitement, de la conservation et du transport de l'information : les machines et les réseaux ;

- la dimension logicielle qui définit d'une part les méthodes de calcul, de mémorisation et de commande qui caractérisent les fonctions des ordinateurs, et d'autre part les interfaces entre les personnes et les machines depuis l'arrivée des ordinateurs individuels vers 1980 ;

- la dimension applicative qui définit les objets et les processus informationnels utilisés, traités, transformés et montrés ;

- la dimension sociale qui décrit les usages de l'informatique dans tous les domaines et son insertion dans les pratiques sociales les plus diverses.

L'informatique est une nouvelle technologie intellectuelle, comme l'ont été en leur temps l'écriture et l'imprimerie, un moyen de représenter, de structurer et d'exploiter des informations qui en retour structure la pensée de l'homme, selon Pierre Lévy.

L'évolution des machines et des réseaux constitue l'infrastructure physique de l'informatique. Depuis ses débuts, l'informatique a connu des transformations profondes des matériels informatiques en vitesse, puissance, fiabilité, miniaturisation. La transformation du logiciel est au moins aussi profonde, transformation en qualité, sécurité, complexité, réutilisabilité. Les objets traités ont beaucoup changé: d'abord les nombres et les fichiers de gestion des entreprises (textes et nombres), puis les formules, les règles de calcul et de raisonnement, les signaux, les événements, les dessins, les images, le son, la vidéo. L'informatique a de plus en plus d'usages et de plus en plus d'utilisateurs, et l'usage principal passe par les réseaux. Ces transformations du matériel, du logiciel et des usages ont modifié profondément la structure économique, politique et sociale des sociétés humaines.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Informatique (f), automatique, programme (m), professionnel, former, accessible, économique, social, support (m), conjonction (f), propriété (f), entreprise (f), administration (f), numérique, mémoire (f), périphérique, commande (f), processeur (m), exploiter.

### ***II. Reliez les deux colonnes :***

des programmes	des langages
des systèmes	des transistors
le champs	informatiques
la théorie	d'entrée-sortie
l'interface	à la main
le traitement	automatique
la miniaturisation	centrale
exécuter	perforées
effectuer	embarqués
des organes	d'application
une unité	par un logiciel
la mémoire	des calculs numériques
être commandé	homme-machine
des bandes	de commande
le codage	de programmation
les langages	des procédures

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Сфера деятельности, автоматическая обработка информации, компьютерные программы, компьютер, встроенные системы, области применения, отрасли информатики, доступный широкой публике, рациональная обработка информации, открытия в области физики и математики, введение информационных составляющих, слишком сложный, выполнять вручную, калькулятор, память, устройства ввода-вывода, блок управления, программное обеспечение, кодирование операций, цикл вычислений, сохранение и передача информации.

#### **Étude du contenu du texte**

##### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Les champs d'application de l'informatique peuvent être séparés en deux branches, ...

2. La théorie des langages demeure un domaine davantage accessible aux professionnels formés, ...

3. L'histoire de l'informatique est celle de la science du traitement rationnel de l'information ...

4. L'histoire de l'informatique résulte de la conjonction ...

5. Les ordinateurs ont été conçus au départ ...

6. L'ensemble formé par l'unité arithmétique et logique, d'une part, et l'organe de commande, d'autre part, ...

7. Le calcul sur les programmes a permis ...

8. Selon Pierre Lévy, l'informatique est une nouvelle technologie intellectuelle, un moyen ...

9. L'informatique a de plus en plus ...

a) tandis que les métiers liés aux interfaces homme-machine sont accessibles à un plus large public.

b) entre des découvertes scientifiques et des transformations techniques et sociales.

c) pour exécuter des calculs numériques trop longs ou trop compliqués pour être effectués à la main.

d) constitue l'unité centrale ou processeur.

e) le développement du logiciel : langages de programmation, systèmes d'exploitation, applications.

f) considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux.

g) de représenter, de structurer et d'exploiter des informations qui en retour structure la pensée de l'homme.

h) d'usages et de plus en plus d'utilisateurs, et l'usage principal passe par les réseaux.

i) l'une, de nature théorique, qui concerne la définition de concepts et modèles, et l'autre, de nature pratique, qui s'intéresse aux techniques concrètes de mise en œuvre.

**II. Associez les deux colonnes pour parler des découvertes scientifiques et transformations sociales et économiques qui ont provoqué l'apparition et le développement de l'informatique :**

1. La physique	a) l'organisation du système d'information automatisé et de la circulation de l'information dans les réseaux sous forme numérique.
2. Les techniques	b) la théorie de l'information, la sémiotique et la cybernétique.
3. Les mathématiques	c) la découverte des semi-conducteurs et la miniaturisation des transistors.
4. La société et l'économie	d) l'introduction de machines ou de composants informatiques.
5. Les inventions	e) les découvertes sur la calculabilité et les propriétés des algorithmes.

**III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que l'informatique ?
2. En quelles branches peut-on diviser les champs d'application de l'informatique ?
3. Est-ce que tous les domaines de l'informatique sont accessibles au large public ?
4. Que l'histoire de l'informatique étudie-t-elle ?
5. Comment l'Académie française a-t-elle défini l'informatique en 1966 ?
6. De la conjonction de quelles découvertes résulte l'histoire de l'informatique ?
7. Quelles opérations les ordinateurs exécutent-ils ?

8. Qu'est-ce qui a transformé les machines à calculer en ordinateurs ?
9. De quels éléments se compose l'ordinateur ?
10. Qu'est-ce que c'est que le processeur ?
11. Par quoi est commandé le matériel ?
12. Qu'est-ce qui est commandé par un logiciel ?
13. Quelles sont les quatre dimensions principales décrites par l'histoire de l'informatique ?
14. Quels sont aujourd'hui les objets traités par l'informatique ?
15. Qu'est-ce qui a modifié profondément la structure économique, politique et sociale des sociétés humaines ?

### **Production orale**

***I. Dégagez les parties principales du texte et intitulez-les.***

***II. Trouvez des mots et des expressions clés dans chaque partie du texte.***

***III. Résumez le texte d'après le plan :***

- la définition de l'informatique ;
- les découvertes qui marquent les étapes de l'histoire de l'informatique ;
- l'invention de l'ordinateur et ses composants ;
- les domaines de l'application de l'ordinateur.

### **Expression libre**

***Face aux problèmes environnementaux, les scientifiques cherchent à trouver des solutions technologiques capables de transcender les limites de notre modèle actuel. Mais la technologie peut-elle réellement répondre aux enjeux écologiques ? Écrivez un petit texte pour une revue scientifique «Planète Eco» sur ce problème.***

## **Texte B**

***I. Complétez le texte en utilisant les mots suivants :***

- |             |            |
|-------------|------------|
| a) efficace | i) langage |
| b) éducatif | j) conçu   |



- |                |               |
|----------------|---------------|
| c) ordinateurs | k) extension  |
| d) actuelles   | l) communs    |
| e) programmes  | m) programmer |
| f) facilitée   | n) partir     |
| g) version     | o) telles     |
| h) comme       |               |

### **Le langage Pascal**

Pascal est un langage de programmation impératif 1) ... pour l'enseignement. Il est caractérisé par une syntaxe claire, rigoureuse et facilitant la structuration des 2) .... En dehors de la syntaxe et de sa rigueur, le langage Pascal possède des points 3) ... avec le C. Le langage Pascal de base était conçu à usage purement 4) ... et était assez limité. Par exemple, les chaînes de caractères, absentes du langage d'origine, ont été intégrées rapidement. Sa puissance a été établie, et sa diffusion a été 5) ... rapidement par la rédaction de compilateurs Pascal écrits en Pascal. Les développements qu'il a connus par la suite en ont fait un langage complet et 6) .... Plus récemment, la généricité a été ajoutée dans Delphi 2009 et dans Free Pascal depuis la 7) ... 2.2.

Les implémentations 8) ... de Pascal, qui est utilisé hors du monde éducatif, sont des extensions 9) ... que Turbo Pascal (mode texte), Pascal Objet (programmation objet), et Delphi (fenêtré). Il existe des versions libres 10) ... Free Pascal et Lazarus (fenêtré). On peut 11) ... en Pascal sous DOS, Windows, Mac OS ou encore sous Linux/Unix ou Palm OS. Le système d'exploitation des 12) ... Apollo, ainsi qu'une partie du système du Macintosh ont été écrits en Pascal. La première version d'Adobe Photoshop également. Le compilateur GCC a été développé par Richard Stallman à 13) ... d'un compilateur du LLNL, qui était écrit en langage Pastel, une 14) ... du langage Pascal. La syntaxe du 15) ... a été adaptée à d'autres langages comme Ada, Modula 2 (puis Modula-3) ou Oberon.

***II. Dans les textes ci-dessus plusieurs langages informatiques créés à la base de Pascal sont mentionnés. Parlez d'un d'eux. Quels sont les domaines de son application ?***

#### **Production écrite**

***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

#### **Le logiciel informatique**

Un logiciel est un ensemble d'informations relatives à un traitement automatisé. Le logiciel peut être composé d'instructions et de données.

Les instructions mettent en application les algorithmes en rapport avec le traitement d'information voulu. Les données incluses dans un logiciel sont les informations relatives à ce traitement ou exigées par lui (valeurs clés, textes, images, etc.).

Le logiciel peut prendre une forme exécutable (c'est-à-dire, directement compréhensible par le micro-processeur) ou source, c'est-à-dire que la représentation est composée d'une suite d'instructions directement compréhensible par un individu. Ainsi donc, on peut considérer le logiciel comme une abstraction qui peut prendre une multitude de formes : il peut être imprimé sur du papier, conservé sous forme d'un fichier informatiques ou encore stocké dans une mémoire (une disquette, une clé USB).

Un appareil informatique peut contenir de très nombreux logiciels, organisés en trois catégories :

- logiciel applicatif : contient les instructions et les informations relatives à une activité automatisée. Un ordinateur peut stocker une panoplie de logiciels applicatifs, correspondant aux très nombreuses activités pour lesquelles il est utilisé ;

- logiciel système : contient les instructions et les informations relatives à des opérations de routine effectuées par les différents logiciels applicatifs ;

- système d'exploitation : logiciel système qui contient l'ensemble des instructions et des informations relatives à l'utilisation commune du matériel informatique par les logiciels applicatifs ;

- micrologiciel : logiciel de bas niveau permettant la configuration, le démarrage d'un système et de rendre celui-ci «standard» quels que soient son constructeur et sa technologie. Un micrologiciel contient les instructions et les informations relatives au déroulement de cette opération sur l'équipement en question. Un appareil informatique peut contenir de nombreux micrologiciels. Chaque micrologiciel contient les instructions et les informations relatives à tous les traitements qui peuvent être effectués par les équipements d'une série ou d'une marque déterminée.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **Le développement des applications informatiques**

La série de livres *l'Art de la programmation informatique* de Donald Knuth, publiée à partir des années 1960, fait ressortir les aspects mathématiques de la programmation informatique. Edsger Dijkstra, Niklaus Wirth et Christopher Strachey travaillent et publient vers un même axe. Ces travaux préfigurent d'importants développements en matière de langage de programmation.

L'amélioration de l'expressivité des langages de programmation a permis la mise en œuvre d'algorithmes toujours plus sophistiqués, appliqués à des données de plus en plus variées. La miniaturisation des composants et la réduction des coûts de production, associées à une augmentation de la demande en traitements des informations de toutes sortes (scientifiques, financières, commerciales, etc.), ont eu pour conséquence une diffusion de l'informatique dans toutes les secteurs économiques, ainsi que dans la vie quotidienne des individus.

Dans les années 1970, Xerox fait réaliser des études en psychologie cognitive et en ergonomie en vue de simplifier l'utilisation des outils informatiques. L'interface graphique propose un accès à la machine plus proche des objets ordinaires que l'interface en ligne de commande existant jusque là. Les constructeurs souhaitant concurrencer le géant IBM promeuvent une informatique plus décentralisée.

La démocratisation de l'utilisation d'Internet – réseau basé sur ARPANET – depuis 1995, a amené les outils informatiques à être de plus en plus utilisés dans une logique de réseau comme moyen de télécommunication, à la place des outils tels que la poste ou le téléphone. Elle s'est poursuivie avec l'apparition des logiciels libres, puis, des réseaux sociaux et des outils de travail collaboratif. Face à la demande pour numériser photos et musiques, les capacités de stockage, de traitement et de partage des données explosent et les sociétés qui ont parié sur la croissance la plus forte l'emportent le plus souvent, en profitant d'une énorme bulle spéculative sur les sociétés d'informatique.

En France, l'informatique n'a commencé à se développer que dans les années 1960, avec le Plan Calcul. Depuis lors, les gouvernements successifs ont mené des politiques diverses en faveur de la Recherche scientifique, l'Enseignement, la tutelle des Télécommunications, la nationalisation d'entreprises clés.

N. Jullien. Le livre *Impact du logiciel libre sur l'industrie informatique*, 2001.

## L e ç o n 6

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

lecture (f) séquentielle	performance (f)
chiffre (m) binaire	atout (m)
exécuter une opération	faciliter
donnée (f)	gérer

valeur (f) binaire  
 programme (m) interrompu  
 descendant (m)  
 clavier (m)  
 souris (f)  
 organe (m) de sortie (d'entrer)  
 imprimante (f)  
 graveur (m) de DVD  
 cache (m)  
 compréhensible  
 opération (f) de base  
 unité (f) de contrôle  
 mémoire (f) vive (permanente)  
 modèle (m) portable  
 dissipation (f) thermique  
 antémémoire (f)  
 se rapprocher de

suite (f) de cellules (f)  
 entrée-sortie (f)  
 stockage (m)  
 communiquer  
 dispositif (m)  
 réseau (m) informatique  
 récupérer  
 circuit (m) intégré  
 convertir l'information (f)  
 décoder  
 bus (m) d'adresse (de commande)  
 véhiculer  
 puce (f)  
 consommation (f)  
 gain (m)  
 écart (m)  
 programmeur (m)

## II. Trouvez la définition convenable :

1. Le clavier	a) est un dispositif de pointage qui se relie à l'ordinateur.
2. L'unité de contrôle	b) est un espace où un ordinateur stocke les données en cours de traitement.
3. La souris	c) est un composant électronique, basé sur un semi-conducteur, reproduisant une, ou plusieurs, fonction(s) électronique(s) plus ou moins complexe(s), intégrant souvent plusieurs types de composants électroniques de base dans un volume réduit.
4. L'imprimante	d) est un circuit logique séquentiel qui génère des signaux de contrôle pour piloter les éléments du chemin de données.
5. La mémoire vive	e) est un ensemble des moyens matériels et logiciels mis en oeuvre pour assurer les communications entre ordinateurs, stations de travail et terminaux informatiques.
6. L'antémémoire	f) est un dispositif à touches alphanumériques disposées sur plusieurs rangées.

7. Le réseau informatique	g) est une mémoire qui enregistre temporairement des copies de données provenant d'une source, afin de diminuer le temps d'un accès ultérieur d'un matériel informatique à ces données.
8. La puce	h) est un périphérique d'ordinateur qui imprime sur papier des textes ou des éléments graphiques.

**III. Reconstituez les paires de synonymes :**

électronique	successif
séquentiel	manier
instruction (f)	cybernétique
binaire	changer
manipuler	ordre (m)
transformer	digital
interruption (f)	structure (f)
architecture (f)	ressembler
se rapprocher	fixe
clavier (m)	arrêt (m)
permanent	keyboard (m)

**IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

séquentiel	conserver
organisé	pareillement
changer	intérieur
différemment	simultané
extérieur	ancêtre (m)
interrompu	désorganisé
descendant (m)	synthétique
analytique	ininterrompu
succès (m)	sortie (f)
entrée (f)	compliquer
défini	faillite (f)
simplifier	indéfini

**V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

**L'ordinateur : sa structure et son fonctionnement**

Un ordinateur est une machine électronique qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instructions, organisées en programmes, qui lui font exécuter des opérations logiques et arithmétiques sur des chiffres binaires.

Les données à manipuler sont obtenues, soit par la lecture de mémoires, soit par la lecture de composants d'interface (périphériques) qui représentent des données physiques extérieures en valeurs binaires. Une fois utilisées, ou manipulées, les données sont réécrites, soit dans des mémoires, soit dans des composants qui peuvent transformer une valeur binaire en une action physique. L'ordinateur peut aussi répondre à des interruptions qui lui permettent d'exécuter des programmes de réponses spécifiques à chacune, puis de reprendre l'exécution séquentielle du programme interrompu.

De 1834 à 1837, Charles Babbage conçoit une machine à calculer programmable en associant les inventions de Blaise Pascal et de Jacquard, commandant, avec des instructions écrites sur des cartes perforées, un des descendants de la première machine qui assista l'intelligence humaine : la Pascaline. C'est durant cette période qu'il imagina la plupart des caractéristiques de l'ordinateur moderne. Babbage passera le reste de sa vie à essayer de construire sa machine analytique, mais sans succès. C'est cent ans plus tard, en 1937, qu'IBM inaugurerait l'ère de l'informatique en commençant le développement de l'ASCC/Mark I, une machine basée sur l'architecture de Babbage.

La technique actuelle des ordinateurs date du milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Ils peuvent être classés selon plusieurs critères tel que le domaine d'application, la taille ou l'architecture. Parmi toutes les machines inventées par l'Homme, l'ordinateur est celle qui se rapproche le plus du concept anthropologique suivant : organe d'entrée, organe de traitement de l'information et organe de sortie. Chez l'humain, les organes d'entrée sont les cinq sens, l'organe de traitement est le cerveau dont les logiciels sont l'apprentissage avec des mises à jour constantes en cours de vie, puis les organes de sortie sont les muscles. Pour les ordinateurs modernes les organes d'entrée sont le clavier et la souris et les organes de sortie, l'écran, l'imprimante, le graveur de DVD, etc. Les techniques utilisées pour fabriquer ces machines ont énormément changé depuis les années 1940 et sont devenues une technologie à part entière depuis les années 1970. Beaucoup utilisent encore les concepts définis par John von Neumann, bien que cette architecture soit en régression : les programmes ne se modifient plus guère eux-mêmes, et le matériel prend en compte cette nouvelle donnée en séparant aujourd'hui nettement le stockage des instructions et des données, y compris dans les caches.

L'architecture de von Neumann décomposait l'ordinateur en quatre parties distinctes :

- l'unité arithmétique et logique (UAL) ou unité de traitement : son rôle est d'effectuer les opérations de base (additions, soustractions...), un peu comme le ferait une calculatrice ;

- l'unité de contrôle. C'est l'équivalent des doigts qui actionneraient la calculatrice. Elle facilite la communication entre l'unité arithmétique et logique, la mémoire ainsi que les périphériques ;

- la mémoire qui contient à la fois les données et le programme qui dira à l'unité de contrôle quels calculs faire sur ces données. La mémoire se divise entre mémoire vive (programmes et données en cours de fonctionnement) et mémoire permanente (programmes et données de base de la machine). Dans la plupart des architectures, c'est la même mémoire qui est utilisée pour les deux fonctions ;

- les entrées-sorties : dispositifs qui permettent à l'ordinateur de communiquer avec le monde extérieur. Ces dispositifs sont très importants, du clavier à l'écran. Le point commun entre tous les périphériques d'entrée est qu'ils convertissent l'information qu'ils récupèrent de l'extérieur en données compréhensibles par l'ordinateur. À l'inverse, les périphériques de sortie décodent l'information fournie par l'ordinateur afin de la rendre compréhensible par l'utilisateur.

Ces différentes parties sont reliées par trois bus, le bus d'adresse, le bus de données et le bus de commande. Un bus est un groupement d'un certain nombre de fils électriques réalisant une liaison pour transporter des informations binaires codées sur plusieurs bits. Le bus d'adresse transporte les adresses générées par l'UCT (Unité Centrale de Traitement) pour sélectionner une case mémoire ou un registre interne de l'un des blocs. Le bus de données transporte les données échangées entre les différents éléments du système. Le bus de contrôle transporte les différents signaux de synchronisation nécessaires au fonctionnement du système: signal de lecture (RD), signal d'écriture (WR), signal de sélection (CS).

La miniaturisation permet d'intégrer l'UAL et l'unité de contrôle au sein d'un même circuit intégré connu sous le nom de microprocesseur. Typiquement, la mémoire est située sur des circuits intégrés proches du processeur, une partie de cette mémoire, la mémoire cache, pouvant être située sur le même circuit intégré que l'UAL. La tendance a été à partir de 2004 de regrouper plusieurs UAL dans le même processeur, voire plusieurs processeurs dans la même puce. Une autre tendance, depuis 2006, est aux microprocesseurs sans horloge : la moitié de la dissipation thermique est en effet due aux signaux d'horloge quand le microprocesseur fonctionne ; de plus, un microprocesseur sans horloge a une consommation presque nulle quand il ne fonctionne pas. Cet atout est important pour les modèles portables.

Le principal écart fonctionnel aujourd'hui par rapport au modèle de von Neumann est la présence sur certaines architectures de deux antémémoires différentes : une pour les instructions et une pour les données (alors que le

modèle de von Neumann spécifiait une mémoire commune pour les deux). La raison de cet écart est que la modification par un programme de ses propres instructions est aujourd'hui considérée comme une pratique à proscrire. Dès lors, si le contenu du cache de données doit être réécrit en mémoire principale quand il est modifié, on sait que celui du cache d'instructions n'aura jamais à l'être, d'où simplification des circuits et gain de performance.

L'ensemble d'instructions qu'un ordinateur supporte se nomme son langage machine, langage qui est une succession de chiffres binaires, car les instructions et données qui sont comprises par le processeur (CPU) sont constituées uniquement de 0 (zéro) et de 1 (un). En général, les programmeurs n'utilisent plus ce type de langage, mais passent par ce que l'on appelle un langage de haut niveau qui est ensuite transformé en langage binaire par un programme spécial.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Électronique, exécuter, manipuler, conditionnel, une mémoire, un composant, une interruption, séquentiel, une intelligence, une architecture, se rapprocher, une imprimance, fabriquer, modifier, distinguer, un dispositif, une comparaison, faciliter, un contrôle, intégrer, adresser, miniaturiser, un processeur.

### ***II. Reliez les deux colonnes :***

une machine	des opérations
un ensemble	d'interface
exécuter	humaine
les chiffres	d'application
les composants	d'instructions
répondre	électronique
l'intelligence	binaires
l'ère	d'entrée et de sortie
le domaine	à des interruptions
le concept	des données
les organes	anthropologique
le stockage	de l'informatique
l'unité	vive et permanente
les mémoires	la communication
faciliter	de contrôle



### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Последовательное считывание набора инструкций, выполнять логические и арифметические операции, двоичные цифры, данные для обработки, считывание компонентов интерфейса, считывание памяти, прерванная программа, классифицировать по нескольким критериям, клавиатура, мышь, принтер, DVD-рекордер, хранение инструкций и данных, блок обработки, блок управления, оперативная память, постоянная память, устройства ввода-вывода, компьютерная сеть, записывающий сигнал, сигнал считывания, сигнал выбора, интегральная схема, микропроцессор.

#### **Étude du contenu du texte**

##### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Un ordinateur est une machine électronique ...
2. Les données à manipuler sont obtenues, soit par la lecture de mémoires, ...
3. L'ordinateur peut aussi répondre à des interruptions qui lui permettent ...
4. Parmi toutes les machines inventées par l'Homme, l'ordinateur est ...
5. L'unité arithmétique et logique ou UAL ...
6. L'unité de contrôle facilite ...
7. Les dispositifs d'entrées-sorties ...
8. Un bus est un groupement d'un certain nombre de fils électriques ...
9. Les programmeurs utilisent un langage de haut niveau qui est ensuite ...

a) d'exécuter des programmes de réponses spécifiques à chacune, puis de reprendre l'exécution séquentielle du programme interrompu.

b) la communication entre l'unité arithmétique et logique, la mémoire ainsi que les périphériques.

c) qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instructions, organisées en programmes.

d) soit par la lecture de composants d'interface (périphériques) qui représentent des données physiques extérieures en valeurs binaires.

e) réalisant une liaison pour transporter des informations binaires codées sur plusieurs bits.

f) transformé en langage binaire par un programme spécial.

g) celle qui se rapproche le plus du concept anthropologique suivant : organe d'entrée, organe de traitement de l'information et organe de sortie.

- h) effectue les opérations de base.
- i) permettent à l'ordinateur de communiquer avec le monde extérieur.

**II. Associez les deux colonnes pour présenter les fonctions principales des unités de l'ordinateur :**

1. L'unité arithmétique et logique (UAL)	a) réalise la communication entre l'unité arithmétique et logique, la mémoire ainsi que les périphériques.
2. La mémoire	b) convertissent l'information qu'ils récupèrent de l'extérieur en données compréhensibles par l'ordinateur et à l'inverse, décodent l'information fournie par l'ordinateur pour la rendre compréhensible par l'utilisateur.
3. Les entrées-sorties	c) effectue les opérations élémentaires, les opérations logiques et les opérations de comparaison.
4. L'unité de contrôle	d) donne des instructions à l'ordinateur ou contient des données à traiter.

**III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que l'ordinateur ?
2. D'où l'ordinateur obtient-il les données à manipuler ?
3. Qui est l'inventeur de la machine à calculer programmable ?
4. De quel siècle date la technique actuelle des ordinateurs ?
5. Pourquoi parmi toutes les machines inventées par l'homme l'ordinateur se rapproche-t-il le plus du concept anthropologique ?
6. En quelles parties l'architecture de von Neumann décomposait-elle l'ordinateur ?
7. Quelle est la fonction de chacune de ces parties ?
8. Quels changements ont été apportés dans l'ordinateur à partir de 2004 et 2006 ?
10. En quoi consiste le principal écart fonctionnel des ordinateurs d'aujourd'hui par rapport au modèle de von Neumann ?
11. Quelle est la raison de cet écart ?
12. Quel langage utilise l'ordinateur ?

**Production orale**

1. *Divisez le texte en parties et intitulez-les.*

**II. Trouvez des mots et des expressions clés dans chaque partie du texte.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de l'ordinateur et les fonctions qu'il réalise ;
- les parties composantes de l'ordinateur dégagées par l'architecture de von Neumann ;
- les fonctions de chaque partie de l'ordinateur ;
- l'écart fonctionnel d'aujourd'hui par rapport au modèle de von Neumann ;
- le langage utilisé par l'ordinateur.

### **Expression libre**

**Commentez la citation du compositeur et chanteur algérien Khalil Assala à propos du rôle de l'informatique pour le développement du monde contemporain :** «La révolution informatique fait gagner un temps fou aux hommes, mais ils le passent avec leur ordinateur». **Quels sont, à votre avis, les avantages et les inconvénients que l'ordinateur a apportés dans notre vie ?**

## **Texte B**

### **Les dysfonctionnements courants causés par des bugs**

Une fuite de mémoire est un dysfonctionnement dû à un bug dans les opérations d'allocation de mémoire. Avec lui, la quantité de mémoire utilisée par le logiciel défaillant va en augmentant continuellement. Si le logiciel défaillant arrive à utiliser la quasi-totalité de la mémoire disponible, celui-ci gêne alors le déroulement des autres logiciels et les entraîne à des dysfonctionnements.

Une erreur de segmentation est un dysfonctionnement dû à un bug dans des opérations de manipulations de pointeurs ou d'adresses mémoire. Le logiciel défaillant va tenter de lire ou d'écrire des informations dans un emplacement de mémoire (segment) qui n'existe pas ou qui ne lui est pas autorisé. Le mécanisme de détection des exceptions provoque alors la mise hors service du logiciel défaillant.

Un dépassement d'entier est un dysfonctionnement dû à un bug dans des opérations de calcul mathématique. Le logiciel défaillant va tenter d'effectuer un calcul dont le résultat est supérieur à la valeur maximum autorisée. Le

mécanisme de détection des exceptions provoque alors la mise hors service du logiciel défaillant.

Un dépassement de tampon est un dysfonctionnement dû à un bug. Un logiciel qui doit écrire des informations dans un emplacement déterminé et limité de mémoire en dépasse les limites et va alors écrire des informations sur un emplacement destiné à un autre usage, cette modification inopinée entraîne une exécution erratique du logiciel.

Un dépassement de pile est un dysfonctionnement dans lequel la taille de la pile d'exécution d'un logiciel dépasse la capacité de la mémoire tampon qui la contient, ce qui provoque des dysfonctionnements similaires à un dépassement de tampon. Un dépassement de pile résulte d'un déroulement erroné à la suite d'un bug.

Un interblocage est un dysfonctionnement durant lequel plusieurs automatismes s'attendent mutuellement, c'est-à-dire qu'ils attendent chacun que l'autre libère les ressources qu'il utilise pour poursuivre. Les ressources restent verrouillées durant les attentes, ce qui peut bloquer d'autres automatismes et par effet dominobloquer l'ensemble du système. Un mécanisme de prévention provoque l'annulation de l'opération lorsque la durée d'attente dépasse le délai admissible.

***1. Lisez attentivement le texte proposé puis reliez les chiffres et les lettres :***

- |                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Une fuite de mémoire c'est    | 4. Un dépassement de pile c'est     |
| 2. Un dépassement d'entier c'est | 5. Une erreur de segmentation c'est |
| 3. Un interblocage c'est         | 6. Un dépassement de tampon c'est   |

a) lorsque plusieurs automatismes s'attendent mutuellement, ce qui peut bloquer d'autres automatismes et par effet dominobloquer l'ensemble du système.

b) quand un logiciel écrit des informations sur un emplacement destiné à un autre usage, ce qui entraîne une exécution erratique du logiciel.

c) lorsque la quantité de mémoire utilisée par le logiciel défaillant va en augmentant continuellement, ce qui gêne le déroulement des autres logiciels et les entraîne à des dysfonctionnements.

d) quand le logiciel défaillant tente de lire ou d'écrire des informations dans un segment de mémoire qui n'existe pas ou qui ne lui est pas autorisé.

e) quand la taille de la pile d'exécution d'un logiciel dépasse la capacité de la mémoire tampon qui la contient, ce qui provoque des dysfonctionnements similaires à un dépassement de tampon.

f) lorsque le logiciel défaillant tente d'effectuer un calcul dont le résultat est supérieur à la valeur maximum autorisée.

## **II. Connaissez-vous d'autres dysfonctionnements causés par des bugs ? Donnez-en un exemple.**

### **Production écrite**

#### **I. Traduisez le texte suivant en russe :**

##### **La mémoire vive de l'ordinateur**

La mémoire vive, ou mémoire système (appelée RAM de l'anglais *Random Access Memory* traduit en français par *mémoire à accès aléatoire*), est la mémoire informatique dans laquelle un ordinateur place les données lors de leur traitement.

Les caractéristiques actuelles (2016) de cette mémoire sont sa rapidité d'accès, essentielle pour fournir rapidement les données au processeur, et sa volatilité qui entraîne une perte de toutes les données en mémoire dès que l'ordinateur cesse d'être alimenté en électricité. Cet inconvénient, qui n'existait pas avec les anciennes mémoires à ferrite est éliminé sur d'autres types de mémoires RAM dites «non-volatiles», comme les MRAM, mais dont les temps d'accès ou le coût ne sont pas toujours aussi compétitifs.

Il existe deux types de mémoires :

- La mémoire vive (RAM) est généralement définie en opposition à la mémoire morte (ROM) : le contenu de la mémoire vive doit être réactualisé périodiquement pour éviter la perte d'information. La mémoire morte n'a pas besoin d'un tel processus. Il est important de ne pas confondre ces mémoires avec les mémoires volatiles et non volatiles : la mémoire volatile a besoin d'être alimentée pour garder en mémoire les données. La mémoire non volatile ne perd pas les données qu'elle contient en cas de coupe d'alimentation.

Quelquefois, on utilise le sigle RWM (de l'anglais *Read Write Memory*, soit mémoire en lecture écriture) pour désigner la RAM en mettant l'accent sur la possibilité d'écriture plutôt que l'accès «arbitraire».

Le sens littéral des termes RAM et mémoire vive peuvent causer de la confusion. En effet, le terme RAM suppose un accès «aléatoire» aux données alors qu'il s'agit d'un accès direct à n'importe quelle donnée n'importe quand, par opposition à un accès séquentiel, comme l'accès à une bande magnétique, où les données sont nécessairement lues dans un ordre défini physiquement.

## **II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :**

##### **La mémoire de l'ordinateur**

En informatique, la mémoire est un dispositif électronique qui sert à stocker des informations. La mémoire est un composant essentiel, présent dans

tous les ordinateurs, les consoles de jeux, les GPS et de nombreux appareils électroniques.

Les mémoires sont vendues sous forme de pièces détachées de matériel informatique, ou de composants électroniques. Les différences entre les pièces sont la forme, l'usage qui en est fait, la technologie utilisée, la capacité de stockage et le rapport entre le coût et la capacité.

La technologie la plus courante utilise des semi-conducteurs électroniques numériques parfois associés à des composants mécaniques. Les usages les plus courants sont la mémoire vive et la mémoire de masse.

Il existe différents types de mémoire :

- *La mémoire vive* : la mémoire où chaque information stockée peut à tout moment être consultée, ou modifiée. La mémoire centrale des ordinateurs est la plupart du temps une mémoire vive volatile.

- *La mémoire morte* : la mémoire où les informations sont écrites une fois mais ne peuvent pas être modifiées. Les mémoires mortes sont utilisées par exemple pour stocker définitivement des logiciels enfouis.

- *La mémoire volatile* : la mémoire où les informations sont perdues lors de la mise hors tension de l'appareil. Par opposition, *une mémoire rémanente* ou non volatile est une mémoire où les informations sont conservées même après la mise hors tension de l'appareil. Les mémoires rémanentes sont utilisées pour les téléphones portables, les autoradios, les GPS, ou les appareils photo numériques.

- *La mémoire flash* : la mémoire rémanente dont le contenu peut être intégralement effacé en une seule opération. Certaines mémoires de ce type pouvaient être effacées par une exposition aux ultraviolets.

- *La mémoire virtuelle* : le mécanisme qui permet de simuler la présence d'un type de mémoire en utilisant un autre type (par exemple un disque dur). Il est utilisé par exemple pour simuler la présence de mémoire vive en utilisant de la mémoire de masse.

Dans la plupart des mémoires, les informations sont classées par adresses, à l'exception des mémoires adressable par contenu. Celles-ci sont utilisées notamment pour créer des tableaux associatifs.

L. Bloch. Le livre *Les systèmes d'exploitation des ordinateurs*, 2003.

## L e ç o n 7

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

management (m)

violer les normes (f) éthiques

système (m) d'information	flux (m)
gestion (f) de données	maîtriser
sécurité (f)	contraintes (f) légales et fiscales
moyen (m) d'optimisation	mettre à disposition (f)
performance (f) de l'entreprise	acquérir
émerger	avantage (m) concurrentiel
tirer profit (m)	choix (m) de la stratégie
enjeu (m)	traitement (m) des informations
vulnérabilité (f)	dispositif (m)
induire	piloter l'activité (f)
impact (m) social	accès (m) aux données
infrastructure (f) technique	audit (m) des systèmes d'information

## II. Trouvez la définition convenable :

1. Le système d'information (SI)	a) est une faiblesse dans un système informatique permettant à un attaquant de porter atteinte à son fonctionnement normal, à la confidentialité ou à l'intégrité des données qu'il contient.
2. L'optimisation	b) est un ensemble de méthodes, de moyens et d'outils informatiques utilisés pour piloter une entreprise et aider à la prise de décision : tableaux de bord, rapports analytiques et prospectifs.
3. L'informatique de gestion	c) est un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et distribuer de l'information, en général grâce à un ordinateur.
4. La performance de l'entreprise	d) est l'ensemble des connaissances, des technologies, et des outils en rapport avec la gestion de données.
5. La vulnérabilité	e) est une action d'obtenir le meilleur, d'améliorer un fonctionnement, un rendement, une utilisation.
6. Le progiciel de gestion intégré (PGI)	f) est le degré d'accomplissement des objectifs poursuivis.
7. L'informatique décisionnelle	g) est un système d'information qui permet de gérer et suivre au quotidien, l'ensemble des informations et des services opérationnels d'une entreprise.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

management (m)	efficacité (f)
sécurité (f)	garantir
performance (f)	gestion (f)
assurer	amélioration (f)
optimisation (f)	sûreté (f)
cohérent	défendre
agile	abondance (f)
protéger	harmonieux
flux (m)	loi (f)
contrainte (f)	rapide
outil (m)	politique (f)
stratégie (f)	majeur
collecter	moyen (m)
primordial	changer
modifier	récolter

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

organiser	désintégrer
émerger	perte (f)
intégrer	mineur
profit (m)	désorganiser
vulnérabilité (f)	disparaître
primordial	violer
efficacement	invulnérabilité (f)
protéger	illégal
légal	disparition (f)
apparition (f)	inefficacement
avantage (m)	compliquer
faciliter	réussite (f)
échec (m)	désavantage (m)

### **V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

#### **Le management du système d'information**

Le management du système d'information, autrement dit l'informatique de gestion et parfois le management de la performance, est une discipline du management regroupant l'ensemble des connaissances, des techniques et des outils assurant la gestion de données et leur sécurité, et plus généralement



l'organisation et la protection du système d'information. Le système d'information doit être organisé, finalisé, construit, animé et contrôlé, ce qui constitue un moyen d'optimisation de la performance de l'entreprise. C'est une science en perpétuelle évolution en raison des nouveaux métiers émergents dans les systèmes d'information.

Afin de satisfaire au mieux l'organisation, il est important de réaliser un système d'information (SI) cohérent et agile pour intégrer les nouveaux besoins de l'entreprise. Mais le management des systèmes d'information doit également permettre de tirer profit des nouvelles technologies.

La sécurité des systèmes d'information est un enjeu majeur du management des SI. En effet, la diminution des vulnérabilités induites par le facteur humain et la sécurité propre du SI sont des facteurs primordiaux que le directeur des systèmes d'information (DSI) doit prendre en compte. Le DSI doit s'assurer que les normes humaines et techniques soient respectées en cas de sinistre mais également que le management organisationnel puisse permettre de répondre efficacement et rapidement aux problèmes informatiques.

Le management des SI pose également des questions concernant l'éthique et l'impact social. En effet, certaines normes protègent les salariés de l'entreprise, notamment concernant la protection de la vie privée et la propriété intellectuelle. Le système d'information ne doit pas violer ces normes éthiques dans le but d'éviter toute répression juridique. Pour cela, le management des systèmes d'information doit permettre au DSI de mettre en place une politique organisationnelle au sein du système d'information afin de protéger les données ainsi que les flux d'informations.

Les enjeux juridiques et fiscaux du management des systèmes d'information sous-entendent l'importance d'intégrer et de maîtriser les contraintes légales et fiscales liées à l'informatisation de leurs systèmes d'information. Il permet également de répondre aux demandes des représentants de l'administration fiscale et de mettre à disposition les informations nécessaires.

L'information est un principe fondamental de la stratégie. En conséquence, le SI est également un outil essentiel dans la stratégie d'entreprise. D'une part, elle permet aux employés de l'organisation de mettre en œuvre les décisions de la direction générale. D'autre part, les systèmes d'information permettent de définir une politique propre à l'entreprise.

Certains systèmes de nature différente ont ainsi fait leur apparition afin de permettre à l'organisation d'acquérir un avantage concurrentiel. Ce phénomène s'illustre par une domination par les coûts, une différenciation ou une stratégie de niche. De plus, les SI peuvent être utiles aux décideurs dans le

processus de conception et de choix de la stratégie à mettre en place grâce à la récolte et au traitement des informations ayant un caractère décisionnel. Cependant traditionnellement le système d'information réalise un alignement stratégique avec la stratégie globale de l'entreprise.

Le SI est lui-même composé de matériels et logiciels ayant des conséquences dans le management des organisations. En effet, l'infrastructure technologique du système d'information est un ensemble de dispositifs pouvant provoquer des changements organisationnels dans une entreprise. Ces outils sont reliés par des réseaux informatiques permettant à l'information de circuler rapidement dans l'entreprise. De plus, des entrepôts de données permettent de collecter et structurer les différentes informations dans le but de piloter l'activité.

Le progiciel de gestion intégré a pour effet de faciliter la fluidité des processus organisationnels et de simplifier la gestion des infrastructures. Alors que certaines applications ont une vocation interne à l'entreprise (gestion de la chaîne logistique), d'autres sont davantage tournées à l'extérieur (gestion de la relation client).

L'informatique décisionnelle a pour principal objectif d'assister les managers. C'est un enjeu essentiel depuis les débuts des systèmes d'information qui peut s'expliquer par l'importance de l'information dans la prise de décision. Les SIAD (système d'information d'aide à la décision) aident à la préparation et au choix de la décision grâce à des dispositifs permettant l'accès aux données et à des tests de validité. Les dirigeants devront prendre des décisions stratégiques grâce aux informations dites Business Intelligence et au management des systèmes d'information.

Le management des systèmes d'information est essentiel afin de faire face aux changements perpétuels de manière efficace. En effet, il est plus difficile dans une organisation de modifier les habitudes de travail (routines, structure de l'organisation, accès à l'information) plutôt que de changer les outils techniques. Cet obstacle est la raison de bien des échecs dans le domaine des systèmes d'information puisqu'un quelconque changement peut provoquer des distorsions de la part des utilisateurs. C'est pourquoi la préoccupation dominante, au sein des entreprises confrontées à de forts enjeux d'informatisation, demeure la mise au point de la solution technique, c'est-à-dire le système informatique lui-même. Il apparaît ainsi évident que la focalisation sur les seuls éléments techniques d'un projet SI permet d'apaiser le manager en lui donnant l'illusion d'un contrôle des résultats par son aspect tangible et moderne. Cela revient à diminuer l'importance du management du changement et la dimension humaine du projet. Pourtant, c'est une dimension essentielle de la gestion de projet d'un système informatique.

Plusieurs méthodes permettent d'organiser et d'assister la coopération entre les représentants du métier, utilisateurs et informaticiens tout au long du cycle de développement d'un projet.

La préparation d'un projet de SI relance les enjeux du management des systèmes d'information. Il est primordial d'anticiper le déroulement de projet, notamment dans le plan organisationnel, afin d'éviter des entorses futures au projet. La préparation du projet de SI est donc un élément primordial que doit prendre en compte un chef de projet afin de limiter les futurs problèmes inhérents au projet.

L'audit des SI a pour objectif de mettre en évidence les dangers liés à l'infrastructure technique ainsi que les risques fonctionnels du SI. Il couvre un périmètre plus large que l'audit informatique car il s'intéresse davantage aux aspects fonctionnels et organisationnels liés au système d'information en plus de l'aspect technique. L'audit des SI s'appuie sur une méthodologie appelée CobiT qui constitue le référentiel international de contrôle en matière des systèmes d'information. Celui-ci offre certains standards de contrôle ainsi que des «bonnes pratiques» dans l'appréciation des dangers informatiques. L'audit des systèmes d'information est donc l'acteur de contrôle du management des systèmes d'information.

### **Étude du vocabulaire du texte**

#### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Le management, l'informatique, la gestion, optimiser, vulnérable, s'assurer, organiser, efficacement, rapidement, violer, protéger, éviter, fondamental, un principe, acquérir, avantage, une concurrence, une stratégie, décider, technologique, collecter, structurer, le flux, valide, anticiper, une appréciation.

#### ***II. Reliez les deux colonnes :***

le système	de l'entreprise
l'informatique	en compte
la performance	privée
tirer	concurrentiel
prendre	d'information
le facteur	de gestion
en cas	juridique
la vie	informatiques
la propriété	profit
une répression	humain
les contraintes	de sinistre
un avantage	intellectuelle
mettre	aux changements

des réseaux  
faire face

en place  
légal et fiscales

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Управление информационной системой, управление данными, оптимизация производительности компании, выгодно использовать новые технологии, главная проблема, уменьшение уязвимости, нарушать этические нормы, информационные потоки, информационная сеть, подразумевать, принимать во внимание, юридические и налоговые ограничения, обеспечивать выполнение решений, определить политику компании, преодолевать постоянные изменения, пользователь, аудит информационных систем.

#### **Étude du contenu du texte**

##### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Le système d'information doit être organisé, finalisé, construit, animé et contrôlé, ...
2. La sécurité des systèmes d'information est ...
3. Le management des SI pose également des questions ...
4. Les enjeux juridiques et fiscaux du management des systèmes d'information sous-entendent ...
5. Certains systèmes de nature différente ont ainsi fait leur apparition afin de ...
6. Des entrepôts de données permettent ...
7. Le progiciel de gestion intégré a pour effet ...
8. La préoccupation dominante, au sein des entreprises confrontées à de forts enjeux d'informatisation, demeure ...
9. L'audit des SI couvre un périmètre plus large que l'audit informatique ...
  - a) concernant l'éthique et l'impact social.
  - b) l'importance d'intégrer et de maîtriser les contraintes légales et fiscales liées à l'informatisation de leurs systèmes d'information.
  - c) permettre à l'organisation d'acquiescer un avantage concurrentiel.
  - d) de faciliter la fluidité des processus organisationnels et de simplifier la gestion des infrastructures.
  - e) ce qui constitue un moyen d'optimisation de la performance de l'entreprise.

f) la mise au point de la solution technique, c'est-à-dire le système informatique lui-même.

g) de collecter et structurer les différentes informations dans le but de piloter l'activité.

h) car il s'intéresse davantage aux aspects fonctionnels et organisationnels liés au système d'information en plus de l'aspect technique.

i) un enjeu majeur du management des systèmes d'information.

## **II. Cochez les bonnes réponses :**

*Le système d'information permet :*

1. d'optimiser la performance et d'intégrer les nouveaux besoins de l'entreprise.

2. de diminuer des vulnérabilités du facteur humain.

3. de protéger les données ainsi que les flux d'informations.

4. de répondre aux demandes des représentants de l'administration fiscale et de mettre à disposition les informations nécessaires.

5. de définir une politique propre à l'entreprise.

6. de provoquer des distorsions de la part des utilisateurs.

7. de faire face aux changements perpétuels de manière efficace.

8. aux employés de l'entreprise de mettre en œuvre les décisions de la direction générale.

## **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est le management des systèmes d'information ?

2. Qu'est-ce que le management des SI assure ?

3. Comment doit être le système d'information pour satisfaire au mieux l'organisation ?

4. Qu'est-ce qui est un enjeu majeur du management des SI ? Pourquoi ?

5. Quelles questions concernant l'éthique et l'impact social pose le management des SI ?

6. Que sous-entendent les enjeux juridiques et fiscaux du management des systèmes d'information ?

7. Pourquoi croit-on que le SI est un outil essentiel dans la stratégie d'entreprise ?

8. Quelles conséquences a le système d'information dans le management des organisations ?

9. Quelles sont les applications du progiciel de gestion intégré à l'entreprise ?

10. Comment le système d'information d'aide à la décision assiste-t-il les managers ?

11. Qu'est-ce qui permet d'organiser et d'assister la coopération entre les représentants du métier, utilisateurs et informaticiens ?

12. Quel est l'objectif de l'audit des systèmes d'information ?

### **Production orale**

I. *Dégagez les parties essentielles du texte.*

II. *Formulez l'idée principale de chacune d'elles.*

III. *En vous servant des informations du texte préparez une présentation pour les étudiants de la première année de la spécialisation «Mathématiques et Informatique» d'après le plan suivant :*

*- la définition du management des systèmes d'information et les caractéristiques des SI ;*

*- la sécurité des systèmes d'information ;*

*- les questions que pose le management des systèmes d'information ;*

*- les objectifs du projet des SI ;*

*- les objectifs de l'audit des SI.*

### **Expression libre**

*En vous servant des informations supplémentaires d'Internet rédigez un court article pour le journal «Alternative économique» sur les possibilités et les domaines d'application des systèmes d'information dans l'entreprise (250 mots).*

## Texte B

I. *Complétez le texte avec les mots suivants :*

a) coûteux

b) servir

c) l'apparition

d) interactif

e) développer

f) programmables

g) distribués

h) ordinateurs

i) simulation

j) l'architecture

k) artificielle

l) jeu

## Les précurseurs du jeu vidéo

Pendant la seconde Guerre mondiale, les premiers ordinateurs analogiques ont fait 1) ... afin de contribuer à l'effort de guerre. C'est dans ce contexte qu'ont été créés les premiers 2) ..., Colussus et ENIAC. Ces ordinateurs étaient cependant peu fiables, très 3) ... et dédié à une tâche unique. Juste après la guerre, à la fin des années 1940, après avoir appliqué de 4) ... de von Neumann on a créé des premiers ordinateurs 5) ... à l'Université de Pennsylvanie, à l'Université de Cambridge, ou encore à l'Université de Manchester. Après avoir changé les méthodes de recherches de scientifiques, ces ordinateurs ont rapidement intéressé les universités, entreprises et instituts publics ce qui a permis de 6) ... rapidement la technologie dans les années 1950.

C'est dans ce contexte que naît les prédecesseurs du 7) ... vidéo. À l'époque, le jeu pouvait 8) ... dans trois cas de figures: comme programme d'entraînement, de recherche dans certains domaines tel que l'intelligence 9) ... et enfin comme démonstration technique. Les jeux étaient alors développés pour un ordinateur précis et n'étaient pas prévus pour être 10) ... . Après avoir servi à présenter un jeu les ordinateurs étaient pour la plupart démontés après leur présentation ou leur but de recherche, sans être forcément montré au public. En conséquence, il était impossible de déterminer quel était le premier jeu électronique, du fait de la confidentialité du secteur à l'époque, où ces recherches ne étaient pas forcément montrées au public.

Le premier jeu 11) ... connu était le dispositif de jeu à tube cathodique créé en 1947 par Thomas T. Goldsmith Jr. et Estle Ray Mann. En 1948, le premier jeu pour ordinateur imaginé était Turochamp, un programme de 12) ... de jeu d'échecs, développé par Alan Turing et David Champernowne en 1948. Turing après avoir débuté en 1952 l'adaptation du jeu sur Ferranti Mark I ne l'a cependant jamais terminée.

### ***II. Quels autres faits de l'histoire du développement des jeux vidéo connaissez-vous ? Parlez-en.***

#### **Production écrite**

##### ***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

#### **La formation en management des systèmes d'information et informatique de gestion**

En France, il existe une distinction claire entre plusieurs types d'enseignement. Des enseignements d'informatique (théorique, industrielle...), généralement présents dans la plupart des universités, dans bon nombre d'écoles d'ingénieurs et, à un niveau plus modeste, dans certains instituts du type universitaire.

Des enseignements d'informatique de gestion, au sens restrictif décrit plus haut. Ceci reste de l'informatique, seul le domaine d'application (et donc les méthodes d'analyse des problèmes) change. Quelques écoles supérieures offrent ces enseignements, que l'on trouve aussi dans les lycées au niveau Bac + 2 (BTS en informatique de gestion) et dans les universités au niveau Master.

Des enseignements d'introduction aux systèmes d'information et de management des systèmes d'information, clairement distincts d'éventuels cours d'informatique ou de bureautique, dans la plupart des écoles de commerce. Il existe ainsi plusieurs Masters spécialisés, souvent en «Système d'information et Contrôle de Gestion» ou SIC.

Des écoles de management des systèmes d'information qui proposent des mastères spécialisés en management des systèmes d'information. À ce sujet, la réforme des études comptables, impulsée par l'Ordre des experts comptables a eu pour conséquence un renforcement considérable de ces enseignements de management des systèmes d'information tant au niveau licence que Master. Sur l'ensemble du cycle, ce sont plus de 300 heures qui sont délivrées sur ce thème.

En Belgique, les Hautes écoles proposent la formation Bachelor en 3 ans. Le Bachelier en Informatique de gestion est un informaticien avec une solide base de programmation et un savoir-faire de haute qualité dans l'ensemble des techniques informatiques logicielles au sens le plus large du terme.

Au Cameroun, l'Université catholique d'Afrique centrale offre un master en Management des Systèmes d'Information (MSI) de deux ans.

En Suisse, l'informatique de gestion est enseignée en École supérieure ou en Haute école spécialisée. La formation aboutit respectivement à un titre officiel et reconnu par la Confédération suisse d'«Informaticien de gestion dipl. ES» ou à un «Bachelor of Science HES en informatique de gestion». Le titre ES est l'équivalent d'un BTS français, tandis que le Bachelor est similaire à la licence professionnelle française.

Au Québec, 47 différents établissements d'enseignement enseignent l'informatique de gestion.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **Les virus informatiques**

Un virus informatique est un automate autorépliatif à la base non malveillant, mais aujourd'hui souvent additionné de code malveillant (donc classifié comme logiciel malveillant), conçu pour se propager à d'autres ordinateurs en s'insérant dans des logiciels légitimes, appelés «hôtes». Il peut perturber plus ou moins gravement le fonctionnement de l'ordinateur infecté. Il peut se répandre par tout moyen d'échange de données numériques comme les réseaux informatiques et les cédéroms, les clefs USB, etc.



Son appellation provient d'une analogie avec le virus biologique puisqu'il présente des similitudes dans sa manière de se propager en utilisant les facultés de reproduction de la cellule hôte. On attribue le terme de «virus informatique» à l'informaticien et spécialiste en biologie moléculaire Leonard Adleman.

Les virus informatiques ne doivent pas être confondus avec les vers informatiques, qui sont des programmes capables de se propager et de se dupliquer par leurs propres moyens sans contaminer de programme hôte. Au sens large, on utilise souvent et abusivement le mot virus pour désigner toute forme de logiciel malveillant.

Le nombre total de programmes malveillants connus serait de l'ordre de 95 000 (2011) selon Sophos. Cependant, le nombre de virus réellement en circulation ne serait pas supérieur à quelques milliers, chaque éditeur d'antivirus ayant intérêt à «gonfler» (surestimer) le nombre de virus qu'il détecte. La très grande majorité touche la plate-forme Windows. Bien qu'ils soient extrêmement peu nombreux, il existe aussi des virus sur les systèmes d'exploitation de type Unix/Linux, mais aucune épidémie comparable à celle des virus Windows n'a encore été constatée à cette date. Le reste est essentiellement destiné à des systèmes d'exploitation qui ne sont plus distribués depuis quelques années, comme les 27 virus – aucun n'étant dangereux – frappant Mac OS 9 et ses prédécesseurs (recensés par John Norstad, auteur de l'antivirus Disinfectant). Les systèmes les moins touchés sont FreeBSD qui axe son développement sur la sécurité, ainsi que Novell NetWare et OS/2 trop rares pour apporter une notoriété à un développeur de virus.

Les virus font souvent l'objet de fausses alertes que la rumeur propage, encombrant les messageries. Certaines d'entre elles, jouant sur l'ignorance en informatique des utilisateurs, leur font parfois détruire des éléments totalement sains du système d'exploitation.

É. Filiol. Le livre *Les Virus informatiques : théorie, pratique et applications*, 2009.

## L e ç o n 8

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

mécanisme (m) autogouverné  
régir

mécanisme (m) téléologique  
analogie (f) maîtrisée

machine (f) évoluée  
 promouvoir  
 contour (m) flou  
 concept (m) clé  
 rétroaction (f)  
 précurseur  
 désigner  
 revaloriser

intelligence (f) artificielle  
 faire appel (m) à  
 résurgence (f)  
 gouverner  
 autorégulation (f)  
 élaboration (f)  
 défaut (m)  
 prélever

## II. Trouvez la bonne définition :

1. La cybernétique	a) est une discipline scientifique relative au traitement des connaissances et au raisonnement, dans le but de permettre à une machine d'exécuter des fonctions normalement associées à l'intelligence humaine : compréhension, raisonnement, dialogue, adaptation, apprentissage, etc.
2. La rétroaction	b) est une posture scientifique et intellectuelle qui a pour objectif la compréhension de la complexité du monde moderne et du présent.
3. La téléologie	c) est la science des mécanismes autogouvernés et du contrôle, elle met essentiellement en relation les principes qui régissent les êtres vivants et des machines dites évoluées.
4. L'intelligence artificielle	d) est l'étude des causes finales, de la finalité.
5. La transdisciplinarité	e) est l'action en retour d'un effet sur sa propre cause.
6. La robotique	f) est une science qui traite de la modélisation, de l'analyse, de l'identification et de la commande des systèmes dynamiques.
7. L'automatique	g) est l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

régir	désigner
vision (f)	instruction (f)
promouvoir	gouverner
commande (f)	autorégulation (f)
communication (f)	représentation (f)
flou	renaissance (f)
rétroaction (f)	information (f)
revaloriser	précurseur
résurgence (f)	vague
préexistant	réévaluer

### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

vivant	invariabilité (f)
évolution (f)	semblable
unifier	concentration (f)
divers	mort
flou	déchaîné
préexistant	manuel
diffusion (f)	désunir
maîtrisé	achèvement (m)
automatique	précis
incomplétude (f)	postérieur

### **V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

#### **La cybernétique**

La cybernétique est la science des mécanismes autogouvernés et du contrôle, elle met essentiellement en relation les principes qui régissent les êtres vivants et des machines dites évoluées. La cybernétique est une science transdisciplinaire. Ce terme a été proposé en 1947 par le mathématicien américain Norbert Wiener pour promouvoir une vision unifiée des domaines naissants de l'automatique, de l'électronique et de la théorie mathématique de l'information, en tant que «théorie entière de la commande et de la communication, aussi bien chez l'animal que dans la machine». Des scientifiques d'horizons très divers et parmi les plus brillants de l'époque participèrent, autour des «conférences Macy» organisées de 1946 à 1953, à ce projet interdisciplinaire : mathématiciens, logiciens, ingénieurs, physiologistes, anthropologues, psychologues. Les contours parfois flous de cet ensemble de

recherches s'articulent toutefois autour du concept clé de rétroaction ou mécanisme téléologique.

L'ouvrage «*La cybernétique ou le contrôle et la communication chez l'animal et dans la machine*» de Wiener, publié en 1948, est considéré comme fondateur de la cybernétique et assura à celle-ci une large diffusion publique. Ce domaine sera plus tard désigné comme «la science des analogies maîtrisées entre organismes et machines». Malgré le succès populaire du terme, son usage déclina rapidement dans le contexte scientifique après la dispersion des participants aux conférences Macy et la mort de Norbert Wiener en 1964. L'ambition développée par la cybernétique a pourtant constitué un creuset formidable pour l'élaboration des sciences cognitives, de l'intelligence artificielle, des thérapies systémiques de l'école de Palo Alto, ou encore des théories biologiques de l'auto-organisation. Les évolutions récentes de la robotique contribuent à revaloriser les recherches de la cybernétique.

Les principes logiques auxquels la cybernétique fait appel sont souvent des résurgences de principes plus anciens, parfois déjà décrits depuis l'Antiquité. Par exemple, Platon utilisait le terme «*κυβερνητική*» (grec *kubernêtikê*, de *kubernân*, gouverner) pour désigner le pilotage d'un navire. En 1834, André-Marie Ampère parle de cybernétique pour désigner l'art de gouverner les hommes.

Des dispositifs précurseurs emblématiques peuvent être convoqués comme le régulateur à boules de James Watt 1788, qui a été l'un des premiers mécanismes de rétroaction utilisé dans le domaine industriel, ou le servomoteur pour les machines à vapeur créé par Joseph Farcot (1824–1908) en 1859, qui a été d'abord appliqué au gouvernail des navires : l'action de la vapeur agissait sur le piston commandant le gouvernail à partir d'une information prélevée sur la position de celui-ci.

Alfred Wallace, parlant de la sélection naturelle décrit celle-ci en la comparant au contrôle automatique d'un moteur à vapeur : «L'action de ce principe est exactement comme celle du gouvernail centrifuge d'un moteur à vapeur, qui contrôle et corrige toute irrégularité presque avant qu'elle ne devienne perceptible ; et d'une façon semblable aucun défaut d'équilibre dans le règne animal ne peut jamais atteindre un degré significatif, car cela le rendrait sensible dès le premier pas, rendant l'existence difficile et l'extinction quasiment sûre de s'ensuivre» (Alfred Wallace, *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely From the Original Type*).

La sélection naturelle est ainsi justement décrite comme une autorégulation qui maintient la stabilité de l'écosystème et prévient toute évolution. Bateson dirait ensuite «que Wallace dit là probablement la chose la plus puissante qui fut dite au XIX<sup>e</sup> siècle».

La thermodynamique, souvent citée en référence par Wiener, est probablement la science préexistante qui s'apparente le plus à la cybernétique. On citera en particulier Rudolf Clausius qui développe le concept d'entropie de 1850 à 1865. En 1894, Ludwig Boltzmann fait le lien entre l'entropie et l'information en remarquant que l'entropie est liée à de l'information à laquelle on n'a pas accès.

La pensée atomiste, fille du structuralisme, va aussi faire son chemin dans le domaine des sciences et contribuer aux progrès de schématisation (réduction) de la diversité du monde à la combinatoire d'éléments simples, plus faciles à appréhender par les systèmes informatiques. On peut citer parmi les travaux importants le théorème d'incomplétude de Kurt Gödel (1931) et les travaux sur la Machine de Turing d'Alan Turing (1936).

La physiologie lui a également apporté de nombreux éléments. Par exemple, le principe d'homéostasie, mis en évidence par Claude Bernard puis étudié de façon approfondie par Walter Cannon en 1932, est une base directe des réflexions préliminaire à la cybernétique : en effet, Henry Pickering Bowditch, qui travailla avec Claude Bernard, dirigea ensuite le laboratoire de physiologie d'Harvard et eut comme élève Cannon, qui cite Bernard dans son ouvrage *«La sagesse du corps»* (1932), essai qui fut séminal pour Norbert Wiener, le «pape» de la cybernétique. La cybernétique est aussi une suite de la phénoménologie, en tant qu'elle ausculte les phénomènes pour en saisir l'autonomie et la particularité, notamment par la forme pour ensuite passer à un autre type d'analyse : modélisation, mécanique etc.

Dès 1938, la thèse de Louis Couffignal *«L'analyse mécanique, application aux machines à calculer et à la mécanique céleste»*, et plus tard son étude des systèmes nerveux avec Louis Lapicque, dénotent un développement en parallèle des principes de la future cybernétique.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Autogouverner, évoluer, un mécanisme, promouvoir, automatique, une vision, s'articuler, un fondateur, une diffusion, une ambition, revaloriser, convoquer, un terme, un dispositif, semblable, significatif, un accès, une incomplétude, approfondir.

### ***II. Reliez les deux colonnes :***

des mécanismes	évoluées
les êtres	clé
des machines	d'une information

une science	autogouvernés
le concept	vivants
constituer	automatique
utiliser	à la cybernétique
à partir	transdisciplinaire
le contrôle	en parallèle
s'apparenter	un creuset
un développement	le terme

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Наука о механизмах самоуправления и контроля, управлять живыми существами и развитыми машинами, содействовать единому видению, теория управления и коммуникации, участвовать в междисциплинарном проекте, нечеткие очертания, ключевое понятие, основатель кибернетики, использование термина в научном контексте, сделать переоценку исследований в кибернетике, искусство управлять людьми, предшествующие устройства, стать заметным, достичь значительного уровня, иметь доступ к информации, естественный отбор, отображать разнообразие мира через сочетание простых элементов, параллельное развитие.

#### **Étude du contenu du texte**

##### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Le terme cybernétique a été proposé ...
2. Norbert Wiener voulait promouvoir une vision unifiée des domaines naissants de l'automatique, de l'électronique et de la théorie mathématique de l'information, ...
3. Des scientifiques d'horizons très divers et parmi les plus brillants de l'époque ...
4. L'ambition développée par la cybernétique a constitué un creuset formidable ...
5. Les principes logiques auxquels la cybernétique fait appel ...
6. La thermodynamique est probablement la science préexistante ...
7. La pensée atomiste, fille du structuralisme, ...
8. La physiologie a apporté le principe d'homéostasie ...

a) pour l'élaboration des sciences cognitives, de l'intelligence artificielle, des thérapies systémiques de l'école de Palo Alto, ou encore des théories biologiques de l'auto-organisation.

b) sont souvent des résurgences de principes plus anciens, parfois déjà décrits depuis l'Antiquité.

c) qui s'apparente le plus à la cybernétique.

d) en 1947 par le mathématicien américain Norbert Wiener.

e) participèrent à ce projet interdisciplinaire : mathématiciens, logiciens, ingénieurs, physiologistes, anthropologues, psychologues.

f) va aussi contribuer aux progrès de schématisation.

g) qui est une base directe des réflexions préliminaire à la cybernétique.

h) en tant que «théorie entière de la commande et de la communication, aussi bien chez l'animal que dans la machine».

**II. Associez les deux colonnes et reconstituez l'ordre logique du processus du développement de la science cybernétique :**

1. Autour des «conférences Macy» organisées de 1946 à 1953	a) a proposé le terme de «cybernétique» pour désigner «la théorie entière de la commande et de la communication, aussi bien chez l'animal que dans la machine».
2. Après la dispersion des participants aux conférences Macy et la mort de Norbert Wiener en 1964	b) a assuré à la cybernétique une large diffusion publique.
3. En 1947 Norbert Wiener	c) ont contribué à revaloriser les recherches de la cybernétique.
4. En 1948 l'ouvrage de Wiener «La cybernétique ou le contrôle et la communication chez l'animal et dans la machine»	d) l'usage du terme «la cybernétique» a décliné rapidement dans le contexte scientifique.
5. Le principe d'homéostasie, mis en évidence par Claude Bernard	e) des scientifiques d'horizons très divers, mathématiciens, logiciens, ingénieurs, physiologistes, anthropologues, psychologues, ont participé à ce projet interdisciplinaire.
6. Les évolutions récentes de la robotique contribuent	f) ont dénoté un développement des principes de la future cybernétique.

<p>7. Dès 1938 la thèse de Louis Couffignal «L'analyse mécanique, application aux machines à calculer et à la mécanique céleste» et son étude des systèmes nerveux avec Louis Lopicque</p>	<p>g) fut une base directe des réflexions préliminaire à la cybernétique.</p>
--	---

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que la «cybernétique» ?
2. Que signifie le terme cybernétique ?
3. Pourquoi Norbert Wiener a-t-il proposé ce terme en 1947 ?
4. Quels scientifiques ont participé à l'élaboration de ce projet interdisciplinaire ?
5. Quel ouvrage de Wiener est considéré comme fondateur de la cybernétique ?
6. Quelles sciences ont été élaborées grâce à la cybernétique ?
7. À quels principes logiques la cybernétique fait-elle appel ?
8. Qu'est-ce qui peut être convoqué comme des dispositifs précurseurs emblématiques de la cybernétique ?
9. Comment Alfred Wallace compare-t-il la sélection naturelle au contrôle automatique d'un moteur à vapeur ?
10. Selon Wiener quelle science s'apparente le plus à la cybernétique ?
11. Quelles sciences ont apporté leurs éléments à la cybernétique ?

### **Production orale**

**I. Dégagez les parties essentielles du texte.**

**II. Formulez l'idée principale de chacune d'elles.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de la cybernétique et l'origine de ce terme ;
- le fondateur de la cybernétique et ses objectifs ;
- les principes logiques et les dispositifs précurseurs de la cybernétique ;
- les apports des autres sciences à la cybernétique.

### **Expression libre**

**Exprimez votre point de vue argumenté sur la citation du physicien et inventeur célèbre français André Ampère : «La futur science du gouvernement devrait s'appeler la cybernétique».**



## Texte B

### **Norbert Wiener**

Norbert Wiener est un mathématicien américain, théoricien et chercheur en mathématiques appliquées, surtout connu comme le père fondateur de la cybernétique. Il fut un pionnier dans l'étude de la stochastique et du bruit, contribuant ainsi par ses travaux à l'électrotechnique, les télécommunications et les systèmes de contrôle. En fondant la cybernétique, Wiener introduit en science la notion de rétroaction, notion qui a des implications dans les domaines de l'ingénierie, des contrôles de système, l'informatique, la biologie, la psychologie, la philosophie et l'organisation de la société.

Norbert Wiener est né le 26 novembre 1894 à Columbia (Missouri), États-Unis. Enfant prodige, Norbert sut lire à un an et demi et fut instruit à la maison jusqu'à l'âge de sept ans. Il fit ensuite un bref séjour à l'école avant de terminer ses études primaires à la maison. En 1903, il retourna à l'école secondaire Ayer jusqu'à l'obtention de son diplôme d'études secondaires en 1906.

En septembre 1906, à 11 ans, il entra à l'université de Tufts pour étudier les mathématiques. Il reçut son diplôme en 1909 et entra alors à Harvard où il étudia la zoologie. Mais en 1910, il s'inscrivit à l'université Cornell pour commencer une licence en mathématique. L'année suivante, il retourna à Harvard où il commença une thèse sur la logique mathématique. Il obtint son doctorat en 1912 à 18 ans, faisant de lui le plus jeune «PhD» de l'histoire d'Harvard. Entre 1915–1916, il enseigna la philosophie à Harvard. Il fit ensuite des recherches en balistique sur sur le terrain d'essais d'Aberdeen dans le Maryland. Il y resta jusqu'à la fin de la guerre, après laquelle il obtint un poste de professeur de mathématiques à l'Institut technologique de Massachusetts. En 1926, il retourna en Europe où il travailla notamment sur le mouvement brownien, la transformation de Fourier, le problème de Dirichlet, l'analyse harmonique et les théorèmes taubériens. Il fut lauréat du prix Bôcher en 1933.

Durant la Seconde Guerre mondiale, il refusa de participer au Projet Manhattan (projet de développement de la bombe nucléaire), tout en travaillant activement au programme de lutte antiaérienne, ce qui l'encouragea à synthétiser ses diverses recherches autour de la théorie de la communication. De 1946 à 1950, il participa aux fameuses rencontres interdisciplinaires dites conférences Macy et en 1947–1948, il formalisa le principe central de ces conférences sous le nom de cybernétique.

Après la guerre, traumatisé par l'implication des scientifiques dans les tragédies d'Hiroshima et Nagasaki d'une part, et par Auschwitz d'autre part, Norbert Wiener proposa une nouvelle vision du monde, dont l'information et la communication étaient les éléments fondamentaux. De fait, en octobre 1945

il décida d'abandonner la recherche scientifique, faute de pouvoir contrôler les usages qui en étaient faits. Le 18 mars 1964 Norbert Wiener est mort à Stockholm, en Suède.

***I. Lisez attentivement le texte proposé puis remettez ses événements dans l'ordre logique :***

1. À Harvard il commença une thèse sur la logique mathématique et obtint son doctorat à 18 ans, faisant de lui le plus jeune PhD de l'histoire d'Harvard.

2. Il termina ses études primaires à la maison.

3. En 1947–1948, il formalisa le principe central des conférences Macy, fameuses rencontres interdisciplinaires, sous le nom de cybernétique.

3. Après la guerre il obtint un poste de professeur de mathématiques à l'Institut technologique de Massachusetts.

4. À l'âge de 11 ans, il entra à l'université de Tufts pour étudier les mathématiques et reçut son diplôme en 1909.

5. Durant la Seconde Guerre mondiale, il synthétisa ses diverses recherches autour de la théorie de la communication.

6. Il obtint son diplôme d'études secondaires à l'école secondaire Ayer.

7. Norbert fut un enfant prodige qui apprit à lire à un an et demi.

8. Traumatisé par l'implication des scientifiques dans les tragédies d'Hiroshima et Nagasaki, Norbert Wiener proposa une nouvelle vision du monde, dont l'information et la communication étaient les éléments fondamentaux.

9. Norbert Wiener est mort en 1964 à Stockholm.

10. En Europe il travailla sur le mouvement brownien, la transformation de Fourier, le problème de Dirichlet, l'analyse harmonique et les théorèmes taubériens.

***II. Quelles autres personnalités éminentes dans le domaine de la cybernétique connaissez-vous ? Préparez une présentation sur l'une d'elles pour vos co-étudiants.***

**Production écrite**

***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

**La cybernétique assimilée à l'application technique**

Dans son application, la cybernétique peut signifier le moyen d'organiser les échanges pour les rendre efficaces, et poussée à l'extrême

le moyen de contrôler plus efficacement. Le mot cybernétique est parfois interprété comme une méthode, qui passe par la science en question mais qui la lie à l'utilisation qui en est faite. On trouve ainsi le mot «cybernétique» comme expression du moyen de contrôle, rejoignant ainsi la définition d'Ampère. Par exemple, Louis Couffignal, participant au premier mouvement cybernétique, lui donne sa définition : «La cybernétique est l'art de rendre l'action efficace» (Louis Couffignal, *Trait d'union entre bastide et cybernétique*). Georges R. Boulanger, président de l'Association Internationale de Cybernétique, mathématicien formé aux disciplines de la technologie, donne la sienne : «La science de la communication dans l'être vivant et dans la machine» (Georges R. Boulanger «la conférence des sommets», Bruxelles, 1961).

Le mot cybernétique est souvent utilisé en laissant de côté le principe scientifique d'accès à la connaissance, et il est confondu avec ce qu'il étudie, c'est-à-dire le moyen de contrôle. Il y a parfois aussi un sous-entendu de contrôle de la personne humaine au sens de manipulation, et parfois même le sous-entendu d'utilisation par l'État pour sa manipulation des masses. C'est donc également un terme polémique qui sous cet angle n'a plus grand chose à voir avec son origine scientifique. On peut supposer que le titre de l'ouvrage de Norbert Wiener de 1950 *La cybernétique et la société, l'usage humain de l'être humain* n'est pas étranger à cette vision.

## **II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :**

### **L'événement fondateur des conférences Macy**

En mai 1942, la Fondation Macy organise à New York une conférence sur le thème de l'«Inhibition cérébrale» qui est principalement consacrée à l'étude des phénomènes hypnotiques. L'organisateur de la conférence est le neuropsychiatre et mathématicien Warren McCulloch. Parmi les participants, on trouve son ami le neurophysiologiste Arturo Rosenblueth, le directeur médical de la fondation Macy, Frank Fremont-Smith, le couple d'anthropologues Gregory Bateson et Margaret Mead, le psychologue, ex-administrateur de la Fondation Macy, Lawrence Franck et le psychanalyste Lawrence Kubie, qui a invité le psychiatre Milton Erickson à la conférence en tant que spécialiste de l'hypnose. Howard Liddell participe également à cette conférence en tant qu'expert du réflexe conditionné. Ce qui rapproche les différents participants est leur intérêt commun pour les mécanismes de causalité circulaire qu'ils étudient dans leurs disciplines respectives. Au cours de la conférence, Arturo Rosenblueth présente les bases de l'article fondateur de la cybernétique,

«Conduite, raison et téléologie», qu'il publiera en 1943 avec Norbert Wiener et Julian Bigelow, dans lequel ils font référence à la notion de *rétroaction* pour signifier qu'«un objet est contrôlé par la marge d'erreur qui le sépare à un moment donné de l'objectif qu'il cherche à atteindre». Warren McCulloch, qui voit les liens entre ces travaux et ceux qu'il a entrepris avec Walter Pitts, exprimés dans l'article «Le calcul logique des idées propres à l'activité nerveuse», propose à Fremont-Smith de prolonger cette séance par un cycle de conférences sur le modèle des conférences que la fondation organisait à l'époque sur des thèmes médico-sociaux très variés.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Conférences\\_Macy](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conférences_Macy).

---

---

# RÉVISION

## (LEÇONS 5 – 8)

---

---

### Test N° 1

#### **I. Complétez le texte en utilisant les mots suivants :**

*qui, équipés, inventant, première, s'attaquer, destinée, de, dégageaient, utilisant, qu'*

#### **La mécanographie**

Dans les années 1880, Herman Hollerith, futur fondateur d'IBM, fonde la mécanographie en 1) ... une machine électromécanique 2) ... à faciliter le recensement en stockant les informations sur une carte perforée. Le gouvernement des États-Unis utilise pour la 3) ... fois à grande échelle les trieuses et les tabulatrices lors du recensement de 1890, à la suite de l'afflux des immigrants dans ce pays dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.

L'ingénieur norvégien Fredrik Rosing Bull a créé la première entreprise européenne 4) ... a développé et commercialisé des équipements mécanographiques. Installé en Suisse dans les années 1930 il est ensuite venu en France pour 5) ... au marché français. Pendant la Seconde Guerre mondiale, René Carmille utilisait des machines mécanographiques Bull.

Les Allemands étaient 6) ... de machines mécanographiques avant la Seconde Guerre mondiale. Ces équipements étaient installés dans des ateliers composés de trieuses, interclasseuses, perforatrices, tabulatrices et calculatrices connectées à des perforateurs de cartes. Des machines électromécaniques 7) ... aussi des lampes radio comme les triodes effectuaient les traitements. Ces lampes 8) ... de la chaleur qui attirait les insectes, et les bugs étaient une cause 9) ... panne courante. L'informatique moderne n'a pu émerger 10) ... à la suite de l'invention du transistor en 1947 et son industrialisation dans les années 1960.

#### **II. Trouvez la définition qui convient :**

1. Le programme	a) un appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe, modifiable ou adaptable.
-----------------	---

2. Le robot	b) une suite finie et non ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre un problème ou d'obtenir un résultat.
3. Le micro-processeur	c) un dispositif à semi-conducteur, qui, comme un tube électronique, peut amplifier des courants électriques, engendrer des oscillations électriques et assumer les fonctions de modulation et de détection.
4. L'algorithme (m)	d) une anomalie de fonctionnement d'un programme informatique.
5. Le transistor	e) un des composants importants d'un ordinateur, elle sert à stocker des informations de manière temporaire car lors de l'arrêt de l'ordinateur elle sera effacée.
6. Le bug	f) une mémoire de masse à semi-conducteurs ré-inscriptible dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension.
7. La mémoire système	g) un processeur dont tous les composants ont été suffisamment miniaturisés pour être regroupés dans un unique boîtier.
8. La mémoire flash	h) un ensemble d'instructions et de données représentant un algorithme et susceptible d'être exécuté par un ordinateur.

### **III. Préparez l'annotation du texte par écrit :**

#### **Les robots**

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) conçu pour accomplir automatiquement des tâches imitant ou reproduisant, dans un domaine précis, des actions humaines. La conception de ces systèmes est l'objet d'une discipline scientifique, branche de l'automatisme nommé robotique.

Le terme robot apparaît pour la première fois dans la pièce de théâtre de l'auteur Karel Čapek : R. U. R. (Rossum's Universal Robots). Le mot a été créé par son frère Josef à partir du mot tchèque «robota» qui signifie «travail, besogne, corvée».

Les premiers robots industriels apparaissent, malgré leur coût élevé, dans le début des années 1970. Ils sont destinés à exécuter certaines tâches répétitives, éprouvantes ou toxiques pour un opérateur humain : peinture ou soudage des carrosseries automobiles. Aujourd'hui, l'évolution de

l'électronique et de l'informatique permet de développer des robots plus précis , plus rapides ou avec une meilleure autonomie. Industriels, militaires ou spécialistes chirurgicaux rivalisent d'inventivité pour mettre au point des robots assistants les aidant dans la réalisation de tâches délicates ou dangereuses. Dans le même temps apparaissent des robots à usages domestiques : aspirateur, tondeuses, etc. L'usage du terme «robot» s'est galvaudé pour prendre des sens plus larges : automate distributeur, dispositif électro-mécanique de forme humaine ou animale, logiciel servant d'adversaire sur les plateformes de jeu bot informatique.

J.-C. Heudin. Le livre *Les Créatures artificielles : des automates aux mondes virtuels*, 2008.

## T e s t N° 2

### ***1. Complétez le texte en utilisant les mots suivants :***

*communicants, à, indépendamment, comprendre, qui, été, exclusivement, faisant, changeants, les*

### **La cybernétique et la systémique**

L'implication de la cybernétique dans la systémique est historiquement plus liée au «deuxième mouvement cybernétique». En effet, si selon Norbert Wiener la cybernétique étudie 1) ... les échanges d'information (car c'est «ce qui dirige» les logiques des éléments 2) ... d'où le mot cybernétique), dans son évolution 3) ... engendrera la systémique, on réintègre les caractéristiques des composantes du système, et on reconsidère les échanges d'énergie et de matière 4) ... des échanges d'information.

Pourtant, au-delà des querelles d'école entre la cybernétique et la systémique issue des travaux de Ludwig von Bertalanffy, on peut, à la suite de Gregory Bateson, considérer ces deux mouvements de pensée comme 5) ... partie d'un ensemble d'idées relativement unifié.

Ainsi, avec l'assimilation des théories cybernétiques par la systémique, on a 6) ... amené à 7) ... les mécanismes d'autorégulation des systèmes comme des processus de feedback négatif visant à empêcher une déviation. Les systèmes cybernétiques visent 8) ... maintenir un état stable viable d'interaction au sein d'environnements 9) ... via un processus stochastique d'essais et erreurs.

En France, Joël de Rosnay a été parmi les premiers à populariser les grands thèmes de la cybernétique et à 10) ... appliquer à l'approche systémique de la complexité: cellule, corps, ville, économie, écosystème.

## II. Trouvez la définition qui convient :

1. Le management	a) l'ensemble des opérations permettant de gérer les enregistrements d'une base de données depuis leur entrée, en passant par leur mise à jour, jusqu'à leur suppression.
2. La gestion de données	b) l'ensemble d'activités pour identifier et évaluer les risques (opérationnels, financiers, de réputation) associés aux activités informatiques d'une entreprise ou d'une administration.
3. L'optimisation (f)	c) un tube à vide constitué d'un filament chauffé, d'électrodes en forme de lentilles trouées qui, soumises à une différence de potentiel (tension), créent un champ électrique accélérant les électrons.
4. L'audit (m) des systèmes d'information	d) l'informatique à l'usage des décideurs et des dirigeants d'entreprises.
5. L'informatique(f) décisionnelle	e) un programme écrit dans le but de se propager sournoisement et rapidement à d'autres ordinateurs. Il perturbe plus ou moins gravement le fonctionnement de l'ordinateur infecté.
6. Le tube cathodique	f) est l'action en retour d'un effet sur l'origine de celui-ci.
7. Le virus informatique	g) rendre optimal, donner à quelque chose les meilleures conditions d'utilisation, de fonctionnement, de rendement, notamment en économie.
8. La rétroaction	h) la planification, l'organisation, la direction et le contrôle d'une organisation afin qu'elle atteigne ses objectifs.

## III. Préparez l'annotation du texte par écrit :

### La gestion cybernétique en pratique

De nombreux chefs ne se rendent pas compte qu'en fait ils utilisent des méthodes cybernétiques dans l'activité commerciale au quotidien. L'idée de boucles de régulation et de rétroaction est bien connue, mais beaucoup ne sont pas conscients qu'elles proviennent d'un point de vue cybernétique.



Stafford Beer est reconnu comme le père de la gestion cybernétique, se concentrant sur l'application des lois naturelles de la cybernétique dans les organisations, les entreprises et les instituts. L'un des aspects les plus singuliers de son œuvre est qu'il n'essayait aucunement de simplifier la réalité. La Loi de la variété requise, par William Ross Ashby renforce le fait que, pour traiter des situations complexes, il faut le même degré de complexité. L'influence de cette théorie est manifeste dans l'œuvre de Beer. En envisageant la réalité «d'un niveau assez haut pour permettre à tous les facteurs qui fonctionnent dans un système complexe d'être séparés et présentés dans une forme reconnaissable et compréhensible aux curieux», ses modèles englobent automatiquement la bonne approche à la question de complexité.

Une autre caractéristique de l'œuvre de Stafford Beer est qu'il s'efforce de faire en sorte que tout procédé dans un système soit clos, les considérant circulaires, c'est-à-dire recourants. De ce point de vue, les procédés sont des entités individuelles et continues parce que quand ils se terminent, ils sont ramenés au commencement. Pour les gérants, cette approche rend les procédés plus visibles et plus définis, qui entraîne un traitement plus efficace.

Bien que les modèles de Beer ne soient pas nombreux, ils fournissent aux chefs un aperçu intéressant sur les moyens d'aborder la complexité. À la suite, leur organisations (et eux-mêmes) pourraient devenir plus capables de réagir d'une façon efficace et approprié face à la complexité. En conséquence, l'entreprise est plus stable, durable et flexible. Les modèles les plus influents de Beer comprennent Syntegrity et son modèle de système viable.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion\\_cybernétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_cybernétique)

---

---

# PHYSIQUE

---

---

## Leçon 9

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

hypothèse (f)	rayonnement (m) du corps noir
quantitatif	anomalie (f)
univers (m)	milieux (m)
mouvement (m)	solide
force (f)	liquide
effet (m)	gazeux
phénomène (m) naturel	espace (m)
loi (f)	matière (f)
variation (f)	particule (f)
évolution (f)	relativité (f) générale
vérifiable	physique (f) quantique
noyau (m) atomique	s'appliquer
vide (m)	composant (m) électronique
mettre en évidence	conserver

#### **II. Trouvez la bonne définition :**

1. La physique	a) est ce qui compose tout corps ayant une réalité tangible. Les quatre états les plus communs sont l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux et l'état plasma. Elle occupe de l'espace et possède une masse.
2. L'expérience	b) est d'abord une généralisation aux référentiels accélérés des principes de la théorie de la relativité restreinte.
3. L'univers	c) est la science qui tente de comprendre, de modéliser, voire d'expliquer les phénomènes naturels de l'univers. Elle correspond à l'étude du monde qui nous

	entoure sous toutes ses formes, des lois de sa variation et de son évolution.
4. La physique quantique	d) désigne la connaissance des choses et des êtres, acquise de manière volontaire ou non, par l'usage de la vie, la confrontation avec la réalité ou par la longue pratique d'une activité.
5. La matière	e) est l'ensemble de tout ce qui existe.
6. La relativité générale	f) est l'appellation générale d'un ensemble de théories physiques nées au XX <sup>e</sup> siècle qui, comme la théorie de la relativité, marque une rupture avec ce que l'on appelle maintenant la physique classique, l'ensemble des théories et principes physiques admis au XIX <sup>e</sup> siècle.
7. Le noyau atomique	g) est l'interaction entre deux objets ou systèmes, une action mécanique capable d'imposer une accélération induisant la modification du vecteur vitesse.
8. La force	h) est le déplacement d'un corps par rapport à un point fixe de l'espace nommé référentiel et à un moment déterminé.
9. Le mouvement	i) est la région située au centre d'un atome constituée de protons et de neutrons.

### **III. Reconstituez les paires de synonymes :**

se rapporter	durer
désigner	essai (m)
se perpétuer	prouver
expérience (f)	simuler
confirmer	concerner
infirmer	détermination (f)
modéliser	dur
définition (f)	annuler
phénomène (m)	représenter
solide	manifestation (f)
liquide	substance (f)
matière (f)	visible
microscopique	fluide
macroscopique	célérité (f)
vitesse (f)	infime

#### IV. Reliez chaque mot à son contraire :

précisément	inimitable
mesurable	infirmer
reproductible	invariabilité (f)
confirmer	imprécisément
variation (f)	incontrôlable
inclure	immesurable
vérifiable	gazeux
propre	improbabilité (f)
solide	postérieur
microscopique	étranger
antérieur	macroscopique
évidence (f)	exclure

#### V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :

##### La physique et ses branches

Le mot *physique* a une longue histoire, il provient de *φυσική*, formée sur l'étymon grec *φύσις*, la nature. La *physika* ou *physica* gréco-romaine est étymologiquement ce qui se rapporte à la nature ou précisément le savoir harmonieux et cyclique sur la nature dénommée *φύσις*. Dans un sens général et ancien, la physique désigne la connaissance de la nature qui se perpétue en restant essentiellement la même avec le retour des saisons ou des générations vivantes ; c'est le sens de René Descartes et de ses élèves Jacques Rohault et Régis. Elle correspond alors aux sciences naturelles ou encore à la philosophie naturelle. La signification de cette physique ancienne ne convient plus aux actuelles sciences exactes que sont la physique, la chimie et la biologie.

La physique est née avec les expériences répétées de Galilée qui n'accepte, au-delà des principes et des conventions issus des schémas mathématiques, que des résultats mesurables et reproductibles par l'expérience. La méthode choisie permet de confirmer ou d'infirmer les hypothèses fondées sur une théorie donnée. Elle décrit de façon quantitative et modélise les êtres fondamentaux présents dans l'univers, cherche à décrire le mouvement par les forces qui s'y exercent et leurs effets. Elle développe des théories en utilisant l'outil des mathématiques pour décrire et prévoir l'évolution des systèmes.

La physique est la science qui tente de comprendre, de modéliser, voire d'expliquer les phénomènes naturels de l'univers. Elle correspond à l'étude du monde qui nous entoure sous toutes ses formes, des lois de sa variation et de son évolution.

La modélisation des systèmes peut laisser de côté les processus chimiques et biologiques ou les inclure. La physique développe des représentations du monde expérimentalement vérifiables dans un domaine de définition donné. Elle produit donc plusieurs lectures du monde, chacune n'étant considérée comme précise que jusqu'à un certain point.

La physique telle que conceptualisée par Isaac Newton, considérée comme le modèle absolu et aujourd'hui désignée comme la physique classique, n'arrivait pas à expliquer des phénomènes naturels comme le rayonnement du corps noir ou les anomalies de l'orbite de la planète Mercure, ce qui posait un réel problème aux physiciens. Les tentatives effectuées pour comprendre et modéliser les phénomènes nouveaux auxquels on accédait à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle révisèrent en profondeur le modèle newtonien pour donner naissance à deux nouveaux ensembles de théories physiques. Certains diront qu'il existe donc trois ensembles de théories physiques établies, chacune valide dans le domaine d'applications qui lui est propre :

- La physique classique (monde des milieux solides, liquides et gazeux), toujours d'actualité, c'est elle qui s'applique, par exemple, à la construction des routes, des ponts et des avions. Elle utilise les anciennes notions de temps, d'espace, de matière et d'énergie telles que définies par Isaac Newton.

- La physique quantique (monde microscopique des particules et des champs) qui s'applique, par exemple, à la technologie utilisée pour la production des composants électroniques (la diode à effet tunnel par exemple) ou encore aux lasers. Elle se fonde sur de nouvelles définitions de l'énergie et de la matière mais conserve les anciennes notions de temps et d'espace de la physique classique, ces deux dernières étant contredites par la relativité générale.

- La relativité générale (monde macroscopique des planètes, des trous noirs et de la gravité) qui s'applique, par exemple, à la mise au point et au traitement de l'information nécessaire au fonctionnement des systèmes GPS. Elle se fonde sur de nouvelles définitions du temps et de l'espace mais conserve les anciennes notions d'énergie et de matière de la physique classique, ces deux dernières étant contredites par la physique quantique.

D'autres estiment que chaque branche de la physique a son importance à part entière, sans forcément s'inclure dans l'un de ces ensembles. De plus, il se trouve qu'il n'y a pas de situation physique courante où ces deux dernières théories s'appliquent en même temps. La relativité s'applique au monde macroscopique et la physique quantique au monde microscopique. Le problème actuel de la recherche en physique fondamentale est donc de tenter d'unifier ces deux dernières théories.

## Étude du vocabulaire du texte

### **I. Formez les mots de la même famille :**

La nature, harmonieux, quantitatif, la physique, se perpétuer, une signification, une expérience, confirmer, modéliser, l'univers, un mouvement, une force, une variation, une définition, valide, une espace, une énergie, contredire, inclure, la relativité, une vitesse.

### **II. Reliez les deux colonnes :**

la connaissance	le mouvement
confirmer	de côté
décrire	quantique
la modélisation	d'applications
laisser	de la nature
expérimentalement	l'hypothèse
la physique	générale
poser	entière
le domaine	des systèmes
la relativité	atomique
à part	vérifiable
en même	un problème
les particules	temps
le noyau	en évidence
mettre	élémentaires

### **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Естественные науки; подтвердить или опровергнуть гипотезы; описывать количественно; вселенная; прикладывать силы; моделировать явления природы; экспериментально проверяемый; классическая физика; излучение черного тела; аномалии орбиты; область применения; квантовая физика; мир твердых, жидких и газообразных сред; понятия пространства, материи и энергии; микроскопический мир частиц и полей; противоречить; общая теория относительности; макроскопический мир планет, черных дыр и гравитации; основываться на определениях; атомное ядро; частицы материи; жидкое, твердое, газообразное состояние; скорость света; пустота.

## Étude du contenu du texte

### ***I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :***

1. La physique est née avec les expériences répétées de Galilée ...
2. La physique décrit de façon quantitative ...
3. La physique est la science qui tente ...
4. La modélisation des systèmes peut ...
5. La physique produit plusieurs lectures du monde, ...
6. Les tentatives effectuées pour comprendre et modéliser les phénomènes nouveaux ...
7. La physique classique utilise les anciennes notions ...
8. La physique quantique se fonde ...
9. La relativité générale s'applique ...
10. Le problème actuel de la recherche en physique fondamentale est ...

a) et modélise les êtres fondamentaux présents dans l'univers, cherche à décrire le mouvement par les forces qui s'y exercent et leurs effets.

b) qui n'accepte que des résultats mesurables et reproductibles par l'expérience.

c) auxquels on accédait à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle révisèrent en profondeur le modèle newtonien pour donner naissance à deux nouveaux ensembles de théories physiques.

d) laisser de côté les processus chimiques et biologiques ou les inclure.

e) sur de nouvelles définitions de l'énergie et de la matière mais conserve les anciennes notions de temps et d'espace de la physique classique.

f) de tenter d'unifier la relativité et la physique quantique.

g) de temps, d'espace, de matière et d'énergie telles que définies par Isaac Newton.

h) de comprendre, de modéliser les phénomènes naturels de l'univers.

i) chacune n'étant considérée comme précise que jusqu'à un certain point.

j) à la mise au point et au traitement de l'information nécessaire au fonctionnement des systèmes GPS.

### ***II. Associez les deux colonnes pour parler des domaines d'applications des différentes branches de la physique :***

1. La physique classique	a) s'applique à la technologie utilisée pour la production des composants électroniques ou aux lasers.
--------------------------	--

2. La physique quantique	b) tente d'unifier les théories de la physique quantique et de la relativité générale.
3. La relativité générale	c) s'applique à la construction des routes, des ponts et des avions.
4. La physique fondamentale	d) s'applique à la mise au point et au traitement de l'information nécessaire au fonctionnement des systèmes GPS.

### **III. Répondez aux questions :**

1. Que signifie le mot «la physique» ?
2. Qu'est-ce que la physique étudie ?
3. Avec les expériences de quel savant est née la physique ?
4. Quel outil utilise-t-elle pour décrire et prévoir l'évolution des systèmes ?
5. Quelles représentations du monde la physique développe-t-elle ?
6. Qu'est-ce qui a révisé en profondeur le modèle newtonien à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ?
7. Quels sont les nouvelles théories physiques établies au XIX<sup>e</sup> siècle ?
8. Quelles notions utilise la physique classique et où s'applique-t-elle ?
9. Sur quoi se fonde la physique quantique et où s'applique-t-elle ?
10. Quelles sont les définitions fondamentales de la relativité générale et où cette théorie est-elle appliquée ?
11. Quel est le problème actuel de la recherche en physique fondamentale ?

### **Production orale**

**I. Dégagez les grandes parties du texte et intitulez-les.**

**II. Formulez l'idée principale de chaque parties et trouvez des mots et des expressions qui aident à la développer.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de la physique et du domaine de son étude ;
- les travaux qui ont contribué à l'apparition de la physique comme science ;
- les différentes branches de la physique, les sphères de leurs études et applications.



## Expression libre

*Commentez la citation du physicien français célèbre Louis de Broglie (1892-1987) qui a comparé la physique nucléaire moderne avec l'alchimie médiévale : «En nous montrant l'unité de la matière et la possibilité de transformer un corps simple en un autre, la physique nucléaire a justifié en la généralisant jusqu'à ses plus extrêmes limites, l'idée maîtresse qui dirigeait les alchimistes du Moyen Âge, quand, penchés sur les mystères du grand œuvre, ils cherchaient à transformer le plomb en or, employant des procédés insuffisants pour la réalisation d'une vue qui cependant était profonde». Comment comprenez-vous ses paroles ? Exprimez votre point de vue sur le problème.*

## Texte B

### **I. Choisissez les mots qui conviennent le mieux pour compléter le texte :**

#### **L'introduction de la thermodynamique**

Sadi Carnot est le premier qui 1) ... la thermodynamique, initialement afin que l'on puisse améliorer 2) ... des machines à vapeur. C'est la fin du rêve du «mouvement perpétuel» : une théorie scientifique établit maintenant qu'il n'est pas possible de tirer de l'énergie de nulle part, et que l'énergie se «dégrade». Boltzmann comprend alors l'origine statistique du second principe, le seul qui 3) ... apparaît une distinction entre passé et futur en physique !

Une autre théorie très importante est l'électromagnétisme, 4) ... de l'étude de l'électricité et du magnétisme. James Maxwell (1831–1879) est le premier 5) ... finisse d'unifier les deux théories, et qui introduise les derniers 6) ... dans les équations qui portent maintenant son nom et qui décrivent le comportement 7) ... électriques et magnétiques. À l'époque, on ne doute pas que 8) ... de Maxwell ne soient pas invariantes par les transformations de Galilée. Et une controverse fait rage : si la lumière est 9) ..., elle se déplace dans un milieu, puisque c'est 10) ... pour toutes les ondes que l'on connaît. L'éther est évoqué comme hypothèse pour ces deux problèmes.

Les expériences de Michelson et Morley conduisent cependant à penser que la vitesse de la lumière est la même quelle que soit la direction, ce qui est en 11) ... avec l'idée d'un éther fixe dans lequel la lumière se propagerait, à moins que l'on accepte l'hypothèse de la contraction des longueurs émise par Fitzgerald et Lorentz : la transformation de Lorentz, énoncée par Fitzgerald en

1889 et indépendamment par Lorentz en 1892. C'est surtout l'expérience de Kennedy-Thorndike qui donna le coup de grâce au concept d'éther.

- |                        |                   |                  |
|------------------------|-------------------|------------------|
| 1. a) cherche          | b) introduise     | c) produise      |
| 2. a) les performances | b) les apparences | c) les produits  |
| 3. a) fasse            | b) soit           | c) puisse        |
| 4. a) division         | b) unification    | c) similitude    |
| 5. a) que              | b) dont           | c) qui           |
| 6. a) mots             | b) termes         | c) expressions   |
| 7. a) des champs       | b) des zones      | c) des domaines  |
| 8. a) les équations    | b) les graphiques | c) les variables |
| 9. a) une force        | b) une onde       | c) une vitesse   |
| 10. a) l'incident      | b) l'occasion     | c) le cas        |
| 11. a) conclusion      | b) rapport        | c) contradiction |

**II. Connaissez-vous d'autres théories importantes du domaine de la physique ? Parlez-en et de leur contribution au développement de la science.**

**Production écrite**

**I. Traduisez le texte suivant en russe :**

**La physique et la technique**

L'histoire de l'humanité montre que la pensée technique s'est développée bien avant les théories physiques, et à plus forte raison mathématisées. La roue et le levier, le travail des matériaux, en particulier la métallurgie, ont pu être réalisés sans ce qu'on appelle la physique. L'effort de rationalité des penseurs grecs puis arabes et, par la suite, le lent perfectionnement des mathématiques du XII<sup>e</sup> siècle au XVI<sup>e</sup> siècle, ont permis les foudroyantes avancées du XVII<sup>e</sup> siècle. La physique a pu révéler sa profondeur conceptuelle. Les théories physiques ont alors souvent permis le perfectionnement d'outils et de machines, ainsi que de leur utilisation.

Il faut attendre surtout le XX<sup>e</sup> siècle pour que des théories donnent naissance à des techniques qui n'auraient pu voir le jour sans elles. Le cas du laser est exemplaire : son invention repose fondamentalement sur la compréhension, par la mécanique quantique, des ondes lumineuses et de la linéarité de leurs équations. On peut évidemment citer la bombe A et la bombe H comme créations techniques dépendant entièrement de la physique de leur

époque. Le GPS ne fonctionne que par l'intégration des relativités restreinte et générale dans les calculs. Toute l'électronique en tant que science appliquée et technique ayant profondément modifié le visage de nos sociétés modernes avec la révolution numérique et l'avènement de produits comme le téléviseur, le téléphone portable et les ordinateurs, prend en grande partie ses racines dans la physique, notamment l'électromagnétisme, l'électrostatique ou la physique des semi-conducteurs.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **La naissance de la physique moderne**

Le mot «physique» prend son sens moderne, plus restreint et mieux défini que le sens originel, au début du XVII<sup>e</sup> siècle avec Galilée. Selon lui, les lois de la nature s'écrivent en langage mathématique. Les principes d'inertie et de relativité ainsi que les lois découvertes semblent contredire le sens commun.

L'élève de Galilée, Torricelli, montre que la science ne se contente pas de calculer des trajectoires balistiques, mais elle peut aussi expliquer des phénomènes singuliers qu'on lui soumet et mettre au point des techniques.

Les pionniers de la modélisation scientifique parmi lesquels le Français Descartes et nombre d'hydrauliciens et savants expérimentateurs des Pays-Bas ou d'Angleterre contribuent à diffuser les bases de la physique mathématisée qui atteint son apogée en Angleterre avec Isaac Newton.

Dans la première édition du Dictionnaire de l'Académie française, datant de 1694, le nom «physique» est désigné comme la «science qui a pour objet la connaissance des choses naturelles». Ce n'est que dans sa sixième édition (1832–1835) que le sens moderne de «physique» apparaît, le terme est défini comme la «science qui a pour objet les propriétés accidentelles ou permanentes des corps matériels, lorsqu'on les étudie sans les décomposer chimiquement». Enfin dans sa huitième édition (1932–1935), la physique est définie comme la «science qui observe et groupe les phénomènes du monde matériel, en vue de dégager les lois qui les régissent». Le Littré donne des définitions apparemment précises. Les sciences physiques sont définies comme «celles qui étudient les caractères naturels des corps, les forces qui agissent sur eux et les phénomènes qui en résultent». La physique est définie comme «science du mouvement et des actions réciproques des corps, en tant que ces actions ne sont pas de composition et de décomposition, ce qui est le propre de la chimie».

La notion actuelle de science en tant qu'«ensemble ou système de connaissances sur une matière» date seulement du XVIII<sup>e</sup> siècle. Avant cette époque, le mot «science» signifiait simplement «la connaissance qu'on a de quelque chose» et la notion de scientifique n'existait pas. À l'inverse, le terme «philosophie» désigne dans son sens ancien «l'étude des principes et des causes, ou le système des notions générales sur l'ensemble des choses», les sciences naturelles étaient donc le résultat de la philosophie naturelle.

L'expression «sciences physiques» désigne actuellement l'ensemble formé par la physique (dans son sens moderne) et la chimie, cette expression prend son sens actuel en France au début du XIX<sup>e</sup> siècle, en même temps que le mot «science» prend le sens d'«ensemble formé par les sciences mathématiques, physiques et naturelles». Auparavant, l'expression «sciences physiques» était un simple synonyme de l'expression «sciences naturelles».

F. Balibar, M. Crozon, E. Farge. Le livre *Physique moderne*, coll. «La science et les hommes, la matière», 1991.

## L e ç o n 1 0

### Texte A

#### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

physique (f) quantique	échelle (f)
théorie (f) de la relativité	environnement (m) macroscopique
élucider	observable (f)
rayonnement (m) électromagnétique	émettre
répercussion (f)	transition (f)
application (f) technologique	valeur (f)
énergie (f) nucléaire	ensemble (m) discret
conception (f)	onde (f)
théorie (f) quantique des champs	interférence (f)
matière (f) condensée	mesure (f) exacte simultanée
gravité (f) quantique	grandeur (f) conjuguée
infiniment petit	réduction (f) du paquet d'onde
intrication (f)	relativité (f) restreinte

## II. Trouvez la définition convenable :

1. Le rayonnement électromagnétique	a) sont les plus petits objets physiques dont sont constituées la matière et les forces de l'univers.
2. Le champ	b) est le niveau de description dans lequel les phénomènes sont visualisés à l'œil nu.
3. La gravité quantique	c) est l'équivalent en mécanique quantique d'une grandeur physique en mécanique classique, comme la position, la quantité de mouvement, l'énergie, etc.
4. Les particules	d) est une forme de transfert d'énergie linéaire.
5. Macroscopique	e) est la propagation d'une perturbation produisant sur son passage une variation réversible de propriétés physiques locales.
6. L'observable	f) est une branche de la physique théorique tentant d'unifier la mécanique quantique et la relativité générale.
7. L'onde	g) est un phénomène résultant de la superposition de deux ou de plusieurs mouvements vibratoires de même nature, de fréquence identique ou voisine.
8. L'interférence	h) est la donnée, pour chaque point de l'espace-temps, de la valeur d'une grandeur physique qui peut être scalaire, vectorielle ou tensorielle.

## III. Reconstituez les paires de synonymes :

rupture (f)	conduite (f)
admettre	caractéristique
comportement (m)	effet (m)
particule (f)	abandon (m)
élucider	étude (f)
propriété (f)	exiger
répercussion (f)	accepter

recherche (f)  
nécessiter  
raison (f)  
échelle (f)  
transition (f)  
facette (f)  
aléatoirement

niveau (m)  
corpuscule (f)  
éclaircir  
aspect (m)  
cause (f)  
hasardeusement  
passage (m)

#### **IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

rupture (f)  
aider  
abondamment  
condensé  
affirmer  
difficulté (f)  
limité  
petit  
différemment  
habitué  
incertitude (f)  
séparer  
pemettre

maigrement  
contester  
facilité (f)  
empêcher  
illimité  
rapprochement (m)  
inaccoutumé  
dilaté  
grand  
unir  
pareillement  
défendre  
assurance (f)

#### **V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

##### **Le panorama général de la physique quantique**

La physique quantique est l'appellation générale d'un ensemble de théories physiques nées au XX<sup>e</sup> siècle qui, comme la théorie de la relativité, marque une rupture avec ce que l'on appelle maintenant la physique classique, l'ensemble des théories et principes physiques admis au XIX<sup>e</sup> siècle. Les théories dites «quantiques» décrivent le comportement des atomes et des particules – ce que la physique classique, notamment la mécanique newtonienne et la théorie électromagnétique de Maxwell, n'avait pu faire – et permettent d'élucider certaines propriétés du rayonnement électromagnétique.

La physique quantique a apporté une révolution conceptuelle ayant des répercussions jusqu'en philosophie et en littérature (science-fiction). Elle a permis nombre d'applications technologiques : énergie nucléaire, imagerie médicale par résonance magnétique nucléaire, diode, transistor, microscope électronique et laser. Un siècle après sa conception, elle est abondamment utilisée dans la recherche en chimie théorique (chimie quantique), en physique

(mécanique quantique, théorie quantique des champs, physique de la matière condensée, physique nucléaire, physique des particules, physique statistique quantique, astrophysique, gravité quantique), en mathématiques (formalisation de la théorie des champs) et, récemment, en informatique (ordinateur quantique, cryptographie quantique). Elle est considérée avec la relativité générale d'Einstein comme l'une des deux théories majeures du XX<sup>e</sup> siècle.

La physique quantique est connue pour être contre-intuitive, choquer le «sens commun» et nécessiter un formalisme mathématique ardu. Feynman, l'un des plus grands théoriciens spécialistes de la physique quantique de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, a ainsi écrit : «Je crois pouvoir affirmer que personne ne comprend vraiment la physique quantique».

La raison principale de ces difficultés est que le monde quantique, limité à l'infiniment petit, mais pouvant avoir des répercussions à plus grande échelle, se comporte très différemment de l'environnement macroscopique auquel nous sommes habitués. Quelques différences fondamentales qui séparent ces deux mondes sont par exemple :

- La quantification : un certain nombre d'observables, par exemple l'énergie émise par un atome lors d'une transition entre états excités, sont quantifiés, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent prendre leur valeur que dans un ensemble discret de résultats. Au contraire, la mécanique classique prédit le plus souvent que ces observables peuvent prendre continûment n'importe quelle valeur.

- La dualité onde-particule : la notion d'onde et de particule qui sont séparées en mécanique classique deviennent deux facettes d'un même phénomène, décrit de manière mathématique par sa fonction d'onde. En particulier, l'expérience prouve que la lumière peut se comporter comme des particules (photons, mis en évidence par l'effet photoélectrique) ou comme une onde (rayonnement produisant des interférences) selon le contexte expérimental, les électrons et autres particules pouvant également se comporter de manière ondulatoire.

- Le principe d'indétermination de Heisenberg : une indétermination fondamentale empêche la mesure exacte simultanée de deux grandeurs conjuguées. Il est notamment impossible d'obtenir une grande précision sur la mesure de la vitesse d'une particule sans obtenir une précision médiocre sur sa position, et vice versa. Cette incertitude est structurelle et ne dépend pas du soin que l'expérimentateur prend à ne pas «déranger» le système ; elle constitue une limite à la précision de tout instrument de mesure.

- Le principe d'une nature qui joue aux dés : si l'évolution d'un système est bel et bien déterministe (par exemple, la fonction d'onde régie par l'équation de Schrödinger), la mesure d'une observable d'un système dans un état donné connu peut donner aléatoirement une valeur prise dans un ensemble de résultats possibles.

- L'observation influe sur le système observé : au cours de la mesure d'une observable, un système quantique voit son état modifié. Ce phénomène, appelé réduction du paquet d'onde, est inhérent à la mesure et ne dépend pas du soin que l'expérimentateur prend à ne pas «déranger» le système.

- La non-localité ou intrication : des systèmes peuvent être intriqués de sorte qu'une interaction en un endroit du système a une répercussion immédiate en d'autres endroits. Ce phénomène contredit en apparence la relativité restreinte pour laquelle il existe une vitesse limite à la propagation de toute information, la vitesse de la lumière ; toutefois, la non-localité ne permet pas de transférer de l'information.

- La contrafactualité : des événements qui auraient pu se produire, mais qui ne se sont pas produits, influent sur les résultats de l'expérience.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***I. Formez les mots de la même famille :***

Une rupture, théorie, un rayonnement, décrire, un atome, une résonance, abondamment, contre-intuitive, un formalisme, une raison, se comporter, une observable, continûment, une valeur, prouver, une lumière, une incertitude, influencer, modifier.

### ***II. Reliez les deux colonnes :***

l'ensemble	d'élucider
le rayonnement	des répercussions
permettre	macroscopique
une révolution	d'indétermination
avoir	des théories
le sens	de la lumière
l'environnement	électromagnétique
le principe	aux dés
la vitesse	conceptuelle
un instrument	de l'information
une limite	commun
jouer	de mesure
le paquet	à la précision
la propagation	d'onde

### ***III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :***

Знаменовать разрыв, описывать поведение атомов, свойства электромагнитного излучения, иметь последствия, ядерный магнитный



резонанс, фундаментальные различия, переход, квалифицировать, принимать значение, две грани одного и того же явления, вести себя волнообразно, точное одновременное измерение, комбинированные количества, скорость частицы, низкая точность, влиять, объект наблюдения, быть запутанным, противоречить специальной теории относительности.

### Étude du contenu du texte

#### **1. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Les théories quantiques décrivent ...
  2. La physique quantique a apporté une révolution conceptuelle ...
  3. Un siècle après sa conception, la physique quantique est abondamment utilisée ...
  4. Le monde quantique, limité à l'infiniment petit, ...
  5. La quantification c'est quand un certain nombre d'observables ne peuvent prendre leur valeur ...
  6. En ce qui concerne le principe de la dualité onde-particule, l'expérience prouve que la lumière peut ...
  7. Le principe d'indétermination de Heisenberg affirme qu'il est impossible ...
  8. Si l'évolution d'un système est bien déterministe, ...
  9. Selon le principe de l'intrication des systèmes peuvent être intriqués de sorte ...
- a) que dans un ensemble discret de résultats.
  - b) d'obtenir une grande précision sur la mesure de la vitesse d'une particule sans obtenir une précision médiocre sur sa position, et vice versa.
  - c) qu'une interaction en un endroit du système a une répercussion immédiate en d'autres endroits.
  - d) la mesure d'une observable d'un système dans un état donné connu peut donner aléatoirement une valeur prise dans un ensemble de résultats possibles.
  - e) se comporter comme des particules ou comme une onde selon le contexte expérimental.
  - f) dans la recherche en chimie théorique, en physique, en mathématiques et, récemment, en informatique.
  - g) ayant des répercussions jusqu'en philosophie et en littérature.
  - h) se comporte très différemment de l'environnement macroscopique auquel nous sommes habitués.

i) le comportement des atomes et des particules et permettent d'élucider certaines propriétés du rayonnement électromagnétique.

## **II. Trouvez les bonnes réponses :**

*Quelles sont les particularités du comportement du monde microscopique de la physique quantique qui la distinguent du monde macroscopique auquel nous sommes habitués ?*

a) L'ensemble des théories et principes de la physique quantique a été admis au XIX<sup>e</sup> siècle.

b) Un certain nombre d'observables ne peuvent prendre leur valeur que dans un ensemble discret de résultats.

c) Les notions d'onde et de particule deviennent deux facettes d'un même phénomène.

d) Les théories de la physique quantique ne peuvent décrire le comportement des atomes et des particules.

e) Une indétermination fondamentale qui empêche la mesure exacte simultanée de deux grandeurs conjuguées et constitue une limite à la précision de tout instrument de mesure.

f) Un caractère parfois aléatoire des résultats obtenus.

g) Le système observé est influencé par le processus de l'observation.

h) Des systèmes sont parfois si intriqués qu'une interaction en un endroit du système peut avoir une répercussion immédiate en d'autres endroits.

i) La physique quantique est une science très intuitive.

j) Des événements probables, mais qui ne se sont pas produits, influent sur les résultats de l'expérience.

## **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que la physique quantique ?

2. Que décrivent les théories de la physique quantique ?

3. Quelles sont les applications technologiques de la physique quantique ?

4. Quelles disciplines utilisent la physique quantique dans leur recherche ?

5. Pourquoi est-il difficile de comprendre la physique quantique ?

6. Quelles sont les différences fondamentales qui séparent les deux mondes : celui des particules infiniment petites et celui de l'environnement macroscopique ?

7. En quoi consiste le principe de la quantification ?

8. Comment comprenez-vous le principe de la dualité onde-particule ?

9. Qu'est-ce que le principe d'une nature qui joue aux dés signifie ?

10. Comment l'observation peut-elle influencer le système observé ?  
11. En quoi consiste l'essentiel du principe de la non-localité ou intrication ?

### **Production orale**

- I. Dégagez les parties essentielles du texte.***
- II. Formulez l'idée principale de chacune d'elles.***
- III. Résumez le texte d'après le plan suivant :***
  - la définition de la physique quantique et du domaine de son étude ;*
  - les sphères d'application de la physique quantique ;*
  - les différences fondamentales qui séparent le monde étudié par la physique quantique et notre environnement macroscopique.*

### **Expression libre**

***En vous servant des informations supplémentaires d'Internet rédigez un court article pour un magazine scientifique «Science et vie» sur les possibilités et les domaines d'application de la physique quantique dans le monde contemporain (250 mots).***

## Texte B

- I. Complétez le texte avec les mots suivants :***

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| a) celles-ci | i) avait          |
| b) à         | j) macroscopiques |
| c) quantique | k) considérant    |
| d) qui       | l) classique      |
| e) descendre | m) quelle         |
| f) plus      | n) jusqu'à        |
| g) même      | o) émis           |
| h) pour      | p) qu'            |

### **La quantification**

Nous allons parler de ce phénomène 1) ... donne son nom à la mécanique quantique, de celui qui n'est pas forcément le 2) ... spectaculaire, mais qui a revêtu une importance historique fondamentale.

Voyons comment sont les choses en mécanique normale. Pour les objets 3) ..., on utilise des quantités comme la position, la vitesse, l'énergie ou la vitesse de rotation. 4) ... peuvent en principe prendre n'importe 5) ... valeur parmi les nombres réels. Ce sont des quantités continues.

Mais en mécanique 6) ..., ce n'est plus nécessairement le cas. Certaines quantités se trouvent contraintes 7) ... prendre des valeurs bien définies, on dit qu'elle sont quantifiées. Par exemple, un atome d'hydrogène dans son état d'énergie minimale aura une énergie de  $-13.6$  eV (eV, c'est l'électron-volt, l'unité d'énergie qu'on utilise pour les particules). Si on veut augmenter son énergie, alors on doit l'augmenter 8) ...  $-3.4$  eV. Impossible de lui donner une énergie intermédiaire entre ces deux valeurs. Quant à diminuer son énergie, n'y pensez même pas, impossible de 9) ... sous la valeur de  $-13.6$  eV. Et c'est d'ailleurs heureux, car s'il n'y 10) ... pas cela, les électrons iraient se crasher sur les protons, et les atomes seraient instables. La mécanique quantique a permis de résoudre paradoxe que la mécanique 11) ... n'expliquait pas.

Mais au fait, pourquoi certaines propriétés seraient-elles quantifiées? Encore une fois il est possible de la comprendre en 12) ... simplement la description ondulatoire des particules. Pensez à une autre onde : celle qui agite une corde de guitare. Puisque celle-ci est attachée aux deux extrémités, elle ne peut vibrer 13) ... à certaines fréquences. Les sons 14) ... par une corde le sont donc à des fréquences discontinues, et ne prennent pas des valeurs intermédiaires. Il se passe le 15) ... phénomène 16) ... les ondes qui décrivent les particules, et plusieurs quantités physiques qui décrivent les objets microscopiques sont quantifiées.

## ***II. Connaissez-vous d'autres phénomènes intéressants du monde quantique ? Parlez-en.***

### **Production écrite**

#### ***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

#### **Quelques expériences de la physique quantique**

Des physiciens américains sont parvenus à observer la trace des premiers instants du Big Bang (Grande Explosion), atteignant un des «objectifs les plus importants de la cosmologie aujourd'hui» selon les termes de John Kovac, professeur à Harvard et responsable de l'équipe à l'origine de cette découverte en mars 2014. La survenue du Big Bang marquant la naissance de l'Univers il y a 13,8 milliards d'années, s'est accompagnée de l'émission d'ondes gravitationnelles primordiales. L'observation de l'empreinte que ces ondes ont laissée sur le rayonnement fossile a été effectué par les scientifiques via le télescope Bicep 2.

Ces données confirment «la relation profonde entre la mécanique quantique et la théorie de la relativité générale». Pour Tom Le Compte, physicien au CERN, cette découverte «est la plus grande annonce en physique depuis des années», et «peut être couronné d'un prix Nobel». Mais cette annonce a été démentie par les mesures faites par le satellite Planck. Ce dernier étant capable de différencier les effets de poussières de la Galaxie.

Une autre expérience originelle, celle de Thomas Young avait mis en évidence le comportement ondulatoire de la lumière en montrant que deux faisceaux lumineux pouvaient entrer en interférence. L'expérience des fentes de Young, effectuée avec une seule particule (en faisant en sorte que la source d'émission n'émette qu'un quantum à la fois), montrera qu'un seul électron «interfère avec lui-même» et produit des franges d'interférences au sortir des deux fentes, comme s'il s'agissait de deux flux de particules interférant l'un avec l'autre.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **Le quantique et le vivant**

Existe-t-il dans le monde du vivant des phénomènes obéissant à ces règles de l'infiniment petit ? Depuis quelques années, des études dans divers domaines de la biologie indiquent que c'est le cas. Ces résultats vont à contre-courant de l'idée généralement admise que le monde macroscopique est trop chaotique pour permettre des effets de cohérence quantique. Le vivant serait capable de tirer parti de cette agitation désordonnée des particules, du moins en ce qui concerne la photosynthèse.

Les récepteurs de l'odorat semblent dépendre de l'effet tunnel, pour acheminer des électrons à l'intérieur même des molécules odorantes, ce qui permet de les distinguer d'autres molécules structurellement analogues. Certaines structures protéiques bactériennes se comportent comme des ordinateurs quantiques primitifs, «calculant» le meilleur canal de transport des électrons parmi tous les chemins possibles.

De récents travaux sur la photosynthèse ont révélé que l'intrication des photons joue un rôle essentiel à cette opération fondamentale du règne végétal, phénomène que l'on tente actuellement d'imiter pour optimiser la production d'énergie solaire. L'adhérence aux surfaces des setæ des geckos fonctionne grâce aux forces de van der Waals, des interactions de nature quantique qui font intervenir des particules virtuelles sans aucune interaction moléculaire classique. Ce phénomène est également à l'étude en vue d'applications militaires et civiles.

M. Kumar. Le livre *Le grand roman de la physique quantique*, 2011.

# L e ç o n 11

## Texte A

### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

relativité (f) générale	gravité (f) quantique
astre (m)	concilier
matière (f)	prévision (f)
champ (m) gravitationnel	principe (m) de relativité
courbure (f) de l'espace	constance (f)
énergie (f) cinétique	additivité (f) des vitesses
référentiel (m)	particule (f) de masse nulle
expansion (f)	système (m) de coordonnées
univers (m)	trajectoire (f) géodésique
trou (m) noir	courbure (f)
onde (f) gravitationnelle	principe (m) de moindre action
mettre en défaut	système (m) binaire

### **II. Trouvez la bonne définition :**

1. La relativité générale	a) est un objet, ou un ensemble d'objets, par rapport auquel on repère une position ou un mouvement.
2. La relativité restreinte	b) est une théorie d'Albert Einstein qui indique que la vitesse de la lumière dans le vide est identique dans les autres référentiels inertiels.
3. Le champ gravitationnel	c) définit un temps qui est le même en tout point de l'Univers et indifférent au mouvement.
4. Le référentiel	d) est une théorie relativiste de la gravitation qui décrit l'influence sur le mouvement des astres de la présence de matière et, plus généralement d'énergie, en tenant compte des principes de la relativité restreinte.
5. Le temps absolu	e) sont les trajectoires vérifiant le principe de moindre action, suivies par les particules

	test, elles ont une importance pratique très importante pour la compréhension intuitive d'un espace courbe.
6. Les géodésiques	f) est une particule élémentaire, de masse et de charge nulle.
7. Le photon	g) est un champ réparti dans l'espace et dû à la présence d'une masse susceptible d'exercer une influence gravitationnelle sur tout autre corps présent à proximité.

**III. Reconstituez les paires de synonymes :**

influence (f)	inclure
matière (f)	s'accoutumer
englober	ensemble
réalisation (f)	effet (m)
associer	préserver
se familiariser	substance (f)
conjointement	présupposer
finalisation (f)	inversement
postuler	création (f)
conserver	achèvement (m)
réciroquement	lier
identique	accorder
déformer	pareil
concilier	transformer

**IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

présence (f)	séparément
faible	désobéir
compréhension (f)	inconnu
conjointement	immobilité (f)
premier	variant
obéir	absence (f)
célèbre	changement (m)
mouvement (m)	atteignable
invariant	fort
constance (f)	relatif
vrai	dernier
inatteignable	incompréhension (f)
absolu	dehors
dedans	faux

négligeable  
expansion (f)

compression (f)  
important

## V. *Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :*

### **De la relativité restreinte à la relativité générale**

La relativité générale est une théorie relativiste de la gravitation, c'est-à-dire qu'elle décrit l'influence sur le mouvement des astres de la présence de matière et, plus généralement d'énergie, en tenant compte des principes de la relativité restreinte. La relativité générale englobe et supprime la théorie de la gravitation universelle d'Isaac Newton qui en représente la limite aux petites vitesses (comparées à la vitesse de la lumière) et aux champs gravitationnels faibles.

Elle est principalement l'œuvre d'Albert Einstein, dont elle est considérée comme la réalisation majeure, qu'il a élaborée entre 1907 et 1915. Les noms de Marcel Grossmann et de David Hilbert lui sont également associés, le premier ayant aidé Einstein à se familiariser avec les outils mathématiques nécessaires à la compréhension de la théorie (la géométrie différentielle), le second ayant franchi conjointement avec Einstein les dernières étapes menant à la finalisation de la théorie.

En 1905 Albert Einstein remet en cause radicalement la notion d'éther, porte au plus haut le principe de relativité de Galilée en postulant que les équations de Maxwell obéissent elles-mêmes à ce principe, et en tire les conséquences révolutionnaires dans un article resté célèbre «De l'électrodynamique des corps en mouvement». C'est la naissance de la relativité restreinte:

- Le principe de relativité de Galilée est conservé.

- L'invariance des équations de Maxwell (par changement de référentiel inertiel) entraîne immédiatement la constance de la vitesse de la lumière dans tous les référentiels galiléens: l'additivité des vitesses n'est plus vraie et la vitesse de la lumière est inatteignable (sauf pour la lumière, qu'elle soit considérée comme une onde ou comme constituée de photons, particules de masse nulle).

- Les mesures de longueur, d'intervalle de temps (et de vitesse) ne sont pas les mêmes suivant le référentiel de l'observateur: mesurer la longueur du wagon donne des résultats différents suivant que l'on est dedans ou que l'on est immobile au sol (mais ce n'est pas le cas pour la largeur du wagon, longueur perpendiculaire à la vitesse); de même pour l'écoulement du temps; le champ électrique devient magnétique et réciproquement. Toutes ces transformations des systèmes de coordonnées du continuum espace-temps et du champ électromagnétique sont formalisées par les transformations de Lorentz.

- La notion de temps absolu disparaît: deux horloges identiques situées dans deux référentiels galiléens différents ne battent pas au même rythme (plus précisément, il n'est pas possible de les garder synchronisées).



La relativité générale ajouta à la relativité restreinte que la présence de matière pouvait déformer localement l'espace-temps lui-même (et non pas seulement les trajectoires), de telle manière que des trajectoires dites géodésiques – c'est-à-dire intuitivement de longueur minimale – à travers l'espace-temps ont des propriétés de courbure dans l'espace et le temps. Le calcul de la «distance» dans cet espace-temps courbe est plus compliqué qu'en relativité restreinte, en fait la formule de la «distance» est créée par la formule de la courbure, et vice-versa.

Les géodésiques sont les trajectoires vérifiant le principe de moindre action, suivies par les particules test (c'est-à-dire dont l'influence sur le champ de gravitation dans lequel elles se déplacent est négligeable, ce qui est le cas par exemple d'un satellite artificiel autour de la Terre ou bien d'un photon passant à côté du Soleil mais pas d'une étoile orbitant autour d'une autre dans un système binaire oscillant rapidement), elles ont donc une importance pratique très importante pour la compréhension intuitive d'un espace courbe.

La relativité générale est fondée sur des concepts radicalement différents de ceux de la gravitation newtonienne. Elle énonce notamment que la gravitation n'est pas une force, mais la manifestation de la courbure de l'espace (en fait de l'espace-temps), courbure elle-même produite par la distribution de l'énergie, sous forme de masse ou d'énergie cinétique, qui diffère suivant le référentiel de l'observateur. Cette théorie relativiste de la gravitation prédit des effets absents de la théorie newtonienne mais vérifiés, comme l'expansion de l'Univers, les ondes gravitationnelles et les trous noirs. Elle ne permet pas de déterminer certaines constantes ou certains aspects de l'univers (notamment son évolution, s'il est fini ou non, etc.): des observations sont nécessaires pour préciser des paramètres ou faire des choix entre plusieurs possibilités laissées par la théorie.

Aucun des nombreux tests expérimentaux effectués n'a pu la mettre en défaut. Toutefois, des questions restent sans réponse: principalement sur le plan théorique, comment la relativité générale et la physique quantique peuvent être unies pour produire une théorie complète et cohérente de gravité quantique; et sur le plan des observations astronomiques ou cosmologiques, comment concilier certaines mesures avec les prévisions de la théorie (matière noire, énergie sombre).

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***1. Formez les mots de la même famille :***

La gravitation, englober, la réalisation, associer, la compréhension, conjointement, la finalisation, conserver, l'invariance, l'additivité, inatteignable, l'observateur, immobile, absolu, identique, la matière, déformer, la distribution, expérimental.

## **II. Reliez les deux colonnes :**

le mouvement	l'œuvre de
tenir	les dernières étapes
la théorie	les conséquences de
être	de coordonnées
franchir	espace-temps
remettre	du temps
la notion	des astres
tirer	de longueur
les systèmes	de la gravitation universelle
les mesures	compte de
l'écoulement	d'éther
la masse	en cause
le continuum	électromagnétique
le champ	de moindre action
le principe	nulle

## **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Релятивистская теория гравитации, наличие материи, теория всемирного тяготения, слабые гравитационные поля, главное достижение, познакомиться с необходимыми математическими инструментами, совместно преодолеть последние этапы, постоянство скорости света, частицы с нулевой массой, относительно наблюдателя, системы координат, так называемые геодезические траектории, кривая в пространстве и времени, гравитационное поле, искусственный спутник, изогнутое пространство, распределение энергии.

### **Étude du contenu du texte**

#### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. La relativité générale englobe et supplante la théorie de la gravitation universelle d'Isaac Newton ...
2. La relativité générale est principalement l'œuvre d'Albert Einstein, ...
3. Albert Einstein remet en cause la notion d'éther, porte au plus haut le principe de relativité de Galilée ...
4. La relativité générale ajouta à la relativité restreinte que la présence de matière pouvait déformer localement l'espace-temps lui-même, ...

- 5. La théorie de la relativité générale est ...
- 6. Cette théorie relativiste de la gravitation prédit des effets absents de la théorie newtonienne mais vérifiés, ...
- 7. Aucun des nombreux tests expérimentaux effectués n'a pu ...
- 8. Toutefois, des questions restent sans réponse ...

- a) de telle manière que des trajectoires dites géodésiques à travers l'espace-temps ont des propriétés de courbure dans l'espace et le temps.
- b) fondée sur des concepts radicalement différents de ceux de la gravitation newtonienne.
- c) comme l'expansion de l'Univers, les ondes gravitationnelles et les trous noirs.
- d) mettre en défaut la théorie de la relativité générale.
- e) en postulant que les équations de Maxwell obéissent elles-mêmes à ce principe.
- f) dont elle est considérée comme la réalisation majeure.
- g) sur le plan théorique et sur celui des observations astronomiques ou cosmologiques.
- h) qui en représente la limite aux petites vitesses (comparées à la vitesse de la lumière) et aux champs gravitationnels faibles.

**II. Trouvez ci-dessous les affirmations qui appartiennent au domaine de la relativité restreinte et celles qui sont à la base de la relativité générale et complétez la grille :**

La relativité générale	La relativité restreinte

- a) conserve le principe de relativité de Galilée ;
- b) énonce que la gravitation n'est pas une force, mais la manifestation de la courbure de l'espace ;
- c) prédit des effets comme l'expansion de l'Univers, les ondes gravitationnelles et les trous noirs.
- d) postule que l'additivité des vitesses n'est plus vraie et la vitesse de la lumière est inatteignable ;
- e) ajoute que la présence de matière pouvait déformer localement l'espace-temps lui-même ;
- f) fait disparaître la notion de temps absolu ;
- g) affirme que les trajectoires géodésiques à travers l'espace-temps ont des propriétés de courbure dans l'espace et le temps lors de la déformation des derniers.

h) montre que les mesures de longueur, d'intervalle de temps ne sont pas les mêmes suivant le référentiel de l'observateur ;

i) prouve que la formule de la «distance» est créée par la formule de la courbure, et vice-versa.

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que la relativité générale ?
2. Qu'est-ce que la relativité générale englobe et supplante ?
3. Qui a créé la théorie de la relativité générale ?
4. Pourquoi est-ce que les noms de Marcel Grossmann et de David Hilbert sont également associés à la théorie d'Albert Einstein ?
5. En quoi consiste la théorie de la relativité restreinte ?
6. Qu'est-ce que la relativité générale ajoute à la relativité restreinte ?
7. Qu'est-ce que c'est que les géodésiques et quel est leur rôle dans la compréhension intuitive d'un espace courbe ?
8. Sur quels concepts est fondée la relativité générale ?
9. Que prédit la théorie relativiste de la gravitation ?
10. Que la relativité générale ne permet-elle pas de déterminer ?
11. Quelles questions restent sans réponse sur le plan théorique et sur le plan des observations astronomiques ?

### **Production orale**

**I. Divisez le texte en parties et intitulez-les.**

**II. Trouvez des mots et des expressions clés dans chaque partie du texte.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de la relativité générale ;
- la naissance de la relativité restreinte ;
- les nouveautés que la relativité générale apporte à la relativité restreinte ;
- les questions auxquelles la théorie de la relativité générale doit encore répondre.

### **Expression libre**

**Commentez la citation suivante du physicien allemand, auteur de la théorie de la relativité Albert Einstein (1879–1955) : «La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que l'information». Êtes-vous d'accord avec le grand physicien ? Exprimez votre point de vue à ce sujet.**

## Texte B

### **I. Complétez le texte avec les mots suivants :**

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| a) fonction   | h) cas          |
| b) expérience | i) celui-ci     |
| c) même       | j) nulle        |
| d) rapport    | k) différemment |
| e) qui        | l) après        |
| f) relativité | m) compte       |
| g) roulant    | n) le           |

### **Le principe de relativité en physique classique**

Supposons que dans un train 1) ... à vitesse constante, un voyageur se tenait debout, immobile par 2) ... à ce train, et tenait un objet dans la main. S'il lâchait l'objet, 3) ... tomberait à la verticale de la main qui le tenait et selon une certaine loi en 4) ... du temps.

Le principe de relativité ne dit pas que le mouvement de cet objet serait le même si, 5) ... l'avoir rapporté à un référentiel lié au train on le rapportait à un référentiel lié au sol : l'expérience montre que ce serait erroné puisque, si on le regardait du train l'objet décrirait une droite verticale, tandis que, vu du sol il décrirait une parabole.

Si on les voyait depuis l'un ou l'autre de ces référentiels les conditions initiales de l'6) ... ne seraient pas les mêmes : l'attraction gravitationnelle serait identique dans les deux, mais par rapport au référentiel lié au train la vitesse initiale de l'objet lâché serait 7) ..., tandis que par rapport au référentiel lié au sol, elle ne 8) ... serait pas.

Toutefois, une 9) ... loi mathématique pour chacun des deux référentiels permet de décrire cette expérience, cette loi tient 10) ... de la vitesse initiale par rapport au référentiel.

En revanche, si quelqu'un, 11) ... était immobile par rapport au sol, lâchait un objet qu'il tenait dans la main, les conditions générales ainsi que les conditions initiales seraient identiques pour l'expérience faite au sol et celle faite dans le train. Selon le principe de 12) ..., l'objet devrait tomber de manière identique que ce soit dans le cas où il était lâché dans le train (et l'observation faite depuis le train aussi) ou au sol (et l'observation faite depuis le sol aussi) : c'est bien ce que l'expérience confirme.

Dans les deux 13) ... exposés, le principe de relativité s'appliquerait 14) ... : pour l'expérience vue depuis deux référentiels différents, les observations étaient différentes mais une même loi mathématique les décrirait

toutes les deux; pour les deux expériences étaient faites dans deux référentiels distincts, où les conditions de l'expérience étaient identiques, les observations seraient rigoureusement identiques.

**II. Citez d'autres exemples d'application de la théorie de la relativité d'Albert Einstein dans la physique classique ou moderne.**

**Production écrite**

**I. Traduisez le texte suivant en russe :**

**Le trou noir**

À la suite de la découverte de la métrique de Schwarzschild (1916), il est apparu dans les équations que pour toute masse sphérique il existe une distance au centre (le rayon de Schwarzschild) où des phénomènes particuliers se manifestent, si la masse est de rayon inférieur : pour un observateur un peu éloigné, les corps s'approchant de ce rayon semblent s'immobiliser, ses horloges s'arrêter et ceci pour l'éternité ; de plus, mis à part les phénomènes gravitationnels, nulle information ne semble pouvoir venir de cette masse centrale, pas même la lumière, et la masse centrale elle-même n'est décelable que par ses effets gravitationnels.

Toutefois, ce rayon de Schwarzschild n'apparut d'abord que comme une possible singularité topologique de l'espace-temps, une absurdité qui marquait une limite de la théorie, ce qui ne satisfaisait pas Einstein. Entre 1938 (Georges Lemaître) et 1939 (Robert Oppenheimer) est émise l'hypothèse que c'était un phénomène réaliste, nommé *collapse gravitationnel*. Dans les années 1960, la nature de ce phénomène a été précisée : il a été compris que le rayon de Schwarzschild n'est pas une singularité de l'espace-temps, mais seulement une singularité de la métrique utilisée due à la courbure de l'espace alors que la métrique est construite comme si l'espace était plat. Les phénomènes décrits par la métrique de Schwarzschild restent valables pour l'observateur éloigné, la métrique de Kruskal-Szekeres (1960) a permis de comprendre comment se fait le passage du rayon de Schwarzschild pour le voyageur.

Depuis, différents types de trous noirs ont été mis en évidence (avec ou sans charge ou moment cinétique), leur dynamique a été étudiée en détail, l'hypothèse de leur évaporation a été précisément formulée, et la notion, très hypothétique, de trou de ver a été avancée. L'observation et la détection des trous noirs est toujours l'objet de travaux intenses, mais de nombreux trous noirs (stellaires, intermédiaires et supermassifs) ont été détectés au-delà de tout doute raisonnable.

## **II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :**

### **La conservation de l'énergie et l'énergie du champ gravitationnel**

Il existe des situations physiques où l'énergie peut être échangée entre des systèmes gravitationnels et non-gravitationnels. Par exemple, quand un corps massif orbite autour d'un autre corps massif, il y a émission d'ondes gravitationnelles qui emportent une certaine énergie du système. Cette perte est absolument négligeable dans les ordres de grandeurs classiques (par exemple, l'énergie dégagée par unité de temps sous forme d'ondes gravitationnelles par l'orbite de Jupiter autour du soleil correspond à 40 watts). Mais dans des circonstances où les ordres de grandeurs sont très élevés, comme pour le pulsar binaire PSR B1913+16, l'énergie emportée a des effets importants et mesurables, qui permettent d'ailleurs de valider avec succès la théorie de la relativité générale.

La théorie de la relativité générale ne donne pas une représentation immédiate et évidente de ce phénomène. Le tenseur énergie-impulsion ne donne que l'énergie d'un corps ou d'un champ non gravitationnel en un point, sans tenir compte de l'énergie du champ de gravitation en ce point. L'énergie des ondes gravitationnelles n'est donc pas représentée par ce tenseur, et sa dérivée covariante nulle ne représente pas la conservation globale de l'énergie. Pour représenter une énergie du système «corps-champ de gravitation» se conservant, Einstein a exprimé l'énergie du champ par d'un «pseudo-tenseur» qui s'annule pour un choix de référentiel en chute libre (inertiel) au point considéré : l'énergie du champ de gravitation n'existe qu'en fonction du référentiel choisi. Ce «pseudo-tenseur», tiré du tenseur de Ricci, exprime aussi l'auto-corrélation du champ sur lui-même, ce qui explique sa formulation assez compliquée. En particulier, l'énergie émise sous forme d'ondes gravitationnelles s'exprime à l'aide de ce «pseudo-tenseur».

Ces échanges ont aussi été étudiés et modélisés par Hermann Bondi et Rainer Sachs pour un type d'espace-temps particulier, l'espace-temps asymptotiquement plat, qui représente des systèmes gravitationnels considérés comme isolés du reste de l'univers, ce qui est approximativement vrai pour des systèmes comme des pulsars binaires.

Mais la compréhension de la conservation globale de l'énergie en présence d'un champ gravitationnel dynamique reste un sujet délicat et non encore complètement résolu en relativité générale.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Relativité\\_générale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Relativité_générale)

# L e ç o n 1 2

## Texte A

### **I. Enrichissez votre vocabulaire :**

astrophysique (f)	circulaire
branche (f) interdisciplinaire	rotation (f)
propriété (f)	vision (f) géocentrique
étoile (f)	théorie (f) héliocentrique
milieu (m) interstellaire	lunette (f) astronomique
luminosité (f)	être en contradiction (f)
densité (f)	données (f, pl) précises
composition (f) chimique	loi (f) empirique
preuve (f)	mouvement (m) des astres (m, pl)
monde (m) céleste	se décomposer
corps (m) céleste	ligne (f) spectrale
circuler sur des orbites (f, pl)	comportement (m) approximatif
rayons (m, pl) cosmiques	théorie (f) des cordes (f, pl)
évaluer	à grande échelle (f)
onde (f) gravitationnelle	inflation (f) cosmique

### **II. Trouvez la définition convenable :**

1. L'astrophysique	a) est un objet de l'espace cosmique visible dans le ciel depuis la terre.
2. L'astronomie	b) comprend des planètes (Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune par ordre d'éloignement au Soleil) en orbite autour du Soleil et leurs satellites et anneaux, des planètes naines (Pluton, Éris...), des astéroïdes, des comètes, des météorites, des grains interplanétaires.
3. Le corps céleste	c) est un système astronomique d'après lequel on considère le Soleil comme l'astre autour duquel s'effectue la rotation des planètes.
4. Le système solaire	d) est une branche interdisciplinaire de l'astronomie qui concerne principalement la



	physique et l'étude des propriétés des objets de l'univers, comme leur luminosité, leur densité, leur température et leur composition chimique.
5. La théorie héliocentrique	e) désigne un modèle cosmologique du Big Bang paramétré par une constante cosmologique notée par la lettre grecque $\Lambda$ et associée à la matière noire froide.
6. Le modèle lambda-CDM	f) est la science de l'observation des astres, cherchant à expliquer leur origine, leur évolution, ainsi que leurs propriétés physiques et chimiques.
7. L'inflation cosmique	g) est une catégorie de matière hypothétique, invoquée pour rendre compte d'observations astrophysiques, notamment les estimations de masse des galaxies et des amas de galaxies et les propriétés des fluctuations du fond diffus cosmologique.
8. La matière noire	h) est un modèle cosmologique s'insérant dans le paradigme du Big Bang lors duquel une région de l'univers comprenant l'univers observable a connu une phase d'expansion très violente qui lui aurait permis de grossir d'un facteur considérable : au moins $10^{26}$ et probablement immensément plus.

### III. Reconstituez les paires de synonymes :

concerner	éclairage (m)
univers (m)	renseignement (m)
luminosité (f)	cosmique
densité (f)	astre (m)
distinction (f)	giration (f)
donnée (f)	gérer
preuve (f)	porter sur
céleste	se dissocier
étoile (f)	conduite (f)
circulaire	cosmos (m)
rotation (f)	masse (f)
prévaloir	confirmation (f)

comportement (m)	différence (f)
régir	dominer
amélioration (f)	rond
se décomposer	déraisonnable
farfelu	progrès (m)

**IV. Reliez chaque mot à son contraire :**

distinction (f)	séparer
perfection (f)	logique
lier	expérimental
géocentrique	uniformité (f)
farfelu	similitude (f)
contradiction (f)	inobservable
abstrait	externe
théorique	imperfection (f)
progressif	héliocentrique
preuve (f)	accord (m)
variété (f)	cohérent
interne	réel
observable	démenti (m)
incohérent	soudain

**V. Lisez le texte et résumez en une phrase son sujet :**

**L'astrophysique théorique**

L'astrophysique (du grec *astér* = étoile, astre et *physis* = science de la nature, physique) est une branche interdisciplinaire de l'astronomie qui concerne principalement la physique et l'étude des propriétés des objets de l'univers (étoiles, planètes, galaxies, milieu interstellaire par exemple), comme leur luminosité, leur densité, leur température et leur composition chimique.

Actuellement, les astronomes ont une formation en astrophysique et leurs observations sont généralement étudiées dans un contexte astrophysique, de sorte qu'il y a moins de distinction entre ces deux disciplines qu'auparavant.

Aussi loin que remontent les données historiques, on trouve des preuves de l'existence de l'astronomie. Pendant longtemps, l'astronomie était une discipline bien distincte de la physique. Dans la pensée aristotélicienne, le monde céleste tendait à la perfection, avec les corps célestes qui semblaient être des sphères parfaites circulant sur des orbites parfaitement circulaires, alors que le monde terrestre semble condamné à l'imperfection. Ces deux mondes ne pouvaient donc pas être liés.

Aristarque de Samos (310 av. J.-C. – 230 av. J.-C.) fut le premier à mettre en avant l'idée selon laquelle le mouvement des corps célestes pouvait s'expliquer par la rotation des planètes du système solaire autour du Soleil. Malheureusement, à l'époque, la vision géocentrique de l'univers prévalait et la théorie héliocentrique d'Aristarque fut déclarée farfelue et rotation hérétique. Cette vision resta en place jusqu'à ce qu'un astronome nommé Nicolas Copernic ressuscite le modèle héliocentrique au XVI<sup>e</sup> siècle. En 1609, grâce à la lunette astronomique qu'il avait adaptée, Galilée découvrit les quatre lunes les plus brillantes de Jupiter, et démontra qu'elles tournaient toutes autour de cette planète. Cette découverte était en complète contradiction avec le dogme de l'Église catholique de l'époque. Il n'échappa à une peine sévère qu'en prétendant que son œuvre n'était que pur travail mathématique et donc purement abstrait, contrairement à la philosophie naturelle (la physique).

À partir des données précises des observations (principalement en provenance de l'observatoire de Tycho Brahe), des recherches ont été menées pour trouver une explication théorique au comportement observé. Dans un premier temps, seules des lois empiriques ont été formulées, telles que les lois de Kepler sur le mouvement planétaire au début du XVII<sup>e</sup> siècle. Quelques années plus tard, Isaac Newton réussit à faire le lien entre les lois de Kepler et la dynamique de Galilée. Il découvrit en effet que les mêmes lois régissaient la dynamique des objets sur Terre et le mouvement des astres dans le système solaire. La mécanique céleste, application de la gravité newtonienne et des lois de Newton pour expliquer les lois de Kepler sur les mouvements des planètes, fut la première unification de l'astronomie et de la physique.

Après qu'Isaac Newton eut publié son livre «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica» la navigation maritime changea radicalement. À partir de 1670, le monde entier était mesuré à partir d'instruments modernes donnant la latitude et d'horloges. Les besoins de la Marine poussaient à l'amélioration progressive des instruments et des observations astronomiques, donnant ainsi davantage de données aux scientifiques.

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, on découvrit que la lumière du Soleil pouvait se décomposer en un spectre de lignes colorées. Des expériences avec des gaz chauffés montrèrent par la suite que les mêmes lignes étaient présentes dans leur spectre. Ces lignes spécifiques correspondaient à un élément chimique unique. Ceci fut la preuve que les éléments chimiques présents dans le Soleil pouvaient être trouvés sur Terre. En effet, l'hélium fut d'abord découvert dans le spectre du Soleil, d'où son nom, et seulement ensuite sur la Terre. Au XX<sup>e</sup> siècle, la spectroscopie (l'étude de ces lignes spectrales) se développa, notamment grâce aux avancées de la physique quantique qui pouvait expliquer les observations expérimentales et astronomiques.

Les astrophysiciens utilisent une grande variété d'outils comme les modèles analytiques (tels que les polytropes pour obtenir le comportement approximatif d'une étoile) ou la simulation numérique sur ordinateur. Chaque outil a ses avantages. Les modèles analytiques d'un processus sont généralement meilleurs pour obtenir le fonctionnement interne. Les modèles numériques, eux, peuvent révéler l'existence de phénomènes et d'effets qui ne pourraient être vus autrement.

Les théoriciens en astrophysique essaient de créer des modèles théoriques et de comprendre les conséquences observables de ces modèles. Ceci aide les observateurs à rechercher les données qui peuvent réfuter un modèle ou aider dans le choix entre plusieurs alternatives ou modèles contradictoires.

Les théoriciens essaient également de produire ou modifier des modèles pour tenir compte de nouvelles données. En cas de contradiction, la tendance générale est d'essayer de faire des modifications minimales du modèle pour l'adapter aux données. Dans certains cas, une grande quantité de données incohérentes à répétition peut mener à l'abandon total d'un modèle.

Les sujets étudiés par les théoriciens en astrophysique incluent l'évolution et la dynamique stellaire, la formation des galaxies, les structures matérielles à grande échelle de l'univers, l'origine des rayons cosmiques, la relativité générale et la cosmologie physique, avec l'aide de la théorie des cordes et la physique des particules. L'astrophysique relativiste sert d'outil pour évaluer les propriétés des structures à grande échelle. Pour ces structures, la gravitation joue un rôle important dans les phénomènes physiques étudiés et sert de base pour la physique des trous noirs et l'étude des ondes gravitationnelles.

Parmi les théories étudiées et les modèles reconnus en astrophysique, on peut trouver le modèle lambda-CDM qui inclut le Big Bang, l'inflation cosmique, la matière noire et les théories fondamentales de la physique.

L'énergie sombre et la matière noire sont actuellement les principaux sujets de recherche en astrophysique, étant donnée que leur découverte et la controverse sur leur existence est issue de l'étude des galaxies.

## **Étude du vocabulaire du texte**

### ***1. Formez les mots de la même famille :***

L'astronomie, la densité, la planète, la composition, la distinction, l'existence, la perfection, lier, le Soleil, la contradiction, abstrait, l'astre, chauffer, le spectre, l'avantage, révéler, l'alternative, adapter, cohérent, l'origine.

## **II. Reliez les deux colonnes :**

une branche	chimique
le milieu	célestes
la composition	en avant
les données	astronomique
les corps	ses avantages
mettre	de créer
le système	un modèle
le modèle	de base
la lunette	historiques
être	interdisciplinaire
avoir	incohérentes
essayer	interstellaire
réfuter	en contradiction
des données	héliocentrique
servir	solaire

## **III. Trouvez dans le texte les équivalents français des mots et expressions russes :**

Междисциплинарная отрасль астрономии, свойства объектов вселенной, вращение вокруг Солнца, планеты солнечной системы, противоречить догматам католической церкви, избежать сурового наказания, точные данные наблюдений, распадаться на спектр цветных линий, соответствовать единому химическому элементу, использовать широкий спектр инструментов, несогласующиеся данные, полный отказ от модели, образование галактик, происхождение космических лучей, черная дыра, служить основой, тема исследования, черная материя.

### **Étude du contenu du texte**

#### **I. Reliez les chiffres et les lettres pour terminer les phrases :**

1. Les astronomes ont une formation en astrophysique et leurs observations sont généralement ...
2. Aristarque de Samos fut le premier à mettre en avant l'idée ...
3. Grâce à la lunette astronomique qu'il avait adaptée, Galilée ...
4. À partir des données précises d'observations, des recherches ...
5. La mécanique céleste, application de la gravité newtonienne et des lois de Newton pour expliquer les lois de Kepler sur les mouvements des planètes, ...

6. La spectroscopie se développa au XX<sup>e</sup> siècle, notamment grâce aux avancées de la physique quantique ...

7. Les sujets étudiés par les théoriciens en astrophysique incluent ...

a) découvrit les quatre lunes les plus brillantes de Jupiter, et démontra qu'elles tournaient toutes autour de cette planète.

b) ont été menées pour trouver une explication théorique au comportement observé.

c) fut la première unification de l'astronomie et de la physique.

d) étudiées dans un contexte astrophysique.

e) qui pouvait expliquer les observations expérimentales et astronomiques.

f) l'évolution et la dynamique stellaire, la formation des galaxies, les structures matérielles à grande échelle de l'univers, l'origine des rayons cosmiques, la relativité générale et la cosmologie physique, avec l'aide de la théorie des cordes et la physique des particules.

g) selon laquelle le mouvement des corps célestes pouvait s'expliquer par la rotation des planètes du système solaire autour du Soleil.

## **II. Associez les deux colonnes pour parler du processus de l'évolution de la pensée scientifique en astrophysique :**

1. Aristote	a) ressuscite le modèle héliocentrique .
2. Aristarque de Samos	b) découvre les quatre lunes les plus brillantes de Jupiter, et démontre qu'elles tournent toutes autour de cette planète.
3. Nicolas Copernic	c) fait le lien entre les lois de Kepler et la dynamique de Galilée et découvre que les mêmes lois régissent la dynamique des objets sur Terre et le mouvement des astres dans le système solaire.
4. Galiléo Galilée	d) postule que les corps célestes sont des sphères parfaites circulant sur des orbites parfaitement circulaires.
4. Kepler	e) découvrent que la lumière du Soleil peut se décomposer en un spectre de lignes colorées et chacune de ces lignes correspond à un élément chimique unique.
5. Isaac Newton	f) suggère que le mouvement des corps célestes peut s'expliquer par la rotation des planètes du système solaire autour du Soleil.

6. Les scientifiques du XIX <sup>e</sup> siècle	g) étudient l'évolution et la dynamique stellaire, la formation des galaxies, les structures matérielles à grande échelle de l'univers, l'origine des rayons cosmiques, la relativité générale et la cosmologie physique, avec l'aide de la théorie des cordes et la physique des particules.
7. Les astrophysiciens du XX <sup>e</sup> siècle	h) formule les lois sur le mouvement planétaire.

### **III. Répondez aux questions :**

1. Qu'est-ce que c'est que l'astrophysique ?
2. Quel est le domaine de son étude ?
3. Est-ce que autrefois l'astronomie était une discipline bien distincte de la physique ?
4. À qui appartenait l'idée que le mouvement des corps célestes pouvait s'expliquer par la rotation des planètes du système solaire autour du Soleil ?
5. Qui a ressuscité le modèle héliocentrique au XVI<sup>e</sup> siècle ?
6. Que Galilée a-t-il découvert en 1609 grâce à la lunette astronomique ?
7. Quelles lois ont été formulées au début du XVII<sup>e</sup> siècle ?
8. Qu'est-ce qui a été la première unification de l'astronomie et de la physique ?
9. Quelles étaient les conséquences de la découverte faite à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ?
10. Quels outils utilisent les astrophysiciens dans leurs recherches ?
11. Quels sont les sujets étudiés par les théoriciens en astrophysique ?
12. Quels sont les théories et les modèles reconnus en astrophysique à présent ?

### **Production orale**

**I. Divisez le texte en parties et intitulez-les.**

**II. Dégagez l'idée principale de chacune de ces parties.**

**III. Résumez le texte d'après le plan :**

- la définition de l'astrophysique et son domaine d'étude ;
- le développement parallèle et l'unification de l'astronomie et de la physique ;

*- les outils de la recherche et les théories les plus importantes en astrophysique d'aujourd'hui.*

### **Expression libre**

*En vous servant des informations du texte et des faits supplémentaires d'Internet rédigez un court article pour un magazine scientifique «Science et vie» sur les sujets de recherche en astrophysique moderne (250 mots).*

## Texte B

### **La cosmologie**

La cosmologie pourrait être considérée comme l'étude de l'univers comme étant un tout. Les observations de la structure de l'Univers à grande échelle, une branche appelée cosmologie physique, ont donné une profonde connaissance de la formation et de l'évolution du cosmos. La théorie bien acceptée du Big Bang est fondamentale à la cosmologie moderne qui dit que l'univers ayant commencé comme un simple point, s'agrandit ensuite durant 13,7 milliards d'année jusqu'à son état actuel. Le concept du Big Bang peut être retracé jusqu'à la découverte du fond diffus cosmologique en 1965. Ayant connu plusieurs stades d'évolution, l'univers suivit ce processus d'expansion. Dans les tout premiers temps, une inflation cosmique fut extrêmement rapide, ce qui homogénéisa les conditions de départ. Ensuite, la nucléosynthèse primordiale produisit les éléments de base de l'univers nouveau-né.

Les premiers atomes ayant été formés, l'espace devint transparent aux radiations, libérant ainsi de l'énergie, perçue aujourd'hui à travers le fond diffus cosmologique. L'expansion de l'univers connut alors un âge Sombre dû au manque de sources d'énergie stellaires.

Une structure hiérarchique de la matière commença à se former à partir de variations minuscules de la densité de matière. La matière s'étant accumulée dans les régions les plus denses, forma des nuages de gaz interstellaire et les toutes premières étoiles. Ces étoiles massives déclenchèrent alors le processus de la réionisation et semblent être à l'origine de la création de beaucoup d'éléments lourds du jeune univers. L'attraction gravitationnelle ayant regroupé la matière en filaments, laissa ainsi d'immenses régions vides dans les lacunes. Graduellement, des organisations de gaz et de poussière ayant émergé, formèrent les premières galaxies primitives. Au fil du temps, celles-ci ayant attiré plus de matière, s'organisèrent en amas de galaxies, puis en superamas.



L'existence de la matière noire et de l'énergie sombre est fondamentale à la structure de l'univers. On pense maintenant qu'elles sont les composantes dominantes, formant 96 % de la densité de l'univers.

***I. Lisez attentivement le texte proposé puis remettez ses événements dans l'ordre logique :***

1. L'attraction gravitationnelle regroupa la matière en filaments.
2. Au début, une inflation cosmique extrêmement rapide homogénéisa les conditions de départ.
3. Après la formation des premiers atomes l'espace devint transparent aux radiations, libérant ainsi de l'énergie.
4. La théorie du Big Bang est fondamentale à la cosmologie moderne.
5. La matière accumulée dans les régions les plus denses forma des nuages de gaz interstellaire et les toutes premières étoiles.
6. Ces galaxies primitives, attirant plus de matière, s'organisèrent en amas de galaxies, puis en superamas.
7. Peu à peu, des organisations de gaz et de poussière formèrent les premières galaxies primitives.
8. Ensuite, la nucléosynthèse primordiale produisit les éléments de base de l'univers nouveau-né.

***II. Quelles autres théories de la cosmologie physique connaissez-vous ? Parlez-en.***

**Production écrite**

***I. Traduisez le texte suivant en russe :***

**L'astronomie observationnelle**

La majorité des observations en astrophysique sont effectuées en utilisant le spectre électromagnétique. La radioastronomie étudie les radiations cosmiques qui ont une longueur d'onde supérieure à quelques millimètres. Les ondes radios sont généralement émises par les objets froids, comme les gaz interstellaires ou les nuages de poussière. La radiation micro-onde du fond diffus cosmologique provient de la lumière du Big Bang qui subit un décalage vers le rouge. Les pulsars ont été détectés en premier par les fréquences micro-ondes. L'étude de ces fréquences nécessite de très gros radiotélescopes.

L'astronomie infrarouge étudie les radiations dont la longueur d'onde est trop grande pour être visible et plus petite que les ondes radio. Les

observations en infrarouge sont généralement faites avec des télescopes similaires aux télescopes optiques. Les objets astrophysiques qui émettent principalement dans l'infrarouge sont, essentiellement, plus froids que des étoiles, comme les planètes ou bien les galaxies infrarouges par exemple.

L'astronomie optique est la forme la plus ancienne d'astronomie. Les instruments les plus courants sont les télescopes associés à un capteur à charge couplée ou des spectroscopes. Comme l'atmosphère terrestre interfère quelque peu avec les observations faites, l'optique adaptative et les télescopes spatiaux ont fait leur apparition afin d'obtenir la meilleure qualité d'image possible. À cette échelle, les étoiles sont très visibles, et beaucoup de spectres chimiques peuvent être observés dans la composition chimique d'étoiles, de galaxies ou de nébuleuses.

L'astronomie dans l'ultraviolet, les rayons X ou les rayons gamma étudie les phénomènes très énergétiques tels que les pulsars binaires, les trous noirs ou les magnétars. Ces radiations pénètrent difficilement l'atmosphère de la Terre, il n'y a donc que deux possibilités pour les exploiter, les télescopes spatiaux et les télescopes Cherenkov atmosphériques. Le RXTE, le télescope à rayons X Chandra et l'observatoire à rayons gamma Compton sont des observatoires du premier type. Le système stéréoscopique de haute énergie (HESS) et le télescope MAGIC font partie de la deuxième catégorie.

Mis à part les radiations électromagnétiques, seulement très peu de choses situées à grande distance peuvent être observées depuis la Terre. Quelques observatoires d'ondes gravitationnelles ont été construits mais ces ondes sont très difficiles à détecter. On trouve également quelques observatoires de neutrinos pour l'étude du Soleil (astronomie neutrino), principalement. Les rayons cosmiques sont des particules de haute énergie qui sont observées lorsqu'elles heurtent l'atmosphère terrestre.

## ***II. Après avoir lu les informations de l'Appendice 2 préparez l'annotation du texte :***

### **L'astronomie galactique**

Le Système solaire orbite au sein de la Voie lactée, une galaxie spirale barrée qui est un membre important du Groupe local. C'est une masse tournante formée de gaz, d'étoiles et d'autres objets maintenus ensemble par une attraction gravitationnelle mutuelle. Étant donné que la Terre est située dans un bras extérieur poussiéreux, il y a une grande partie de la Voie lactée que l'on ne peut pas voir.

Au centre de la Voie lactée se trouve le noyau, un bulbe de forme étirée qui d'après de nombreux astronomes abriterait un trou noir supermassif en son

centre gravitationnel. Celui-ci est entouré de quatre bras spiraux majeurs démarrant du noyau. C'est une région active de la galaxie qui contient beaucoup d'étoiles jeunes appartenant à la population II. Le disque est entouré par un halo sphéroïdal d'étoiles plus vieilles de population I, ainsi que par une concentration relativement dense d'amas globulaires. milieu interstellaire, une région de matière éparpillée. Dans les régions les

Entre les étoiles se trouve le milieu interstellaire, une région de matière éparpillée. Dans les régions les plus denses, des nuages moléculaires formés principalement d'hydrogène moléculaire contribuent à la formation de nouvelles étoiles. Cela commence avec des nébuleuses sombres qui se densifient puis s'effondrent pour former des protoétoiles compactes.

Quand des étoiles plus massives apparaissent, elles transforment le nuage en une région HII de gaz et de plasma luminescent. Le vent stellaire et les explosions de supernova servent finalement à disperser le nuage, laissant souvent derrière lui un ou plusieurs amas ouverts. Ces amas se dispersent graduellement et les étoiles rejoignent la population de la Voie lactée.

Les études cinématiques de la matière présente dans la Voie lactée ont démontré qu'il y a plus de masse qu'il n'y paraît. Un halo de matière noire semble dominer la masse, bien que la nature de cette matière noire reste indéterminée.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Astrophysique>

---

---

# RÉVISION

## (LEÇONS 9 – 12)

---

---

### Test N° 1

#### **I. Complétez le texte avec les mots suivants :**

*peuvent, interactions, où, logiquement, faire, physiciens, donné, réels, défini, partir*

#### **La métrologie en physique**

Les 1) ... observent, mesurent et modélisent le comportement et les 2) ... de la matière à travers l'espace et le temps de façon à 3) ... émerger des lois générales quantitatives. Le temps – 4) ... par la durée, l'intervalle et la construction corrélatrice d'échelles – et l'espace – ensemble des lieux 5) ... s'opère le mouvement et où l'être ou l'amas matériel, c'est-à-dire la particule, la molécule ou le grain, le corps de matière ou encore l'opérateur se positionnent à un instant 6) ... – sont des faits 7) ... constatés, transformés en entités mathématiques abstraites et physiques mesurables pour être intégrées 8) ... dans le schéma scientifique. Ce n'est qu'à 9) ... de ces constructions qu'il est possible d'élaborer des notions secondaires à valeurs explicatives. Ainsi l'énergie, une description d'états abstraite, un champ de force ou une dimension fractale 10) ... caractériser des «phénomènes physiques» variés. La métrologie est ainsi une branche intermédiaire capitale de la physique.

#### **II. Trouvez la bonne définition :**

1. Les micro-ondes (pl, m)	a) ce qui compose tout corps ayant une réalité tangible. Les quatre états les plus communs sont l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux et l'état plasma.
2. La matière	b) a quantité totale d'énergie émise par unité de temps, par une étoile, une galaxie, ou un objet astronomique quelconque.
3. La radioastronomie	c) une particule microscopique qui compose la plupart des matières. Elle correspond à un regroupement d'atomes liés entre eux.

4. La luminosité	d) un sous-ensemble d'un espace topologique sur lequel la topologie induite est la topologie discrète.
5. Le photon	e) la théorie mathématique et physique décrivant la structure et l'évolution dans le temps et l'espace des phénomènes physiques à l'échelle de l'atome et en dessous.
6. La molécule	f) particule élémentaire, de masse et de charge nulle.
7. L'ensemble (m) discret	g) une branche de l'astronomie traitant de l'observation du ciel dans le domaine des ondes radio.
8. La mécanique quantique	h) des ondes électromagnétiques de longueur d'onde intermédiaire entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion.

### ***III. Préparez l'annotation du texte par écrit :***

#### **Les quarks**

Un quark est une particule élémentaire et un constituant de la matière observable. Les quarks s'associent entre eux pour former des hadrons, particules composites, dont les protons et les neutrons sont des exemples connus.

Les quarks s'attirent entre eux par une force fondamentale, l'interaction forte. Celle-ci est réalisée par un échange de particules électriquement neutres, mais porteuses d'une charge de couleur, nommées gluons. Un quark peut être «rouge», «vert» ou «bleu», mais il peut changer de couleur en échangeant un gluon.

À chaque quark correspond une antiparticule, nommée anti-quark, de même masse, mais de charge électrique opposée et de charge de couleur complémentaire, appelée anti-couleur : un anti-quark peut ainsi être «anti-rouge», «anti-vert» ou «anti-bleu».

La couleur ici est une analogie qui rend compte du fait que l'on n'observe jamais de quark seul. À cause du phénomène de confinement des quarks, on ne peut observer que des particules «blanches», c'est-à-dire formées par exemple de trois quarks de couleurs différentes : un rouge, un bleu et un vert, ce qui donne un baryon (qui en synthèse additive des couleurs donne un aspect «blanc» ), ou de deux quarks de couleurs complémentaires, comme rouge et anti-rouge, ce qui donne un méson (en «neutralisant» l'aspect coloré).

La charge «de couleur» est la source de l'interaction nucléaire forte : l'interaction nucléaire entre les nucléons et plus généralement entre les

hadrons est dérivée de l'interaction «de couleur». Comme l'interaction entre atomes et entre molécules est elle-même dérivée de l'interaction électromagnétique entre protons et électrons.

Cette interaction «de couleur» est de type tripolaire, alors que l'interaction électromagnétique est dipolaire (+ et -). C'est ainsi que l'on a choisi de les nommer par rouge-vert-bleu, car comme la neutralité est la norme pour l'électromagnétisme, la résultante neutre «blanche» est la norme pour les particules constituées par cette interaction.

Les six quarks sont des fermions que la théorie du modèle standard décrit, en compagnie de la famille des leptons, comme les constituants élémentaires de la matière. Ce sont des particules de spin 1/2, qui se comportent conformément au théorème spin-statistique. À cette famille correspond celle des six antiquarks, de même masse mais de charge opposée (-2/3 ou +1/3), et de charge de couleur «complémentaire».

J.-P. Luminet. Le livre *Le Destin de l'Univers*, 2006.

## T e s t N<sup>o</sup> 2

### **I. Complétez le texte avec les mots suivants :**

*associée, atteindre, faut, plus, permettant, telle, suivant, jamais, que, dont*

#### **Une expérience en physique**

Une expérience est un protocole matériel 1) ... de mesurer certains phénomènes 2) ... la théorie donne une représentation conceptuelle. Il est illusoire d'isoler une expérience de la théorie 3) .... Le physicien ne mesure évidemment pas des choses au hasard; il 4) ... qu'il ait à l'esprit l'univers conceptuel d'une théorie. Aristote n'a 5) ... pensé calculer le temps que met une pierre lâchée pour 6) ... le sol, simplement parce que sa conception du monde sublunaire n'envisageait pas une 7) ... quantification. Cette expérience a dû attendre Galilée pour être faite. Un autre exemple d'expérience dictée nettement par un cadre conceptuel théorique est la découverte des quarks dans le cadre de la physique des particules. Le physicien des particules Gell-Mann a remarqué 8) ... les particules soumises à la force forte se répartissaient suivant une structure mathématique élégante, mais que trois positions fondamentales (au sens mathématique de la théorie des représentations) de cette structure n'étaient pas réalisées. Il postula donc l'existence de particules 9) ... fondamentales (au sens physique) que les protons et les neutrons. Des expériences permirent par la suite, en 10) ... cette théorie, de mettre en évidence leur existence.

## II. Trouvez la bonne définition :

1. La gravitation	a) un couple d'étoiles dont l'une des étoiles est une étoile à neutrons de type pulsar. La seconde étoile de ce système est appelé «compagnon», et peut être à n'importe quel stade de son évolution.
2. Le pulsar binaire	b) une théorie scientifique expliquant les premiers instants de l'Univers. Il s'agit du commencement de l'expansion de l'Univers, il y a environ 13,7 milliards d'années, lorsque l'Univers était extrêmement dense et chaud.
3. Le Big Bang	c) un des constituants de l'atome, avec les nucléons.
4. Le champ gravitationnel	d) une quantité de fluide de taille arbitraire, suffisamment petite par rapport à la longueur d'onde de la vibration, et suffisamment grande pour contenir un nombre de molécules qui puisse être traité statistiquement.
5. L'électron (m)	e) une particule élémentaire et un constituant de la matière observable.
6. La particule fluide	f) la combinaison de deux ondes susceptibles d'interagir.
7. Le quark	g) un champ réparti dans l'espace et dû à la présence d'une masse susceptible d'exercer une influence gravitationnelle sur tout autre corps présent à proximité.
8. L'interférence (f)	h) une force qui fait que deux masses s'attirent, comme la Terre et le Soleil.

## III. Préparez l'annotation du texte par écrit :

### La matière noire et la formation des grandes structures de l'univers

La matière noire ou matière sombre désigne une catégorie de matière hypothétique, invoquée pour rendre compte d'observations astrophysiques, notamment les estimations de la masse des galaxies ou des amas de galaxies et les propriétés des fluctuations du fond diffus cosmologique. La matière noire pose de nombreux problèmes, mais peut en résoudre certains autres. On peut la

faire intervenir pour expliquer la formation des grandes structures de l'Univers (galaxies, amas de galaxies, superamas, etc.).

Le problème est le suivant : on suppose que peu de temps après le Big Bang, l'Univers, composé de protons, de neutrons, d'électrons, de photons et autres particules est à peu près homogène, c'est-à-dire uniforme en tout point, car sa température est trop élevée pour permettre aux particules qui forment les atomes de se regrouper. Aujourd'hui, lorsque l'on observe la répartition des objets dans l'Univers, on remarque qu'ils ne sont pas distribués de manière uniforme ; on suppose donc qu'il a fallu que de la matière se concentre un peu plus en certains endroits, formant des fluctuations que l'on appelle «fluctuations primordiales».

Et pour repérer ces fluctuations de densité sur le fond diffus cosmologique, il suffit de repérer les différences de températures provenant de ce rayonnement fossile. La température moyenne relevée est d'environ 2,7 K. Des zones légèrement plus chaudes indiqueraient une densité de matière un peu plus forte. Il suffisait que ces fluctuations soient de l'ordre du millième de degré pour expliquer la formation des galaxies à partir de ces regroupements de matière.

Malheureusement pour cette théorie, le satellite COBE lancé en 1992 ne révéla que des variations de température de l'ordre du cent millième de degré, ce qui est bien trop faible pour que les grandes structures de l'Univers puissent s'être formées à partir de ces fluctuations primordiales en seulement 13,7 milliards d'années.

C'est là qu'on fait intervenir la matière noire pour sauver la théorie. Les protons, neutrons et électrons ne pouvaient se regrouper pour former les atomes à cause de la pression des photons. En revanche, la matière noire n'interagit pas avec les photons et n'aurait donc pas subi cette pression, ce qui lui aurait permis de créer des fluctuations de densité (invisibles) bien avant la matière ordinaire. Ces fluctuations auraient ainsi pu attirer, par gravitation, la matière ordinaire lors du découplage matière-rayonnement de la nucléosynthèse primordiale (découplage qui a libéré les photons et rendu l'Univers transparent).

Dans cette hypothèse, ce sont donc ces fluctuations de densité de la matière noire qui seraient à l'origine de la formation des galaxies et des amas de galaxies, répartis de façon non uniforme dans l'Univers.

D. Larousserie. L'article *Deux pas de plus vers la matière noire*, Sciences et avenir, 2011.



---

---

## MATHÉMATIQUES

---

---

### Leçon 1

- 1. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.*

#### **Rapports des mathématiques avec les autres sciences**

Les mathématiques entretiennent des rapports particuliers avec toutes les sciences, au sens large du terme. L'analyse de données (interprétation graphique, données statistiques...) fait appel à des compétences mathématiques variées. Mais des outils avancés de mathématiques interviennent dans les modélisations.

Toutes les sciences dites dures, à l'exception des mathématiques, tendent à une compréhension du monde réel. Cette compréhension passe par la mise en place d'un modèle, prenant en compte un certain nombre de paramètres considérés comme causes d'un phénomène. Ce modèle constitue un objet mathématique, dont l'étude permet une meilleure compréhension du phénomène étudié, éventuellement une prédiction qualitative ou quantitative quant à son évolution future.

La modélisation fait appel à des compétences relevant essentiellement de l'analyse et des probabilités, mais les méthodes algébriques ou géométriques s'avèrent utiles.

#### **Physique**

Les mathématiques sont nées d'une volonté de compréhension de l'espace ambiant : la géométrie naît de la modélisation de formes idéalisées, et l'arithmétique des besoins des gestions des quantités. Astronomie et géométrie sont longtemps confondues, jusque dans les civilisations islamiques. Les mathématiques et la physique, après s'être différenciées, ont gardé d'étroits liens. Dans l'histoire contemporaine de ces deux sciences, les mathématiques et la physique se sont influencées mutuellement. La physique moderne use abondamment des mathématiques, en faisant une modélisation systématique pour comprendre les résultats de ses expériences.

Cette modélisation peut faire appel à des outils mathématiques déjà développés. Ainsi l'usage des métriques en géométrie différentielle est un outil essentiel sur lequel repose notamment la relativité générale, développée par le mathématicien Minkowski puis par le physicien Einstein. Cet usage est aussi utilisé dans les autres théories post-newtoniennes.

Cette modélisation encourage les mathématiciens à s'intéresser davantage à telle ou telle structure mathématique pour les besoins de la physique.

Cette modélisation demande parfois au contraire des outils mathématiques non encore développés et ouvre des nouvelles perspectives mathématiques. Ainsi, Isaac Newton a-t-il développé le calcul différentiel pour pouvoir écrire les lois (classiques) du mouvement ; s'intéressant à la diffusion de la chaleur dans les corps, Joseph Fourier découvre les séries qui portent son nom, porte ouverte sur la théorie de Fourier. Plus récemment, citons les problèmes de quantification géométrique, d'intégrales de Feynman, de polynômes de Donaldson.

Un domaine de recherche spécifique, la physique mathématique, tend précisément à développer les méthodes mathématiques mises à l'usage de la physique.

Le lien étroit entre mathématiques et physique se reflète dans l'enseignement supérieur des mathématiques. L'enseignement de la physique fait appel à des cours de mathématiques pour physicien; et il n'est pas rare que les cursus de mathématiques dans les universités incluent une initiation facultative à la physique.

Néanmoins, Albert Einstein est un des premiers à relativiser le domaine des mathématiques en rappelant que la physique en utilise plusieurs formes, au gré de ses besoins, et non une seule. Sa Théorie de la relativité générale utilise par exemple une géométrie non euclidienne formalisée par Minkowski. Il énoncera : «En tant que se rapportant à la réalité, la géométrie euclidienne n'est pas exacte. En tant qu'exacte, elle ne se rapporte pas à la réalité».

### **Informatique**

L'essor des techniques au XX<sup>e</sup> siècle a ouvert la voie à une nouvelle science, l'informatique. Celle-ci est étroitement liée aux mathématiques, de diverses manières : certains pans de la recherche en informatique théorique peuvent être considérés comme d'essence mathématique, d'autres branches de l'informatique faisant plutôt usage des mathématiques. Les nouvelles technologies de communication ont quant à elles ouvert la voie aux applications à des branches des mathématiques parfois très anciennes (arithmétique), notamment en ce qui concerne les problèmes de sécurité des transmissions : cryptographie et théorie des codes.

En contrepartie, les sciences informatiques influencent l'évolution moderne des mathématiques. Les mathématiques discrètes forment un domaine

de recherche actuel des mathématiques visant à développer les méthodes utilisées en science informatique, incluant la théorie de la complexité, la théorie de l'information, la théorie des graphes. Parmi les problèmes ouverts, citons notamment le célèbre  $P = NP$  en théorie de la complexité, qui fait partie des sept problèmes du prix du millénaire. Celui qui arrivera à décider si  $P$  et  $NP$  sont différents ou égaux recevra un montant de 1 000 000 USD.

L'informatique est également devenu un outil essentiel à la découverte ou à la démonstration de certains théorèmes mathématiques. L'exemple le plus célèbre est celui du Théorème des quatre couleurs, démontré en 1976 à l'aide d'un ordinateur, car certains des calculs nécessaires sont trop complexes pour être réalisés à la main. Cette évolution bouleverse les mathématiques traditionnelles, où la règle était que le mathématicien puisse vérifier de lui-même chaque partie de la démonstration. En 1998, la Conjecture de Kepler semble avoir également été démontrée par ordinateur, et une équipe internationale travaille depuis sur la rédaction d'une preuve formelle.

En effet, si la preuve est rédigée de façon formelle, il devient alors possible de la vérifier à l'aide d'un logiciel particulier, appelé assistant de preuve. C'est la meilleure technique connue pour être certain qu'une démonstration assistée par ordinateur ne souffre d'aucun bug. En l'espace d'une trentaine d'années, le rapport entre les mathématiciens et l'informatique s'est donc complètement renversé : d'abord instrument suspect à éviter si possible dans l'activité mathématique, l'ordinateur est devenu au contraire un outil incontournable.

### **Biologie, chimie et géologie**

La biologie est grande consommatrice de mathématiques et notamment de probabilités. La dynamique d'une population se modélise couramment par des chaînes de Markov (théorie des processus discrets) ou par des équations différentielles couplées. Il en va de même pour l'évolution des génotypes : le principe de Hardy-Weinberg, souvent évoquée en génétique, relève de propriétés générales sur les processus à temps discret (existence de lois limites). Plus généralement, la phylogéographie fait appel à des modélisations probabilistes. De plus, la médecine use de tests (statistiques) pour comprendre la validité de tel ou tel traitement. Un domaine spécifique de recherche à la frontière de la biologie est né: la biomathématique.

Depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, la chimie organique a fait appel à l'informatique pour pouvoir modéliser les molécules en trois dimensions: il s'avère que la forme d'une macromolécule en biologie est variable et détermine son action. Cette modélisation fait appel à la géométrie euclidienne; les atomes forment une sorte de polyèdre dont les distances et les angles sont fixés par les lois d'interaction.

Les géologies structurales et climatologiques font appel à des modèles mêlant des méthodes probabilistes et analytiques, pour pouvoir prédire du

risque de catastrophe naturelle. La complexité des modèles est telle qu'une branche de recherche est née à la frontière des mathématiques et de la géophysique, à savoir la géophysique mathématique. De même, la météorologie, l'océanographie et la planétologie sont grandes consommatrices de mathématiques car elles nécessitent des modélisations.

### **Sciences humaines**

Son rapport avec les sciences humaines se fait essentiellement par les statistiques et les probabilités, mais aussi par des équations différentielles, stochastiques ou non, en économie et en finance (sociologie, psychologie, économie, finance, gestion, linguistique...).

La logique est depuis l'Antiquité l'une des trois grandes disciplines de la philosophie, avec l'éthique et la physique. Des philosophes comme Pythagore et Thales de Milet ont inventé les célèbres théorèmes géométriques portant leur nom. «Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre», était-il gravé sur le portail de l'Académie de Platon pour qui les mathématiques sont un intermédiaire pour accéder au monde des Idées.

Notamment, les mathématiques financières sont une branche des mathématiques appliquées visant à la compréhension de l'évolution des marchés financiers et de l'estimation des risques. Cette branche des mathématiques se développe à la frontière des probabilités et de l'analyse et use des statistiques.

Beaucoup plus subtil est le cas de l'économie mathématique. Le postulat fondamental de cette discipline est que l'activité économique peut se comprendre à partir d'un axiome de nature anthropologique, celui de l'acteur individuel rationnel. Dans cette vision, chaque individu cherche par ses actions à accroître un certain profit, et ce de façon rationnelle. Cette sorte de vision atomiste de l'économie permet à celle-ci de mathématiser relativement aisément sa réflexion, puisque le calcul individuel se transpose en calcul mathématique. Cette modélisation mathématique en économie permet de percer à jour des mécanismes économiques qui n'auraient pu être découverts que très difficilement par une analyse «littéraire». Par exemple, les explications des cycles économiques ne sont pas triviales. Sans modélisation mathématique, on peut difficilement aller au-delà du simple constat statistique ou des spéculations non prouvées. Toutefois, certains sociologues, comme Bourdieu, et même certains économistes, refusent ce postulat de l'homo œconomicus, en remarquant que les motivations des individus comprennent non seulement le don, mais dépendent également d'autres enjeux dont l'intérêt financier n'est qu'une partie, ou tout simplement ne sont pas rationnelles. La mathématisation est donc selon eux un habillage permettant une valorisation scientifique de la matière.

On assiste également au début du XX<sup>e</sup> siècle, à une réflexion pour mettre les mouvements historiques en formule, comme le fait Nikolaï Kondratiev qui

discerne un cycle de base pour expliquer les phases d'expansion et de crise en économie politique, ou Nicolas-Remi Brück et Charles Henri Lagrange qui, dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, ont amplifié leur analyse jusqu'à pénétrer dans le domaine de la géopolitique en voulant établir l'existence, dans l'histoire, de mouvements de vaste amplitudes qui mènent les peuples à leur apogée, puis à leur déclin.

Pendant une mathématisation des sciences humaines n'est pas sans danger. Dans l'essai polémique impostures intellectuelles, Sokal et Bricmont dénoncent la relation non fondée ou abusive d'une terminologie scientifique, en particulier mathématique et physique, dans le domaine des sciences humaines. L'étude de systèmes complexes (évolution du chômage, capital d'une entreprise, évolution démographique d'une population etc.) fait appel à des connaissances mathématiques élémentaires mais le choix des critères de comptage, notamment dans le cas du chômage, ou de la modélisation peut être sujet à polémique.

***II. Divisez le texte en parties et intitulez-les.***

***III. Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur le contenu de chacune d'elles.***

***IV. Résumez chaque partie du texte.***

***V. Préparez une présentation sur les rapports des mathématiques avec d'autres sciences.***

## L e ç o n 2

***I. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.***

### **La géométrie : les étapes importantes de son développement**

L'objet de la géométrie (du grec *γεωμετρία* ; *géo* – terre ; *metria* – mesure) concerne la connaissance des relations spatiales. Avec l'arithmétique (étude des nombres), elle constituait, dans l'Antiquité, l'un des deux domaines des mathématiques.

La géométrie classique, issue de celle d'Euclide, est basée sur des constructions obtenues à l'aide de droites et de cercles, c'est-à-dire élaborées

«à la règle et au compas». Avec la considération de figures plus complexes et la nécessité de la mesure, la barrière entre la géométrie et l'étude des nombres et de leurs relations (arithmétique, algèbre) s'est peu à peu estompée.

À l'époque moderne, les concepts géométriques ont été généralisés et portés à un plus haut degré d'abstraction, au point de perdre à proprement parler leur signification d'origine. Peu à peu abstraits ou soumis à l'usage de méthodes algébriques nouvelles, ils se sont pourrains-on dire dissous dans l'ensemble des mathématiques où ils sont aujourd'hui utilisés en tant qu'outils dans de très nombreuses branches.

Si les Grecs peuvent être considérés comme les fondateurs de la géométrie en tant que science et discipline mathématique, de nombreuses connaissances en géométrie, nécessaires à la topographie, l'architecture, l'astronomie et l'agriculture, ont précédé la civilisation grecque. Les premières notions de géométrie reconnues remontent à 3000 av. J.-C., du temps de l'Égypte ancienne, de l'ancienne civilisation hindoue, des babyloniens et peut-être (mais l'hypothèse reste controversée) au sein de peuplades mégalithiques de Grande-Bretagne et de Bretagne.

Thalès de Milet et Pythagore passent pour être parmi les premiers à avoir développé un raisonnement hypothético-déductif et à s'être interrogés sur la valeur des raisonnements. On attribue généralement à Thalès l'égalité des angles opposés, l'égalité des angles à la base d'un triangle isocèle, l'étude des angles inscrits et bien sûr le théorème de Thalès. On attribue aux pythagoriciens la preuve du théorème de Pythagore et la figuration des nombres entiers.

On ne peut manquer, dans une revue de la géométrie antique, de citer Platon qui aurait fait graver sur le fronton de son académie la célèbre formule «que nul n'entre ici, s'il n'est géomètre». On a pu prêter à l'illustre philosophe l'introduction des cinq solides platoniciens : le tétraèdre, le cube, l'octaèdre, l'icosaèdre et le dodécaèdre régulier. Il est cependant plus vraisemblable que leur découverte n'ait pas été faite par un seul homme, et que le mathématicien Grec ayant identifié l'existence des seuls 5 polyèdres réguliers soit Théétète. Par ailleurs, Platon est crédité d'avoir introduit l'idée que toutes les figures géométriques puissent être construites à l'aide d'une règle et d'un compas. Les problèmes de la trisection de l'angle, de la duplication du cube, et de la quadrature du cercle qui résultent de cette hypothèse, ont hanté l'antiquité, les mathématiciens Arabes et les modernes jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. Ce dernier problème incita Ménechme à introduire les coniques.

Les proportions et l'incommensurabilité sont introduites par Eudoxe de Cnide. Mais le champion toutes catégories de la géométrie grecque est bien sûr Euclide. Ses *Éléments* sont le premier ouvrage de géométrie qui nous soit parvenu pour ainsi dire intégralement. Euclide y expose de manière si précise

et si rigoureuse les principaux travaux connus à son époque en géométrie, qu'on a pu le considérer comme l'inventeur même de la méthode axiomatique. Il n'y a pas d'ouvrage mathématique plus illustre que celui d'Euclide, qui, en nombre d'éditions ne le cède qu'à la Bible ou au Coran. Il fut tenu pour l'expression de la vérité absolue pendant plus de 2000 ans.

Les *Éléments* d'Euclide déroulent l'ensemble des connaissances de géométrie de l'Antiquité à partir de 5 axiomes fondamentaux. Parmi ces axiomes, le cinquième présente l'aspect d'un simple théorème, en sorte que les générations successives de géomètres se sont efforcées de le démontrer, on le sait maintenant, en vain.

Il faut également signaler la contribution d'Archimède, qui introduisit le raisonnement par exhaustion, montra l'existence du nombre  $\pi$ , et s'approcha des conceptions différentielles qu'il n'atteignit cependant pas.

On mentionnera aussi Apollonius, qui publia au tournant du II<sup>e</sup> siècle av. J.-C. un traité sur les coniques qui fit autorité jusqu'aux temps modernes.

Conservation des œuvres Antiques, et traduction en Latin d'œuvres Grecques ou Arabes sont les principales contributions du Moyen Âge occidental à la géométrie.

D'une manière générale, le Moyen Âge constitue, en Europe occidentale, pour la géométrie comme pour bien d'autres sciences, une période de recul.

Dans la longue période qui s'étend en gros du V<sup>e</sup> siècle au XV<sup>e</sup> siècle, les savants géomètres sont rares en occident! On pourra mentionner Gerber d'Aurillac qui devint pape sous le nom de Sylvestre II, et surtout Léonard de Pise dit Fibonacci; encore sont ils plus connus pour leurs travaux d'arithmétique et l'ardeur qu'ils mirent à traduire les œuvres des savants arabes.

La renaissance aux XV<sup>e</sup> siècle et XVI<sup>e</sup> siècle voit un premier frémissement de nouveautés géométriques avec l'apparition de la perspective conique dont la théorie est attaquée par toute une série de savants, Italiens en majorité, et dont les plus connus sont probablement Piero della Francesca, Leonard de Vinci, et Luca Pacioli, les deux premiers devant d'ailleurs leur gloire sérieusement plus à leur génie artistique que mathématique.

Le XVII<sup>e</sup> siècle voit une reprise énergique des travaux antiques et islamiques de géométrie. Il s'y réalise trois percées indépendantes mais très importantes pour l'approche collective de notre représentation de la réalité spatiale.

La création de la géométrie analytique est l'œuvre de Descartes, et à un titre moindre de Fermat. Les idées centrales de Descartes sont celles de repère et de projection orthogonale. Cette théorie permet de concevoir l'espace géométrique comme une collection de points représentés chacun par trois nombres.

L'invention cartésienne (1637) constitue une véritable révolution dans le petit monde de la géométrie, puisque par le moyen de l'utilisation de ces repères, cette science se trouve en quelque sorte ramenée à des calculs sur des ensembles de deux ou trois nombres. La reine Antique des mathématiques qu'était la géométrie se voit ainsi ravir le trône au profit d'une science, somme toute assez nouvelle: l'algèbre.

Certaines méthodes de calcul d'Archimède recouraient à la division d'éléments en d'autres de plus en plus petits. Par exemple, pour approcher  $\pi$ , Archimède calculait le périmètre du polygone circonscrit au cercle et celui du polygone inscrit. Il obtenait ainsi un encadrement de  $\pi$ , et avait par cette méthode trouvé l'approximation de  $22/7$ .

Au cours de la première moitié du XVII<sup>e</sup>, un certain nombre de savants occidentaux tels Fermat, Pascal, Gregory, Barrow, Cavalieri, très familiers des raisonnements d'Archimède, avaient commencé à simplifier ses méthodes.

Vers les années 1770, les illustres savants anglais et allemands que sont Newton et Leibniz, explicitent enfin les méthodes de calcul permettant l'utilisation des infiniment petits. Cette découverte est l'une des plus importantes jamais faites en mathématiques. Elle provoqua d'ailleurs, entre les deux génies conscients chacun de l'importance de sa trouvaille, une querelle de priorité assez amère. (Compte tenu des nettes différences d'approche de la question, il est aujourd'hui tenu pour hautement vraisemblable que les deux savants sont arrivés à la même découverte indépendamment. Au niveau strict du calendrier, la priorité de la découverte revient, au dire de ses collègues anglais, à Newton. Celle de la publication revient à Leibniz.)

Ces méthodes permettent de ramener le calcul de certaines caractéristiques géométriques des figures courbes telles que angles entre les tangentes, surfaces, et volumes, à des calculs sur ce qu'on appelle les dérivées et intégrales (voir les articles Calcul infinitésimal, Dérivée et Intégration (mathématiques)). Elles ramènent l'usage de la règle et du compas à celui d'instruments fort grossiers ne permettant de traiter que des figures bien particulières.

Le XVIII<sup>e</sup> siècle n'est pas comparable au siècle précédent pour ce qui concerne la géométrie. C'est une période de transition et d'approfondissement. Les deux plus grands mathématiciens du siècle, Euler et Lagrange sont de remarquables géomètres, et contribuent également au développement de la géométrie d'Euclide (voir par exemple angles d'Euler, droite d'Euler, cercle d'Euler). Cependant, les développements majeurs de la géométrie au XVIII<sup>e</sup> siècle sont liés à ceux de la mécanique et sont relatifs à la géométrie différentielle. Ils constituent des raffinements des idées de Leibniz et Newton.

On a pu qualifier le XIX<sup>e</sup> siècle de «siècle d'or de la géométrie». C'est en tous cas au cours de ce siècle que la pensée géométrique a évolué le plus



profondément, en empruntant tout d'abord les trois voies découvertes au XVII<sup>e</sup>, et en en ouvrant d'autres. Au terme de ce siècle les grands problèmes antiques du 5<sup>e</sup> axiome d'Euclide, de la duplication du cube, trisection de l'angle et quadrature du cercle sont enfin éclaircis.

- II. Dégagez les parties essentielles du texte et intitulez-les.**
- III. Faites la liste des mots et des expressions clés qui donnent des informations sur le contenu de chacune de ces parties.**
- IV. En vous servant de cette liste rendez le contenu de chaque partie du texte.**
- V. À partir des informations du texte rédigez un court article qui représente les principales étapes historiques du développement de la géométrie.**

## L e ç o n 3

- I. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **L'algèbre linéaire**

L'algèbre linéaire est la branche des mathématiques qui s'intéresse à l'étude des espaces vectoriels et des transformations linéaires, formalisation générale des théories des systèmes d'équations linéaires.

L'histoire de l'algèbre linéaire commence avec Al-Khawarizmi qui a traduit des textes de mathématiques indiens, réinterprété les travaux de l'école grecque et qui est la source du développement conscient de l'algèbre qui s'étendra pendant des siècles après lui. Elle a été reprise par René Descartes qui pose des problèmes de géométrie, comme la détermination de l'intersection de deux droites, en termes d'équation linéaire, établissant dès lors un pont entre deux branches mathématiques jusqu'alors séparées: l'algèbre et la géométrie. S'il ne définit pas la notion de base de l'algèbre linéaire qu'est celle d'espace vectoriel, il l'utilise déjà avec succès, et cette utilisation naturelle des aspects linéaires des équations manipulées demeurera utilisée de manière *ad hoc*, fondée essentiellement sur les idées géométriques sous-jacentes. Après

cette découverte, les progrès en algèbre linéaire vont se limiter à des études ponctuelles comme la définition et l'analyse des premières propriétés des déterminants par Jean d'Alembert.

Ce n'est qu'au XIX<sup>e</sup> siècle que l'algèbre linéaire devient une branche des mathématiques à part entière. Carl Friedrich Gauss trouve une méthode générique pour la résolution des systèmes d'équations linéaires et Camille Jordan résout définitivement le problème de la réduction d'endomorphisme. En 1843, William Rowan Hamilton (inventeur du terme *vector*) découvre les quaternions (extension du corps des nombres complexes). En 1844, Hermann Grassmann publie son traité *La théorie de l'extension linéaire*, qui est la première tentative de formalisation générale de la notion d'espace vectoriel. Si son œuvre reste grandement inaperçue, elle contient l'essentiel des idées modernes de l'algèbre linéaire, et cette étape fondamentale dans le développement de l'algèbre linéaire est reconnue comme telle tant par Hamilton que par Giuseppe Peano, qui axiomatise entièrement la théorie en 1888. Les espaces vectoriels deviennent alors une structure générale omniprésente dans presque tous les domaines mathématiques, notamment en analyse (espaces de fonctions).

Sous leur forme la plus simple, les applications linéaires dans les espaces vectoriels représentent intuitivement les déplacements dans les espaces géométriques élémentaires comme la droite, le plan ou notre espace physique. Les bases de cette théorie remplacent maintenant la représentation construite par Euclide au III<sup>e</sup> siècle av. J.-C. La construction moderne permet de généraliser la notion d'espace à des dimensions quelconques.

L'algèbre linéaire permet de résoudre tout un ensemble d'équations dites linéaires utilisées non seulement en mathématiques ou en mécanique, mais dans de nombreuses autres branches comme les sciences naturelles ou les sciences sociales.

Les espaces vectoriels forment aussi un outil fondamental pour les sciences de l'ingénieur et servent de base à de nombreux domaines dans la recherche opérationnelle.

Enfin, c'est un outil utilisé en mathématiques dans des domaines aussi divers que la théorie des groupes, des anneaux ou des corps, l'analyse fonctionnelle, la géométrie différentielle ou la théorie des nombres.

L'algèbre linéaire commence par l'étude de vecteurs dans les espaces cartésiens de dimension 2 et 3. Un vecteur, ici, est une classe d'équivalence de bipoints qui unifie les segments de droite caractérisés à la fois par leur longueur (ou *norme*), leur direction et leur sens : deux bipoints représentent un même vecteur si le quadrilatère formé sur les quatre points est un parallélogramme. Les vecteurs peuvent alors être utilisés pour représenter certaines entités physiques comme des déplacements, additionnés entre eux ou encore multipliés par des scalaires (*nombres*), formant ainsi le premier exemple concret d'espace vectoriel.

L'algèbre linéaire moderne s'intéresse beaucoup aux espaces de dimension arbitraire, éventuellement infinie. La plupart des résultats obtenus en dimension 2 ou 3 peuvent être étendus aux dimensions finies supérieures. Les vecteurs étant des listes ordonnées à  $n$  composantes, on peut manipuler ces données efficacement dans cet environnement. Par exemple en économie, on peut créer et utiliser des vecteurs à huit dimensions pour représenter le produit national brut de huit pays. Voilà quelques théorèmes de l'algèbre linéaire :

- théorème de la base incomplète : soient  $E$  un espace vectoriel,  $G$  une famille génératrice de  $E$  et  $L$  une famille libre de vecteurs de  $E$ . Alors il existe au moins une base de  $E$  formée en prenant la réunion de  $L$  et d'une partie de  $G$  ;
- en particulier, tout espace vectoriel possède au moins une base ;
- toutes les bases d'un même espace vectoriel ont le même cardinal ;
- tout espace vectoriel  $A$  possède un espace dual  $A^*$  ; si  $A$  est de dimension finie,  $A^*$  est de même dimension.

D'autres théorèmes concernent les conditions d'inversion de matrices de divers types :

- matrice diagonale ;
- matrice triangulaire ;
- matrice à diagonale dominante (très utilisées en analyse numérique).

Un théorème intéressant à l'époque des mémoires d'ordinateurs de petite taille était qu'on pouvait travailler séparément sur des sous-ensembles («blocs») d'une matrice en les combinant ensuite par les mêmes règles qu'on utilise pour combiner des scalaires dans les matrices. Avec les mémoires actuelles de plusieurs gigaoctets, cette question a perdu un peu de son intérêt pratique, mais reste très prisée en théorie des nombres, pour la décomposition en produit de facteurs premiers avec le crible général de corps de nombres (méthode Lanczos par blocs).

Les espaces vectoriels forment le support et le fondement de l'algèbre linéaire. Ils sont aussi présents dans de nombreux domaines distincts. S'il n'est pas possible d'indiquer ici tous les cas d'utilisation, on peut tout de même citer pour les principales structures objet de théories, des exemples significatifs. Leurs rôles dans de vastes théories ne traitant pas d'une structure particulière, comme celles des nombres algébriques ou de Galois peuvent aussi être évoqués.

Les espaces vectoriels utilisés sont d'une grande diversité. On y trouve les classiques espaces vectoriels de dimension 2 ou 3 sur les réels, cependant la dimension peut être quelconque, même infinie. Les nombres complexes sont aussi très utilisés, ainsi que les rationnels. Il n'est pas rare qu'une partie des nombres réels ou complexes soit considéré comme un espace vectoriel rationnel. Le corps de base peut aussi contenir un nombre fini d'éléments, définissant parfois un espace vectoriel fini.

Les propriétés géométriques de la structure permettent la démonstration de nombreux théorèmes. Elles ne se limitent pas aux cas où l'espace est réel, même dans le cas de corps plus insolites comme les corps finis ou les extensions finies des rationnels, les propriétés géométriques s'avèrent parfois essentielles.

- II. **Formulez l'idée principale de chaque partie visible du texte.**
- III **Faites la liste des mots et des expressions clés qui prouvent les idées du texte.**
- IV. **Résumez le texte proposé.**
- V. **Trouvez des informations supplémentaires sur le sujet traité dans le texte et faites une présentation sur les domaines d'application de l'algèbre linéaire.**

## L e ç o n 4

- I. **Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **Le théorème fondamental de l'arithmétique**

En mathématiques, et en particulier en arithmétique élémentaire, le théorème fondamental de l'arithmétique ou théorème de décomposition en produit de facteurs premiers ou théorème de factorisation unique s'énonce ainsi : tout entier strictement positif peut être écrit comme un produit de nombres premiers d'une unique façon, à l'ordre près des facteurs.

Par exemple, nous pouvons écrire que :  $6\,936 = 2^3 \times 3 \times 17^2$  ou encore  $1\,200 = 2^4 \times 3 \times 5^2$  et il n'existe aucune autre factorisation de 6 936 ou 1 200 sous forme de produits de nombres premiers, excepté par réarrangement des facteurs ci-dessus.

Le nombre 1 est le produit de zéro nombre premier (voir produit vide), de sorte que le théorème est aussi vrai pour 1.

Ce résultat se généralise à d'autres ensembles : les anneaux factoriels, comme celui des polynômes à coefficients dans les nombres réels ou complexes.

Dans le livre VII de ses *Éléments*, Euclide énonce une proposition plus faible, suffisante pour certaines applications: tout nombre non premier est

divisible par un nombre premier. Mais dès son époque, la décomposition d'un nombre en facteurs premiers est connue et utilisée couramment.

En 1801 dans son livre *Disquisitiones arithmeticae*, Carl Friedrich Gauss développe des arithmétiques sur d'autres structures. L'existence d'une factorisation est étendue aux entiers relatifs, aux polynômes à coefficients dans un corps commutatif ainsi qu'à un nouvel anneau d'entiers algébriques, les entiers de Gauss. La notion de nombre premier est alors étendue. Elle s'applique de la même manière pour les polynômes irréductibles ou les nombres premiers de Gauss. Dans tous ces cas, la décomposition est complétée par un facteur correspondant à un élément inversible. Dans le cas des entiers relatifs le facteur est égal à  $+1$  si le nombre est positif et  $-1$  s'il est négatif. La décomposition en facteurs premiers se généralise à une classe d'anneaux plus grande : les anneaux factoriels.

La démonstration est constituée de deux parties. Nous avons à montrer :

- (existence) que chaque nombre peut vraiment être écrit comme un produit de nombres premiers ;

- (unicité) que deux représentations d'un même nombre sont essentiellement les mêmes.

La preuve ci-après de l'existence s'appuie sur le principe de récurrence. Des variantes appliquent la méthode de descente infinie de Pierre de Fermat.

Preuve usuelle par récurrence :

-  $1$  est le produit d'une famille finie de nombres premiers : la famille vide ;

- supposons que tout entier strictement inférieur à un certain entier  $n > 1$  est produit de nombres premiers. Deux possibilités apparaissent pour  $n$  :

- soit  $n$  est premier, et donc produit d'un unique entier premier, à savoir lui-même, et le résultat est vrai ;

- soit  $n$  se décompose sous la forme  $kl$  avec  $k$  et  $l$  strictement inférieurs à  $n$ . Dans ce cas, l'hypothèse de récurrence implique que les entiers  $k$  et  $l$  peuvent s'écrire comme produits de nombres premiers. Leur produit aussi, ce qui fournit une décomposition de  $n$  en produit de nombres premiers ;

- par application du principe de récurrence, tous les entiers naturels peuvent s'écrire comme produit de nombres premiers.

Cette preuve de l'existence n'explique pas un algorithme de décomposition en produit de facteurs premiers. En effet, le fait de savoir qu'il existe un couple  $(k, l)$  factorisant  $n$  ne précise pas comment on en calcule un. L'une des façons de choisir un tel couple est de prendre  $k$  le plus petit possible. La variante qui suit donne ainsi un algorithme de décomposition d'un entier naturel en produit de nombres premiers.

Une façon de rendre cette preuve plus explicite :

-  $1$  est le produit de la famille vide.

- Supposons que tout entier strictement inférieur à un certain entier  $n > 1$  est produit de nombres premiers. Soit  $p$  le plus petit entier strictement

supérieur à 1 divisant  $n$ . Alors  $p$  est un nombre premier (tout entier naturel divisant  $p$  divise  $n$ , donc vaut  $p$  ou 1 par minimalité de  $p$ ). On écrit alors  $n = pn/p$  avec  $n/p < n$ . L'hypothèse de récurrence implique que l'entier  $n/p$  s'écrit comme produit de nombres premiers, ce qui fournit une décomposition de  $n$  en produit de nombres premiers.

- Par application du principe de récurrence, tous les entiers naturels peuvent s'écrire comme produits de nombres premiers.

La preuve de l'unicité peut être obtenue à partir du lemme d'Euclide selon lequel, si un nombre premier  $p$  divise un produit  $ab$ , alors il divise  $a$  ou il divise  $b$ . Maintenant, prenons deux produits de nombres premiers qui sont égaux. Prenons n'importe quel nombre premier  $p$  du premier produit. Il divise le premier produit, et, de là, aussi le second. Par ce qui précède,  $p$  doit alors diviser au moins un facteur dans le second produit. Mais les facteurs sont tous des nombres premiers eux-mêmes, donc  $p$  doit être égal à un des facteurs du second produit. Nous pouvons donc simplifier par  $p$  les deux produits. En continuant de cette manière, nous voyons que les facteurs premiers des deux produits coïncident précisément.

Le théorème fondamental de l'arithmétique est lié au fait que tout entier naturel supérieur ou égal à 2 admet un facteur premier. Euclide utilisa ce résultat pour démontrer que les nombres premiers sont en quantité inépuisable : pour une famille finie de nombres premiers  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , le plus petit diviseur supérieur ou égal à 2 de l'entier  $1 + p_1 p_2 \dots p_n$  est un nombre premier qui n'est pas dans la famille initiale. En conséquence, aucune famille finie ne contient tous les nombres premiers.

Le théorème fondamental intervient explicitement dans l'étude des fonctions additives et multiplicatives. En particulier, toute fonction complètement multiplicative est uniquement déterminée par les valeurs prises en les entiers premiers.

**II. Divisez le texte en parties et intitulez-les.**

**III. Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur l'idée principale de chacune d'elles.**

**IV. Résumez chaque partie du texte.**

**V. Préparez une présentation sur le théorème fondamental de l'arithmétique. Connaissez-vous d'autres théorèmes arithmétiques. Présentez un de ces théorèmes.**

---

---

# TECHNOLOGIES D'INFORMATION

---

---

## L e ç o n 5

- 1. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.*

### **L'évolution des pratiques techniques et sociales**

Des composants informatiques se trouvent actuellement dans toutes les sphères de l'activité humaine. Ils entrent dans la composition de nombreuses machines (avions, voitures, électroménager). Les ordinateurs modifient les situations de travail (traitement de textes, tableurs, mail) et les processus de travail (imprimerie, banque). L'informatique a permis la dématérialisation de nombreux phénomènes sociaux : argent, actions bancaires, documents électroniques. La diffusion massive des ordinateurs s'accompagne de la création de logiciels de toutes natures : Web, jeux, aides à l'enseignement, découverte artistique ou scientifique qui transforment la vie quotidienne et l'enseignement. Ces transformations peuvent être décrites selon trois étapes.

Au départ, l'informatique a principalement deux usages, le calcul scientifique et l'aide à la gestion des entreprises, en prenant la relève de la mécanographie. Le début des années 1960 est marquée par une bulle spéculative sur les sociétés d'électronique découlant de l'apparition des premiers circuits intégrés produits à grande échelle.

De nouvelles machines permettent d'automatiser des calculs faits précédemment par des pools de calculateurs humains. Le ministère de la Défense aux USA a subventionné de gros programmes de recherche en programmation, en reconnaissance des formes et intelligence artificielle, en codage et cryptographie, en traduction automatique des langues, qui ont permis le décollage des applications informatiques.

En France, à plus petite échelle, au milieu des années 1960, la diversification des applications se combine avec l'attrait de l'ordinateur pour divers projets scientifiques. Mais il faudra plus de dix ans pour que les grandes institutions scientifiques admettent officiellement l'idée que l'informatique est

une nouvelle science. Il est à noter que dès 1968, l'artiste Vera Molnár utilise l'ordinateur et l'art algorithmique dans ses créations artistiques.

Avec les développements en puissance et en fiabilité des ordinateurs, toutes les pratiques sociales de recherche, de conception, de fabrication, de commercialisation, de publication, de communication ont été envahies et transformées par l'informatique. La micro-informatique a permis une grande diffusion des composants informatiques à base de microprocesseurs dans les systèmes techniques et la création des micro-ordinateurs. Les réseaux font communiquer les machines, permettent la décentralisation des machines près des postes de travail et les premières communications à travers les machines. Les constructeurs conçoivent des architectures pour les connecter, comme la DSA, Decnet, de DEC, et SNA d'IBM.

Les applications individuelles de l'informatique permettent d'utiliser des logiciels sans passer par des programmeurs: traitements de texte, tableurs, bases de données. La bureautique diminue la dépendance des usagers par rapport aux informaticiens et entraîne la réorganisation des systèmes informatiques des entreprises de manière décentralisée.

À partir des années 1990, les réseaux (Web, mail, chats) accroissent fortement la demande pour numériser photos, musique et données partagées, ce qui déclenche une énorme bulle spéculative sur les sociétés d'informatique. Les capacités de stockage, de traitement et de partage des données explosent et les sociétés qui ont parié sur la croissance la plus forte l'emportent le plus souvent.

L'ordinateur pénètre dans tous les milieux sociaux, et dans tous les systèmes technique, financier, commercial, d'information, administratif. L'informatique n'est plus séparable des autres champs de l'activité humaine.

À partir des années 1990, l'internet, réseau des réseaux à l'échelle du monde, devient d'accès public. Internet propose divers services à ses utilisateurs (courrier électronique, transfert de fichiers, connexion à distance sur un serveur quelconque). Pour cela, il s'appuie sur les protocoles TCP (Transmission Control Protocol) et IP (Internet Protocol), qui définissent les règles d'échange des données ainsi que la manière de récupérer les erreurs. Ces protocoles, souvent appelés protocoles TCP/IP, offrent un service de transport de données fiable, indépendamment des matériels et logiciels utilisés dans les réseaux.

Le 30 avril 1993, le CERN, le laboratoire européen de recherches nucléaires, autorisait l'utilisation du protocole *World Wide Web* – sur lequel s'appuie la majeure partie des contenus créés sur Internet – et, ce faisant, mettait en ligne le premier site Internet au monde. Avec les réseaux informatiques le Web, ensemble de pages documentaires reliées, offre un espace public de mise à disposition de documents sans passer par des éditeurs et des imprimeurs. Il permet l'interaction entre les usagers de machines distantes et le téléchargement de documents. Le Web permet d'emblée l'accès



à des informations et des créations mondiales. Mais il pose des questions importantes à l'organisation sociale: possibilité d'interdire et de juger les infractions, paiement des droits d'auteur, sécurité des échanges commerciaux, qualité des documents trouvés.

À partir des années 2000, la vente en ligne se développe. Les banques et l'administration utilisent le Web pour la circulation des documents.

On constitue d'abord des bases de documents en numérisant des archives (livres, enregistrements sonores, cinéma). On leur assure ainsi une plus grande disponibilité à distance. Mais la production des documents devient directement numérique avec des logiciels adaptés à l'écriture et à la publication. Les appareils photo, les caméras, les micros passent au numérique. La télévision passe au numérique en 2010 et offre ses émissions en différé par Internet. Les mondes virtuels créent des environnements de travail, d'exploration ou de jeu qui n'avaient pas d'analogue. Tout ce qui relève du dessin technique en conception de machines, les plans architecture, les cartes de géographie sont maintenant produites par des logiciels.

Dans les années 1980 sont apparus de nouveaux types de machines informatiques avec disque dur, écran et clavier. Elles ont d'abord fonctionné en mode «ligne de commande», purement textuel et asynchrone. Puis l'écran est devenu graphique et la souris, la couleur, le son sont apparus comme constituants de ces machines interactives. Pour construire des interfaces facilitant l'interaction, de nouveaux concepts sont apparus comme les fenêtres, les menus déroulants, les boutons à cliquer, les cases à cocher, les formulaires. La métaphore du bureau a fait le succès du MacIntosh : elle transfère les objets (dossiers, fichiers, corbeille) et les actions du travail de secrétariat (couper, coller) dans l'univers de l'interface. La manipulation directe prend le pas sur la description verbale des actions. C'est à travers les interfaces que les usagers ont ou non une bonne opinion du logiciel. La composition graphique des interfaces, les rapports entre les applications et les interfaces, l'ergonomie, l'esthétique et les chartes graphiques font l'objet de travaux de recherche soutenus.

Depuis ses débuts en 1950, l'informatique a connu des transformations profondes. La transformation des matériels informatiques en vitesse, puissance, fiabilité, miniaturisation est impressionnante : il y a dans un téléphone portable l'équivalent des plus grosses machines existant dans les années 1960. La transformation du logiciel est au moins aussi profonde, transformation en qualité, sécurité, complexité, réutilisabilité. La normalisation des objets, des processus, des langages informatiques a été indispensable pour que toutes ces transformations puissent avoir lieu. L'informatique a des usages professionnels dans tous les domaines et des usages privés : jeux, mail, Web. Ces transformations du matériel, du logiciel et des usages ont modifié profondément la structure économique politique et sociale des sociétés humaines. La sécurité des systèmes informatiques devient un enjeu majeur.

L'informatique a permis la création de langages de programmation, de bibliothèques de programmes de calcul scientifiques, statistiques et autres, de traitements de textes, de bases de données. Ce sont des outils qui étendent notre pensée et notre mémoire et qui amènent de nouvelles façons de penser, de calculer, d'écrire, de communiquer.

- II. Divisez le texte en parties et intitulez-les.**
- III. Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur l'idée principale de chacune d'elles.**
- IV. Résumez chaque partie du texte.**
- V. À partir des informations du texte rédigez un court article pour le magazine «Europa» sur les changements que l'informatique a apportés dans les différents domaines de la vie humaine.**

## L e ç o n 6

- I. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **Le programme informatique**

Un programme informatique est un ensemble d'opérations destinées à être exécutées par un ordinateur. Un programme source est un code écrit par un informaticien dans un langage de programmation. Il peut être compilé vers une forme binaire, ou directement interprété. Un programme binaire décrit les instructions à exécuter par un microprocesseur sous forme numérique. Ces instructions définissent un langage machine.

Un programme fait généralement partie d'un logiciel : un ensemble de composants numériques destiné à fournir un service informatique ; un logiciel peut comporter plusieurs programmes. On en retrouve ainsi dans les appareils informatiques (ordinateur, console de jeu, guichet automatique bancaire), dans des pièces de matériel informatique, ainsi que dans de nombreux dispositifs électroniques (imprimante, modem, GPS, téléphone mobile, machine à laver, appareil photo numérique, décodeur TV numérique, injection électronique,

pilote automatique). Les programmes informatiques sont concernés par le droit d'auteur, et font l'objet d'une législation proche des œuvres artistiques.

En 1842, la comtesse Ada Lovelace crée des diagrammes pour la machine analytique de Charles Babbage. Ces diagrammes sont considérés aujourd'hui comme étant les premiers programmes informatiques au monde. Toutefois, cette théorie est sujet à controverse car Babbage a également écrit lui-même ses premiers programmes pour sa Machine Analytique, bien que la majorité n'ont jamais été publiés.

Dans les années 1940, les premiers ordinateurs, comme le Z3 ou le Mark I, sont créés. Les programmes informatiques étaient alors conçus par des analystes, rédigés par des programmeurs, et saisis par des opératrices sur des bandes type télex ou des cartes en carton perforé. Exécuter un programme consistait à entrer la bande ou la pile de cartes correspondante dans un lecteur électro-mécanique.

Le premier système d'exploitation a été développé en 1954. La même année sont apparus les premiers assembleurs et le premier compilateur pour le langage Fortran.

L'enseignement de la programmation était d'abord organisé chez les constructeurs d'ordinateurs et dans les premières universités où ces machines sont installées – dès le début des années 1950 en Angleterre et aux États-Unis, puis au milieu de la même décennie en Europe continentale et au Japon. Ce sont des cours techniques, mais la complexification croissante du sujet (compilateurs, systèmes) entraînera progressivement la constitution d'une science nouvelle.

L'avènement de la programmation structurée vers 1970 a grandement simplifié le travail des programmeurs et permis la création de programmes traitant des tâches plus nombreuses et plus complexes. Il en va de même avec l'avènement de la programmation orientée objet entre 1980 et 1990. De nouveaux langages de programmation ou de métaprogrammation sont régulièrement créés dans le but de simplifier et d'accélérer les possibilités offertes par programmation.

Enfin, la miniaturisation des ordinateurs, et la généralisation des interfaces graphique ont largement contribué à la démocratisation de l'utilisation de l'ordinateur, au point que dans les années 2010, la généralisation des smartphones permet aux utilisateurs d'exécuter des programmes informatiques en permanence.

La programmation consiste, partant d'une idée, à effectuer un travail de réflexion qui aboutit à la rédaction d'algorithmes dans un langage de programmation. Les langages de programmation ont été créés dans l'optique de faciliter le travail du programmeur en raccourcissant le chemin qui va de l'idée au code source.

Les programmes sont créés par des programmeurs, ou des ingénieurs logiciels. Les programmeurs travaillent principalement sur l'écriture de programmes tandis que les ingénieurs logiciels travaillent à toutes les étapes de la création du programme. Ils appliquent une démarche formelle et rigoureuse basée sur le génie industriel et les techniques de management.

Avant de commencer à écrire un programme destiné à résoudre un problème, le programmeur doit déterminer les caractéristiques du problème à résoudre. Ceci se fait en plusieurs étapes indépendantes du langage de programmation utilisé. La technique courante est celle d'un cycle de développement, qui comporte des étapes de définition, de conception, d'écriture, de test, d'installation et de maintenance.

Le problème est tout d'abord examiné en détail en vue de connaître l'étendue du programme à créer. L'étape suivante consiste à choisir des solutions et des algorithmes, puis décrire leur logique sous forme de diagrammes, en vue de clarifier le fonctionnement du programme et faciliter son écriture.

Une fois le programme écrit, celui-ci subit une suite de tests. Les résultats produits par le programme sont comparés avec des résultats obtenus manuellement. De nombreux tests sont nécessaires et les mêmes tests sont exécutés plusieurs fois. Ensuite de quoi le programme est installé dans la machine de l'utilisateur final, qui fera ses premières observations. Le programme sera ensuite modifié en fonction des commentaires faits par l'utilisateur, et des inconvénients qu'il a signalés.

Les besoins des utilisateurs et des systèmes informatiques varient continuellement, et le programme est régulièrement reconstruit et modifié en vue d'être adapté aux besoins. De nouvelles fonctions y sont ajoutées, et des erreurs qui n'avaient pas été décelées auparavant sont corrigées.

Le but du cycle de développement est de réduire les coûts de fabrication tout en augmentant la qualité du programme. Les qualités recherchées sont l'efficacité, la flexibilité, la fiabilité, la portabilité, et robustesse. Il doit également être convivial et facile à modifier.

Il est attendu d'un programme qu'il demande peu d'effort de programmation, que les instructions demandent peu de temps et nécessitent peu de mémoire, qu'il peut être utilisé pour de nombreux usages et donne les résultats attendus quels que soient les changements – permanents ou temporaires – du système informatique.

Il est également attendu qu'il peut être facilement transféré sur un modèle d'ordinateur différent de celui pour lequel il est construit, qu'il produit des résultats probants y compris lorsque les informations entrées sont

incorrectes, qu'il peut être facilement compris par un usager novice et que le code source peut être facilement modifié par la suite.

Un langage de programmation est une notation utilisée pour exprimer des algorithmes et écrire des programmes. Un algorithme est un procédé pour obtenir un résultat par une succession de calculs, décrits sous forme de pictogrammes et de termes simples dans une langue naturelle. Jusqu'en 1950, les programmeurs exprimaient les programmes dans des langages machines ou assembleur, des langages peu lisibles pour des êtres humains et où chaque instruction fait peu de choses, ce qui rendait le travail pénible et le résultat sujet à de nombreuses erreurs. Dès 1950, les programmes ont été décrits dans des langages différents dédiés à l'humain et plus à la machine – des langages de programmations, ce qui rendait les opérations plus simples à exprimer. Le programme était ensuite traduit automatiquement sous une forme qui permet d'être exécuté par l'ordinateur.

Sur demande, l'ordinateur exécutera les instructions du programme. Bien qu'il exécute toujours exactement ce qui est instruit et ne se trompe jamais, il peut arriver que les instructions qu'il exécute soient erronées à la suite d'une erreur humaine lors de l'écriture du programme. Les langages de programmation visent à diminuer le nombre de ces bugs ; ceux-ci sont cependant inévitables dans des programmes de plusieurs milliers de lignes. Un programme de traitement de texte peut être fait de plus de 750 000 lignes de code, et un système d'exploitation peut être fait de plus de 50 millions de lignes. En moyenne un programmeur prépare, écrit, teste et documente environ 20 lignes de programme par jour, et la création de grands programmes est le fait d'équipes et peut nécessiter plusieurs mois voire plusieurs années.

La programmation est un sujet central en informatique. Les instructions qu'un ordinateur devra exécuter doivent pouvoir être exprimées de manière précise et non ambiguë. Pour ce faire, les langages de programmation combinent la lisibilité de l'anglais avec l'exactitude des mathématiques. En vue d'obtenir un programme de meilleure qualité, le travail de programmation se fait selon une démarche systématique et planifiée.

Un langage de programmation est un vocabulaire et un ensemble de règles d'écriture utilisées pour instruire un ordinateur d'effectuer certaines tâches. La plupart des langages de programmation sont dits de haut niveau, c'est-à-dire que leur notation s'inspire des langues naturelles (généralement l'anglais).

Le processeur est le composant électronique qui exécute les instructions. Chaque processeur est conçu pour exécuter certaines instructions, dites instructions machine. La palette d'instructions disponibles sur un processeur

forme le langage machine. Par exemple, le processeur Intel 80486 a une palette de 342 instructions.

Le langage d'assemblage est une représentation textuelle des instructions machine, un langage de bas niveau, qui permet d'exprimer les instructions machine sous une forme symbolique plus facile à manipuler, où il y a une correspondance 1-1 entre les instructions machines et les instructions en langage d'assemblage.

Les langages de programmation de haut niveau permettent d'exprimer des instructions de manière synthétique, en faisant abstraction du langage machine. Par rapport au langage d'assemblage, ils permettent d'exprimer des structures, permettent d'écrire des programmes plus rapidement, avec moins d'instructions, les programmes écrits dans des langages de haut niveau sont plus simples à modifier et portables – ils peuvent fonctionner avec différents processeurs. Cependant un programme exprimé en langage de haut niveau, puis compilé est moins efficace et comporte plus d'instruction que s'il avait été exprimé en langage d'assemblage.

Entre 1950 et 2000, plus de 50 langages de programmation sont apparus. Chacun apportait un lot de nouveaux concepts, de raffinements et d'innovations. Jusque dans les années 1950, l'utilisation des langages de programmation était semblable à l'écriture d'instructions machines. L'innovation des années 1960 a été de permettre une notation proche des mathématiques pour écrire des instructions de calcul. Les innovations des années 1970 ont permis l'organisation et l'agrégation des informations manipulées par les programmes – voir structure de données et structure de contrôle. Puis l'arrivée de la notion d'objet a influencé l'évolution des langages de programmation postérieurs à 1980.

***II. Divisez le texte en parties et intitulez-les.***

***III. Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur l'idée principale de chacune d'elles.***

***IV. Préparez le résumé du texte.***

***V. Trouvez des informations supplémentaires sur le sujet traité dans le texte et préparez une présentation sur les programmes informatiques, le processus de leur création et le langage en lequel ils sont écrits.***

# L e ç o n 7

## ***1. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.***

### **Les domaines de l'utilisation de l'informatique**

Les ordinateurs sont utilisés dans de nombreux secteurs d'activités, tels que l'enseignement, la santé, le divertissement, la science, l'industrie, l'administration publique ou la publicité. Les ordinateurs sont également utilisés dans les ménages, ainsi que dans la banque, les investissements, les affaires, la comptabilité, la billetterie, les opérations militaires, les prévisions météo, la police, la vidéoconférence, la publication de livres.

*Dans l'enseignement*, les enseignants utilisent les ordinateurs pour préparer des présentations ou des lectures. Les ordinateurs sont utilisés pour effectuer des exercices ou diriger des examens. Dans le domaine de la recherche les ordinateurs sont utilisés pour accéder aux journaux, aux conférences et aux travaux des recherches tenues dans le monde entier.

*Dans le divertissement*, les ordinateurs sont utilisés par exemple pour regarder des films, écouter de la musique, jouer à des jeux, discuter, ou réserver des places au cinéma. Ils peuvent également être utilisés pour créer des films, ajouter des effets visuels et sonores ou composer de la musique.

*Dans la publicité*, les ordinateurs sont utilisés comme média, la publicité est ajoutée aux courriers électroniques et aux pages web ; les pages peuvent contenir les avis d'autres consommateurs. Les ordinateurs sont également utilisés pour créer les publicités et y ajouter des effets visuels et sonores. La publicité par le web fait partie de la stratégie marketing de presque toutes les sociétés. L'activité de Google dépend principalement de la publicité sur le web.

*Dans la santé*, les chercheurs et les praticiens utilisent des ordinateurs pour accéder aux dernières nouveautés de la recherche médicale. Les dossiers médicaux des patients sont enregistrés dans des ordinateurs. Des ordinateurs sont partie intégrante des équipements médicaux tels que les appareils à ultra-sons, les scanners à rayon X ou IRM et les ordinateurs sont utilisés pour assister des praticiens dans des opérations de chirurgie particulièrement risquées.

L'admission des patients, le diagnostic et la recherche sont informatisés. Pour les professionnels du secteur, la capacité de se servir d'un ordinateur fait désormais partie de leurs compétences. Les ordinateurs sont utilisés pour manipuler de grande quantités de données, effectuer des calculs et accélérer les communications; ils effectuent des tâches répétitives, permettent d'obtenir rapidement les résultats précis de calculs complexes, les documents peuvent

être rapidement complétés, corrigés, ou détruits, et les changements sont immédiatement visibles pour tous ceux qui en auraient besoin. Dans les grandes organisations telles que les hôpitaux et les réseaux de soin, les dispositifs informatiques sont utilisés comme moyens de communication. Les différents départements tels que radiologie, laboratoires, microbiologie et pharmacie sont connectés à un réseau, collectent des données puis les stockent dans un dépôt centralisé. À mesure que les données sont collectées, le dépôt devient plus exhaustif, et finit par devenir un dossier médical électronique.

*Dans l'ingénierie et la production*, les scientifiques et les ingénieurs utilisent les ordinateurs pour effectuer des calculs complexes, concevoir, faire des plans, simuler et tester une conception. Les ordinateurs sont utilisés pour stocker des données, faire des calculs et visualiser des objets en 3 dimensions.

L'utilisation des ordinateurs a simplifié beaucoup d'activités traditionnelles dans ce secteur, à tel point qu'aujourd'hui ils sont devenus incontournables. Les applications les plus populaires et les plus abouties dans ce secteur sont les outils de conception et fabrication assistée par ordinateur (CAD/CAM). L'utilisation de tels outils est impérative pour permettre à un industriel de rester compétitif. Tout processus de production industrielle a pour origine un besoin du marché. Une entreprise évalue l'opportunité et la rentabilité de répondre à ce besoin et la manière la plus appropriée de concevoir et fabriquer le produit. Traditionnellement, après la conception du produit, les dessins des pièces sont mis à disposition de la production, et les ingénieurs de production évaluent la faisabilité de la production. La production est ensuite planifiée en vue de réduire au maximum les coûts de fabrication. C'est à cette étape que la conception du produit est modifiée en vue de diminuer le coût de fabrication sans compromettre sa fonctionnalité. Par la suite des mesures sont prises en vue de permettre la fabrication: acquisition des outils et des matières premières, puis préparation des instructions détaillées de construction. Au long du processus de production industrielle, les outils de CAD/CAM permettent de créer un modèle en trois dimensions du produit, d'aider la création d'esquisses et de prototypes, générer des dessins techniques pour la fabrication, aider la vérification d'erreurs, l'analyse et l'optimisation.

Dans les milieux scientifiques, les applications de simulation utilisent des ordinateurs géants – les ordinateurs les plus puissants et les plus chers jamais construits. La simulation numérique permet, à partir d'un modèle de calcul, d'étudier des phénomènes difficiles à étudier par des expériences en laboratoire, tels que les accidents nucléaires, les crashes d'avions ou les incendies dans les puits de pétrole. La simulation numérique des accidents de voiture est utilisée par les industriels dans le but d'améliorer la sécurité. Ils permettent de concevoir une carrosserie avec laquelle un choc frontal ou latéral



laisse les passagers indemnes. La simulation d'accident est réalisée à l'aide d'un modèle numérique de la forme du véhicule, sous la forme d'un assemblage de petites pièces. La simulation calcule la force exercée sur chacune des pièces, et la déformation subie en tenant compte de la résistance des matériaux.

*L'administration publique* utilise les ordinateurs pour diriger les opérations. Dans tous les postes de travail à responsabilité dans l'administration publique il est demandé de savoir utiliser un ordinateur. Une expérience avec les applications spécifiques à certains secteurs d'activités – telle que les ressources humaines – augmente les chances de trouver un emploi. Est particulièrement importante l'expérience avec les applications génériques utilisées dans tous les postes de l'administration publique : le traitement de texte, l'usage du tableur, la manipulation d'images numériques, les applications de bases de données, le courrier électronique, le web et l'utilisation des systèmes d'information géographique.

Les sites web des gouvernements locaux fournissent des informations à la population. Les ordinateurs sont utilisés lors de la réception des déclarations d'impôts, le paiement des taxes, l'abonnement à l'eau et à l'électricité, et l'accès aux informations géographiques.

L'administration des États-Unis utilise des pages web pour attirer les voyageurs d'affaire et les touristes, ainsi que pour des enquêtes auprès des habitants. Le web est également utilisé pour placer des offres d'emploi ou des offres commerciales, fournir des informations locales telles que la météo, les numéros de téléphone importants, l'emplacement des hôtels et des restaurants.

Les systèmes d'information géographique étaient initialement utilisés dans les travaux publics, puis leur utilité a été reconnue dans d'autres secteurs de l'administration publique. Ils sont utilisés par exemple pour tenir des cartes de la topographie, du réseau électrique, du réseau d'eau, des propriétaires terriens, des parcelles, de la faune sauvage, de la présence de pesticides, ou de la criminalité. Les administrations locales vendent parfois les cartes qu'elles ont créées avec des systèmes d'information géographique.

*La police* utilise les ordinateurs pour rechercher des criminels sur la base de leurs empreintes digitales.

*Dans les ménages* les ordinateurs sont utilisés pour jouer, communiquer avec des amis, payer des factures, et apprendre. Les ordinateurs sont également incorporés dans différents appareils électroménagers tels que la télévision, la machine à laver, le home cinéma, ou la caméra de surveillance.

## **II. Formulez l'idée principale de chaque partie visible du texte.**

- III. **Faites la liste des mots et des expressions clés qui prouvent les idées du texte.**
- IV. **Résumez le texte proposé.**
- V. **Développez une réflexion sur le sujet proposé, sous forme d'un article à faire paraître dans une revue de science-fiction : «Si l'intelligence artificielle devenait vraiment réalité ?»**

## L e ç o n 8

- I. **Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **Les mouvements cybernétiques**

La première cybernétique s'établit dans le cadre des conférences Macy qui réunissent entre 1942 et 1953 un groupe interdisciplinaire de mathématiciens, logiciens, anthropologues, psychologues et économistes qui s'étaient donné pour objectif d'édifier une science générale du fonctionnement de l'esprit. Parmi les participants les plus illustres, on trouve le neurophysiologiste Arturo Rosenblueth, les mathématiciens John von Neumann et Norbert Wiener, l'ingénieur Julian Bigelowle neurophysiologiste Warren McCulloch, le logicien Walter Pitts, le psychanalyste Lawrence Kubie et les anthropologues Gregory Bateson et Margaret Mead. Ce qui rapproche les différents participants est leur intérêt commun pour les mécanismes de causalité circulaire qu'ils étudient dans leurs disciplines respectives.

À la suite de la première conférence de 1942, sont publiés en 1943 les deux articles fondateurs de la cybernétique : «Conduite, raison et téléologie» dans lequel Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener et Julian Bigelow étudient les modèles d'organisation sous-jacents aux comportements finalisés et «*Le calcul logique des idées propres à l'activité nerveuse*» dans lequel Warren McCulloch et Walter Pitts étudient les modèles d'organisation sous-jacents à la perception.

En 1947, Wiener est invité à un congrès d'analyse harmonique à Nancy, organisé par Szolem Mandelbrot, l'oncle du célèbre mathématicien Benoît Mandelbrot. Lors de ce congrès, auquel participe notamment Louis Couffignal, on lui propose d'écrire une caractérisation unifiée du mouvement brownien

(processus stochastique aussi appelé «processus de Wiener»). Il décide à son retour d'introduire le néologisme Cybernétique dans sa théorisation scientifique. En 1948, Wiener définit la cybernétique comme une science qui étudie exclusivement les communications et leurs régulations dans les systèmes naturels et artificiels.

À partir de 1949, un autre groupe interdisciplinaire, le Ratio Club, commence une série de rencontres informelles pour discuter de sujets ayant trait à la cybernétique. On compte parmi eux W. Ross Ashby, William Grey Walter, Alan Turing et Georges R. Boulanger, mathématicien qui fut président de l'Association internationale de cybernétique.

À partir de 1950, le mot cybernétique est inclus dans le titre des conférences Macy. La même année, Wiener popularise les implications sociales de la cybernétique, en figurant l'analogie entre les systèmes automatiques et les institutions humaines dans son best-seller *Cybernétique et société*, sous-titré *De l'usage humain des êtres humains*.

La cybernétique désigne d'abord un moyen de connaissance, qui étudie l'information au sens de la physique, dans la définition qu'en donne Norbert Wiener : «De même que l'entropie est une mesure de désorganisation, l'information fournie par une série de messages est une mesure d'organisation». Dans cette acception première, la cybernétique est une approche phénoménologique qui étudie l'information, sa structure et sa fonction dans les interactions systémiques. Ce qui peut être traduit par la science générale de la régulation et des communications dans les systèmes naturels et artificiels.

La cybernétique décrite par Norbert Wiener est un moyen d'expliquer et de comprendre tous les mécanismes rencontrés avec quelques briques logiques simples :

- la boîte noire : un élément relié à d'autres, dont on ne se soucie pas de savoir ce qu'il contient (ou son fonctionnement d'après sa structure interne, inaccessible de façon momentanée ou définitive), mais dont on déduit la fonction apparente à partir de l'étude de ses entrées/sorties ;

- l'émetteur, qui agit sur l'environnement, donc envoie de l'information, sorte de porte de sortie ;

- le récepteur, qui en intègre depuis l'environnement, donc capte les informations, comme une porte d'entrée de la boîte noire ;

- le flux d'information : ce qui est transmis, donc envoyé et effectivement reçu, autrement dit l'information efficace ;

- la rétroaction : c'est l'information en retour de l'état.

La rétroaction est mise en évidence par cette approche car il est indispensable pour concevoir une logique d'autorégulation. On voit donc émerger des boucles de rétroaction, mécanismes circulaires qui mettent en

évidence des systèmes. Si les systèmes sont mis en évidence par cette cybernétique, ils ne le sont d'abord que par voie de conséquence d'une étude strictement limitée aux échanges d'information et à l'évolution de ces échanges dans le temps. Plus tard se constituera un paradigme propre à l'étude des systèmes en tant que tels, la systémique.

Portés par les participants du mouvement cybernétique, pour la plupart des auteurs majeurs dans leur discipline, les concepts de la cybernétique se diffusent rapidement. La cybernétique marque le moment d'une rupture épistémologique majeure qui a profondément influencé tous les domaines de la science et ses retombées sont innombrables.

Marvin Minsky présente la première cybernétique comme un tronc commun qui se serait divisé en trois branches : la «simulation cognitive» à la Allen Newell et Herbert Simon, l'«intelligence artificielle» et la «seconde cybernétique» ou théorie des systèmes auto-organisateurs.

Alors que la première cybernétique étudie comment les systèmes maintiennent l'homéostasie (morphostase) par des mécanismes d'autorégulation, la «deuxième cybernétique» du psychiatre W. Ross Ashby et des biologistes Humberto Maturana et Francisco Varela étudie comment les systèmes évoluent et créent des nouvelles structures (morphogenèse). Ashby parle d'auto-organisation, Maturana et Varela d'autopoïèse. Cette étude des systèmes éloignés de leur point d'équilibre se rapproche des travaux sur les structures dissipatives du prix Nobel de chimie belge Ilya Prigogine. Au lieu de se demander comment se maintient un certain équilibre, on observe comment un nouvel équilibre peut émerger d'une situation de déséquilibre. Prigogine a montré que contrairement à ce que l'on croyait, dans certaines conditions, en s'éloignant de son point d'équilibre, le système ne va pas vers sa mort ou son éclatement mais vers la création d'un nouvel ordre, d'un nouvel état d'équilibre. Les situations extrêmes recèlent la possibilité de créer une nouvelle structure. On voit ici la possibilité de recréer du vivant, de l'organiser là où il n'y avait plus que du chaos.

On emploiera bientôt également le terme d'émergence pour désigner non seulement les nouvelles formes, mais aussi les propriétés et processus nouveaux qui apparaissent lors de la réorganisation spontanée d'un système. Ce type de phénomène met parfois en jeu, plus qu'une réorganisation du système, une organisation à un degré supérieur de complexité. Pour imaginer, là où on avait un système de 5 éléments en interaction, on les voit se grouper en sous-systèmes de 2 et 3 éléments, eux-mêmes en relation.

Dans la cybernétique de deuxième ordre, qui prend forme avec Heinz von Foerster à partir de 1950–1953 avec les dernières conférences Macy, l'observateur s'inclut lui-même dans le système observé. Comme le rappelle von Foerster, «pour écrire une théorie du cerveau, il faut un cerveau». En ce

sens, cette conception de la cybernétique est une composante importante du constructivisme radical. La cybernétique de deuxième ordre vise à l'élaboration d'une méthode de description «universelle» commune aux différents champs de la science.

- II. Dégagez les parties essentielles du texte et intitulez-les.***
- III. Faites la liste des mots et des expressions clés qui donnent des informations sur le contenu de chacune de ces parties.***
- IV. En vous servant de cette liste rendez le contenu de chaque partie du texte.***
- V. En vous basant sur les informations du texte préparez une présentation sur les cybernétiques du premier et du deuxième ordres et le processus de leur développement.***

---

---

# PHYSIQUE

---

---

## L e ç o n 9

- Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.***

### **La physique à l'époque de l'Antiquité et du Moyen Âge**

Durant la Préhistoire, les hommes faisaient des observations (Stonehenge ou Carnac en témoignent) et étaient amenés à reproduire des phénomènes. C'est sur les berges des fleuves Tigre et Euphrate (Irak actuel) et du fleuve Nil (Égypte), puis plus tard en Grèce que les prémices des sciences ont vu le jour, il y a 5000 ans. Celles-ci étaient transmises par des religieux, ce qui assurait une continuité du savoir, la navigation assurant la propagation des connaissances et l'écriture, sur tablettes ou papyrus, son «stockage».

Dans l'observation de phénomènes se reproduisant en cycles (diurne, lunaire ou annuel), la découverte des invariants de ces cycles constitue un début de raisonnement scientifique ; il y a là la notion que le monde obéit à des règles, et que l'on peut probablement utiliser ces règles. Cette période vit l'apparition de techniques agraires, architecturales et guerrières, l'invention de la métallurgie (âge du bronze au III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., âge du fer vers 1000 av. J.-C.), le début de l'architecture et de la mécanique.

Sciences et religion se mêlaient : les artisans faisaient des prières pendant la fabrication de leurs objets, prières qui pouvaient être un moyen de mesurer le temps lorsque la durée avait une importance dans le procédé.

Depuis l'Antiquité, on a essayé de comprendre le comportement de la matière : pourquoi les objets sans support tombent par terre, pourquoi les différents matériaux ont des propriétés différentes, et ainsi de suite. Les caractéristiques de l'univers, comme la forme de la Terre et le comportement des corps célestes comme la Lune et le Soleil étaient un autre mystère. Plusieurs théories furent proposées pour répondre à ces questions. La plupart de ces réponses étaient fausses, mais cela est inhérent à la démarche scientifique; et de nos jours, même les théories modernes comme la mécanique quantique et la relativité sont simplement considérées comme «des théories qui n'ont pas pour le moment été contredites» (bien qu'elles soient dans leur état actuel incompatibles l'une avec l'autre).

Les théories physiques de l'Antiquité étaient dans une large mesure considérées d'un point de vue philosophique, et n'étaient pas toujours vérifiées par des expérimentations systématiques. Il est ici important d'avoir conscience que, dans la Grèce antique, la philosophie est née des débats et discours (*logos*) issus de l'observation de la nature (*physikê* en grec). On trouve donc les étymologies de beaucoup de termes employés aujourd'hui dans les sciences : suffixe-logie (*technologie*), et physique.

La physique était considérée dans la Grèce antique, au plus tard à l'époque des Stoïciens, mais sans doute déjà auparavant, comme une des trois branches de la philosophie. On ne la distinguait pas véritablement de la métaphysique.

Pour revenir à l'expérimentation, l'une d'entre elles jouera un rôle important : l'effet de rame brisée qui conduira à l'étude de la réfraction. Néanmoins, l'idée de méthode expérimentale commença d'être élaborée de manière précise par Epicure et les sceptiques, méthode qui jouera également un rôle important dans le développement de la médecine.

Hormis pour des précurseurs comme les philosophes de l'école milésienne, Démocrite, et bien d'autres, le comportement et la nature du monde étaient expliquées par l'action des dieux. Vers 600 av. J.-C., un certain nombre de philosophes grecs (par exemple Thalès de Milet) commençaient à admettre que le monde pût être compris comme le résultat de processus naturels. Certains reprirent la contestation de la mythologie amorcée par ce même Démocrite concernant par exemple les origines de l'espèce humaine. Ils anticipaient en cela les idées de Charles Darwin.

Faute de matériel expérimental perfectionné et d'instruments précis de mesure du temps, la vérification expérimentale de telles idées était difficile sinon impossible. Il y eut quelques exceptions : par exemple, le penseur grec Archimède décrivit correctement la statique des fluides après avoir remarqué un jour, si l'on en croit la légende, que son propre corps déplaçait un certain volume d'eau alors qu'il entraînait dans son bain. Un autre exemple remarquable fut celui d'Ératosthène, qui – persuadé pour d'autres raisons, dont les éclipses de lune que la Terre était sphérique – parvint à calculer sa circonférence en comparant les ombres portées par des bâtons verticaux en deux points éloignés de la surface du globe. En appliquant le résultat des mêmes observations à une Terre plate il en eût déduit la distance du soleil, ce qui nous rappelle que toute interprétation s'appuie nécessairement sur des présuppositions antérieures.

Des mathématiciens grecs, dont à nouveau Archimède, ont songé à calculer le volume d'objets comme les sphères et les cônes en les divisant en tranches imaginaires d'épaisseur infiniment petite; ce qui faisait d'eux des précurseurs, de près de deux millénaires, du calcul intégral. Mais ils comprenaient mal pourquoi on ne convergeait pas ainsi vers la valeur de  $\sqrt{2}$  en divisant la diagonale du carré en petites marches d'escalier successives!

On connaît mal le détail des idées anciennes en physique et leurs vérifications expérimentales. La quasi-totalité des sources directes les concernant a été perdue lors des deux grands incendies de la bibliothèque d'Alexandrie : 48 avec plus de 40 000 rouleaux perdus, et 696 par le général Amr ben al-'As qui présida à la destruction totale du fonds, hormis Aristote dont les rouleaux furent sauvés in extremis et clandestinement par des admirateurs de ses œuvres.

Le Moyen Âge a été réévalué depuis une trentaine d'années, par des historiens tels que Georges Duby, Jean Favier, Pierre Riché, ou Jacques Le Goff.

Au Moyen Âge précoce, à la suite des grandes invasions, l'Occident a oublié une partie de l'héritage de l'Antiquité, surtout les textes de la Grèce antique. La période 550–750 peut être qualifiée de temps obscurs, au cours desquels se conserva malgré tout, grâce à Boèce, Cassiodore, Isidore de Séville, et Bède le Vénérable, un savoir de base autour des arts libéraux. Les arts libéraux formèrent l'enseignement de base des écoles carolingiennes. Cependant la physique n'en faisait pas partie.

La civilisation arabo-musulmane conserva la mémoire de la science grecque. Les principaux progrès scientifiques au cours du Haut Moyen Âge sont d'ailleurs le fait de savants arabes (mathématiques, mécanique, médecine, astronomie) et indiens (mathématique, avec l'invention du zéro vers l'an 500).

La période de l'An mil n'est pas cette période de terreurs légendaires, image véhiculée par les historiens du XIX<sup>e</sup> siècle, mais plutôt une renaissance. Un peu avant l'An mil, un certain Gerbert d'Aurillac fit un séjour en Catalogne, dont il ramena des connaissances scientifiques, qui permirent de réintroduire le quadrivium en Occident. Cette période voit ainsi le début de la mise en place d'outils mathématiques (algèbre, algorithmique, entre autres) qui seront précieux pour la suite.

Le mot physique apparaît au xiii<sup>e</sup> siècle, dans le sens de médecine, science de la nature. La physique correspondait à l'un des traités d'Aristote, qui fut traduit à partir du xiii<sup>e</sup> siècle en Occident. Dans la philosophie d'Aristote, l'observation de la nature tient en effet une grande place. Dans le sens plus proche de l'utilisation moderne du terme, on voit des progrès dans les techniques d'architecture (chantiers des églises romanes et gothiques), de navigation. Les disciplines sont la mécanique, la métallurgie, l'hydraulique, l'orfèvrerie.

La physique en elle-même ne semble pas avoir fait encore de progrès décisifs dans cette période, hormis la mécanique.

La physique d'Aristote se révélait en fait insuffisante pour expliquer le mouvement des corps. Vers la fin du Moyen Âge fut introduite en Occident la doctrine de l'impetus afin d'expliquer le mouvement des corps physiques.

Vers la fin du XV<sup>e</sup> siècle, le mot physique prit le sens de science des causes naturelles (première utilisation en 1487 selon le Petit Robert), toujours dans la philosophie scolastique.



- II. *Divisez le texte en parties et formulez l'idée maîtresse de chacune d'elles.*
- III. *Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur son idée principale.*
- IV. *Rendez le contenu du texte.*
- V. *À partir des informations du texte rédigez un court article pour une revue scientifique sur les étapes **le essentielles** du développement de la physique en tant qu'une science à l'époque de l'Antiquité et du Moyen Âge.*

## L e ç o n 1 0

- I. *Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.*

### **La lumière et la dualité onde-corpuscule**

Les savants tout au long de l'histoire humaine se sont toujours intéressés à la lumière, et cela depuis l'antiquité grecque. L'homme s'est ainsi confronté à l'énigme suivante: la lumière est-elle une onde, entité immatérielle tels les mouvements d'une vague sur l'eau, ou bien une particule ? Il est tout à fait remarquable que la réponse à cette question n'est apparue finalement que très récemment, et qu'elle pose encore aujourd'hui des difficultés conceptuelles même si mathématiquement le problème semble résolu une fois pour toute. Les grecques pensaient que l'œil envoyait un rayon vers l'objet regardé. En un certain sens, il privilégiait l'aspect ondulatoire de la lumière, même si cette notion est apparue beaucoup plus tard.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Le grand savant Isaac Newton propose que la lumière soit constituée de particules, mais il est bien difficile de le prouver expérimentalement à cette époque. D'autant qu'au cours de ce siècle, R. Descartes et P. Huyghens entre autre aboutissent à la conclusion que pour expliquer les expériences d'optiques, il est nécessaire de considérer la lumière comme une onde. Il existera donc au XVIII<sup>e</sup> siècle deux grands courants de pensée: les irréductibles de l'énorme apport scientifique de Newton, privilégiant l'aspect corpusculaire, comme Poisson, Laplace ou Biot, contre les

«opticiens» qui ont besoin des ondes pour expliquer leurs expériences de diffraction ou d'interférence, tels Young, Malus, Fresnel ou Arago.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, les choses se précisent. Maxwell propose ses fameuses équations en 1873, montrant que les ondes peuvent être décrites par un champ électrique et un champ magnétique qui se propagent. En 1885, H. Hertz montre expérimentalement que les ondes électromagnétiques peuvent effectivement être produites, transporter de l'énergie, et être captées par une antenne par exemple. L'aspect corpusculaire de la lumière semble une notion de plus en plus difficile à supporter. Parallèlement à ces considérations ondulatoires se pose le problème conceptuel suivant : une onde a besoin d'un support matériel pour se propager, au même titre que le son a besoin de l'air, ou que la vague a besoin du liquide. Les savants imaginent donc que les ondes électromagnétiques se propagent grâce à un milieu qui sera appelé l'éther. La propagation de la lumière résulte donc des vibrations de ce milieu. Elle doit donc posséder une vitesse dans ce milieu et il s'en suit des réflexions tout à fait légitime de mécanique pure. Par exemple, l'éther étant dans un référentiel absolu de l'univers, comment se propage la lumière dans un référentiel se déplaçant par rapport à lui ? De façon tout à fait remarquable, les questions posées par l'hypothèse de l'éther ne vont pas amenées à résoudre immédiatement le problème de la lumière comme onde ou corpuscule, mais vont tout d'abord profondément modifier notre compréhension de l'espace et du temps.

L'expérience qui déclenche le processus de réflexion est sans doute l'expérience d'interférence de Michelson et Morley. Si la terre se propage dans l'éther, il doit alors y avoir composition de la lumière se propageant dans l'éther avec la vitesse de rotation de la terre par exemple. Il est ainsi facile, en alignant tel ou tel bras de l'interféromètre par rapport à la direction de rotation de la terre, de changer les chemins optiques et de voir des images d'interférence qui dépendent de l'orientation de l'appareillage par rapport à la vitesse de la terre. Toutes les expériences mènent au même résultat, les imprécisions ne laissant plus aucun doute en 1895. La vitesse de la lumière n'est pas composable avec la vitesse de la terre, elle est la même quel que soit l'orientation de l'éther par rapport à la terre. Pour expliquer ce résultat expérimental, Lorentz, la même année, propose une transformation des coordonnées et du temps entre les deux référentiels, montrant ainsi que pour des vitesses proches de la vitesse de la lumière, la composition des vitesses n'est plus valable, et démontre ainsi qu'il est logique que Michelson et Morley n'aient rien vu. Les effets sont du 2<sup>-ème</sup> ordre, et donc impossible à détecter avec leur appareillage. Mais en 1900, H. Poincaré va beaucoup plus loin. Ses considérations théoriques l'amène à penser qu'il n'y a pas de corrections, et qu'il n'existe pas de référentiel absolu associé à l'éther. Il laisse tomber la

notion d'éther, et montre que le temps n'est pas absolu au même titre que la notion de mesure des longueurs. En 1905, A. Einstein reprend les notions de Lorentz et de Poincaré et établit les bases de la relativité.

Résultat, il n'y a plus d'éther, de milieu absolu nécessaire à la propagation des ondes électromagnétiques. Cela ne va-t-il pas dans le sens de l'existence de particule constituant la lumière? Cet argument n'est évidemment pas suffisant pour convaincre les savants. Il faut du concret, et c'est encore H. Hertz, en 1895 soit la même année ou il montre que les ondes électromagnétiques transportent de l'énergie, qui montre expérimentalement que quelque chose cloche dans le formalisme ondulatoire de la lumière. En effet, impossible d'expliquer l'effet photoélectrique uniquement en terme d'énergie lumineuse transporté par l'onde. Pour certaines fréquences, l'énergie lumineuse est bien transmise aux électrons mais pas pour d'autres! Einstein fait le pas en 1905 en supposant la lumière comme constituée de paquets d'énergie (de quanta) pouvant être transmis aux électrons : sa démarche privilégie nettement l'aspect corpusculaire de la lumière pour expliquer cette expérience. La notion de photon, particule constituant les ondes électromagnétique s'impose alors. Une 2-ème expérience finit de convaincre les scientifiques de l'aspect corpusculaire des ondes électromagnétiques, l'expérience de diffusion inélastique de A. Compton. Il mettra plusieurs années à chercher une interprétation à ces résultats, basée sur le modèle de Bohr d'absorption et d'émission de photons, pour finalement traiter le problème en 1923 comme résultant d'un «choc» entre le photon et l'électron en appliquant les règles de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement pour les deux particules.

Mais pour autant la notion d'onde ne disparaît pas, et au contraire se confirme. Les savants connaissaient des ondes électromagnétique «invisibles» pour l'œil humain, comme les ondes infrarouges ou ultraviolettes. Mais W.K. Roentgen découvre de nouvelles ondes en 1895, appelés rayons X parce qu'ils étaient de nature inconnue. Max Von Laue utilise ces rayons X pour réaliser la première expérience de type fentes d'Young mais à l'échelle atomique: la diffraction sur un cristal est née. Il est donc indispensable de considérer les ondes électromagnétiques comme à la fois une onde et une particule. Comme l'indiquait N. Bohr, il est possible de décrire le résultat d'une expérience tantôt avec le formalisme ondulatoire, tantôt avec le formalisme corpusculaire, menant au concept de dualité onde – corpuscule. Ce concept atteint son paroxysme en 1923 après la parution des travaux de L. De Broglie : il fait une analogie parfaite entre l'énergie d'un photon et l'énergie de masse  $E=mc^2$  d'une part, et la vitesse d'une particule et la vitesse de groupe d'une onde d'autre part. Il étend ainsi la dualité onde – corpuscule à des particules massiques. Davisson et Germer apporte en 1927 la preuve expérimentale de cette approche, en faisant diffracter

des électrons sur un cristal: les électrons se comportent comme des ondes! Des années plus tard, après la découverte du neutron par J. Chadwick en 1932, et avec l'avènement des réacteurs nucléaires produisant des neutrons thermiques, des expériences de type fente d'Young seront réalisées avec des neutrons. Et la boucle se refermera après l'idée géniale de Kapitza et Dirac en 1933 : si l'infiniment petit peut être à la fois une onde et un corpuscule, pourquoi ne serait-il pas possible de faire diffracter des particules massiques par un réseau lumineux? Sur le papier, aucun problème, mais il faudra attendre 2001 pour que les effets soient mesurables, donnant des résultats en accord avec la théorie. De la même manière, les chercheurs du laboratoire Kastler – Brossel ont démontré expérimentalement un effet similaire au début de ce XXI<sup>e</sup> siècle, appelé trampoline optique. En produisant des atomes ultra-froids (de très faible vitesse), ils sont confrontés au cours de leurs expériences à l'effet de la pesanteur terrestre : les atomes produits un par un «tombent». Pour palier ce problème, il suffit d'émettre un faisceau de lumière puissant qui les fait rebondir. Mais ce n'est pas tout, il est aussi possible de créer des interférences entre ces atomes ! La diffraction entre des atomes existe bel et bien.

Il est clair que cette dualité doit être le fondement même de la nouvelle théorie physique nécessaire en cette première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Mais il convient de s'arrêter sur une découverte tout à fait hétéroclite, encore une fois faite par Einstein. Dans sa volonté de rendre cohérents tous les concepts physiques nouvellement établis, à savoir le rayonnement du corps noir, la statistique de Maxwell – Boltzmann, et le modèle atomique de Bohr, il découvre en 1917 sur le papier un mécanisme tout à fait singulier : l'émission stimulée. Un électron sur un état excité peut certes être désexcité spontanément pour que le système diminue son énergie, mais il peut l'être aussi sous l'action d'un photon d'énergie adéquate, exactement égale à l'énergie de la transition électronique. Pour satisfaire les lois de conservation, il faut donc qu'un deuxième photon, identique au premier, soit émis. Cette découverte mènera bien plus tard à la réalisation de sources lumineuses monochromatiques très puissantes appelées LASER, dont la première solution technique fut donnée par A. Kastler en 1949. De même cette découverte d'Einstein mènera le groupe d'A. Aspect à réaliser ces fameuses expériences d'intrication quantique en 1982, permettant d'aller plus loin dans la compréhension du monde quantique.

La découverte d'Einstein est tout fait remarquable, le phénomène d'émission stimulée n'était pas nécessaire pour la construction de la théorie, d'autant plus qu'il n'était pas directement observé à l'époque. Mais il fait partie inhérente de la nouvelle théorie, même s'il est parfois bien caché. En particulier, ce mécanisme est absolument nécessaire pour rendre compte de la diffraction de particules par un réseau lumineux, ce que voulaient démontrer Kapitza et Dirac dans leur expérience proposée en 1933.

- II. **Divisez le texte en parties et intitulez-les.**
- III. **Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur l'idée principale de chacune d'elles.**
- IV. **Préparez le résumé du texte.**
- V. **Trouvez des informations supplémentaires sur le sujet traité dans le texte et préparez une présentation sur l'étude de la lumière, de sa nature et de ses propriétés et l'application pratique des résultats de ses études.**

## L e ç o n 1 1

- I. **Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **La découverte du principe de relativité**

En 1543 est publié l'ouvrage de Nicolas Copernic *De revolutionibus orbium coelestium* qui fonde l'héliocentrisme. Son influence est dans un premier temps assez limitée. En effet, le point de vue de Copernic présente un artifice mathématique visant à améliorer les méthodes de calcul des tables astronomiques. Les choses évoluent rapidement au début du XVII<sup>e</sup> siècle, avec Kepler qui, en 1609 énonce ses premières lois sur le mouvement des planètes, et avec Galilée, convaincu à partir de 1610 du mouvement de la Terre autour du Soleil. Les conceptions de ce dernier s'opposent à la fois aux dogmes religieux et philosophiques, qui font de la Terre le centre fixe du monde, lieu privilégié de la révélation divine.

Se basant sur des observations, Galilée s'oppose aux partisans d'Aristote, pour lesquels tout mouvement de la Terre est impossible. En effet, selon la physique d'Aristote, si la Terre bougeait, un objet lancé verticalement en l'air ne retomberait pas au lieu d'où il a été lancé, les oiseaux seraient entraînés vers l'ouest, etc. Galilée développe alors un discours visant à réfuter les arguments des aristotéliens. Il énonce les principes qui fonderont la relativité galiléenne. Plusieurs passages de son ouvrage *Dialogue sur deux grands systèmes du monde*, publié en 1632 sont consacrés à cette réfutation. Ainsi, selon Galilée, le mouvement n'existe que par rapport à des objets considérés comme

immobiles, que de manière comparative : «Le mouvement est mouvement et agit comme mouvement pour autant qu'il est en rapport avec des choses qui en sont dépourvues ; mais pour toutes les choses qui y participent également, il n'agit pas, il est comme s'il n'était pas».

De plus, les résultats d'une expérience ne changent pas, qu'elle se passe sur la terre ferme ou dans la cabine d'un bateau naviguant sans heurt ni ballottage.

En langage moderne, le mouvement uniforme (inertiel) du bloc expérience + observateur n'a aucun effet sur l'expérience observée. Ainsi, même si la Terre se déplace, la pierre jetée verticalement retombe aux pieds du lanceur, et les oiseaux volent normalement dans toutes les directions. Ce point de vue constitue une révolution dans les conceptions mécaniques de l'époque. Selon la physique d'Aristote alors communément enseignée, le mouvement et le repos sont deux états différents, et le mouvement nécessite un moteur. Selon Galilée, mouvement et repos sont un même état, différent l'un de l'autre par simple changement de référentiel. Cette conception est à la base du principe d'inertie. Galilée note ainsi que «les corps graves sont indifférents au mouvement horizontal, pour lequel ils n'ont ni inclination (car il n'est pas dirigé vers le centre de la Terre), ni répugnance (car il ne s'éloigne pas du même centre): en raison de quoi, et une fois écartés tous les obstacles extérieurs, un grave placé sur une surface sphérique et concentrique à la Terre sera indifférent au repos comme au mouvement dans quelque direction que ce soit, et il demeurera dans l'état où il aura été placé». Signalons également que Galilée, ayant réfuté les arguments aristotéliens contre le mouvement de la Terre, cherchera quel phénomène observable peut rendre compte de ce mouvement. Il pensera le trouver, de façon erronée, dans une explication des marées. Il faudra plus de deux siècles pour que soient imaginées des expériences mécaniques montrant le mouvement de la Terre par rapport à un référentiel galiléen.

À la suite de Galilée, une des premières utilisations d'un référentiel fictif (non représenté dans l'expérience par un corps quelconque) peut être attribuée à Christiaan Huygens. Ayant pris conscience en 1652 des erreurs de Descartes sur les lois des chocs, il conçoit un repère mobile par rapport auquel on fait une expérience. Cherchant quelles sont les vitesses de deux corps identiques après un choc, alors qu'initialement le premier corps se déplace à la vitesse  $V$  et le second à la vitesse  $V'$  par rapport au sol, il imagine un observateur se déplaçant à la vitesse  $(V + V') / 2$ . Cet observateur voit les deux corps se rapprocher à la vitesse  $(V - V') / 2$ , se heurter, et, étant de même masse, s'éloigner avec la même vitesse. Revenant au référentiel terrestre, Huygens en conclut qu'après le choc, les deux corps ont échangé leur vitesse.

Il est à remarquer que l'additivité des vitesses, utilisée par Huygens et tous ses successeurs lors d'un changement de référentiel, ne découle pas du

principe de relativité de Galilée. Cette règle d'additivité sera remise en cause par Einstein, lors de l'invention de la relativité restreinte.

Isaac Newton, lecteur assidu de Descartes et de Galilée, en prolonge les observations quantitatives et amplifie la mathématisation de la physique, et place la loi d'inertie comme sa première loi de la physique, en y définissant au passage la notion de force.

Cette loi de l'inertie (en l'absence de force appliquée au corps, son accélération est nulle) n'est valable que dans certains repères (appelés aujourd'hui repères galiléens), et Newton en introduisant les termes «absolu» et «relatif» pour qualifier les mouvements (qui pour lui prennent le sens de «vrai» et «apparent»), privilégie un repère galiléen particulier, «l'espace absolu», qui est le bon repère où on détermine le «mouvement absolu» des corps (et où il n'y a pas de force centrifuge ou autre force imputable au choix du référentiel). Les autres repères galiléens étant considérés comme des espaces relatifs privilégiés par rapport à ceux qui ne sont pas galiléens.

Pour justifier en même temps la pesanteur et la propagation de la lumière Huygens était opposé à l'idée de l'existence d'un espace absolu, et Leibniz aussi pour des raisons philosophiques. Dans une lettre à Samuel Clarke, adjoint de Newton, Leibniz tente de démontrer que la notion d'espace absolu est incompatible avec son principe de la raison suffisante.

Ces considérations resteront admises jusqu'à Einstein, l'observateur pouvant toujours (semblait-il) détecter s'il est ou non dans un repère galiléen (en expérimentant la loi de l'inertie) et effectuer mathématiquement le changement de repère nécessaire, même si «l'espace absolu» restera toujours difficile à déterminer comme le regrettait déjà Newton.

L'influence majeure de Newton et la notion d'espace absolu firent que, pendant le XVIII<sup>e</sup> siècle, le développement de la mécanique porta davantage sur les conséquences mathématiques de l'analyse dynamique du mouvement, plutôt que sur l'étude des repères en mouvement ou des changements de référentiels. Clairaut aborda certes cette dernière question en 1742, avec l'introduction de forces d'inertie d'entraînement, mais de manière imparfaite. La solution complète à la question du changement de référentiels fut apportée par Coriolis à partir de 1832. En 1833, Ferdinand Reich mit en évidence la déviation vers l'est d'un corps en chute libre, résultant du fait qu'un référentiel lié à la Terre n'est pas inertiel. Les forces d'inertie d'entraînement et de Coriolis permirent également d'expliquer l'expérience du pendule de Foucault, réalisée en 1851.

Il revient à Poincaré d'avoir désacralisé le choix de Newton dans son livre «La Science et l'Hypothèse» (1902) : il rejette «l'espace absolu» de Newton en montrant qu'il n'est nullement nécessaire à la physique, et constate même que la notion de référentiel galiléen et de mouvement rectiligne

uniforme se définissent l'un par rapport à l'autre, et que la notion de ligne droite n'est pas une réalité mais une interprétation toute mathématique des expériences. Ainsi, il énonce la relativité de Galilée comme un principe issu de l'expérience mais l'interprétant.

Einstein, lecteur de Poincaré, cherche à concilier le principe de relativité de Galilée (formulé : les lois sont les mêmes dans tous les référentiels galiléens) et le fait que la vitesse de la lumière est la même dans tous les référentiels galiléens (c'est un résultat de la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell, interprété bien différemment jusque là avec «l'espace absolu» de Newton et l'éther). Sa conclusion est la relativité restreinte, publiée en 1905.

**II. Dégagez les parties essentielles du texte et intitulez-les.**

**III. Sélectionnez des éléments qui donnent des informations sur le contenu de chacune de ces parties.**

**IV. En vous servant de ces éléments rendez le contenu du texte.**

**V. Trouvez des informations supplémentaires sur le sujet traité dans le texte et préparez une présentation sur la contribution de différents savants à la découverte du principe de la relativité.**

## L e ç o n 1 2

**I. Lisez le texte proposé et rédigez son glossaire terminologique en utilisant les informations de l'Appendice 1.**

### **L'astronomie : de l'Antiquité jusqu'à nos jours**

L'astronomie est la science de l'observation des astres, cherchant à expliquer leur origine, leur évolution, ainsi que leurs propriétés physiques et chimiques. Avec plus de 5 000 ans d'histoire, les origines de l'astronomie remontent au-delà de l'Antiquité dans les pratiques religieuses préhistoriques.

L'astronomie est considérée comme la plus ancienne des sciences. L'archéologie révèle en effet que certaines civilisations disparues de l'Âge du bronze, et peut-être du Néolithique, avaient déjà des connaissances en astronomie. Elles avaient compris le caractère périodique des équinoxes et sans



doute leur relation avec le cycle des saisons, elles savaient également reconnaître certaines constellations. L'astronomie moderne doit son développement à celui des mathématiques depuis l'antiquité grecque et à l'invention d'instruments d'observation à la fin du Moyen Âge. Si l'astronomie s'est pratiquée pendant plusieurs siècles parallèlement à l'astrologie, le siècle des Lumières et la redécouverte de la pensée grecque a vu naître la distinction entre la raison et la foi, si bien que l'astrologie n'est plus pratiquée par les astronomes.

À ses débuts, l'astronomie consiste simplement en l'observation et en la prédiction du mouvement des objets célestes visibles à l'œil nu. Néanmoins nous devons à ces différentes civilisations de nombreux apports et découvertes.

Inutile de préciser que toutes les observations se faisaient à l'œil nu puisque les anciens étaient aidés dans cette tâche par l'absence de pollution industrielle et surtout lumineuse. C'est pour cette raison que la plupart des observations à l'antique seraient impossibles aujourd'hui. Les dessins de la Grotte de Lascaux (la France) sont en étude, on a pensé que les dessins servaient d'emplacements de constellations.

Durant des millénaires, l'astronomie fut couramment associée à l'astrologie, qui en était d'ailleurs souvent le *primum movens*. Le divorce n'interviendra qu'au siècle des Lumières pour se perpétuer de nos jours.

En Mésopotamie, l'astronomie voit apparaître ses premiers fondements mathématiques. Le repérage des trajets des astres errants se fait d'abord sur trois voies parallèles à l'équateur. Puis, après les premières observations systématiques de la fin du II<sup>e</sup> millénaire (vers 1200), les trajets du Soleil et de la Lune sont mieux connus. Vers le VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. apparaît la notion d'écliptique et plus tard encore une première forme de zodiaque à douze parties égales. Vers le milieu du I<sup>er</sup> millénaire on voit ainsi cohabiter un repérage en douze signes très pratiques pour les calculs de position des astres, et un repérage en constellations utilisé pour les interprétations de la divination astrale. On détermine seulement vers ce moment-là les périodes des cycles des planètes, apparaît aussi le découpage en 360° de l'écliptique. L'astronomie mésopotamienne est différenciée en général de l'astronomie grecque par son caractère arithmétique : contrairement à l'astronomie grecque, l'astronomie mésopotamienne est empirique. On ne cherche pas les causes des mouvements, on ne crée donc pas de modèles pour en rendre compte, les phénomènes ne sont pas perçus comme des apparences résultant d'un cosmos représentable géométriquement. Les astronomes mésopotamiens ont cependant le grand mérite d'avoir consigné soigneusement de nombreuses observations dès le VIII<sup>e</sup> siècle au moins. Ces observations seront très utiles aux astronomes grecs.

Les anciens Grecs, avec, entre autres, Ératosthène, Eudoxe de Cnide, Apollonius, et surtout Hipparque et Ptolémée, élaborent progressivement une théorie géocentrique très élaborée. Aristarque de Samos pose quant à lui les bases d'une théorie héliocentrique. En ce qui concerne le Système solaire,

grâce à la théorie des épicycles et à l'élaboration de tables fondées sur cette théorie, il fut possible, dès l'époque alexandrine, de calculer de manière assez précise les mouvements des astres, y compris les éclipses lunaires et solaires.

Concernant l'astronomie stellaire, ils apportent d'importantes contributions, notamment la définition du système de magnitude. Ainsi, l'Almageste de Ptolémée (90–168) contient déjà une liste de quarante-huit constellations et 1 022 étoiles.

Au Moyen Âge, l'astronomie ne peut être étudiée sans l'apport d'autres sciences qui lui sont complémentaires et nécessaires : les mathématiques (géométrie, trigonométrie), ainsi que la philosophie. Elle sert au calcul du temps.

Pendant la Renaissance, Copernic propose un modèle héliocentrique du Système solaire.

Près d'un siècle plus tard, cette idée est défendue, étendue et corrigée par Galilée et Kepler. Galilée imagine une lunette astronomique, en s'inspirant des travaux du hollandais Hans Lippershey (dont la lunette ne grossissait que trois fois et déformait les objets), pour améliorer ses observations. S'appuyant sur des relevés d'observation très précis faits par le grand astronome Tycho Brahe, Kepler est le premier à imaginer un système de lois régissant les détails du mouvement des planètes autour du Soleil, mais n'est pas capable de formuler une théorie allant au-delà de la simple description présentée dans ses lois.

C'est Isaac Newton qui, en décrivant la gravitation par ses lois du mouvement permet finalement de donner une explication théorique au mouvement des planètes. Il invente aussi le télescope réflecteur, qui améliore les observations.

Le passage du modèle géocentrique de Ptolémée au modèle héliocentrique avec Copernic / Galilée / Newton peut être considéré comme une révolution scientifique. On découvre que les étoiles sont des objets très lointains : l'étoile la plus proche du Système solaire, Proxima du Centaure, est à plus de quatre années-lumière.

Avec l'introduction de la spectroscopie, on montre qu'elles sont similaires au soleil, mais dans une grande gamme de température, de masse et de taille. L'existence de notre Galaxie, en tant qu'ensemble distinct d'étoiles, n'est prouvée qu'au début du XX<sup>e</sup> siècle du fait de l'existence d'autres galaxies.

Peu après, on découvre l'expansion de l'univers, conséquence de la loi de Hubble, établissant une relation entre la vitesse d'éloignement des autres galaxies par rapport au Système solaire et leur distance.

La cosmologie fait de grands progrès durant le XX<sup>e</sup> siècle, notamment avec la théorie du Big Bang, largement supportée par l'astronomie et la physique, comme le rayonnement thermique cosmologique (ou rayonnement fossile), et les différentes théories de nucléosynthèse expliquant l'abondance des éléments chimiques et de leurs isotopes.

Dans les dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, l'apparition des radiotélescopes, de la radioastronomie, et des moyens de traitement informatique, autorise de nouveaux types d'expérimentations sur les corps célestes éloignés, par analyses spectroscopique des raies d'émission émises par les atomes et leurs différents isotopes lors des sauts quantiques, et transmis à travers l'espace par les ondes électromagnétiques.

À son début, durant l'Antiquité, l'astronomie consiste principalement en l'astrométrie, c'est-à-dire la mesure de la position dans le ciel des étoiles et des planètes. Plus tard, des travaux de Kepler et de Newton naît la mécanique céleste qui permet la prévision mathématique des mouvements des corps célestes sous l'action de la gravitation, en particulier les objets du Système solaire. La plus grande partie du travail dans ces deux disciplines (l'astrométrie et la mécanique céleste), auparavant effectué à la main, est maintenant fortement automatisée grâce aux ordinateurs et aux capteurs CCD, au point que maintenant elles sont rarement considérées comme des disciplines distinctes. Dorénavant, le mouvement et la position des objets peuvent être rapidement connus, si bien que l'astronomie moderne est beaucoup plus concernée par l'observation et la compréhension de la nature physique des objets célestes.

Depuis le XX<sup>e</sup> siècle, l'astronomie professionnelle a tendance à se séparer en deux disciplines : astronomie d'observation et astrophysique théorique. Bien que la plupart des astronomes utilisent les deux dans leurs recherches, du fait des différents talents nécessaires, les astronomes professionnels tendent à se spécialiser dans l'un ou l'autre de ces domaines. L'astronomie d'observation est concernée principalement par l'acquisition de données, ce qui inclut la construction et la maintenance des instruments et le traitement des résultats. L'astrophysique théorique est principalement concernée par la recherche des implications observationnelles de différents modèles, c'est-à-dire qu'elle cherche à comprendre et à prédire les phénomènes observés.

**II. *Divisez le texte en parties et intitulez-les.***

**III. *Dans chaque partie trouvez les mots et les expressions clés qui donnent des informations sur l'idée principale de chacune d'elles.***

**IV. *Résumez chaque partie du texte.***

**V. *À partir des informations du texte rédigez la note scientifique pour un manuel d'astronomie destiné à l'école secondaire.***

---

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

---

1. Буре, Н. А. Основы научной речи / Н. А. Буре. – М.: Академия, 2003. – 272 с.

2. Ваяхина, А. В. Пособие по развитию навыков чтения на французском языке для самостоятельной работы студентов 1-го курса БГУИР дневной формы обучения / А. В. Ваяхина, И. В. Войтова, Е. И. Лоцицкая. – Минск: БГУИР, 2002. – 86 с.

3. Гальскова, Н. Д. Теория и практика обучения иностранным языкам: Метод. пособие / Н. Д. Гальскова, З. Н. Никитенко. – М.: Айрис-пресс, 2004. – 240 с.

4. Любарт, М. К. Реферирование и аннотирование / М. К. Любарт, Платонова Н.Г. – М.: СГА, 2010. – 125 с.

5. Михеева, Е. В. Информационные технологии в профессиональной деятельности / Е. В. Михеева. – М.: Проспект, 2012. – 448 с.

6. Пассов, Е. И. Коммуникативное иноязычное образование: готовим к диалогу культур / Е. И. Пассов. – Мн.: Лексис, 2003. – 180 с.

7. Платонова, Н. Г., Французский язык. Реферирование и аннотирование / Н. Г. Платонова. – М.: СГА, 2006. – 98 с.

8. Саскевич, А. С. Обучение чтению текстов по специальности на французском языке / А. С. Саскевич, И. Н. Коваленко, Г. О. Петровец. – Белорус. гос. с.-х. акад.; Горки, 2010. – 36 с.

9. Сафонова, В. В. Изучение языков международного общения в контексте диалога культур и цивилизаций / В. В. Сафонова. – Воронеж: Истоки, 1996. – 240 с.

10. Сафонова, В. В. Коммуникативная компетенция: современные подходы к многоуровневому описанию в методических целях / В. В. Сафонова // О чём спорят в языковой педагогике. – М.: Еврошкола, 2004. – 236 с

11. Bartocci, C. La mathématique. Les lieux et les temps / C. Bartocci, P. Odifreddi. – CNRS, 2009. – 325 p.

12. Baudet, J.-C. Histoire des mathématiques / J.-C. Baudet. – Paris, SIREY, 2014. – 412 p.

13. Boudenot, J.-C. Histoire de la physique et des physiciens / J.-C. Boudenot. – Paris: OCTO, 2001. – 366 p.

14. Bressy, G. Management et économie des entreprises / G. Bressy, Ch. Konkuyt. – Paris : SIREY, 2008. – 342 p.

15. Campbell-Kelly, M. Une histoire de l'industrie du logiciel: des réservations aériennes à Sonic le Hérisson / M. Campbell-Kelly. – Paris : Vuibert, 2003. – 386 p.

16. Couchoud, S. Mathématiques Égyptiennes. Recherches sur les connaissances mathématiques de l'Égypte pharaonique / S. Couchoud. – Paris : Le Léopard d'Or, 2004. – 246 p.
17. Diu, B. La Physique mot à mot / B. Diu, B. Leclercq. – Paris : Odile Jacob Sciences, 2005. – 721 p.
18. Djebbar, A. La phase arabe de l'algèbre (IX<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> S.) / A. Djebbar. – Genève: Université de Genève, 2012. – 58 p.
19. Le Roux, R. La cybernétique : Information et régulation dans le vivant et la machine / R. Le Roux, R. Vallée, N. Vallée-Lévi. – Paris : Seuil, 2014. – 258 p.
20. Miquel, Cl. Vocabulaire progressif du français avec 250 exercices. Niveau avancé / Cl. Miquel. – Paris: CLE International, 2001. – 186 p.
21. Mounier-Kuhn, P. L'informatique en France, de la seconde guerre mondiale au Plan Calcul: L'émergence d'une science / P. Mounier-Kuhn. – Paris : PUPS, 2010. – 315 p.
22. Patras, F. La Pensée mathématique contemporaine / F. Patras. – Paris : P.U.F., 2002. – 293 p.
23. Pezziardi, P. Une politique pour le système d'information / P. Pezziardi. – Paris : OCTO, 2006. – 198 p.
24. Rashed, R. D'Al-Khwarizmi à Descartes. Études sur l'histoire des mathématiques classiques / R. Rashed. – Paris : Hermann, 2011. – 310 p.
25. Rosmorduc, J. Les révolutions de l'optique et l'œuvre de Fresnel / J. Rosmorduc, V. Rosmorduc, F. Dutour. – Paris : Vuibert-Adapt, 2004. – 168 p.
26. Volle, M. De l'Informatique: savoir vivre avec l'automate / M. Volle. – Paris: Economica, 2006. – 268 p.
27. Nazé, Y. L'astronomie au féminin / Y. Nazé. – Paris : Vuibert-Adapt, 2006. – 218 p.
28. Nazé, Y. Histoire du télescope, la contemplation de l'univers des premiers instruments aux actuelles machines célestes / Y. Nazé. – Paris : Vuibert, 2009. – 150 p.

---

---

# APPENDICE

---

---

## Appendice 1

### Как составить глоссарий

**Глоссарий – толковый словарь понятий и терминов, употребляемых в изучаемой дисциплине или разделе.**

Для составления глоссария по заданной теме можно брать информацию из разных источников (Интернет, энциклопедии, практические пособия, учебная литература), необходимо изучить ее и составить в печатном варианте. Глоссарий составляется индивидуально.

Общие требования:

1. Глоссарий состоит из слов, соответствующих тематике текста.

2. Используемые слова должны быть именами существительными единственного числа.

3. В толковании не допускаются аббревиатуры, сокращения.

Составление толкований слов:

1. Они должны быть строго лаконичными. Не следует делать их пространными, излишне исчерпывающими, многословными, несущими избыточную информацию.

2. Старайтесь подать слово со стороны, наиболее соответствующей тематике текста.

Планирование деятельности по составлению глоссария:

1. Определить, по какой теме составляется глоссарий.

2. Просмотреть и изучить лексико-грамматический материал текста.

3. Составить список слов.

4. Подобрать толкование слов в Интернете.

6. Проверить орфографию и обозначения (часть речи, род, число).

7. Оформить готовый глоссарий.

8. Продумать обоснование и защиту проекта-глоссария.

Пример составления глоссария:

***Algèbre (n, f) – алгебра(мат.) – branche des mathématiques qui, dans sa partie classique, se consacre à la résolution par des formules explicites des équations algébriques et, dans sa partie moderne, étudie des structures (groupes, anneaux, corps, idéaux) et se prolonge par les algèbres linéaire et multilinéaire et par l’algèbre topologique.***

***Ordinateur (n, m) – компьютер (инф.) – machine automatique de traitement de l’information, obéissant à des programmes formés par des suites d’opérations arithmétiques et logiques.***

# Appendice 2

## Как написать аннотацию

**Аннотация (от лат. *annotatio* – замечание) – краткое содержание книги, рукописи, монографии, статьи или другого издания, а также его краткая характеристика.**

Аннотации по содержанию и целевому назначению могут быть справочными, описательными, реферативными, рекомендательными и критическими.

**Справочные аннотации** состоят из двух частей: вводной, включающей название работы на иностранном языке, перевод названия, выходные данные источника (книги, журнала и т.д.), количество страниц, таблиц, рисунков, библиографии; описательной, включающей сведения относительно назначения оригинала и его новизны.

**Описательная аннотация** состоит из трех частей: вводной (аналогично вводной части справочной аннотации); описательной, которая включает перечень наиболее важных положений по содержанию работы; заключительной, содержащей один основной вывод, сделанный на основе выводов автора или указания на один какой-то вопрос, которому в работе уделяется особое внимание. Описательные аннотации представляют собой описание материала (т.е. выходные данные и тема), но содержание не раскрывается. Для того чтобы достигнуть максимальной сжатости материала, достаточно взять основные положения плана статьи и свести их к минимальному количеству пунктов путем обобщения.

**Реферативная аннотация** строится по следующей схеме: вводная часть называет проблему; описательная часть включает перечень основных наиболее существенных положений статьи; заключительная часть либо содержит один общий вывод относительно эффективности результатов исследования, либо указывает сферу применения данного исследования. Реферативная аннотация представляет собой очень краткие выжимки из текста оригинала. Они составляются на чисто научные статьи и тексты. В реферативной аннотации помимо прочих рубрик дается предельно сжатое и обобщенное содержание источника. Характер изложения в аннотации данного типа отличается от характера изложения в описательной тем, что вместо назывных предложений, из которых состоит описательная аннотация, реферативная аннотация является связным текстом, в котором в предельно сжатом виде передаются выводы по каждому из затронутых в источнике вопросов или по материалу в целом.

**Рекомендательные и критические аннотации** по структуре напоминают справочные и имеют две части: *вводную* и *описательную*, содержащую у рекомендательных аннотаций перечень преимуществ и положительных сторон, а у критических – перечень недостатков и отрицательных сторон. По охвату содержания аннотируемого документа, а также читательскому назначению различают аннотации общие, характеризующие документ в целом и рассчитанные на широкий круг читателей, и специализированные, раскрывающие документы лишь в определенных аспектах, интересующих узкого специалиста.

В практике обучения смысловой компрессии оригинального текста определен средний размер аннотации в 30–40 слов (3–4 предложения). *Описательная аннотация* включает от 3 до 10 предложений (от 60 до 200 слов). *Аннотация, суммирующая тематическое содержание текста*, может быть предельно краткой и состоять из 1-2 предложений.

Требования, предъявляемые к составлению аннотации, включают следующее:

1. Лаконичность, т.е. простота и ясность языка текста аннотации, которая выражается в использовании простых предложений и простых временных форм в активе и пассиве, в замене сложных синтаксических конструкций простыми и т.д.

2. Логическая структура аннотации выражается в четком делении ее текста на три составные части.

3. Соответствие форм аннотации, т.е. в тексте аннотации обязательно вводятся безличные конструкции и клише (например: *dans ce texte il s'agit...*, *dans le texte il est question de...*, *le texte concerne...*, *le texte porte sur...* и т.д.), с помощью которых происходит введение и описание текста оригинала.

4. Учет видов научной тематики, которая прежде всего заключена в заглавии научной публикации, и ее отражение в вводной части аннотации.

5. Точность понимания заглавия оригинала, отдельных формулировок и определений.

6. Использование общепринятых сокращений, слов и т.д.

7. Единство терминов и обозначений.

При составлении аннотаций студентами необходимо обратить внимание на тот факт, что в аннотации указываются лишь существенные признаки содержания документа, т.е. те, которые позволяют выявить его научное и практическое значение и новизну, отличить его от других, близких к нему по тематике и целевому назначению.

Как описательные, так и реферативные аннотации имеют следующую структуру:



1. Предметная рубрика, где называется область и раздел знаний, к которому относится аннотируемый источник.

2. Тема. Не всегда заголовок определяет основное содержание источника. В этом случае тема формулируется самими студентами.

3. Выходные данные источника (если указаны).

4. Сжатая характеристика материала. Здесь последовательно перечисляются все затронутые в тексте вопросы.

5. Критическая оценка текста или статьи. Данная рубрика может содержаться в каждой аннотации, ее наличие является желательным. Обычно референт излагает свою точку зрения на актуальность материала, указывает, на кого рассчитан данный материал, какой круг читателей он может заинтересовать.

На основе практики обучения смысловому свертыванию текста на иностранном языке в неязыковом вузе можно предложить следующий алгоритм составления аннотации:

1. Ознакомьтесь с аннотируемым текстом. Определите отличительные особенности текста. Выделите заглавие и представьте текст, используя следующие клише: *le titre du texte est...*, *le texte porte le titre...*, *le texte a pour titre...*, *le texte est intitulé...*

2. Далее укажите сведения об авторе и источник, из которого взят текст (если таковые имеются). Для этого можно использовать следующие выражения: *le texte est publié dans ...*, *le texte est tiré de...*, *le texte est (un) extrait de...*

3. Определите смысловые блоки и элементы текста. Выделите основную идею текста. Сформулируйте ее кратко, своими словами передавая суть поставленной проблемы, используя выражения: *dans le texte il s'agit de...*, *dans le texte il est question de...*, *le texte concerne...*, *le texte porte sur...*, *le texte traite de...*, *le texte est consacré à...*, *le texte (l'auteur) informe sur...*, *le texte (l'auteur) parle de...*, *le texte (l'auteur) dit que...*, *le texte (l'auteur) fait part de...*, *le texte fait savoir que...*

4. Кратко изложите основные постулаты текста, используя такие союзы и выражения, как: *d'abord, pour commencer, ensuite, puis, enfin...* Проанализируйте убедительные доводы автора, используемые приемы для решения проблемы и оцените их с помощью следующих словосочетаний: *l'auteur affirme que...*, *l'auteur pense qu ...*, *l'auteur croit que...*, *l'auteur insiste sur...*, *l'auteur souligne (que)...*, *l'auteur (on) estime que...*

5. Сделайте вывод о том, кого может заинтересовать данный текст, сформулируйте свое мнение по проблеме, предложенной в тексте, используя устойчивые словосочетания: *en conclusion...*, *il faut souligner (que)...*, *il est à noter que...*, *l'intérêt particulier du texte consiste en...*, *le texte*

*est particulièrement intéressant parce que..., le texte pousse à réfléchir sur..., le texte est destiné à..., le texte s'adresse à..., le texte est (peut être) intéressant à...* При этом сохраняйте нейтральность изложения.

### **Пример аннотации:**

#### **Robots et travail**

L'industrie du futur dévoilera un monde du travail différent. Et dans ce nouveau monde, les usines intelligentes fonctionneront grâce à l'autonomisation des machines. La plupart des inquiétudes au sujet des robots se sont axées sur les pertes d'emplois dans les économies développées.

Les robots ont fait leur apparition dans l'industrie, à l'origine dans le secteur automobile, dans les années 1960. Pendant des décennies, les robots industriels étaient volumineux, onéreux, actionnés à partir de postes statiques à l'intérieur de l'atelier, et exécutaient un nombre réduit de tâches répétitives, parfois dangereuses, telles que le soudage et l'usinage.

Avec les progrès des technologies, numériques et autres, une deuxième génération de robots a pu naître. Moins volumineux et onéreux, plus autonomes, flexibles et coopératifs, ils sont programmables et peuvent être utilisés par des travailleurs sans qualifications particulières. Les robots peuvent jouer, aussi, des rôles nouveaux dans les services, santé (opérations chirurgicales), éducation, formations, informations commerciales, services aux personnes âgées.

Des robots plus intelligents et autonomes pourront voir le jour grâce, notamment, aux améliorations qui s'opèrent actuellement dans un certain nombre de domaines, performances de calcul, outils de conception électromécanique et machines à commande numérique, stockage de l'énergie électrique et efficacité énergétique de l'électronique de puissance, disponibilité et performances des communications numériques (sans fil) locales, échelle et performances de l'Internet et capacités de stockage de données et leur puissance de calcul.

Des défis subsistent, bien évidemment, en particulier dans les domaines de la perception, la reconnaissance d'objets spécifiques dans les environnements encombrés, de la manipulation et de la cognition.

Dans le domaine commercial, industriel, outre l'amélioration de la fiabilité des processus, les robots permettent d'ores et déjà de réduire les délais de fabrication des produits finis et, donc, de gagner en réactivité face aux variations de la demande de détail.

D'après [theconversation.com/technologie-numerique-robotique-pour...](http://theconversation.com/technologie-numerique-robotique-pour...)

## **Annotation**

Le texte a pour titre «Robots et travail». Ce texte est tiré du site d'Internet *theconversation.com/technologie-numerique-robotique-pour...*. Dans le texte il est question de l'application des robots dans de différents domaines de la vie quotidienne, des services, du commerce, de la santé, de l'éducation et de l'industrie.

D'abord on dit que les premiers robots ont apparu dans l'industrie automobile, dans les années 1960. Ils étaient volumineux, onéreux, actionnés à partir de postes statiques à l'intérieur de l'atelier, et exécutaient un nombre réduit de tâches répétitives. Avec les progrès des technologies, numériques et autres, une deuxième génération de robots a pu naître. Ceux-ci étaient moins volumineux, plus autonomes, flexibles et coopératifs.

Ensuite on estime que les robots du futur encore plus intelligents et autonomes pourront voir le jour grâce aux améliorations qui s'opèrent actuellement dans un certain nombre de domaines de la science et des technologies.

En conclusion, on souligne qu'il existe toujours des inquiétudes au sujet des robots. Elles se sont axées sur les pertes d'emplois dans les économies développées, parce que les robots programmables d'aujourd'hui peuvent être utilisés par des travailleurs sans qualifications particulières.

# C o n t e n u

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	1
MATHÉMATIQUES .....	5
Leçon 1 .....	5
Leçon 2 .....	16
Leçon 3 .....	26
Leçon 4 .....	35
RÉVISION (LEÇONS 1–4) .....	44
Test № 1.....	44
Test № 2.....	46
TECHNOLOGIES D’INFORMATION.....	49
Leçon 5 .....	49
Leçon 6 .....	59
Leçon 7 .....	70
Leçon 8 .....	81
RÉVISION (LEÇONS 5–8) .....	93
Test № 1.....	93
Test № 2.....	95
PHYSIQUE .....	98
Leçon 9 .....	98
Leçon 10 .....	108
Leçon 11 .....	118
Leçon 12 .....	128
RÉVISION (LEÇONS 9–12) .....	140
Test № 1.....	140
Test № 2.....	142
TEXTES SUPPLÉMENTAIRES .....	145
MATHÉMATIQUES .....	145
Leçon 1 .....	145
Leçon 2 .....	149

Leçon 3 .....	153
Leçon 4 .....	156
<b>TECHNOLOGIES D'INFORMATION .....</b>	<b>159</b>
Leçon 5 .....	159
Leçon 6 .....	162
Leçon 7 .....	167
Leçon 8 .....	170
<b>PHYSIQUE .....</b>	<b>174</b>
Leçon 9 .....	174
Leçon 10 .....	177
Leçon 11 .....	181
Leçon 12 .....	184
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>188</b>
<b>APPENDICE .....</b>	<b>190</b>

Учебное издание

**Левонюк** Лилия Евгеньевна

# **ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК**

## **Le Français**

Учебное пособие

Формирование оригинал-макета *Н. П. Засуевич*  
Дизайн обложки *Н. П. Засуевич*

Подписано в печать 30.10.2019. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 14,00.  
Тираж 200 экз. Заказ 379.

Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь».  
Свидетельства о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.  
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.