

Maéva AMARGER
Théodora FISCHKANDL
Clara MICHEL

1^{ère} S5

TRAVAUX PERSONNELS ENCADRES

L'INFLUENCE DES SCIENCES DE LA CHINE ANCIENNE SUR L'OCCIDENT

Les Sciences de la Chine Ancienne :
comment et pourquoi nous sont-elles
parvenues et qu'en a-t-on fait ?

Professeurs référents : Madame SCHINDELE et Monsieur MEYER

Lycée Kléber - Strasbourg

Année scolaire 2008 -2009

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I./ Découvertes de la Chine Ancienne	3
1) La poudre:	3
→ Généralités :	3
a.) Contexte historique et culturel de la découverte	6
b.) Opposition avec l'Occident	8
c.) Evolution et utilisation en Chine	9
2) Les Neuf Chapitres :	14
→ Généralités :	14
a.) Contexte historique et culturel	15
b.) Opposition avec l'Occident	16
c.) Évolution et utilisation en Chine	18
II./ ... et leur influence sur l'Occident	19
1) Comment, pourquoi cela nous est-il parvenu?	19
a.) La poudre	19
b.) Les Neuf Chapitres	20
2) Le devenir de la découverte	20
a.) Évolution et utilisation par l'Occident	20
▪ La poudre	20
▪ Les Neuf Chapitres	28
b.) Conséquences au niveau historique et culturel en Occident	28
▪ La poudre	28
▪ Les Neuf Chapitres	30
CONCLUSION	31
SOURCES DOCUMENTAIRES	32
Annexes	36
Liste des dynasties chinoises	36
Biographie de Joseph Needham	38
Biographie de Karine Chemla	40
Le Taoïsme	41

INTRODUCTION

La civilisation chinoise est, avec la civilisation indienne et la civilisation sémito-européenne, l'une des plus anciennes civilisations au monde, et possède un prestigieux patrimoine culturel. Depuis des milliers d'années, elle est à l'origine de nombreuses inventions dans le domaine scientifique. Or peu de gens sont conscients de sa contribution à l'Histoire et à la construction de la science. En effet, entre le II^{ème} siècle avant notre ère et le XV^{ème} siècle, période que nous appellerons arbitrairement Chine Ancienne, les Chinois furent bien en avance sur l'Europe au niveau des sciences et techniques. Ce n'est qu'avec la Renaissance et la révolution scientifique qu'elle engendra que celle-ci pris enfin la tête. Cependant, même avant cette époque, l'Occident avait été profondément marqué par des découvertes et inventions provenant de la Chine. Ainsi l'arrivée en Occident du papier et de l'imprimerie, de la boussole, l'horlogerie mécanique, du triangle de Pascal mais aussi des étriers et du harnais adapté au cheval, eut pour effet un développement des techniques, mais ébranla également la société. Comment ces découvertes nous sont elles parvenues, et qu'en a-t-on fait ? Nous essayerons d'apporter des éléments de réponse à cette question en comparant deux exemples représentatifs, la poudre noire et, à travers l'ouvrage mathématique des Neuf Chapitres, la pensée mathématique chinoise.

I./ Découvertes de la Chine Ancienne ...

1) La poudre:

→ Généralités :

La poudre noire ou poudre à canon, est un **explosif** ; c'est-à-dire un mélange qui, en un temps extrêmement court, libère son énergie chimique sous forme de chaleur, élevant ainsi à haute pression et à haute température les gaz produits dans la réaction. L'effet d'un explosif n'est pas uniquement dû aux gaz libérés, la chaleur joue également un rôle important. Il existe d'une façon générale deux types d'explosions : **la détonation**, qui se déplace à la vitesse de plusieurs kilomètres par seconde et concerne les explosifs brisants qui n'apparaîtront qu'au XVII^{ème} siècle (une poudre de ce type produit brusquement 3000 fois son volume antérieur sous forme gazeuse et atteint des températures de l'ordre de 3880°C); et **la déflagration** dont la vitesse s'exprime en mètres par seconde. Cette dernière concerne le domaine des explosifs balistiques dont fait partie la poudre à canon.

De plus, la poudre noire est le premier explosif découvert par l'homme, ce qui rend son invention particulièrement originale. En effet, si l'on s'intéresse à l'ensemble des données qui caractérisent une réaction chimique, l'une des plus importantes concerne sa vitesse. Lorsque l'on laisse du beurre à l'air libre ou lorsqu'on allume une flaque d'essence, il se produit dans les deux cas une **réaction d'oxydoréduction**, que le beurre devienne rance ou que la flaque brûle. Cependant, la vitesse de ces deux exemples de réactions diffère. Ainsi lors d'une combustion vive, comme un incendie de forêt, l'intensité du feu n'est généralement pas dû à des capacités chimiques mais à des phénomènes physiques liés au départ des produits incombustibles (eau, gaz carbonique...) de la zone de réaction et à l'arrivée de l'oxygène. En effet, lorsque le vent facilite et augmente ces transferts de matière, le feu peut devenir incontrôlable. Au contraire, un début d'incendie peut facilement être étouffé sous une couverture car sans apport d'oxygène, la combustion est condamnée à s'arrêter. C'est là que se

situe l'ingéniosité des inventeurs de la poudre noire : ils ont eu l'idée de s'affranchir de l'arrivée d'air en **apportant artificiellement l'oxygène** directement au sein de la substance combustible, ouvrant ainsi la voie vers les explosifs.

La poudre noire est un mélange de deux éléments très **combustibles** et d'un corps **oxydant** ; soit traditionnellement d'un mélange de **soufre**, de **charbon** et de **salpêtre** :

Le salpêtre (ou sel de pierre), qui possède la propriété remarquable d'entretenir et d'activer les combustions, est un mélange de nitrates contenant principalement du nitrate de potassium (KNO_3) mais aussi de nitrate de calcium, de magnésium et de sodium. Ce sont des matières animales ou végétales qui se décomposent et qui sont mêlées à une substance terreuse produisant spontanément un "sel" oxydant. Le salpêtre est le résultat d'un développement de bactéries donnant une couche pulvérulente blanchâtre sur les vieux murs humides. Il est nommé de diverses manières (salpêtre fumigène ou inflammable, salpêtre terreux, salpêtre amer) selon son origine.

Ce produit contient naturellement beaucoup d'oxygène. Contrairement à un combustible ordinaire qui brûle en s'oxydant, c'est à dire en empruntant l'oxygène de l'air, la poudre noire utilise l'oxygène immédiatement disponible du salpêtre. C'est la proportion plus ou moins grande de salpêtre qui crée la force déflagrante. Il faut atteindre la proportion de 75% pour dépasser le stade de la simple explosion: on en est à la détonation.



Le charbon provient du bois d'arbres tels que le peuplier, l'aulne ou le tilleul et, par distillation à $3\ 500^\circ\text{C}$, on obtient du charbon noir (servant à la fabrication de la poudre de guerre), tandis que la distillation à 300°C donne du charbon roux, servant quant à elle à la fabrication de poudre de chasse.

C'est une matière qui depuis la préhistoire est très utilisée comme combustible. Sa fabrication remonte naturellement à bien plus loin que celle du soufre et du salpêtre.



Le soufre est un produit minéral, connu sous la forme de cristaux jaunes, et très courant dans les régions volcaniques, mais est cependant plus exploité sous sa forme sédimentaire.

On sait qu'au XI^{ème} siècle la méthode employée pour obtenir du soufre pur consistait à faire cuire de la pyrite de fer appelé « ***l'or des fous*** ». On récoltait le soufre sous forme de vapeur ; le sulfure se transformant en oxyde, il se solidifiait et cristallisait.

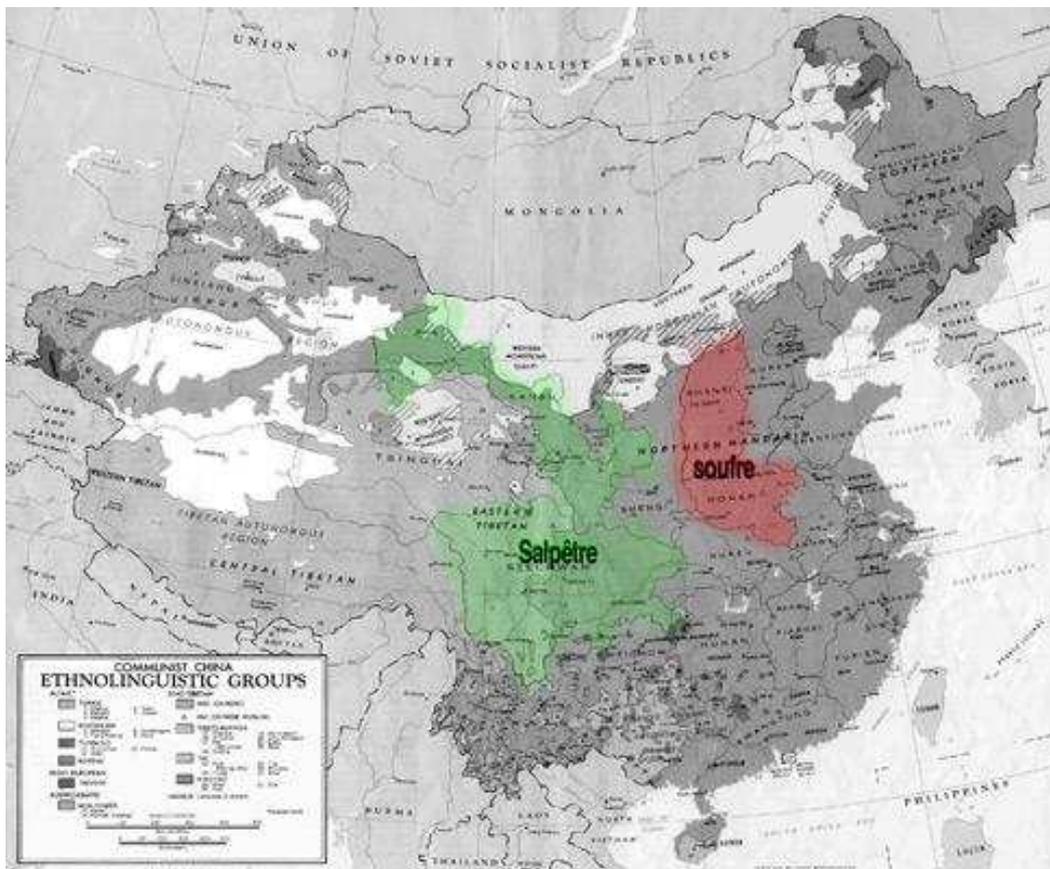
C'est lui qui abaisse la température d'inflammation à 250°C et qui, une fois la combustion lancée, élève la température jusqu'au point de fusion du salpêtre (335°C). Il aide aussi à accélérer la combustion, mais l'élément explosif du mélange reste le salpêtre, qui brûle vivement même s'il est seul.



a.) Contexte historique et culturel de la découverte

En effet, c'est en Chine qu'est apparu le premier explosif chimique fait par l'Homme. Les origines de cette découverte majeure remonteraient à l'antiquité. Au VII^{ème} siècle avant notre ère, les Chinois se livraient déjà à des rites, comme « l'enfumage » des éléments indésirables. Brûler de l'encens n'était qu'une partie d'une coutume plus large, la **fumigation** (xun). Ces pratiques étaient utilisées pour des raisons hygiéniques et insecticides. Les lettrés chinois avaient également l'habitude de faire des fumigations dans leurs bibliothèques afin de réduire les dégâts causés par les vers. De plus, les Chinois se servaient également de la fumée en temps de guerre. Au IV^{ème} siècle av. J.-C., ils avaient recours lors des sièges à des fumées toxiques et des écrans de fumée, obtenus grâce à des pompes et des fourneaux. Ils utilisaient pour ce fait de la moutarde et d'autres plantes séchées contenant des huiles volatiles irritantes. En conséquence, la fumée, et donc le phénomène de combustion, faisaient déjà bien partie de la culture chinoise.

Par ailleurs, à cette époque, les Chinois étaient déjà au courant de l'existence des minéraux déflagrants : salpêtre (xiaoshi), soufre, et charbon de bois. De nombreux ouvrages les citèrent comme au VI^{ème} siècle av. J.-C., avec Ji Ran qui écrivait que *"le soufre était produit dans le centre de Shaanxi et le salpêtre dans la région du Gansu"*. Ces combustibles seront pris en compte dans la composition de la poudre de la Chine médiévale. Le salpêtre abonde en Chine, certains sols se couvrant régulièrement d'efflorescences blanches qu'il suffit de balayer pour en effectuer la récolte. Les Chinois différenciaient le salpêtre des autres sels minéraux car il dissout la pierre et brûle avec une flamme violette. Dès le II^{ème} siècle avant notre ère, sous la dynastie des Han de l'Ouest, de riches mines de soufre furent construites dans la province du Hunan, et plus tard dans celle du Shanxi, du Henan et d'autres régions encore. Le salpêtre était produit dans les provinces du Sichuan et du Gansu.



A cette époque, ces deux produits minéraux ne servaient pas encore à la fabrication d'explosif, mais étaient considérés comme deux produits médicaux très importants. Ils étaient en effet répertoriés dans le Compendium de Pharmacopée de Shen Nong, publié sous les Han de l'Ouest qui citait les 365 médicaments les plus importants à cette époque. Bien plus tard, sous la dynastie des Ming, la poudre elle-même servira de médicament afin de traiter la gale, les rhumatismes, les maladies infectieuses et parasitaires. Elle aussi fut citée dans des ouvrages comme le Bencao Gangmu (traité de Botanique et de Pharmacopée). Cela peut expliquer le nom chinois de la poudre, huoyao (火药), qui signifie « **drogue de feu** ». Mais avant la découverte de la poudre noire en tant que telle, ses composants étaient aussi individuellement utilisés dans des buts **chimiques**. C'est le cas du **salpêtre** employé dès le IV^{ème} siècle av. J.-C. comme solvant capable de **liquéfier les minerais** et de dissoudre tous les métaux mais aussi des produits minéraux généralement insolubles, comme le cinabre ou le quartz. Ainsi on chauffait un morceau de quartz blanc, puis déposait sur lui une goutte de salpêtre qui s'y enfonçait immédiatement. Le nom de "**solvant de pierres**" date de cette époque alors que nous les premiers textes retrouvés qui signalent ces usages ne datent que du II^e siècle av. J.-C. On arrive à l'extraire sous forme pure à partir du III^e siècle ap. J.-C. Le salpêtre extrait pur doit être lavé dans de l'eau pure avant toute addition d'autres éléments. Alors que le **soufre** est mentionné dans le classique chinois du II^{ème} siècle ap. J.-C. *Shenmong bencao jing*, ce n'est qu'à partir XI^{ème} siècle que les Chinois eurent les moyens d'extraire le soufre sous forme pur. De plus, l'invention de la poudre est fortement liée à **l'essor de l'alchimie**. En effet, sous la dynastie des Shang, on assiste à un développement relativement rapide de la sidérurgie, la technique de fonte du fer étant une tradition millénaire en Chine. Au cours du temps, les forgerons chinois accumulèrent une riche expérience dans le domaine de la sidérurgie, mais aussi de l'exploitation des mines et de la chimie minérale. Jusqu'à l'époque des Han de l'Ouest, les alchimistes s'efforcèrent d'obtenir artificiellement de l'or et de l'argent, ou encore de fabriquer des remèdes d'immortalité comme « l'élixir de vie » ou la fameuse « pierre philosophale ». Pour cela, ils se livrèrent à toutes sortes de transformations chimiques et métallurgiques. Ces recherches irrationnelles intéressèrent pourtant nombre de souverains et de hauts fonctionnaires, qui rassemblèrent les alchimistes et leur demandèrent de fabriquer « l'élixir de vie ». Si, bien sûr, celui-ci ne vit jamais le jour, ces recherches permirent aux alchimistes d'acquérir de grandes connaissances au niveau de la sidérurgie et de la chimie, ce qui rend l'invention et le développement de la poudre indissociable des progrès de l'alchimie. Celle-ci, déjà présente à l'époque des Royaumes des Combattants, se développa sous les dynasties des Qin et des Han, pour atteindre son apogée à l'époque des Wei et des Jin, et sous les Dynasties du Sud et du Nord. C'est au cours de leurs expériences que les alchimistes découvrirent les propriétés combustibles du soufre, agent actif aux réactions imprévisibles. Les alchimistes connaissant les propriétés du salpêtre, du soufre et du carbone (sous forme de charbon de bois) qu'ils manipulaient constamment, il parut inévitable qu'ils viennent à mélanger les trois. Nous possédons des preuves de l'utilisation du soufre et du salpêtre dans des mélanges cherchant à recréer l'or de façon artificielle. En effet le célèbre alchimiste **Ge Hong** donna vers 300 ap. J.-C. une recette dans laquelle une demi-livre de soufre était mélangée à une livre de salpêtre, une de mica, une d'hématite, une d'argile, etc. D'après lui, en chauffant le tout, on pouvait obtenir une poudre de couleur pourpre qui était capable de transformer le plomb fondu en or, ou quelque chose d'équivalent. Ceci s'avère évidemment être qu'un semblant d'or car comme nous le savons grâce à Antoine Lavoisier « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* »; mais ceci ne sera connu qu'au XVIII^{ème} siècle et dans le milieu scientifique occidental.

Ge hong a également donné une formule pour obtenir l'arsenic sous forme métallique, élément apprivoisé bien des siècles avant l'Europe. Cela devenait presque de la poudre noire. Le chercheur britannique Joseph Needham (v. Annexes) croyait en effet que ces ajouts primitifs d'arsenic dans la poudre pourrait expliquer son incorporation, plusieurs siècles plus tard, dans les bombes afin d'ajouter un poison destructeur à l'explosion.



Ge Hong (葛洪) 283-343, nom public: Zhichuan, surnom: Baopu Zi.

Pourtant il faudra attendre 350 années pour que des ouvrages parlent à nouveau de la composition de la poudre. En 650, dans l'ouvrage « *Méthodes des différentes écoles pour obtenir des élixirs* » est cité **Sun Simo** qui fabriquait des produits inflammables contenant du soufre et du salpêtre. 150 ans plus tard, ce genre de mélanges devient fréquent. **Zhao Naian, vers 808**, mentionne une « *méthode pour traiter l'alun par le feu* ». C'est dans sa compilation « *Trésor des métaux et des simples* » qu'il explique qu'un mélange qui s'enflamme et brûle brusquement sans réellement exploser, contient alors deux onces de soufre, deux de salpêtre et un tiers d'once d'aristoloche (herbe que l'on sèche qui contient une quantité conséquente de carbone).

Les sinologues choisissent donc **850 ap. J.-C.** comme date approximative de l'invention de la poudre noire. C'est l'aboutissement de cinq siècles et demi de recherches de divers mélanges inflammables; ceux jugés trop dangereux furent évités pour finalement aboutir à une formule qui peut alors vraiment être considéré comme de la poudre noire. Les Chinois l'appellent « **produit chimique du feu** » et est pour la première fois cité dans l'ouvrage taoïste « *l'Abrégé du Duo de la véritable origine de tous les êtres* » de Zheng Yin.

b.) Opposition avec l'Occident

On peut cependant observer un certain nombre de similitudes entre la situation en Chine et la situation en occident. En effet, on retrouve plusieurs facteurs.

En occident comme en Chine, le bois, de l'antiquité jusqu'au-delà du Moyen-âge, était le matériau principal des constructions, travaux défensifs et des navires. Ce choix, bien que techniquement et économiquement justifié, présente pourtant un inconvénient de taille : les incendies étaient fréquents et souvent dévastateurs. Les militaires, sans pour autant faire preuve d'une grande imagination, se sont évertués à tirer profit de ce point faible. Ainsi, depuis toujours, ils ont cherché des moyens de **mettre le feu chez l'ennemi**. Tous les combustibles furent utilisés à cette fin, les plus recherchés étant les liquides gras, comme huile, la poix, les

résines et le naphte (pétrole s'écoulant naturellement du sol), s'accrochent aux structures et sont impossibles à ramasser.

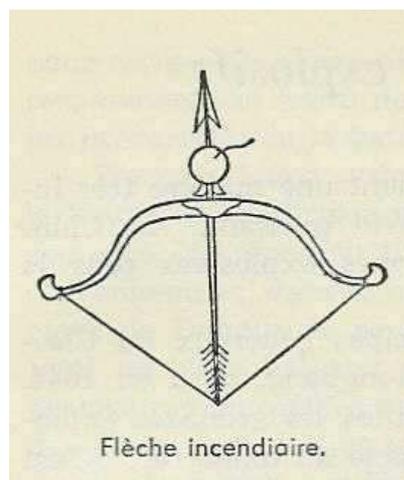
De plus, la Chine n'est pas le seul berceau de l'alchimie. En effet, l'**alchimie occidentale** trouverait son origine à Alexandrie, dans l'Égypte gréco-romaine. On l'appelle alors « art sacré » ou « art hermétique », du nom d'Hermès Trismégiste, son fondateur mythique. Elle fut reprise par les Arabes, qui traduisirent de nombreux ouvrages, les commentèrent et développèrent les sciences pendant de nombreux siècles. Des savants célèbres comme Geber ou Avicenne firent d'importantes découvertes, notamment dans le domaine de la chimie. L'alchimie arrive en Europe au Moyen-âge avec la **traduction de textes arabes**. Cependant, les alchimistes de l'Occident chrétien firent peu de découvertes importantes. On peut tout de même mentionner des noms comme **Albertus Magnus** (Albert le Grand), qui isola pour la première fois l'arsenic, ou le moine anglais **Roger Bacon**, dit le « Docteur admirable », à qui l'on attribue parfois, bien sûr à tort, l'invention de la poudre à canon.

Mais si l'alchimie était aussi présente en Occident, pourquoi la découverte de la poudre s'est-elle produite uniquement en Chine ? L'importance du **salpêtre** pourrait expliquer en partie l'avance de la Chine. En effet, il est probable que l'abondance de celui-ci sur le territoire chinois ait favorisé l'invention de la poudre, tandis que dans d'autres régions telles que l'Europe, la rareté du salpêtre a sans doute dû restreindre les chances de découverte.

c.) Evolution et utilisation en Chine

Les dernières années de la dynastie des Tang furent une période de grands troubles en Chine. Commencèrent alors des guerres incessantes et l'élaboration de pleins de **nouveaux moyens guerriers**.

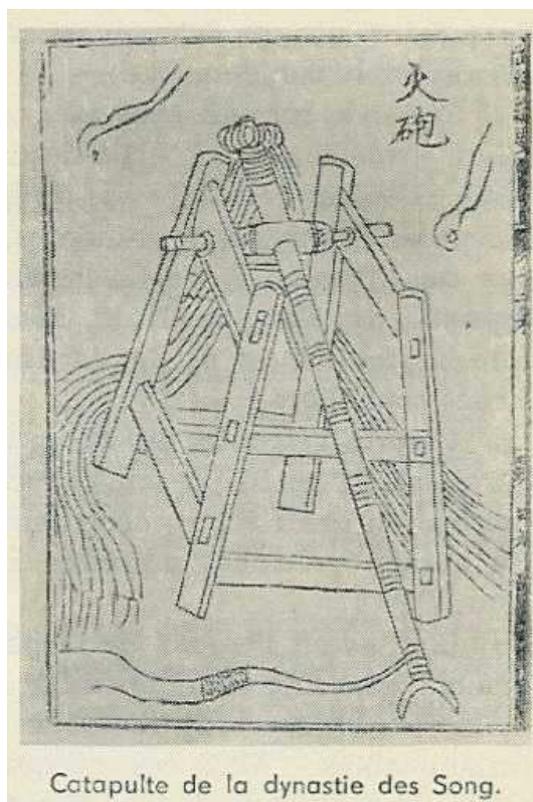
Les premiers dispositifs militaires liés à la découverte de la poudre noire furent des **flèches incendiaires**. La poudre est contenue dans un petit sachet fixé à l'extrémité de la flèche et mis à feu avant le tir, le mélange étant trop pauvre en salpêtre pour être explosif. Ces flèches sont employées au siège de Zitong **en 994**.



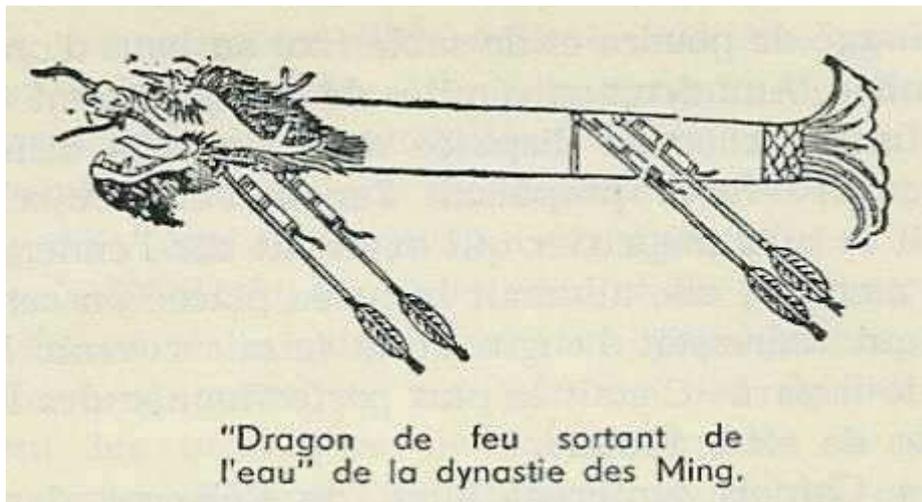
Vers 1040, Zeng Gongliang publia dans *Les Grandes techniques militaires* la première véritable formule de la poudre. La teneur en salpêtre augmente, pour atteindre petit à petit la proportion de la poudre "moderne" qui est de **75%**.

C'est dans ces années là que de véritables **bombes** apparaissent. Dans une enveloppe de bambou ou de papier, la poudre est mélangée de tessons de porcelaine. Après avoir allumé une

mèche lente imprégnée de poudre fusante, on la lance à l'aide d'une **catapulte** ou d'un trébuchet. L'effet reste encore psychologique et pas assez destructeur. Le bruit est utilisé couramment à l'époque pour faire fuir les ennemis. **En 1221**, les forces Song du Sud font usage contre les Jin de **la bombe « éclat du tonnerre »** qui renferme dans une enveloppe en fonte un explosif détonnant à 75% de salpêtre.

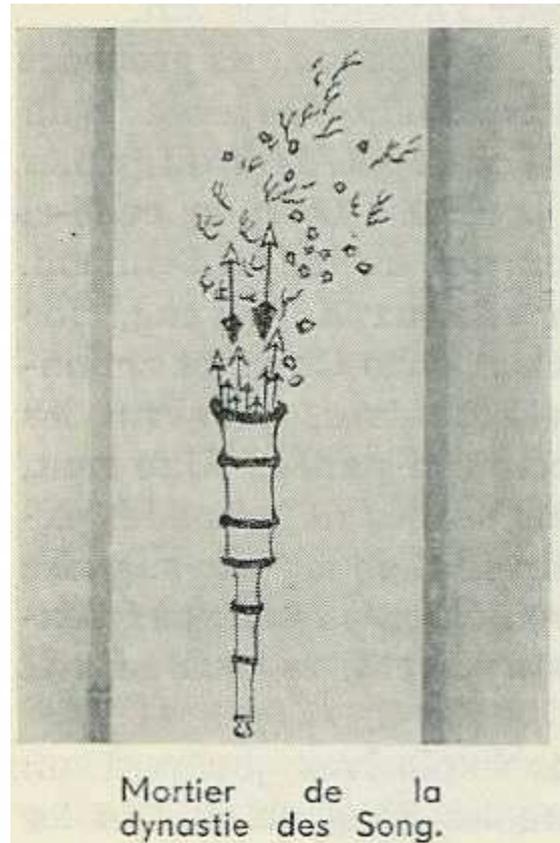


A partir de **1277**, ces bombes sont également employées comme mines terrestres et **en 1412**, on décrit dans le « *Manuel d'Artillerie explosive* », des groupement de mines en réseau formant des pièges en « rose des vents » que les hommes installaient au passage des frontières. Des applications aux combats fluviaux sont élaborées, comme celui du "**dragon-roi sous-marin**" qui consiste à immerger franchement une mine avec un morceau d'intestin de chèvre qui la relie à la surface et renferme la mèche. Une autre tactique consistait à entasser des mines sur une embarcation démontable. Après s'être approché le plus possible de l'ennemie, on détachait la partie minée. L'approche finale, dans les deux cas, est confiée au courant du fleuve. D'autres armes navales voient le jour, comme le "**dragon de feu sortant de l'eau**". Lorsque les quatre fusées principales étaient presque épuisées, elles allumaient un second étage constitué de flèches-fusées qui partaient vers le haut. C'est la première de toutes les **fusées à étages**.



Péniche démontable porteuse de bombes

Vers 1150, les flèches évoluent en **flèches-fusées**. C'est un artificier qui pensa à mettre en équilibre les pétards fusants de type "rat de terre" sur un **socle**. Les combats se facilitent. La portée de cet engin est de **1000 mètres**.



Au début des Ming, les artificiers combinent le principe de la **flèche-fusée** et celui du **cerf-volant**. Le projectile explosif "**corbeau de feu**" fut inventé. C'est un corps d'oiseau tressé avec des lamelles de bambou, et bourré de poudre. Tel un corbeau il était lancé et pouvait voler sur plus de 300 mètres. La mèche était réglée pour le faire exploser lors de la retombée. Il pouvait ainsi incendier campements ou embarcations. Nous pouvons le considérer comme **l'ancêtre de nos fusées modernes**.



La prouesse technique de la Chine en ce qui concerne l'art de la guerre voit son apogée dans le **canon à "longue portée"** de 97 cm de long réalisé en 1412. Celui-ci pèse 72 Kg et tire des boulets de plomb de 1,2 Kg Dans les années suivantes, ses dimensions ont pu augmenter, tout comme sa puissances de feu.



2) Les Neuf Chapitres :

→ Généralités :

Les mathématiques chinoises ont été définies par les Chinois des temps anciens comme "**l'art du calcul**". Cet art était à la fois pratique et spirituel.

Tout comme en Europe, beaucoup de traces de ces mathématiques ont été trouvées par les archéologues. Aujourd'hui, ces découvertes archéologiques nous permettent d'affirmer que la civilisation chinoise était très avancée dans le domaine des mathématiques, et ce dès l'antiquité. En Chine Ancienne déjà, les mathématiques revêtent une importance considérable. En effet, la production des mathématiciens en Chine Ancienne fut immense. Le nombre de traités mathématiques, commentaires mis à part, est estimé à un millier !

En Chine, la notion de **classique**, ou livre canonique, **jing**, est extrêmement importante. On la retrouve dans tous les domaines (géographie, astronomie, médecine,...). La plupart des classiques mathématiques de la Chine Ancienne sont anonymes.

C'est le cas du **Jiǔzhāng Suànshù**, un titre que l'on s'accorde à traduire par « **Les Neuf chapitres sur les procédures mathématiques** ». Ce classique vieux de 2000 ans est une compilation de 246 problèmes, chacun suivis d'algorithmes* généraux de résolution.

Les Neuf Chapitres abordent des problèmes issus de divers domaines, comme les calculs d'astronomie, l'administration et les impôts, les besoins de mesure géographique.

Les procédures ne sont pas données à l'état brut mais sous forme de problème abstrait (la base d'un triangle rectangle et sa hauteur valent tant et tant. Combien vaut donc l'hypoténuse ?) ou souvent sous forme concrète ou récréative.

Ce classique regroupe les connaissances de l'époque en Neuf Chapitres et s'adresse à un public déjà formé en mathématiques.

Le premier chapitre *Fang tian* (Champs rectangulaires) est consacré à l'arithmétique et aux aires et l'on y trouve la notion de fraction.

Le second, *Su mi* (Millet et riz), concerne l'échange de biens à différents tarifs, et donc d'estimation et d'indéterminées.

Le troisième chapitre, *Cui fen* (Répartition proportionnelle) parle de la répartition de biens et d'argent selon le principe de proportionnalité.

Le quatrième chapitre *Shao guang* (La moindre largeur) traite la division par divers nombres, l'extraction de racines carrées et cubiques, les dimensions ainsi que l'aire du cercle et le volume de la sphère.

Le chapitre suivant *Shang gong* (Réflexions sur les travaux) concerne les volumes de solides de diverses formes.

Le chapitre six, intitulé *Jun shu* (Taxation équitable) propose des problèmes plus complexes sur les proportions.

Il est suivi de *Ying bu zu* (Excédent et déficit), qui aborde quant à lui la résolution de problèmes linéaires

L'avant dernier chapitre *Fang cheng* (La disposition rectangulaire) expose des problèmes à plusieurs inconnues

Enfin, le dernier chapitre, *Gou gu (Base et altitude)* traite de problèmes faisant intervenir le principe connu en Occident sous le nom de *Théorème de Pythagore*.

Etudiant les tout premiers documents mathématiques chinois, **Karine Chemla**, chercheur au laboratoire REHSEIS (voir Annexes), est parvenue à des conclusions qui bousculent certaines idées reçues sur l'histoire des mathématiques. Cette mathématicienne et sinologue travaille depuis 1984 en collaboration avec un chercheur de l'Académie des sciences de Pékin, Guo Shuchun, à l'édition et à la traduction en français de ce traité mathématique et de ses commentaires.

Mais les Neuf Chapitres ne peuvent être dissociés de leurs commentaires, souvent aussi instructifs que l'œuvre elle-même. En effet, si ce classique a été transmis de génération en génération, il est important de noter qu'il a été, d'époque en époque, l'objet de commentaires qui démontrent la correction des algorithmes énoncés.

*Un **algorithme** est un processus systématique de résolution, par le calcul, d'un problème permettant de présenter les étapes vers le résultat à une autre personne physique (un autre humain) ou virtuelle (un calculateur). En d'autres termes, un algorithme est un énoncé d'une suite d'opérations permettant de donner la réponse à un problème.

a.) Contexte historique et culturel

Dans quel contexte ce classique mathématique est-il apparu ?

Les Neuf Chapitres sont un des plus vieux ouvrages chinois consacrés aux mathématiques. Sa composition paraît s'être étalée sur plusieurs siècles, de la deuxième moitié du II^e siècle avant notre ère au premier siècle après JC. Cependant, les dernières découvertes archéologiques ont mis au jour en 1984 un ouvrage entier dans une tombe scellée datant de -186, le **Suanshushu** ou « *Livre des procédures mathématiques* ». C'est le plus ancien document mathématique chinois parvenu jusqu'à nous sans aucune modification. De nombreux points communs entre cet ouvrage et les Neuf Chapitres permettent de dater les principaux acquis mathématiques de la Chine au II^e siècle avant notre ère. On sait par exemple grâce à ce document que les Chinois maîtrisaient dès le II^e siècle avant J.-C. les fractions formées d'un numérateur et d'un dénominateur, concept proche de celui utilisé aujourd'hui, et qui est devenu disponible en Occident à partir du XII^e siècle (en Grèce et en Égypte on trouve aussi des fractions mais soit fondées sur l'alphabet ou alors ne possédant ni numérateur ni dénominateur). Autre point commun : les mathématiques se présentent en Chine sous la forme de problèmes à résoudre et de **procédures générales** permettant de trouver la réponse à un ensemble de questions semblables. Ce sont les opérations, leurs effets et leur exécution qui sont au centre du travail mathématique chinois. L'accent est toujours mis sur l'observation. Les mathématiques chinoises sont tournées vers des applications. Les problèmes mathématiques sont issus de la vie de tous les jours.

Le savoir sur les mathématiques de la Chine ancienne que nous possédons a longtemps reposé sur les ouvrages que les institutions ont jugés essentiels de conserver, car les mathématiques chinoises se sont essentiellement développées pour répondre à des besoins administratifs et commerciaux. Un des temps forts de l'histoire des mathématiques chinoises se situe donc sous la **Dynastie des Han**.

C'est au II^e siècle d'avant notre ère qu'a eu lieu l'unification de l'Empire chinois. A la première dynastie, qui ne dura qu'une vingtaine d'années, succéda celle des Han, qui s'étendit sur quatre siècles. Les Han trouvèrent leur force dans leur organisation. En effet, très tôt, une bureaucratie fut mise en place. Confucius contribua fortement à la mise en place de ce système.

En Chine ancienne, le temps n'est pas divisé en siècles mais en dynasties : ainsi, cette dynastie correspond à la période de -206 à 220 après J.-C. Cette période est cruciale non seulement pour les mathématiques chinoises, mais aussi pour toute l'Histoire des Sciences en Chine, car elle voit la mise en place de la bureaucratie centralisée qui va jouer un rôle déterminant : il y a eu un travail de synthèse et de mise en ordre des savoirs grâce à la composition des classiques, ces écrits particulièrement valorisés et attribués à des sages de l'antiquité qui sont les textes de référence dans leurs domaines.

De nombreux ouvrages majeurs parurent sous les Han : le classique d'histoire, de médecine, le premier dictionnaire de langue chinoise. C'est également à cette époque que fut créé le bureau d'astronomie, qui a pour fonction d'observer et de prédire les événements célestes, car l'astronomie était primordiale, puisque c'est par le biais du calendrier que l'empereur montrait sa puissance.

Les mathématiques d'alors sont liées avec des domaines d'activités comme **l'astronomie et l'administration de l'Etat.**

On constate également que l'ensemble des problèmes des Neuf Chapitres compose une vision de la société en Chine ancienne il y a 2000 ans.

On peut dire sans hésitation que la Chine a aussi été, comme toutes les autres grandes civilisations, une civilisation du nombre, et donc des mathématiques. Plusieurs raisons peuvent nous l'expliquer: En premier lieu, grâce à l'astronomie. Les Chinois calculaient les solstices depuis l'Antiquité; ils étaient passés maîtres dans la science du calendrier. En deuxième lieu, les Chinois ont depuis toujours appliqué la statistique, dans la gestion administrative et bureaucratique mise en place dès les Han. Enfin, la Chine a possédé de tout temps de brillants ingénieurs et artisans, qui avaient l'habitude d'entreprendre de grands travaux publics: endiguement, canalisation, construction de ponts, et de telles activités ont recours aux mathématiques.

Voici le contexte historique et culturel en Chine dans lequel a émergé le **Jiǔzhāng Suànshù.**

b.) Opposition avec l'Occident

Les anciens Chinois conçoivent l'univers comme un grand organisme : l'état de chacune de ses parties dépend de celui des autres et ne reconnaissent aucune puissance suprême. Ce sont de fins observateurs de la nature : ils ne cherchent pas à expliquer le réel mais à s'y adapter.

Les Chinois ont en général la certitude que tout est relatif et accordent donc peu d'importance à la théorie. Ils sont très pragmatiques.

« Ce qui est vrai, c'est ce qui marche. Ce qui est faux, c'est ce qui ne marche pas. » Mao Zedong

Ils nous donnent à voir une manière de faire des mathématiques spécifique, au coeur de laquelle les « algorithmes » - ou « procédures », en chinois de l'époque - jouent un rôle clef.

Les mathématiques chinoises anciennes, sans axiomes, sans définitions, sans théorèmes, semblent bien loin des nôtres.

Il y a une grande différence entre les mathématiques de la Chine Ancienne et celles de d'Euclide, mais il n'empêche que la circulation des savoirs entre la Chine et l'Inde il y a deux mille ans est à la base de notre arithmétique moderne.

Les mathématiques chinoises sont-elles différentes des nôtres n'est pas la bonne question. Certes, elles ne traitaient pas de grandes théories et on n'y trouve pas de démonstrations, mais elles relèvent plutôt de techniques de calcul. Elles ont néanmoins produit des résultats à caractère universel. On apprend ainsi que les Chinois savaient utiliser la règle de trois, le théorème de Pythagore et résoudre des systèmes d'équations linéaires.

Malgré tout cela, nous ne trouvons pas en Chine l'idée de la mathématisation de l'univers, c'est-à-dire la croyance inconditionnelle que tous les aspects de la réalité sont

structurés par les nombres et contrôlables par eux. Cet aspect est typique de l'esprit grec ainsi que de la Renaissance occidentale et est à la base du devenir de la science et de la technique modernes. La Chine n'a donc jamais été, comme les Grecs, opposée au choc de la découverte de grandeurs mathématiques irrationnelles, comme par exemple pi.

« La vision du monde est structurée par la langue dans laquelle nous l'interprétons. » dit Cyrille Javary, sinologue.

Nous lisons en rassemblant des lettres dépourvues de signification propre alors qu'ils dessinent des signes (« on ne lit pas un idéogramme, on le reconnaît ») : nous utilisons notre cerveau gauche – celui de la raison – pour analyser un mot, en décomposer les lettres et les syllabes pour en reconstituer le sens.

Les Chinois, eux, lisent avec le cerveau droit – celui des émotions.

La conséquence est que nous tenons pour évident que l'univers peut être analysé à partir de ses éléments basiques tandis que pour les Chinois, la globalité est une évidence.

En Chine Ancienne prévaut également une idée très forte de la régularité des phénomènes cosmiques; mais cette régularité est patente, ouverte; on en est convaincu d'avance, et il n'y a pas de raison de la démontrer. Dans sa deuxième préface (1787) à la *Critique de la raison pure*, le philosophe allemand Kant a très bien décrit l'essence de la méthode expérimentale propre à l'Occident. Il l'explique à peu près en ces termes: la raison doit se comporter face à la nature non pas comme un élève face au maître, mais comme un juge face à des témoins, un juge qui "*force les témoins à répondre aux questions qu'il leur pose*". Voilà une attitude que l'on ne trouve pas du tout en Chine ancienne et médiévale. Le savant chinois n'est pas quelqu'un qui cherche à arracher des secrets à la nature.

De plus, on a déjà vu que les mathématiques chinoises sont résolument tournées vers des applications et font partie du quotidien des bureaucrates chinois.

On peut cependant rapprocher cet ouvrage des « *Eléments* » d'Euclide, dont la composition remonterait aux environs de 300 avant notre ère et qui ont joué un rôle déterminant dans les mathématiques occidentales.

Ils ont tous deux été utilisés depuis leur écriture jusqu'à aujourd'hui quasiment dans l'enseignement des mathématiques; ils ont aussi été un modèle de présentation des mathématiques, une sorte d'idéal de raisonnement.

Du premier point de vue, oui les Neuf Chapitres ont été utilisés de cette façon jusqu'à très tard : des manuels de mathématiques au XX^{ème} siècle sont en neuf chapitres et reprennent des procédures de l'ouvrage original. On assiste à ce phénomène tout au long de l'histoire des mathématiques chinoises, nous dit Karine Chemla. Les Neuf chapitres sont un modèle de présentation des mathématiques, une source d'inspiration, tout comme l'ont été les « *Eléments* ».

Certains opposent les deux en disant que les « *Eléments* » proposent un idéal démonstratif tandis que les Neuf Chapitres ne proposent que problèmes et algorithmes. C'est oublier que les Neuf Chapitres n'ont jamais été lus sans les commentaires et que les commentaires explicitent grâce à des démonstrations que les algorithmes sont corrects. Ils pratiquent ces démonstrations et c'est l'ensemble qui a été lu par les mathématiciens de Chine. De ce point de vue, l'opposition de tient pas.

Ce qui est cependant évident, c'est que le modèle d'organisation des mathématiques n'est pas du tout le même. Euclide propose un modèle axiomatique-déductif : c'est à dire qu'on explicite d'abord les axiomes, les définitions et que ensuite on déroule à partir de ces axiomes et définitions un édifice démonstratif.

Dans les Neuf Chapitres, il y a une organisation en chapitres et chacun de ces chapitres donne un type de procédure et donc par extension, donne neuf types fondamentaux de procédures pour parvenir à un minimum d'algorithmes et atteindre ainsi le tronc commun des mathématiques. La transmission de cette valeur de généralité s'est faite à travers les Neuf Chapitres et les commentaires.

Cela remet donc en cause l'idée reçue selon laquelle la Grèce Antique serait l'unique berceau de la démonstration. En effet, ce n'est pas les résultats contenus dans les Neuf Chapitres, bien connus de nos jours, qui présentent un intérêt majeur, mais la façon de penser mathématique ayant conduit à ces résultats. On peut dire que les mathématiques classiques de

la Chine ancienne et les « *Éléments* » d'Euclide représentent deux styles radicalement différents de raisonnement mathématique. La comparaison nous donne ici une leçon cruciale : il n'existe pas de voie unique de développement, que les mathématiciens auraient dû suivre, et il n'existe pas d'objectif unique que les mathématiciens auraient dû se fixer, où qu'ils soient.

c.) Évolution et utilisation en Chine

Comment ce classique a-t-il été utilisé en Chine ?

Les Neuf Chapitres ont été transmis par la tradition écrite depuis plus de 2000 ans et ont fait l'objet de commentaires.

Les commentateurs tiennent les problèmes des Neuf Chapitres comme énoncés généraux, et leur but est d'établir que les algorithmes sont corrects.

Le but en soi de ces démonstrations qui établissent que les algorithmes sont justes n'est pas la correction : en montrant que ces algorithmes sont corrects, les commentateurs essaient de repérer des opérations fondamentales qui sous-tendent l'ensemble des algorithmes et qui permettent de montrer quelles sont les opérations qui composent l'ensemble des algorithmes. A travers les démonstrations, les commentateurs tentent de réduire la variété de procédures et d'en trouver d'encore plus fondamentales qui permettraient de faire apparaître ce qu'ils pensent être le tronc commun des mathématiques desquelles émane la diversité des procédures.

En Chine ancienne, quand on résout un problème, on essaye de le résoudre de la manière la plus générale possible pour atteindre le plus grand nombre d'autres problèmes.

La résolution du problème n'est pas un but en soi : il faut le résoudre de manière telle qu'on puisse résoudre le plus grand nombre de problèmes possibles.

Après la dynastie des Han, la Chine est scindée en trois royaumes et les guerres sont incessantes. C'est pourtant à cette époque qu'a lieu un essor des mathématiques avec Liu Hui et le nombre pi. Ce mathématicien s'est inspiré des Neuf Chapitres et en a rédigé un commentaire en 263 dans lequel il propose des méthodes pour obtenir les résultats de certains problèmes dans le souci de convaincre le lecteur, plus que de lui donner une preuve mathématique.

Le texte, éclairé et complété par les commentaires de Liu Hui, fournit de nombreuses preuves des procédures données dans les Neuf Chapitres. En particulier, il calcule l'aire d'un cercle à partir du polygone régulier inscrit de 192 côtés.

Ce classique est surtout utilisé comme texte de référence par les mathématiciens chinois qui iront y puiser idées, sujets, concepts, procédures au cours des siècles.

Les Neuf Chapitres furent utilisés jusqu'au XVIIe siècle comme manuel d'enseignement en Chine et dans les régions voisines d'Asie. Karine Chemla dit qu'elle a eu en main des manuels du début du XXe siècle qui sont encore très proches du Jiūzhāng Suànshù (divisés en neuf chapitres par exemple) car pour les chinois, les Neuf Chapitres sont les neuf disciplines mathématiques par excellence.

II./ ... et leur influence sur l'Occident

1) Comment, pourquoi cela nous est-il parvenu?

a.) La poudre

Bien que des liens commerciaux se soient établis entre la Chine et l'Empire Romain par les routes de la soie dès l'antiquité, ce n'est qu'à la fin du VII^e siècle que le secret de la poudre, ou du moins celui du salpêtre, est transmis en Occident. En effet, le VII^e siècle est marqué par l'expansion des conquêtes arabes. En 674, Constantinople est assiégé par le calife Mu'awiya. Un architecte grec, Callinicus, natif d'Héliopolis en Syrie, aurait alors proposé à l'empereur byzantin un « feu » miraculeux, dont il prétend être l'inventeur, bien qu'il soit plus probable qu'il est acquis ces connaissances sur les vertus du salpêtre par l'intermédiaire d'échanges commerciaux avec la Chine.

Dans tous les cas, les Byzantins se servent du secret de Callinicus pour confectionner une arme redoutable, le « feu grégeois ». Il s'agit d'un mélange incendiaire constitué de naphte, de goudron, de soufre, de résine et de salpêtre. Ce dernier lui apporte une résistance à l'extinction et une puissance encore jamais atteinte ! Constantinople va garder le secret du « feu liquide qui se lance au moyen de tubes » pendant près de six siècles, confiant sa réalisation à un très petit nombre d'ouvriers et de maîtres, étroitement surveillés, et prétendant que cette arme formidable fut révélée au saint grand empereur Constantin par un ange. Durant ce laps de temps, l'empire byzantin se sert du mélange incendiaire lors des affrontements maritimes et de la défense des ports. A cette époque, les combats navals avaient lieu quasiment bord à bord, et les Byzantins jetaient des pots et des tubes de verre remplis de feu grégeois vers les bateaux ennemis.

Bien que certaines sources datent l'entrée en possession de la poudre par les Arabes du XIII^e siècle et l'attribuent aux relations entretenues avec la Chine depuis le VIII^e siècle, il est probable que se soit au cours de ces guerres que les Arabes aient assimilé les techniques de fabrication de la poudre et des armes à feu. Les ouvrages militaires de cette époque mentionnent l'usage également des « bouteilles de fer » par les Mongols. Il s'agit probablement des projectiles explosifs comme la « foudre ébranlant le ciel » ou les « grenades de fer ».

Enfin, en 1204, l'armée des Croisés assiège et gagne la ville de Constantinople, mettant ainsi fin au monopole de l'empire byzantin concernant l'utilisation du salpêtre. Cependant, on attribue parfois l'apport de la découverte à Marco Polo, qui aurait ramené la poudre de Chine. Mais si certains historiens imputent l'arrivée de la poudre à la route de la soie, d'autres pensent que cette invention, tout comme celle du papier, s'est propagée en Europe par l'intermédiaire des pays arabes. En effet, au Moyen-âge, de nombreux livres arabes sur la méthode de fabrication de la poudre furent traduits par les Européens. C'est vers 1230 après J.C, avant même la naissance de Marco Polo, que paraît un livre en latin, *Liber ignium ad comburendos hostes* (livre des feux pour brûler les ennemis), écrit par un certain Marcus Graecus, qui rend publique les informations essentielles à propos de la poudre. Ce livre publie pour la première fois en Occident la composition de la poudre noire et la quantité des ingrédients utilisés, soit une portion de soufre et deux de carbone pour six de salpêtre, ce qui est assez proche de celle retenue définitivement (1-1-6). L'ouvrage indique aussi comment purifier le salpêtre en procédant par lessivage, filtration et cristallisation. Il est recommandé d'utiliser du charbon fait à partir de saule ou de tilleul, mais aussi de n'effectuer la préparation de la poudre qu'à l'extérieur des habitations ! Malheureusement, on ne sait quasiment rien sur l'auteur du livre, et l'on ignore donc comment il est entré en possession du secret de la poudre noire.

b.) Les Neuf Chapitres

Jusqu'aux échanges culturels des grands voyages, la Chine a développé de manière autonome une façon de faire des mathématiques différente de celle des européens, mais tout aussi riche et étonnante d'efficacité.

On sait que les jésuites ont été les plus grands passeurs entre la Chine et l'Occident jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Cependant, il est impossible de savoir de source sûre quels savoirs ont été transmis à l'Occident par ce biais, et sous quelle forme. Les historiens ont cherché à déterminer les origines et les voyages des connaissances, avec un penchant à vouloir identifier ce qui est propre à chaque civilisation.

Il est indéniable que les échanges culturels entre la Chine et l'Inde à partir du premier siècle (notamment grâce au bouddhisme) ont été suffisants pour que des documents mathématiques de ces deux régions manifestent des points communs sans qu'on puisse déterminer lequel a influencé l'autre ou l'a précédé. En effet, les premières sources chinoises et indiennes sont très semblables : le système de numération par exemple ou bien la présence de fractions avec numérateur et dénominateur.

Ces savoirs seraient donc passés de l'Inde au monde arabe et enfin à l'Occident grâce à la traduction.

Karine Chemla nous dit que « Si des idées contenues dans *Les Neuf chapitres* se retrouvent dans les mathématiques internationales d'aujourd'hui, on ne sait pas si c'est parce que ce livre a circulé, ou parce qu'il a influencé d'autres livres ou des personnes qui, elles, ont circulé. » On ne connaît donc pas de façon certaine la manière dont les idées des Neuf Chapitres sont arrivées en Occident.

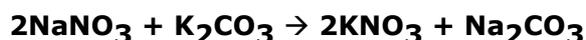
2) Le devenir de la découverte

a.) Évolution et utilisation par l'Occident

• La poudre

Les occidentaux ne sont pas les seuls à avoir exploité la poudre noire. En effet, les Arabes jouent un rôle important dans l'histoire de la poudre.

Bien sûr, comme les Chinois et les Byzantins, ils utilisent la poudre noire à des fins guerrières. Contrairement aux Byzantins, les Arabes s'en servent non seulement lors des batailles navales, mais aussi lors des combats terrestres, en particulier lors des Croisades. De plus, les Arabes à cette époque excellaient dans le domaine de l'alchimie. Tout comme en Chine, celle-ci va permettre des progrès au niveau de la chimie. Les alchimistes arabes vont perfectionner la « recette » de la fabrication de la poudre, en n'employant plus que des composés purs, ou du moins purifiés. En effet, le nitrate de sodium contenu dans le salpêtre cause une altération rapide des propriétés de la poudre. Les Arabes purifient le salpêtre non seulement physiquement, mais aussi chimiquement, en le traitant avec une lessive de cendres de bois riche en carbonate de potassium. En jouant sur les solubilités, ils transforment le nitrate de sodium en nitrate de potassium :



Ce travail, admirable pour l'époque, représente l'une des avancées les plus

spectaculaires et montre le haut niveau atteint par les Arabes dans le domaine de la chimie à cette époque. Les autres composants étaient également purifiés. Le soufre, recueilli dans les régions volcaniques à l'état originel, était distillé soigneusement tandis que le charbon de bois était obtenu par une combustion mesurée suivie d'un broyage. Ces progrès permettent l'apparition de poudres non plus lentes mais vives, véritables explosifs déflagrants qui peuvent propulser des projectiles à grande vitesse dans des tubes. On les appelle explosifs balistiques.

Des historiens attribuent le tir du premier coup de canon à Abou Youssouf, sultan et pacificateur du Maroc, en 1275. L'arme, simple tube de bois appelé *madfoa*, projetait une grosse flèche. En 1342, lors de la *Reconquista*, les Arabes tirent des boulets de fer pour se défendre lors du siège d'Algésiras par les troupes d'Alphonse XI. Malheureusement, la plupart de ces projectiles d'environ 5 cm de diamètre passe au-dessus des troupes castillanes sans atteindre les soldats. On découvre ainsi que les canons ne sont pas faits pour tirer loin, mais de loin. Cependant les canons apparaissent un peu avant dans l'occident chrétien. En effet, dès 1324, les assiégés de Metz comme les assiégeants de La Réole les utilisent avec succès. Vingt-deux ans plus tard, la victoire écrasante remportée par Anglais contre les Français à Crécy marque un tournant important dans l'histoire des conflits terrestres, car pour la première fois, l'armée d'Edouard III recourt à l'artillerie à poudre sur-le-champ de bataille, en rase campagne. On utilisa d'ailleurs un nouveau type de bombardes. Ce n'est toutefois pas la cause de leur victoire, effet restant encore très psychologique. C'est au cours de ces guerres que l'usage de la poudre se rependit en Europe. On chercha alors à dominer la science de la pyrotechnie.

On peut dire que désormais la découverte chinoise appartient aux Européens, ceux-ci prenant en mains toutes recherches sur sa composition. Les doses sont amenées à varier selon l'utilisation portée à la poudre :

Pour la poudre de mine lente:

30% de charbon (dont 90% carbone) + 30% de soufre (S) + 40% de salpêtre (nitrate de potassium KNO₃)

Pour les pièces de feux d'artifices:

10% de charbon + 15% de soufre et 75% de salpêtre

Pour la poudre de chasse:

12% de charbon + 10% de soufre + 78% de salpêtre

Pour la poudre de guerre:

12,5% de charbon + 12,5% de soufre + 75% de salpêtre

Pour la poudre à canon:

75% de salpêtre, 10% de soufre, 15% de charbon

Si la composition de la poudre à canon n'est, au cours des siècles, peu amenée à évoluer, il n'en va pas de même de ses techniques de préparation. En effet, on avait l'habitude de prendre des mesures de précaution. Le soufre et le charbon étaient broyés séparément, jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène. Le mélange de salpêtre, mixé dans de l'eau, à raison d'1,5 litres d'eau pour 10 kg de poudre, n'était ajouté qu'en fin de préparation. Ces opérations étaient faites avec des pilons proche de ceux des métallurgiques, mis en mouvement par des roues hydrauliques.



Essai de la poudre (XV^{ème} siècle)



Essai de salpêtre (XV^{ème} siècle)



Poudrier au pilon (vers 1400)



Purification du soufre (XV^{ème} siècle)



Tamisage de la poudre Dantzic (vers 1570)

En France durant la Révolution et le Premier Empire, les besoins en poudre furent si élevés que l'on dut user de techniques plus dangereuses mais plus rapides. Durant cette période, les ingrédients étaient broyés par la force des bras dans des tonneaux tournants remplis partiellement de *gobilles*, de petites billes de bronze.

Par ailleurs, jusqu'au XVII^{ème} siècle, malgré une préparation soignée, la poudre obtenue n'était jamais totalement homogène, ce qui nuisait à ses effets balistiques dans la mesure où sa vitesse de combustion n'était pas fiable. C'est pourquoi, vers 1700, on commence à utiliser la poudre sous forme de grains. Pour cela, on brisait une galette de poudre dans un tamis spécial appelé *guillaume*. Les grains étaient ensuite sélectionnés selon leurs diamètres et polis. Après le polissage, les grains devaient mesurer environ deux millimètres de diamètre. La fabrication de la poudre était alors plus compliquée et dangereuse, mais le résultat obtenu était d'une qualité bien supérieure, car pour une même masse de poudre, on parvenait à avoir des résultats identiques d'un tir à l'autre.

Cependant, malgré ces améliorations, la poudre noire possède encore un certain nombre d'inconvénients majeurs. En effet, elle est à l'origine d'inflammations intempestives causant nombre d'accidents. Le risque d'explosion accidentelle est renforcé du fait que les grains, lors des transports notamment, se réduisent progressivement en poussière. Cela nuit également à son efficacité. De plus, la poudre absorbe petit à petit l'humidité de l'air, ce qui réduit, voir annihile ses propriétés balistiques, et dégage une fumée épaisse qui rend plus aisé le repérage des positions par l'ennemi. Enfin, sa combustion produit des solides qui encrassent les tubes. Le chemin vers la poudre idéale s'ouvre lorsque qu'en 1788 le chimiste français Claude Louis Berthollet découvre le chlorate de potassium, qui possède d'exceptionnelles propriétés carburantes.



Louis Berthollet (1748–1822)

Berthollet tente alors de préparer de la poudre en remplaçant le salpêtre par sa découverte. La poudre qu'il obtient n'est plus déflagrante mais brisante. Mais après plusieurs essais meurtriers de fabrication de sa poudre en vraie grandeur, Berthollet abandonne ce qui est considéré comme la première poudre brisante de l'histoire. Finalement l'invention de Berthollet servira à confectionner les premières allumettes chimiques, dites **Lafumade**, qui ne seront remplacée qu'en 1830 par les allumettes au phosphore.

1788 est également l'année de la découverte du trinitrophénol, $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$. Cependant, les propriétés explosives de l'acide picrique ne furent décelées qu'au début du XIX^{ème} siècle. En effet, chauffé en présence de chlorate de potassium, il explose. De nombreuses poudres expérimentales virent le jour comme la poudre Fontaine, Abel, Dessignole ou Brugère, mais les recherches furent stoppées en 1809 par un terrible accident place de la

Sorbonne. En 1800 le chimiste britannique Edward Charles Howard obtient du fulminate de mercure en faisant réagir le nitrate de mercure sur l'alcool éthylique. De la même manière, il préparera le fulminate d'argent, qui a la particularité d'exploser sous l'effet d'un choc. Le fulminate d'argent sera très utilisé pour amorcer le départ d'autres explosifs.

Cependant, c'est en 1846 qu'a lieu la découverte la plus importante. En effet, un chimiste de Bâle, Friedrich Schönbein, prépare la nitrocellulose, appelée fulmicoton.



Friedrich Schönbein (1799 - 1868)

Si Schönbein garde secret la manière dont il l'a obtenu, c'est que le fulmicoton avait déjà été découvert dix ans plus tôt par un Français, Jules Pelouze. Toutefois Pelouze, qui appelait alors sa découverte xyloïdine, ignorait tout de ses propriétés explosives. Pour obtenir de la nitrocellulose, il suffisait de faire réagir l'acide nitrique avec du coton, la présence d'un peu d'acide sulfurique facilitant la réaction. Le fulmicoton va représenter un tournant dans l'histoire de la poudre, car il permettra la réalisation d'une poudre « sans fumée ». En effet, jusqu'à l'arrivée de la nitrocellulose, les combustibles (carbone, soufre) et l'oxydant (nitrate de potassium) étaient chimiquement séparés. Cela nuisait à l'homogénéité du système réactionnel, et la durée de conservation de la poudre se voyait ainsi réduite. De plus, l'unique utilité du potassium était d'apporter les groupes NO_3 , et sa présence lors de la combustion produisait des solides néfastes à la propreté de l'arme. La découverte de composés nitrés comme l'acide picrique et le fulmicoton représentent donc un progrès capital, car les oxydants NO_2 sont désormais incorporés au sein même de la molécule. On obtient donc une parfaite homogénéité de la poudre, une très faible sensibilité à l'humidité de l'air (dû à l'absence de sel hygroscopique), une stabilité au cours du temps, l'absence de cendre et de crasse et peu de fumée. Néanmoins, la synthèse de la molécule nitrée de base et la mise au point d'un explosif utilisable à partir de cette molécule sont deux choses différentes. Ainsi, la nitroglycérine fut découverte en 1847 par Ascanio Sobrero, chimiste italien travaillant sous la direction de Jules Pelouze. Mais c'est une autre élève de Pelouze, le Suédois Alfred Nobel, qui, après plusieurs accidents désastreux, parviendra à obtenir en 1867 un explosif utilisable, la fameuse dynamite.



Alfred Nobel (1833-1896)

En effet, mélangée à un solide appelé Kieselguhr, la nitroglycérine devient beaucoup plus sûre à transporter et à manipuler. Elle reste stable et explose seulement sous l'effet d'un détonateur.

Pour en revenir à la poudre elle-même, c'est à cause de sa mise en oeuvre délicate que les premiers essais balistiques avec le fulmicoton furent assez décevants. En effet, cet explosif avait un caractère brisant, ce qui conduisait régulièrement à l'éclatement de l'arme. La France renonça à la fabrication industrielle de cette poudre, appelée pyroxyle, à la suite de la terrible explosion de l'usine du Bouchet en juillet 1848. Cependant, d'autres pays se montrèrent plus persévérants. Mais ce n'est qu'en 1884 que le chimiste français Paul Vieille parvient à gélatiniser la nitrocellulose. Cette opération, réalisée à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther, attribue à la poudre un régime de déflagration déterminé. Sa poudre est appelée *poudre B* ou *poudre blanche*.

Par ailleurs, les Occidentaux possédant déjà de grandes connaissances concernant l'utilisation militaire de la poudre, il n'y avait qu'un pas vers une utilisation pacifique. "Le feu artificiel", en opposition au feu naturel, qui est celui créé artificiellement par l'homme à des fins meurtrières, se transforme alors en "feu d'artifice" par simple ajout de quelques pincées de limaille de fer qui donnent des effets de brillance à la poudre à canon. Rendues inoffensives par l'absence de projectiles, les déflagrations simulent l'effet des armes, et par l'addition d'autres substances peuvent créer de magnifiques effets visuels. Les Occidents jouent désormais sur les couleurs et effets en liant la poudre noire à des éléments dont on connaît la réaction avec le feu.



*Flammes colorées, de gauche à droite :
violet pâle (potassium), rose fuchsia (lithium),
Rouge (strontium), orangé (calcium), jaune (sodium)*

COULEURS	ELEMENT	COMPOSES POSSIBLES
Violet	Potassium	Nitrate (KNO_3) ou chlorate (KClO_3); ou mélange de strontium (rouge) et de cuivre (bleu)
Bleu	Cuivre	Chlorure (CuCl) ou Sulfure (CuSO_4)
Vert	Baryum	Nitrate ($\text{Ba(NO}_3)_2$), chlorure (CuCl) ou chlorate ($\text{Ba(ClO}_3)_2$)
Jaune	Sodium	Oxalate (COONa_2), Oxyde (Na_2O) ou nitrate (NaNO_3)
Doré	Fer, carbone, soufre	Limaille (Fe) et charbon (C,S)
Orangé	Calcium	Nitrate ($\text{Ca(NO}_3)_2$)
Rouge	Strontium ou lithium	Nitrate ($\text{Sr(NO}_3)_2$), hydroxyde (Sr(OH)_2), chlorure (SrCl_2), oxyde (SrO), carbonates (SrCO_3)
Blanc	Magnésium, aluminium	Poudre (Mg, Al)
Argenté	Titane, aluminium	Poudre (Ti, Al)
Scintillement	Antimoine	(Sb) Composé toxique dans toutes ses formes
Étincelles	Aluminium	Granules (Al)
Fumées	Zinc	Poudre (Zn)

• Les Neuf Chapitres

Nous n'avons pas de preuve d'une utilisation explicite par l'Occident des Neuf Chapitres. Cependant, Karine Chemla nous dit que dans le chapitre neuf des Neuf Chapitres, on trouve des équations, sous forme d'opération à deux termes qui se calcule de façon comparable à une extraction de racine carrée et qui est associée à la forme géométrique du rectangle ou du gnomon. Or cette approche très originale des équations se retrouve dans le monde arabe au XIIe siècle.

Elle pense que « cette nouvelle approche des équations qu'on trouve dans le monde arabe et qui se retrouve après chez François Viète (mathématicien français de la fin du XVIe siècle, considéré comme un des principaux précurseurs de l'algèbre, car il est le premier à avoir représenté les paramètres d'une équation par des lettres) » vient de Chine, mais là encore ce n'est qu'une hypothèse.

b.) Conséquences au niveau historique et culturel en Occident

• La poudre

Dès l'antiquité, l'artillerie mécanique de siège s'était développée en occident, atteignant un bon niveau d'efficacité. Les machines de jet antiques pouvaient balancer une charge de près de 100kg, ce sur une distance supérieure à 200 mètres. Des progrès constants permirent d'augmenter progressivement la charge. Ainsi, au XIIIe siècle, elle atteint 300kg. Ces progrès sont remarquables dans la mesure où à partir de cette époque, aucune forteresse ne pouvait résister aux machines de siège : en 1244, la citadelle de Montségur, réputée imprenable, tombe sous le siège des hommes de Louis IX grâce à celles-ci. Pourtant, si les progrès concernant la charge des machines de siège se succèdent, la distance de jet stagne. De plus, cette artillerie mécanique ne peut être utilisée lors de campagnes. Les Romains mettent cependant au point le Scorpion, qui manque malheureusement de puissance et de manœuvrabilité. C'est l'invention de la poudre vive qui constituera la clef du problème. En effet, le canon est plus léger et plus mobile que les catapultes ou les trébuchets. De plus, cela rend possible leur présence en grand nombre sur le champ de bataille.

Par ailleurs, arrivé dans l'occident chrétien, le canon s'associe petit à petit étroitement à l'histoire des conflits armés, jusqu'à finir par en devenir un symbole. Cependant, il ne constitue pas la seule application militaire de la poudre. Très vite, on développa de nouvelles armes. Ainsi, au XV^{ème} siècle, apparurent les premières bombes et mortiers. Leur invention est parfois attribuée à Sigismond Pandolphe Malatesta, prince de Rimini. C'est également à cette époque que furent conçus les fusils et les mousquets. Ainsi les armes à feu, bien que d'une efficacité moyenne à leurs débuts, entraînent la disparition des armes de jet antiques, comme l'arc et l'arbalète. En effet, il faut des années d'entraînement pour faire un bon archer ou arbalétrier, tandis qu'un paysan peut devenir arquebusier en deux à trois semaines. Les soldats pouvaient être aisément remplacés en cas de mort. De plus, les nouvelles armes de jet avaient un coup bien moins important. La quantité fut préférée à l'efficacité.

Néanmoins, dans un premier temps, l'habitude faisait préférer les anciennes machines de guerre. Pourquoi faire confiance à cette nouveauté, alors que les bons mangonneaux et trébuchets avaient déjà, depuis des siècles, fait leurs preuves ? De plus, la poudre était très mal perçue. On reprochait aux armes à feu et à la nouvelle artillerie d'amortir la bravoure militaire. En effet, elle permettait "au lâche de tuer à distance le héros". Les balles perçant les

lourdes armures, les armes à feu permettaient à n'importe qui de tuer, de loin, un chevalier. Par ailleurs, à l'arrivée de la poudre en Occident, ce sont une minorité de spécialistes, très entraînés, les nobles, qui combattent. La chevalerie, en particulier, s'opposa à l'introduction de ces nouvelles armes qui rendaient son art inutile. En effet, les années d'entraînement et de pratique comptent dans le statut qu'occupe le chevalier par rapport le paysan. Il est compréhensible que les chevaliers soient mécontents de passer d'une époque où ils bousculent de la piétaille en guenille et armée de faux et serpes, à celle où un guerrier avec 20 ans d'entraînement peut être abattu sans risque et en un temps éclair par un roturier de bas étage! Mais aussi, si les carrières militaires étaient réservées à la noblesse, c'est en partie dû au coût très élevé de l'équipement du chevalier. L'arme à feu portative, en perçant les armures alors qu'elle ne valait qu'une infime fraction de leur prix, constituera un point non négligeable. L'arrivée de la poudre fragilise donc l'incontestable supériorité de la chevalerie. Celle-ci craignait d'ailleurs tant les armes à feu que tout porteur d'une arquebuse devait être pendu immédiatement! Notons que Bayard, le chevalier sans peur et sans reproche, est mort d'un tir d'arquebuse dans les reins.

Cependant, malgré la résistance opposée par la chevalerie, c'est la poudre qui s'imposa finalement, et les chevaliers qui finirent par disparaître. Ainsi, en menant à une nouvelle manière de se battre, la poudre fut aussi à l'origine d'importants changements sociopolitiques. Les armes à feu jouèrent d'ailleurs un rôle crucial dans la disparition de la féodalité seigneuriale. Ainsi le chercheur Joseph Needham rappelle qu'en 1449, l'artillerie du roi de France détruisit les châteaux normands encore sous tutelle anglaise au rythme de cinq par mois. Le pouvoir royal centralisé fut donc renforcé. Avec le perfectionnement des armes à feux, il devient nécessaire au roi d'investir dans les arsenaux et dans les services de spécialistes de l'armement. En effet, la poudre assure désormais la l'excellence des Européens dans l'art militaire, dans la manière de défendre les place, et oppose de plus une digue impénétrable aux invasions barbares qui furent plus d'une fois si funeste à l'Europe. L'artillerie jouera également un rôle décisif lors de batailles importantes comme celle de Castillon, qui mettra fin à la guerre de Cent Ans, puis trouvera définitivement sa place sur le champ de bataille. Ce n'est que des siècles plus tard que les armes à poudre noire seront détrônées par l'arrivée de la poudre sans fumée, puis des autres explosifs.

De plus, l'arrivée de la poudre aura bien sûr des conséquences sur les pertes humaines. Cependant, la fascination des hommes pour les armes à feu et leur désir de puissance les rendront bien vite dépendant de celles-ci. On peut cite l'exemple des nations amérindiennes en contacts avec les Européens, qui en l'espace d'une à deux générations sont devenus adeptes et dépendantes du mousquet puis, dès le XVIIe siècle, du fusil à pierre. Les conséquences en terme de mortalité se feront vite sentir : les guerres entre tribus, où les pertes étaient auparavant relatives, mèneront à de véritables exterminations.

Du côté civil, la poudre à canon commence à devenir célèbre pour les explosions accidentelles régulières dont elle est la cause. Devant l'accident de Lubeck, en 1360, qui pulvérise un quartier tout entier, des mesures sont prises : dès le XIVE siècle, tous les convois de poudre doivent être précédés d'un drapeau noir avertissant les populations.

La poudre eue également une influence sur l'architecture militaire. Les châteaux forts disparurent. Les forteresses furent modifiées afin de résister aux tirs puissants du canon, tout en ayant elles mêmes des zones d'où pouvaient tirer les ses canons.

Mais l'application militaire de la poudre n'a pas été la seule à avoir des répercutions sur la société. Alors que l'Orient consacre le feu dans ces célébrations religieuses, on remarque qu'en entrant dans les connaissances des Occidentaux, la poudre a fait aussi amplifier le pouvoir de fascination que possède le feu. Il existait déjà des coutumes ancestrales qui consistaient à allumer des brasiers en signe de réjouissance, comme les feux de joie de la Saint-Pierre ou de la Saint-Jean; ou encore plus anciennes, les fêtes de fin de vendanges des bacchanales et pargomalia, pendant lesquelles on sautait trois fois au-dessus de foyers de feux gigantesques.

Si les Chinois réservaient la poudre à des fins festives, ils n'utilisaient que des effets sonores par l'explosion, le tout sous forme de pétards.

Contrairement à eux, les Occidentaux développèrent l'aspect visuel de la pyrotechnie. L'Occident développe une gigantesque connaissance de la pyrotechnie. Le feu d'artifice entre

alors dans les moeurs et devient le signe de victoire et de prospérité. C'est le moyen de réjouissance adopté pour célébrer tous les événements historiques. Sa première apparition dans une célébration européenne fut à Londres en 1487 pour le couronnement d'Elizabeth d'York, où l'on pouvait voir "un dragon crachant des flammes de feu dans la Tamise". Bien plus tard en France on assiste le 7 avril 1612 au mariage de Louis XIII avec Anne d'Autriche. Cette date met fin à de longues hostilités entre Bourbons et Habsbourg, voulant marquer le coup dans un grand spectacle pyrotechnique, premier du genre dans le pays. A partir de là, ces spectacles deviennent le support de tous les événements officiels. Les feux d'artifice peuvent également servir à sauver les vies de personnes en détresse, comme par exemple lors d'un naufrage : on fait exploser des feux d'artifice pour se faire repérer des bateaux environnants. Mais de nos jours, certains reprochent aux feux d'artifice de créer beaucoup de pollution dans les eaux où ils retombent et dans l'air en détruisant la couche d'ozone, sans compter la pollution sonore.

A partir du XVIIe siècle, les Européens commencent également à avoir recourt à la poudre pour des buts « civils », notamment pour les travaux publics et dans les mines.

• Les Neuf Chapitres

D'après la représentation de la formation de la science qu'a proposé au milieu du XX^{ème} siècle le savant britannique Joseph Needham, la science moderne se serait développée en Europe dès le XVIIe siècle et ce développement a bénéficié de l'apport des savoirs venus de partout : Mésopotamie, Egypte, Chine, Inde, Grèce et du monde arabe.

Il est toutefois impossible de déterminer quels savoirs ont prédominé.

Il n'y a pas non plus de preuve que les Neuf Chapitres aient vraiment influencé nos mathématiques occidentales. Mais on peut dire que parler des « mathématiques chinoises » et de « nos mathématiques » est certainement faux, car aujourd'hui, les mathématiques sont un savoir partagé. C'est en effet un phénomène de circulation des savoirs qui a permis la formation de l'histoire mondiale des sciences et donc des mathématiques.

On peut donc dire que, d'une certaine manière, nous calculons comme les Chinois anciens. Mais les mathématiques d'aujourd'hui sont le fruit d'une histoire riche de partage du savoir qui reste pour l'essentiel à écrire.

Il peut cependant être intéressant aujourd'hui, notamment grâce à la publication de la traduction en français des Neuf Chapitres, pour les enseignants d'étudier cette autre manière de penser les mathématiques. C'est également un document de nature historique d'une grande importance car il nous éclaire sur la vie en Chine il y a 2000 ans.

CONCLUSION

Ainsi, si l'on ne sait pas si la poudre est arrivée en Occident par l'intermédiaire des guerres avec les Byzantins, de la route de la soie ou des pays arabes, il est certain qu'elle a bel et bien eu des répercussions au niveau historique et culturel. Mais la poudre n'est pas la seule invention chinoise à avoir révolutionné l'Occident. L'importance du papier et de l'imprimerie au niveau de la diffusion des savoirs est évidente, tout comme le rôle joué par la boussole dans le développement du commerce, qui fut un facteur de la naissance de la bourgeoisie et de l'apparition du capitaliste. D'autres inventions d'apparence plus modeste ont influencé l'Occident, comme par exemple l'étrier, qui en permettant la stabilité du cavalier, a rendu possible le combat à cheval, et donc contribué à l'apparition de la chevalerie. Il est d'ailleurs intéressant de noter que c'est une autre invention chinoise, la poudre, qui la mettra en péril quelques siècles plus tard. Le harnais de poitrail, puis à collier, qui utilise la pleine puissance des chevaux de trait, permet de tirer une charge trois fois supérieure à celle rendue possible par le harnais de gorge antique. Il contribue au développement des transports terrestre et maritime (halage), des marchandises et des hommes, qui aura d'importantes conséquences économiques et sociologiques. D'autre part, les fameuses cathédrales n'auraient pu être construites sans la brouette !

Cependant, si certaines inventions scientifiques de la Chine ancienne ont fortement influencé l'Occident, d'autres ont eu un impacte limité ou moins évident. Il en est ainsi pour la pensée mathématique induite par les Neuf Chapitres. Elle est parvenue jusqu'à nos jours par la tradition écrite en Chine, mais aucune source sûre ne fait état de la façon dont elle est rentrée en notre possession. En effet, on n'a aucune information vérifiée concernant une quelconque influence des Neuf Chapitres sur l'Occident. Cependant, il est intéressant de remarquer que, comme le suggérait Joseph Needham, il semblerait que les mathématiques modernes que nous connaissons aujourd'hui soient la synthèse des savoirs mathématiques du monde entier, et qu'il en soit ainsi pour la science en général. Certains au contraire pensent que l'origine de la science moderne nous vient exclusivement du monde arabe médiéval. L'histoire des mathématiques en Chine, même si elle est connue dans ses grandes lignes, reste donc à explorer.

Pour conclure, si les sciences de la Chine Ancienne impressionnent par leurs sens pratique et leur technicité inventive et ingénieuse, leur influence reste un débat : que devons-nous, Occidentaux, à l'origine de la science expérimentale et de la technologie scientifique, aux sciences de la Chine Ancienne? Les avis divergent grandement et la vérité se situe probablement à mi-chemin entre l'optimisme un peu démesuré de Joseph Needham et le scepticisme excessif d'autres spécialistes contemporains. S'il est difficile de répondre à la question, fort complexe, des influences et des priorités, puisque l'histoire des sciences n'est pas linéaire, une chose est pourtant sûre: la Chine Ancienne n'a eu besoin de personne pour arriver là où elle est arrivée.

SOURCES DOCUMENTAIRES

Monographies :

Les neuf chapitres : le classique mathématique de la Chine ancienne et ses commentaires. Edition critique bilingue traduite, présentée et annotée par Karine Chemla et Guo Shuchun. Dunod, 2005. 1117 p. : ill. ; 25 cm.

Dirickx, Stéphane. *Le ciel en bouquets : l'histoire des feux d'artifice.* Ed Hirlé, 2008. 93 p. : ill. 32 cm.

Needham, Joseph. *La Science chinoise et l'Occident : le grand tirage.* Ed. de Seuil, 1973. 252 p. : ill. 21 cm (Points ; S9).

Needham, Joseph. *Dialogue des civilisations Chine-Occident : pour une histoire oecuménique des sciences.* La découverte, 1991. 367 p. : ill. ; 22 cm.

Soutif, Michel. « *La poudre et ses utilisations* » in *L'Asie, source de sciences et de techniques : histoire comparée des idées scientifiques et techniques de l'Asie.* p. 207- 212. Presses universitaires de Grenoble, 1995. ill. 25 cm.

Temple, Robert. *Le génie de la Chine : 3000 ans de découvertes et d'inventions.* Picquier, 2007. 288 p. : ill. ; 25 cm.

Wei, Zhuna. *Les quatre grandes découvertes de la Chine antique.* Ed. en Langues étrangères , 1981. 98 p. : ill. ;19 cm.

Périodiques :

Le creuset chinois. L'Histoire , juillet 2005, n° 300, p.7-36

Mathématiques chinoises. Tangente , juillet 2008, n° 123, p.29-38

La science est née aussi en Chine. Science et vie, février 1998, n° 965, p.72-73

Flon, Aude. *Les mathématiques chinoises.* Cosinus, octobre 2004, n° 54, p.12-17, 33

Lavallou, François. *Mathématiques en Chine ancienne*. Tangente. Hors-série, juillet 2007, n° 30, p.26-29

Nassif, Philippe. *Comment pensent les Chinois*. Psychologies, juillet 2008, n° 276, p. 121-124

Rousselet, Michel. *L'art du calcul chinois*. Hyper cube, juillet 2003, n° 51, p.12-13

Rousselet, Michel. *Le rapiéçage de figures*. Hyper cube, décembre 2003, n° 53, p. 14-15

Sites web : voir marques pages delicious
--

Généralités :

- Encyclopédie contributive Larousse :
<http://www.larousse.fr/encyclopedie/#accueil>

Histoire générale de la Chine :

- Liste des dynasties chinoises : <http://www.asia-home.com/china/dyna.php>

l'histoire des sciences

- La découverte de la matière :
<http://www.cosmovisions.com/matiereChrono.htm>
- Les neuf Chapitres sur l'art mathématique :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Neuf_Chapitres_sur_l%27art_math%C3%A9matique
<http://www.rehseis.cnrs.fr/spip.php?article20>
- Les nombres chinois : les débuts de la réflexion mathématique en Chine ancienne
<http://www.abord-ch.org/sens/bulletin/no19/art1.htm>
<http://www.abord-ch.org/sens/bulletin/no20/art1.htm>
<http://www.sens-neuchatel.ch/bulletin/no21/art1.htm>
- Sciences en Chine – Conférence de la Cité des Sciences et de l'Industrie :

http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/college/v2/html/2005_2006/cycles/cycle_213.htm

- Aperçu sur l'histoire des mathématiques en chine ancienne dans le contexte d'une histoire internationale
[http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Resourses/Cchemla22.pdf](http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Resourses/Chemla22.pdf)
- Confrontation entre la Chine et l'Europe :
http://www.tribunes.com/tribune/alliage/41-42/levy_leblond_41.htm

La poudre

- Ils ont inventé la poudre : <http://pagesperso-orange.fr/ours.courageux/poudre.pdf>
- La poudre ... dans tous ses états : http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-01/lalande//IMG/ppt/Poudre_Noire-2.ppt
- CEPI- Invention de la poudre :
<http://web.lerelaisinternet.com/cepi/articles/36.htm>
- La poudre et ses utilisations
<http://books.google.fr/books?id=IgEswDoh2WYC&pg=PA207&dq=zheng+gong+liang+les+grandes+techniques+militaires>
- Innovation technique et changements sociaux en Chine et en Europe :
<http://www.arts-et-metiers.net/musee.php?P=157&id=10061&lang=fra&flash=f>
- Musée technique des poudres d'Armement de Sevran :
<http://association.a3p.free.fr/francais/sevran.htm>
- Carrefour atomique – Feux d'artifice
[:http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/theorie/pyrotechnie.html](http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/theorie/pyrotechnie.html)
- Mosaïque savante – feux d'artifice
<http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/mosaique/01-02/feu.html>

Les Mathématiques :

- Une chronologie des mathématiques :
http://serge.mehl.free.fr/base/index_eucl_1000.html
- Entretien avec Karine Chemla :
<http://www.dma.ens.fr/culturemath/video/html/Chemla.htm>

- Démonstration grecque et démonstration chinoise : une opposition entre le discursif et le visuel, Évelyne BARBIN :
<http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Recources/Barbin44.pdf>
- Relations entre procédure et démonstration : La mesure du cercle dans les Neuf chapitres sur les procédures mathématiques et dans leur commentaire par Liu Hui (IIIe siècle)
<http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Recources/Chemla43.pdf>

Le Taoïsme :

- Taoïsme et sciences chinoises :
<http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/Seminaires/Recources/Chen13.pdf>

Annexes

Les annexes comprennent une chronologie des dynasties chinoise, les biographies de deux chercheurs importants dans le domaine des sciences chinoise et de leur influence.

Une grande partie de notre TPE est basée sur leurs travaux.

Pour aller plus loin, vous pouvez également visionner les vidéos en annexe, et lire une partie sur le taoïsme.

Liste des dynasties chinoises

Voici un résumé des dynasties Chinoises

Dynastie	Sous-dynastie	Epoque	Des illustres
HuangDi (Empereur Jaune), Age des Cinq Empereurs		27 - 21 siècles <u>BC</u> env.	
Xia		21 - 16 siècles <u>BC</u> env.	
Shang		16 siècles - 1066 BC env.	
Zhou	Zhou d'Ouest Zhou d'Est Epoque des Printemps- Automne Royaumes combattants	1066 env. - 771 BC 770 - 256 BC 770 - 476 BC 475 - 221 BC	Confucius
Qin		221 - 206 BC	Empereur du Commencement
Han	Han d'Ouest Han d'Est	206 BC - 23 25-220	Empereur Glorieux (Han Wudi)
Trois Royaumes	Wei Shu Wu	220 - 265 221 - 263 222 - 280	CAO Cao, LIU Bei, SUN Quan, ZHU Geliang
Jin d'Ouest		265 - 316	
Jin d'Est et 16 Royaumes	Jin d'Est 16 Royaumes	317 - 420 304 - 439	

Dynastie Nord-Sud	Dynastie du Sud	Song Qi Liang Chen	420 - 479 479 - 502 502 - 557 557 - 589	
	Dynastie du Nord	Wei du Nord Wei de l'Est Qi du Nord Wei de l'Ouest Zhou du Nord	386 - 534 534 - 550 550 - 577 535 - 557 557 - 581	
Shui			581 - 618	
Tang			618 - 907	Tang Taizong LI Shimin, LI Bai, BAI Juyi
Cinq Epocs et Dix Royaumes	Liang postérieure		907 - 923	
	Tang postérieure		923 - 936	
	Jin postérieure		936 - 946	
	Han postérieure		947 - 950	
	Zhou postérieure		951 - 960	
10 Royaumes			902 - 979	
Song	Song du Nord		960 - 1127	Song Taizu, YUE Fei, 108 généraux du Shuihu, <u>SU Shi</u>
	Song du Sud		1127 - 1279	
Liao			907 - 1125	
Xia d'Ouest			1032 - 1227	
Jin (Or)			1115 - 1234	
Yuan			1279 - 1368	HU Bilie
Ming			1368 - 1644	Ming Taizu

source : <http://www.asia-home.com/china/dyna.php>

Biographie de Joseph Needham



(1900-1995)

Le biochimiste britannique **Joseph Needham** a connu une renommée mondiale en menant des recherches sur l'histoire des sciences et des techniques dans la civilisation chinoise.

Parmi les premiers, il a contribué à la reconnaissance du passé scientifique de la Chine avec, notamment, la publication de la monumentale *Science et civilisation en Chine*, remarquable collection encyclopédique qui aborde tous les développements de la science chinoise.

Joseph Needham était le fils unique d'une famille écossaise établie à Londres, son père était docteur en médecine et sa mère Alicia Adélaïde Needham, née Montgomery (1863-1945) était compositeur et professeur de musique. Needham étudia à l'université de Cambridge, où il reçoit son baccalauréat en 1921, son master en janvier 1925 et son doctorat en octobre de la même année. Après ses études, il travaille au laboratoire de Frederick Gowland Hopkins au Gonville and Caius College de **Cambridge**, dans le département d'embryologie et de morphogénèse.

Trois chercheurs chinois viennent travailler avec Needham en 1936 : Lu Gwei-djen (1904-1991), Wang Ying-lai, et Chen Shi-chang. Lu, fille d'un pharmacien de Nankin, lui enseigne les classiques chinois. Cela attisa l'intérêt de Needham envers le passé technologique et scientifique de la Chine.

Sous la direction de la Royal Society, Needham devient le directeur du Bureau de Coopération scientifique sinobritannique a Chongqing entre 1942 et 1946, collaborant avec l'historien Wang Ling. Il rencontre de nombreux intellectuels chinois, dont le peintre Wu Zuoren, et voyage vers une multitude de sites en Chine, à Dunhuang et au Yunnan par exemple. Il rend aussi visite à de nombreuses institutions éducatives, où une importante masse documentaire fut rassemblée, constituant la base de sa série *Science et Civilisation en Chine*.

Après deux années a la tête de la division Science Naturelle de l'**UNESCO** à Paris, en France, il retourne au Gonville and Caius College en 1948, où l'université de Cambridge finance partiellement sa série Science et Civilisation en Chine. Il consacra la plus grande partie de son énergie a l'histoire scientifique de la Chine jusqu'à sa retraite, en 1990, bien qu'il continua d'enseigner la biochimie jusqu'en 1966. En 1966, Needham devient Master du Gonville & Caius College.

Le **Needham Research Institute de Cambridge**, consacré à l'étude de l'histoire scientifique de la Chine a été inauguré en 1987 par Philip Mountbatten, duc d'Edimbourg.

Needham fut marié à Dorothy Moyle (1896-1987). Deux ans après la mort de Dorothy en 1989, il épousa Lu Gwei-djen. Il souffrait de la maladie de Parkinson depuis 1982. Il meurt à 94 ans dans sa maison de Cambridge.

Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Joseph_Needham

Biographie de Karine Chemla



Mathématicienne de formation, **Karine Chemla** a étudié l'histoire des mathématiques de la Chine ancienne en 1981 auprès de chercheurs chinois spécialistes du domaine, à l'Institut d'histoire des sciences de la nature (Académie des sciences, Pékin, Chine). Depuis son entrée au **CNRS** en 1982, au sein de l'unité Recherches épistémologiques et historiques sur les sciences exactes et les institutions scientifiques (REHSEIS, CNRS – Université Paris 7), elle s'est consacrée à l'histoire des mathématiques de la Chine ancienne dans une double perspective. Elle entend, d'une part, contribuer à développer une histoire internationale des mathématiques et cherche, d'autre part, à comprendre les liens qui peuvent unir les mathématiques aux cultures au sein desquelles elles se développent. L'enjeu est d'élucider comment des concepts, des résultats et des théories mathématiques, par essence toujours élaborés dans des groupes humains donnés, circulent et deviennent largement partagés.

Karine Chemla est également rédactrice en chef de la revue d'études extrême-orientales *Extrême-Orient, Extrême-Occident* et elle a dirigé la composition de la section sur l'histoire des sciences en Chine dans la *Storia della Scienza* récemment publiée par l'Enciclopedia Italiana (8 volumes).

Elle publie le 7 octobre 2004, en collaboration avec **Guo Shuchun** (Académie des sciences, Chine) l'ouvrage *Les Neuf chapitres. Le Classique mathématique de la Chine ancienne et ses commentaires*, aux éditions Dunod.

Source : <http://www.cnrs.fr>

Le Taoïsme

Le Taoïsme, en chinois 道 教 dào jiào « **enseignement de la Voie** » est une culture basée sur une philosophie de vie, une conception antiques dont **Lao Zi** nous fait part dans son ouvrage Dao De Jing; ainsi que dans le Zhuangzi ,du nom de son auteur, un enseignement sous forme de fables dialoguées. Cela se traduit en des pratiques pouvant s'apparenter à des rites religieux. Elle est née sous la dynastie Han (-200/200). Ce courant intellectuel s'instruit dans des écoles nommées Dào jiā 道家 ou dào jiào 道教, « école taoïste ». Durant la période des Trois Royaumes (220/265) ces deux termes divergent. On prend en compte la différence de signification, le premier désignant la **philosophie** et le second la **religion**. On peut dire que ce fut autant des expressions intellectuelles que culturelles. Ce mouvement influença tout l'Extrême-Orient, ainsi que l'occident, avec des thèmes comme le dao, la critique de la pensée dualiste, de la technique, de la morale dans une préférence pour le le naturel et la spontanéité.

On trouvera aussi un exposé sur les pratiques taoïstes, concentré sur le moyen âge chinois (les six dynasties, 200~400). La période permet de révéler des techniques mystiques, des idées médicales, une alchimie, des rites collectifs...

A partir du Ve siècle, débute l'ère des trois enseignements (sanjiao 三教) (**confucianisme, bouddhisme et taoïsme**), ils s'influencent mutuellement et il devient plus difficile de dégager une innovation qui serait spécifiquement taoïste. Tout trois sont complémentaires et peuvent chacun être assimilés au mode de pensée oriental.

Cela consiste en:

- Un sens des équilibres yin yang poursuivi par la médecine chinoise et le développement personnel ; cela peut donner un aspect plus religieux du taoïsme, en effet harmoniser le yin et le yang consiste à harmoniser la terre et le ciel, c'est-à-dire le visible et l'invisible.

Taijitu (☯) montrant les relations entre le Yin et le Yang;

il existe également sous 2 autres formes

- Une éthique libertaire qui inspira notamment la littérature.
- Une mystique quiétiste, reprise par le bouddhisme Chan (ancêtre du zen japonais) ; c'est une recherche de sagesse qui se fonde principalement sur **l'harmonie**. le coeur doit se placer dans la voie (le Tao), c'est à dire dans la voie authentique de la nature, imitant sa passivité féconde. C'est un idéal

d'insouciance, de spontanéité, de liberté individuelle; l'homme peut se libérer des contraintes sociales. Contrairement au confucianistes, **ils considèrent qu'il est impossible et dangereux d'améliorer la société.** Ils quittent les villes, étant un cadres artificiels empêchant la nature de s'exprimer.

- Un naturalisme visible dans la calligraphie et l'art.



Caractère: □ Dao/Tao, la voie écrit de 2 façons différentes:

- *sous sa forme classique*
- *sous forme calligraphique "□□" c□oshū « herbes folles », un style très libre influencé par le taoïsme. C'est un écriture qui suit les mouvement spontanés de la nature.*

Lien avec le TPE:

Dans toute la Chine, le Taoïsme influencea les modes de pensée. Nombreuses pratiques de l'époque antique peuvent être expliquées par les croyances enseignées par ce mouvement.

La façon de guerroyer est directement liée au Yin et Yang, et à la maxime « **du plein, le moyen ; du vide, l'effet** » dans le chapitre 11 du *Dao De Jing*. En effet dans un chapitre nommé « du plein et du vide » de L'Art de la guerre, Sunzi explique très concrètement comment un général doit disposer du lieu de bataille (le plein) comme un potentiel (les moyens), de passes ou d'entrées (des vides) où il attire l'adversaire de son plein gré pour le battre avec le moindre effort (l'effet). La fable du coq de combat de Zhuangzi qui vaincra sans combat est une autre illustration de la vertu supposée du vide intérieur. C'est le paradoxe de "**plénitude du vide**" qui est parent de cette pensée. On peut l'attribuer à la conception du zéro, que les occidentaux ne pouvaient, sans les idées taoïstes, simplement comprendre.

De la même manière, le développement de l'alchimie est dû à la recherche taoïste de l'**immortel**. Selon eux il fallait se transformer de l'intérieur pour devenir imputrescible (qui ne pourrit pas). Des adeptes tentèrent d'ingérer du plomb ou de l'or liquide pour s'accorder à une représentation symbolique du corps en correspondance avec les métaux. Le cinabre eut encore plus de faveur. Ce minerai de mercure passe par plusieurs couleurs à la fusion, illustrant la **transmutation** (pratique taoïste qui consiste à nourrir le corps)

Les Taoïstes considéraient le **chemin** plus important que le **but** en lui-même. C'est un mode qui privilégie la recherche à la découverte. Ils considèrent également l'état de nature plus plaisant que l'artificielle. C'est pour ces raisons que les Chinois donnent une plus grande importance (en mathématiques par exemple) à l'explication, à la démonstration; et que la découverte de la poudre fut une perpétuelle recherche "hasardeuse"... Ne cherchant pas "l'idéal", ils n'y aboutiront pas comme l'occident qui, ayant repris les découvertes, se les approprie, et les améliore de façon conséquente. Le confucianisme innovateur a été sans doute pour beaucoup dans les découvertes; ainsi que le bouddhisme. C'est ainsi qu'on peut expliquer le fait que plus tard la Chine n'ait pas réussi à conserver **son avance sur les autres civilisations**.