Préface

Christine Proust

Pierre Chaigneau a soutenu, en 2019 à l'Université Paris Cité, une thèse intitulée *Otto Neugebauer, François Thureau-Dangin et l'édition des textes mathématiques cunéiformes dans les années 1930* sous ma direction. Le présent ouvrage offre à cette thèse sa publication. Dans les années des études doctorales de Pierre Chaigneau, les questions historiographiques étaient l'objet de recherches actives dans le laboratoire SPHERE, auquel il était rattaché, et dans le projet européen *Mathematical Sciences in the Ancient World*[1], auquel il a beaucoup contribué. Le présent ouvrage reflète ainsi le résultat à la fois d'une recherche personnelle de plusieurs années et d'un travail collectif, en partie publié dans Keller et Chemla (2024), ouvrage qui est dédicacé à Pierre Chaigneau.

La publication a été préparée dans des circonstances tragiques. Pierre est décédé d'une tumeur au cerveau foudroyante le 10 avril 2022. Publier sa thèse est une promesse qui lui a été faite peu avant sa mort. Je suis infiniment triste de ces circonstances et heureuse que ce beau texte, fin et sensible comme l'était son auteur, paraisse aux Presses universitaires de Franche-Comté (PUFC).

Le travail éditorial fut un peu particulier dans ce contexte. Apporter des modifications à un texte sans que son auteur puisse les valider soulève d'innombrables cas de conscience. Pourtant, il fallait adapter le texte. En effet, le lectorat d'un mémoire doctoral est réduit. Il est essentiellement limité au jury de thèse, composé de spécialistes choisis parmi celles et ceux qui connaissent le mieux le sujet à l'échelle internationale. Le lectorat d'une publication, même universitaire, est beaucoup plus large. Le texte devait être corrigé pour être accessible. Cependant, je voulais rester fidèle au texte initial et être la moins intrusive possible. Le choix que j'ai fait, en accord avec les éditeurs des PUFC, était d'apporter des compléments d'information dans des notes et dans une préface. Cette dernière devait être suffisamment développée

1. *Mathematical Sciences in the Ancient World* (SAW) est un projet européen qui a été dirigé par Karine Chemla en 2011–2016.

pour pouvoir présenter les enjeux, les méthodes et les résultats de la recherche de Pierre Chaigneau de façon accessible à un large public. Il a fallu de plus apporter un nombre important de corrections pour clarifier certains passages. Ces corrections bien sûr ne changent rien au fond ni au style de l'auteur. Elles ont consisté essentiellement à diviser des phrases trop longues et à corriger des défauts de forme mineurs. Certains titres et sous-titres ont été complétés pour les rendre plus explicites.

Je n'ai pas cherché à intervenir sur d'éventuels problèmes de fond, en particulier sur ceux qui résultaient des conditions d'écriture stressantes que connaissent beaucoup d'étudiants en fin de thèse. À certains endroits, le texte reste suspendu, comme inachevé. C'est le cas, par exemple, de la fin de la deuxième partie. L'introduction, écrite par l'auteur dans la précipitation, est une énumération assez descriptive des parties, chapitres et sous chapitres. Elle ne rend pas justice à la profondeur des questions abordées, ni à la finesse des analyses de l'auteur. Cette introduction a néanmoins le mérite de brosser un panorama général du livre. Elle offre un bon complément à la table des matières. Elle apparaît dans la présente édition sous le nom de *« Synopsis »*. J'ai essayé de restituer davantage la démarche de l'auteur dans la préface.

Je voudrais exprimer toute ma gratitude à celles qui ont travaillé sur le manuscrit : la famille de Pierre, Martine Chaigneau, Manon Chaigneau et Frédérique Grenon, ainsi que les éditrices, correctrices, relectrices et relecteurs Karine Chemla, Sarah Carvallo, Hombeline Languereau, Yves Ducel, Arnaud Macé, François Pétiard. Enfin, tous mes remerciements vont aux PUFC, qui ont accepté de publier ce texte dans des circonstances inhabituelles et ont apporté une assistance précieuse. Merci aussi au laboratoire SPHERE et au laboratoire *Logiques de l'Agir* qui ont accepté de participer au financement de cette publication.

La méthode que Pierre Chaigneau a voulu mettre en œuvre consistait à étudier des textes anciens en adoptant une approche à la fois historique et historiographique. Son but était de montrer comment cette double approche pouvait éclairer les textes d'un jour nouveau et, parfois, permettre d'en percer certains secrets. Le livre est ainsi divisé en deux grandes parties. La première partie historiographique est centrée sur les deux pionniers de la découverte des mathématiques cunéiformes, François Thureau-Dangin (1872–1944) et Otto Neugebauer (1899–1990). La deuxième partie montre les deux pionniers au travail en train de découvrir des textes mathématiques présentant de redoutables difficultés. Chaigneau se mêle à la conversation entre les deux savants disparus, tout en intégrant tous les éléments d'histoire matérielle et éditoriale qu'il a pu réunir, pour produire une interprétation inattendue de ces textes.

Dans la première partie (chapitres *Thureau-Dangin (1872–1944)*, *Otto Neugebauer (1899–1990)* et *Convergences : de l'histoire de la métrologie à celle des mathématiques*), le livre nous propose une exploration intimiste de la découverte, au début du XXe siècle, des mathématiques les plus anciennes qui soient parvenues jusqu'à nous. Ces mathématiques furent notées en écriture cunéiforme sur des tablettes d'argile fraîche dans le Proche-Orient ancien, principalement en Mésopotamie (Irak actuel) et en Elam (Iran actuel), au cours des deuxième et premier millénaires avant l'ère commune. Les deux premières grandes éditions de textes mathématiques cunéiformes, *Mathematische Keilschrift-Texte* (Neugebauer, 1935-1937) et *Textes Mathématiques Babyloniens* (F. Thureau-Dangin, 1938b), rendaient accessibles pour la première fois ces mathématiques jusque-là inconnues et offraient aux historiens une documentation complète, incluant photos, copies, translitérations, traductions, notes et commentaires, ainsi qu'un appareil critique développé. Elles furent publiées à un an d'intervalle par François Thureau-Dangin et Otto Neugebauer, deux savants de cultures très différentes, le premier assyriologue et le second mathématicien. Pierre Chaigneau nous invite à prêter attention au dialogue à distance entre les protagonistes de cette « rencontre improbable ».

En choisissant de se concentrer sur les premiers déchiffrements et sur le dialogue entre Thureau-Dangin et Neugebauer, Chaigneau s'intéresse à la période qui précède la deuxième guerre mondiale. L'activité de Neugebauer après 1933, alors qu'il avait fui l'Allemagne nazie et qu'il était professeur à *Brown University*, demeure en dehors de cette étude. En particulier, l'étude n'aborde pas les *Mathematical Cuneiform Texts* (Neugebauer et Sachs, 1945), édition des textes mathématiques conservés principalement dans les universités américaines, publiés avec Abraham Sachs (1914–1983) et l'assistance de Albrecht Goetze (1897–1971).

Chaigneau rassemble les informations disponibles sur les biographies de François Thureau-Dangin et du jeune Otto Neugebauer. Ces portraits de savants dans leur contexte familial et social pourraient paraître de peu d'intérêt pour des historiens des mathématiques. Cependant, de ces deux biographies mises côte à côte, surgit un effet stéréophonique saisissant. Bien qu'ils se soient passionnés pour les mêmes sujets, aient publié les mêmes textes dans les mêmes années, tout oppose les deux savants qui ne se sont jamais vus en personne : le milieu social, la fortune, la formation, les sources de revenus, les influences politiques, l'âge. Cette partie biographique montre que le projet de recherche de Chaigneau allait au-delà d'une histoire de la découverte des mathématiques cunéiformes. Elle esquisse une peinture des milieux savants de la fin du XIXe siècle et du début du XXe. Chaigneau rappelle comment l'assyriologie à ses débuts en France fut fortement dépendante des études bibliques. Les trajectoires de Thureau-Dangin et Alfred Loisy (1857–1940), prêtre excommunié par l'Église catholique pour son approche historicisante de l'Ancien Testament, témoignent du processus tourmenté de la séparation des domaines de la théologie et de l'histoire. Par contraste, l'évocation du milieu académique allemand, dans lequel Neugebauer fut éduqué, illustre la proximité de l'assyriologie naissante avec les études classiques. Au travers de ces deux biographies, l'une d'un érudit reconnu appartenant à la grande bourgeoisie parisienne fortunée, et l'autre d'un étudiant en mathématiques formé dans des universités allemandes, brillant mais encore inconnu, se dessine le processus de professionnalisation des études historiques.

À l'époque où Chaigneau écrivait sa thèse, Neugebauer avait déjà fait l'objet de travaux historiographiques importants, notamment pour ce qui concerne son travail sur les mathématiques cunéiformes (Høyrup, 1996). Un ouvrage de synthèse a été publié en 2016 suite à un colloque d'hommages tenu en 2010 à l'Université de New York pour marquer les trente ans de la mort de Neugebauer (Jones, C. Proust et Steele, 2016). Cet ouvrage abordait les multiples facettes de la biographie de Neugebauer et de ses travaux en histoire des mathématiques et de l'astronomie anciennes. Chaigneau s'est évidemment beaucoup inspiré de cet ouvrage. Cependant, sa propre enquête visait une épistémologie fine du processus de découverte des mathématiques cunéiformes et allait donc bien au-delà des objectifs du colloque. Il nous livre une compréhension intime de la façon de travailler de Neugebauer.

La vie de Thureau-Dangin, en revanche, n'avait pas fait l'objet d'une rétrospective de l'ampleur de celle qui fut dédiée à Neugebauer. Béatrice André-Salvini, alors conservatrice des Antiquités Orientales du Louvre, disposait de quelques rares archives (André-Salvini, 2016). L'ouvrage de Dominique Charpin (Charpin, 2022) sur l'histoire de l'assyriologie française, dont Thureau-Dangin fut un protagoniste de premier plan, ne fut publié qu'après la soutenance de thèse de Chaigneau. La quête de détails biographiques sur Thureau-Dangin, en particulier dans les journaux de son époque, a permis à Chaigneau d'éclairer le contexte intellectuel et politique dans lequel travaillait le savant. Thureau-Dangin a forgé sa méthode historique, qui se voulait scientifique et neutre, dans un contexte académique où il devenait vital pour lui de séparer la philologie orientale des études bibliques. L'excommunication par l'Église catholique de son ami Alfred Loisy a en effet conduit Thureau-Dangin à fuir le terrain miné de la religion. Plus important peut-être, Thureau-Dangin s'intéresse dès ses débuts à l'histoire sociale. Il s'inscrit ainsi d'emblée dans un courant novateur des études historiques porté déjà par son aîné et mentor Jules Oppert (1825–1905). Des textes administratifs et comptables, sans grand intérêt philologique, commençaient à arriver par milliers au musée du Louvre, dont Thureau-Dangin était conservateur. Loin de les mépriser au profit des textes littéraires, divinatoires ou liturgiques plus nobles, il a considéré les innombrables billets de comptes et bilans comme des témoins précieux de la vie sociale et économique des anciennes sociétés. Cet intérêt pour l'histoire sociale est crucial car c'est lui qui a conduit Thureau-Dangin à porter une attention particulière à la métrologie, et par ce biais aux textes mathématiques. L'histoire du déchiffrement de la métrologie, angle mort de l'histoire de l'assyriologie, est au cœur des recherches de Chaigneau. L'élucidation des données quantitatives omniprésentes dans les textes administratifs, notamment ceux datés de la fin du troisième et du début du deuxième millénaire avant l'ère commune, a représenté une part considérable de l'œuvre de deux des plus importants déchiffreurs des textes cunéiformes, Oppert et Thureau-Dangin. Ce pan de l'histoire de l'assyriologie est pourtant peu présent, voire absent, dans l'historiographie, comme en témoigne par exemple le livre de Charpin (*ibid.*), qui n'aborde pas cet aspect du travail de déchiffrement.

Le chapitre consacré à Neugebauer (*Otto Neugebauer (1899–1990)*), après avoir éclairci quelques détails biographiques inédits, se concentre sur l'épistémologie du jeune mathématicien et historien des mathématiques en devenir. Neugebauer voulait convaincre ses collègues de Göttingen, l'avant-garde mathématique de l'époque, de l'intérêt des mathématiques très anciennes. Chaigneau montre comment le positionnement de Neugebauer était fortement influencé par la philosophie d'Hermann Hankel (1839–1873). Neugebauer cherchait à résoudre le conflit entre son approche mathématicienne, les mathématiques étant perçues comme universelles, et son approche historienne attentive aux spécificités culturelles de société particulières. Pour sortir de ce dilemme, Neugebauer a forgé une méthode qu'il appelait « philologico-comparative », et a été conduit à prôner la nécessité, pour les historiens des mathématiques, de s'intéresser à l'histoire culturelle des sociétés qui ont produit les textes qu'ils étudient.

Par un sens du rebondissement qui fait la qualité de l'écriture de son récit, Chaigneau montre comment c'est un troisième Neugebauer, le déchiffreur, qui a mis fin aux tensions initiales entre le mathématicien et l'historien. Neugebauer était avant tout passionné par le travail d'édition. Il ne s'est guère consacré aux approches culturelles dont il avait tant défendu la nécessité dans ses jeunes années, les laissant à d'autres. Après 1945 et la publication, avec Sachs, de ses *Mathematical Cuneiform Texts*, Neugebauer s'est détourné de l'histoire des mathématiques et ne devait pratiquement plus y revenir dans sa longue carrière. Toutes ses forces se sont reportées sur l'histoire de l'astronomie, d'abord cunéiforme, puis médiévale.

Cette partie sur les premières réflexions méthodologiques de Neugebauer est importante pour deux raisons. D'une part, comme souligné plus haut, une fois absorbé par le travail philologique sur les textes mathématiques cunéiformes, Neugebauer abandonnera le pan de son programme tourné vers l'histoire culturelle, et ne livrera plus, dans ses écrits, de réflexion sur sa méthode. Les années de ses débuts en histoire des mathématiques anciennes sont donc les seules qui laissent percevoir l'épistémologie de Neugebauer. La deuxième raison touche à des enjeux contemporains. En effet, la réflexion de Neugebauer sur les liens entre mathématiques et histoire reste, à bien des égards, actuelle. Elle apporte des arguments forts en faveur de l'introduction d'une perspective historique dans la pratique et l'apprentissage des mathématiques. Cette partie devrait donc particulièrement intéresser les enseignants de mathématiques d'aujourd'hui.

Dans cette confrontation des deux biographies, Chaigneau montre à quel point les contraintes matérielles ont influé sur la carrière des deux savants. Les conditions économiques dans lesquelles travaillaient Thureau-Dangin et Neugebauer étaient radicalement différentes. La famille de Thureau-Dangin jouissait d'une grande fortune, et « François fut toute sa vie à l'abri du besoin financier ». Cette situation contraste fortement avec celle de Neugebauer, orphelin à huit ans et peu soutenu par sa famille, qui a dû dès ses années d'études trouver des sources de revenu. Thureau-Dangin a pu travailler au Louvre bénévolement et financer en partie personnellement ses expéditions ; Neugebauer avait besoin d'un salaire. Cette différence reflète des changements profonds intervenus, en une génération, dans l'organisation de la recherche académique en Europe et aux États-Unis d'Amérique. Elle est annonciatrice d'une évolution rapide, après la deuxième guerre mondiale, vers la professionnalisation de la recherche.

Le chapitre *« Convergences : de l'histoire de la métrologie à celle des mathématiques »*, centré sur l'histoire du déchiffrement des nombres et des mesures, est au cœur du projet de recherche de Chaigneau. Un des problèmes centraux qu'il s'efforce de traiter est le lien entre métrologie et mathématiques, aussi bien dans les pratiques anciennes que dans leur compréhension par les historiens modernes. En remettant la métrologie au cœur des mathématiques, l'auteur révèle des dynamiques de recherche propres à Thureau-Dangin et à Neugebauer. Chaigneau montre comment deux savants que tout opposait au départ se rencontrent par articles interposés pour engager un dialogue fécond autour des questions de numération et de métrologie. Il offre une description par le menu des ajustements de pensée successifs de chaque protagoniste en fonction de leur perception de ceux de l'autre. Avoir réussi à démêler l'histoire passablement confuse du déchiffrement de la métrologie, et à rendre intelligible au lecteur ces subtiles passes d'armes entre les deux savants, est un véritable tour de force.

Le chapitre commence par l'histoire du déchiffrement de la métrologie par Oppert, puis, dans la même perspective que son aîné, par Thureau-Dangin. Cette histoire voit ses protagonistes s'embarquer dans des fausses pistes et des faux débats tout en se livrant à des intuitions fulgurantes. Ces errements sont dus à plusieurs facteurs. Le premier de ces facteurs est bien sûr que les sources étaient en cours de déchiffrement, et que le matériel épigraphique à la disposition des historiens était réduit. Un autre facteur est historiographique. D'une part, Oppert comme Thureau-Dangin considéraient que la métrologie n'avait pas changé au cours des siècles en Mésopotamie. D'autre part, ils importaient des concepts venant des études grecques ou de la métrologie moderne. Mais surtout, le matériel lui-même est complexe. Les systèmes métrologiques attestés dans les textes cunéiformes varient selon les époques, les lieux, les genres de textes. L'histoire de leur déchiffrement reflète cette complexité, d'autant plus que les pionniers n'ont pris conscience de cette diversité que peu à peu. Ainsi, par exemple, Chaigneau analyse comment Thureau-Dangin a tenté de déterminer la valeur de certaines unités de longueur et de surface utilisées dans des textes d'époque néo-sumérienne (fin du troisième millénaire) à partir de textes datés d'époque cassite (fin du deuxième millénaire), tentative qui a mené à une impasse.

Oppert comme Thureau-Dangin recherchaient la « valeur » des unités de mesure. Il convient ici de préciser le sens du mot « valeur ». Le travail de déchiffrement des unités de mesure utilisés dans les textes anciens pose plusieurs problèmes de natures différentes. Le premier est l'identification de la *valeur des unités de mesure anciennes relativement* aux autres unités de mesure d'un même système, par exemple, déterminer que la longueur 1 *ninda* vaut 12 *kuš*. Le deuxième est l'identification de la valeur des unités de mesure anciennes dans le système métrique actuel, c'est-à-dire leur *valeur absolue* ; par exemple, établir que la longueur 1 *ninda* correspond à 6 m environ. L'identification des valeurs relatives est en général basée sur des données textuelles. L'identification des valeurs absolues, beaucoup plus difficile, ne peut se faire en général que par la confrontation des données textuelles avec des mesures modernes d'objets archéologiques. Un exemple est celui de la fixation de la valeur absolue du *ninda* par référence à la « règle de Gudea », un des rares étalons pour les mesures de longueur parvenu jusqu'à nous. Un autre exemple, évoqué ci-dessus, s'est avéré fallacieux. C'est celui des tentatives, menées par Oppert puis Thureau-Dangin, d'identification d'une unité prétendument de surface, le « grand U », par comparaison des mesures données par une inscription de Sargon II avec les dimensions des ruines du palais de Khorsabad mesurées par les archéologues. Enfin, un troisième problème de la métrologie concerne les relations entre les différents systèmes métrologiques : quelle relation les anciens scribes établissaient-ils entre les unités de longueur, de surface et de volume ? Entre les unités de capacité et celles de volume ou de poids ? Répondre à ces questions est un vaste programme de recherche, qui reste à poursuivre, sur la façon dont la métrologie a été construite au cours du troisième millénaire. Le travail mathématique sur des grandeurs spatiales réalisé par les scribes dans ces périodes est un des aspects essentiels de l'histoire des mathématiques dans ses débuts. Cependant, ces questions exigent un matériel comparatif dont ni Oppert, ni Thureau-Dangin, ni même Neugebauer ne disposaient. C'est sans doute Marvin Powell qui leur a donné les premières réponses documentées (Powell, 1971, 1987).

D'autres raisons de la difficulté de compréhension des métrologies anciennes méritent d'être soulignées. Un aspect de la complexité des métrologies cunéiformes est la coexistence, fréquente dans les textes, de deux langues, le sumérien et l'akkadien, utilisant des systèmes d'écriture différents, logographique pour la première, phonétique pour la seconde. Les articles sur le sujet sont donc ardus. Mais le lecteur moderne de ces articles est définitivement perdu lorsqu'il réalise l'absence de consensus entre les historiens sur les conventions de transcription. Ainsi par exemple, selon la langue d'écriture dans le texte cunéiforme, le système de représentation adoptée dans les publications modernes, les conventions choisies, la même unité peut apparaître dans les publications sous les formes « U », « kuš$_3$ », « kuš », « ammatum ». Cette unité est aujourd'hui reconnue comme une unité de longueur d'environ 0,5 m, traduite « coudée » en français, *cubit* en anglais, *Elle* en allemand… [2] Pour aider le lecteur, j'ai inséré des notes explicatives assez nombreuses dans ce chapitre. En outre, j'ai terminé cette préface par un encart qui s'efforce de fournir l'information nécessaire sur la métrologie et la numération utilisées dans les textes cunéiformes étudiés dans le présent ouvrage.

La complexité des systèmes métrologiques est accentuée par celle des systèmes numériques. Les deux types de système ne sont, du reste, pas toujours clairement distincts, ni dans les concepts anciens, ni aux yeux des déchiffreurs modernes.

2. Dans ses citations des auteurs anciens, notamment celles des pionniers du déchiffrement du cunéiforme, Chaigneau reproduit exactement les notations des nombres et des mesures qui y sont adoptées. Il peut en résulter, aux yeux du lecteur, une certaine cacophonie, les mêmes mesures apparaissant sous des formes différentes selon les auteurs. Cette cacophonie apparente reflète la « Babel des notations » qui régnait et règne encore dans les études assyriologiques pour la représentation des signes numériques et métrologiques. Alors que les conventions de représentation des signes cunéiformes ont été harmonisées à l'échelle internationale après la Seconde Guerre mondiale pour les signes lexicaux, elles ne l'ont pas été pour les signes quantitatifs (Gelb, 1948).

C'est le cas, par exemple, du dit « système G », utilisé pour les grandes mesures de surface (voir l'annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »* de Chaigneau) qui, pour certains auteurs, est considéré comme numérique et, pour d'autres, métrologique.

Un enjeu crucial, pour la compréhension des textes mathématiques, est la façon dont la notation des nombres en notation sexagésimale positionnelle est interprétée. Cette notation des nombres ne fut utilisée, en Mésopotamie, que dans les textes mathématiques et astronomiques, à quelques exceptions près. Leur compréhension a donc des conséquences importantes pour celle des mathématiques cunéiformes. Encore aujourd'hui, le débat n'est pas clos. Il importe donc que le lecteur ait une claire idée de ce que sont ces notations. Dans le chapitre *« Convergences : de l'histoire de la métrologie à celle des mathématiques »* et l'annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »*, Chaigneau n'a donné, sur la notation sexagésimale positionnelle cunéiforme que les détails strictement nécessaires à un lectorat spécialisé. L'encart situé à la fin de la présente préface fournit au lecteur une information plus complète sur l'écriture des nombres dans les textes mathématiques. C'est sur la question du système sexagésimal positionnel, directement liée à l'interprétation des textes mathématiques, que les intérêts de Thureau-Dangin et Neugebauer convergeaient, que leurs interprétations divergeaient, et que leurs questions s'entrecroisaient.

Chaigneau montre bien la thèse centrale qui guide Thureau-Dangin : l'histoire de la numération sexagésimale est linguistique. Les numérations écrites étant considérées comme reflétant les numérations orales, il y a lieu d'attribuer tel système à telle langue, ce qui a conduit à une ethnicisation de l'histoire des nombres. Ainsi, pour Thureau-Dangin, la base soixante est à attribuer aux Sumériens, et la base dix aux Akkadiens (ainsi qu'aux locuteurs des langues sémitiques en général). Chaigneau donne un autre exemple d'argument linguistique utilisé pour analyser des tables mathématiques, comparées à des « dictionnaires ». Il explique la théorie de Thureau-Dangin selon laquelle ce sont les tables d'inverses, et non les tables métrologiques, qui servent d'instrument pour convertir les « nombres concrets » en « nombres abstraits » (voir l'encart à la fin de la présente préface pour plus d'explications sur les tables d'inverse). Thureau-Dangin interprétait les tables en général comme des outils de conversion entre des notations anciennes et nouvelles. Les tables d'inverses étaient comprises par Thureau-Dangin comme des tables de conversion des anciennes fractions en nouvelles notations sexagésimales positionnelles. Par exemple, les tables d'inverses commencent par la correspondance entre 2 et 30. Pour Thureau-Dangin, cette correspondance se comprend : à la fraction $\frac{1}{2}$ (notation ancienne) correspond le nombre « abstrait » 30 (notation nouvelle). Aujourd'hui, on comprend : « l'inverse de 2 est 30 », les nombres 20 et 30 étant abstraits au sens de Thureau-Dangin. De même, les listes lexicales étaient pour lui des traductions de la langue ancienne, le sumérien, dans la langue moderne, l'akkadien.

Cette approche linguistique de l'histoire de la numération sexagésimale, qui la lie à la « culture sumérienne », a été largement adoptée, y compris par Neugebauer [3]. Ce dernier, sous l'influence de Sethe, considérait de la même façon que les nombres écrits de la numération égyptienne représentaient des mots de la langue. L'approche linguistique reste extrêmement influente aujourd'hui encore. Chaigneau explique bien les conséquences de cette approche sur la compréhension que Thureau-Dangin et Neugebauer avaient de la notation sexagésimale positionnelle : à partir du moment où un signe correspondait à un nom de nombre, la question était de savoir si un clou vertical représentait le nombre un, ou soixante, ou un soixantième, ou une autre puissance de 60 (Hilprecht a même proposé 60^4). Quelle que soit la diversité des réponses à cette question, l'hypothèse implicite sous-jacente, partagée par tous (Neugebauer, Thureau-Dangin, mais aussi Powell et bien d'autres), était que les nombres écrits en notation sexagésimale positionnelle représentaient des quantités. Cette interprétation a conduit Thureau-Dangin et Neugebauer, dans leurs interprétations, à affecter ces nombres de marques indiquant leur ordre de grandeur, bien que ces marques n'existent pas dans l'écriture cunéiforme.

Dans la deuxième partie (chapitres *« Classification et sélection des textes dans les éditions »*, *« Les diagnostics d'erreurs »* et *« À la recherche de la formule du volume du tronc de pyramide »*), Chaigneau s'attache au déchiffrement et à la compréhension d'un petit corpus composé de tablettes mathématiques d'époque paléo-babylonienne présentant une particularité : elles se terminent toutes par une notice (colophon) indiquant le nombre de « procédures » (*kibsu* en akkadien) contenues dans la tablette. Le lecteur est convié à se pencher sur ces textes qui posent encore aujourd'hui de redoutables problèmes d'interprétation. La lecture est guidée non seulement par l'auteur du livre, mais aussi par François Thureau-Dangin et Otto Neugebauer, ainsi que par les nombreux auteurs qui se sont attaqués à ces textes difficiles. Cette lecture à la fois philologique, historique et historiographique fait jaillir des éléments de compréhension nouveaux et montre l'avantage que présente une approche des textes de plusieurs points de vue. Au-delà des détails techniques, pour lesquels le lecteur pourra s'aider des notes éditoriales et de l'encart, les problèmes abordés tout au long de la deuxième partie donnent lieu à des développements présentant un intérêt méthodologique général pour les historiens des sciences.

Chaigneau commence par soigneusement délimiter le corpus qui, à ses yeux, se prête bien au traitement à la fois historique et historiographique qu'il souhaite mettre en œuvre. Sa méthodologie, en effet, « se résume donc à l'idée de combiner concrètement le travail sur les sources anciennes avec une prise en compte consciente et assumée de l'historiographie de ces mêmes sources ». Il est rare que les historiens prêtent autant d'attention à la façon dont ils définissent leur corpus d'étude (Bretelle-Establet, 2010). Ce travail de délimitation du corpus pose le problème de la classification des textes par les

3. Pour une critique historiographique ample des approches linguistiques de l'histoire des numérations anciennes, voir Chemla (2022).

éditeurs modernes. Dans quelle mesure cette classification reflète-t-elle des catégories qui avaient été créées par les scribes anciens ? Dans quelle mesure est-elle une partition commode pour le lecteur moderne ? Quels biais les classifications modernes induisent-elles dans la compréhension des textes ? Ce chapitre (*Classification et sélection des textes dans les éditions*) met en lumière, sur le corpus particulier des tablettes *kibsu*, un aspect qui a peu été étudié : comment la dislocation des sources, due à l'action des fouilleurs, des conservateurs, des éditeurs, a des effets sur l'interprétation. Les cinq tablettes *kibsu*, qui furent probablement produites dans le même contexte, non seulement n'ont pas été considérées, dans leur édition, comme formant un groupe, mais chacun des problèmes qui les composent a connu sa propre histoire matérielle et éditoriale.

Chaigneau discute de la provenance des tablettes qu'il a sélectionnées pour son étude, sujet particulièrement délicat auquel tous les spécialistes de textes anciens sont confrontés. Comme beaucoup d'autres antiquités dans le monde, les tablettes cunéiformes ont fait l'objet d'un pillage intensif depuis le début de leur découverte à la fin du XIXe siècle. Ce pillage n'a du reste pas diminué dans les périodes récentes malgré de nombreuses lois de protection nationales et internationales. Il a même explosé dans le contexte des conflits et des guerres qui ne cessent d'accabler le Proche-Orient. Le pillage est en toile de fond de toutes les enquêtes sur la provenance des tablettes qui ne viennent pas de fouilles légales — la grande majorité d'entre elles. Chaigneau montre de façon concrète les conséquences de cette situation sur la compréhension du contexte de production des textes étudiés, et donc du contenu lui-même.

Le chapitre *« Les diagnostics d'erreurs »* aborde sous différents angles le problème général des erreurs diagnostiquées dans le texte ancien par celui ou celle qui en assure l'édition. Qu'est-ce qu'une erreur ? Qui fait des erreurs ? Chaigneau donne des exemples de cas où le lecteur moderne impute une erreur au scribe ancien parce qu'il ne comprend pas un signe, ou un mot, ou une portion de texte. Il donne aussi de nombreux exemples d'erreurs qui ne viennent pas du texte cunéiforme original, mais des copies, des translittérations ou des traductions modernes. Dans les cas où elles sont incontestables, les « erreurs de scribes » sont de natures très différentes. Certaines « erreurs » de calcul, par exemple, peuvent refléter des procédures particulières. Ces erreurs ne sont pas des fautes, mais des résultats approchés dont l'écart à la valeur exacte avait été contrôlé par les auteurs anciens. Middeke-Conlin a analysé en détail ces décalages, fréquents dans les textes cunéiformes administratifs, entre les valeurs calculées (supposées exactes) par le lecteur moderne, et les valeurs apparemment fausses trouvées dans les textes anciens. Il a pu ainsi reconstituer des procédures de calcul et d'approximation (Middeke-Conlin, 2020). Chaigneau donne un exemple de ce type d'erreur assumée, « qui n'est pas une faute ». Les fautes véritables, quant à elles, peuvent aussi être vues comme des traces de processus d'écriture, tels que la copie ou la mémorisation, qui produisent des fautes caractéristiques (Delnero, 2012). Chaigneau donne un exemple où une faute avérée fournit un indice de la façon dont le texte a été produit par compilations successives, et un autre exemple où un résultat faux révèle la façon dont le problème a été créé. Plus intéressant encore, il montre comment des hypothèses *a priori* des traducteurs, plus ou moins tacites, les conduisent à diagnostiquer dans le texte cunéiforme des fautes qui n'en sont pas. Le fait qu'une donnée numérique ne correspond pas à ce qui est attendu révèle, dans ces cas, non pas des erreurs de scribes, mais des erreurs d'interprétation du traducteur moderne. Le cas des phénomènes « d'apposition » d'une unité de mesure après un nombre est emblématique à cet égard.

Chaigneau porte son attention sur l'ensemble du processus de diagnostics et de corrections successifs des erreurs par les éditeurs modernes. Il analyse les influences réciproques complexes entre la compréhension globale et la lecture signe à signe d'un texte cunéiforme. L'exemple des notes de Neugebauer, en particulier, montrent comment les progrès de la compréhension globale commandent des ajustements successifs des copies, des translittérations, des traductions, des interprétations, et vice-versa, conduisant au va-et-vient incessant que Chaigneau compare à un « cercle herméneutique ». Un bel exemple de cercle herméneutique est donné par le calcul de volume que Chaigneau analyse en détail dans le chapitre *« À la recherche de la formule du volume du tronc de pyramide »* : « C'est pourquoi nous sommes ici confrontés, à n'en pas douter, à un cas où la transcription d'un texte ancien est fabriquée de façon à correspondre à une formule que l'éditeur a en tête ».

Le problème de l'utilisation de formules algébriques modernes pour représenter une procédure, telle qu'elle est décrite dans un texte ancien, concentre une bonne partie des problèmes soulevés par la longue discussion historiographique qui fait l'objet de l'ouvrage. Pour Chaigneau, « La question de l'usage du formalisme mathématique moderne dans les commentaires de textes mathématiques antiques est encore un sujet potentiellement houleux depuis la fameuse polémique déclenchée par la violente adresse d'Unguru (Unguru, 1975) ».

Une formule algébrique est composée de paramètres qui ont une grandeur, elle établit entre les combinaisons de ces grandeurs des relations d'égalité, elle n'indique pas l'ordre dans lequel sont effectués les calculs successifs. Comment peut-elle rendre compte d'une procédure algorithmique qui porte sur des nombres sans grandeur dans un ordre précis ? C'est sur ces questions fondamentales, laissées en suspens, que s'achève l'enquête.

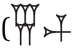
Encart : nombres et mesures

Disons-le d'emblée, la façon dont je comprends les nombres et les mesures utilisés dans les mathématiques cunéiformes n'est pas consensuelle parmi les spécialistes aujourd'hui. La question qui fait débat encore aujourd'hui peut se ramener à la suivante : la notation sexagésimale positionnelle a-t-elle été laissée flottante intentionnellement par les anciens scribes, ou bien le caractère indéterminé des ordres de grandeur est-il dû à un défaut de l'écriture cunéiforme ? Dans ce dernier cas, il convient de corriger ce défaut. Neugebauer, et d'une certaine façon Thureau-Dangin, ainsi que presque tous les commentateurs à leur suite, ont considéré comme nécessaire de « restituer » les ordres de grandeurs, supposés avoir été implicites et « découlant du contexte » pour les scribes anciens. Différents moyens typographiques ont été utilisés pour cela. Par exemple, certains, en suivant Neugebauer, ajoutent des « zéros » en position finale ou initiale, et des marques telles que virgules ou points-virgules, pour séparer la partie entière de la partie fractionnaire. D'autres, en suivant Thureau-Dangin, ajoutent des symboles pour degrés, minutes, secondes, et tous les multiples et sous-multiples sexagésimaux. Naturellement, ces marques n'existent pas dans les textes anciens.

Il est impossible de présenter les nombres et les mesures sans prendre parti dans ce débat. J'ai choisi de présenter dans cet encart mon point de vue, qui s'est imposé à moi à l'issue d'une longue immersion dans les textes scolaires de Nippur. Je pense que Chaigneau partageait ce point de vue, au moins en partie. Réticent au départ, il s'en est rapproché dans le cours de sa confrontation avec ceux de Thureau-Dangin et de Neugebauer, et dans ses efforts pour résoudre les problèmes d'interprétation soulevés par les textes qu'il étudie dans la deuxième partie. Le problème des ordres de grandeur des nombres écrits en notation flottante affleure dans l'ensemble du texte de Chaigneau, notamment dans le chapitre *« Convergences : de l'histoire de la métrologie à celle des mathématiques »*, sur le déchiffrement des nombres et des mesures, le chapitre *« Les diagnostics d'erreurs »* sur les diagnostics d'erreur et la notion « d'apposition », et le chapitre *« À la recherche de la formule du volume du tronc de pyramide »* sur le calcul des volumes.

Tout le répertoire des nombres et des unités de mesure utilisés dans les textes mathématiques d'époque paléo-babylonienne est exposé de façon cohérente et systématique par les auteurs anciens eux-mêmes dans les tables métrologiques. Ce sont des textes très complets et pédagogiques puisqu'ils ont été conçus à l'époque paléo-babylonienne — ou un peu avant — dans le but d'être utilisés dans les écoles de scribes pour la formation de base en mathématiques. Ces tables en deux colonnes donnent, dans la colonne de gauche, la liste des mesures de capacité, poids, surface et longueur, en ordre croissant, et, dans la colonne de droite, les nombres correspondants en notation sexagésimale positionnelle flottante. Les explications que je donne dans cet encart sont essentiellement basées sur les informations livrées par les tables métrologiques, ainsi que sur les tables de multiplication et d'inverse. Je me limite ici aux mesures dont il est principalement question dans l'ouvrage, à savoir les mesures de longueur, de surface et de volume.

Nombres pour mesurer et quantifier

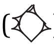
En général, comme dans les métrologies modernes, une mesure s'écrit en deux composants, un nombre suivi d'une unité de mesure. Par exemple la mesure de longueur $5\ \frac{1}{2}$ *ninda* () est composée du nombre $5\ \frac{1}{2}$ () suivi de l'unité de longueur *ninda* ()[4]. Les unités de longueur dont il est question dans

4. Les images des signes sont inspirées du dictionnaire de sumérien en ligne ePSD (`http://psd.museum.upenn.edu/nepsd-frame.html`).

le présent ouvrage sont le *ninda* (environ 6 m), et le *kuš* (sumérogramme kuš_3 , traduit « coudée » en français), qui vaut un douzième de *ninda*. Les unités de surface sont le *sar*, qui mesure la surface d'un carré de 1 *ninda* de côté, et le *gan*, qui vaut 100 *sar* (voir l'annexe *« Systèmes métrologiques en usage dans les textes* kibsu *»*).

Les unités de volume sont les mêmes de celles de surface : *sar* et *gan*. Elles correspondent à des unités de surface affectée d'une épaisseur de 1 *kuš*. Je reviens sur les volumes plus bas.

Les nombres utilisés pour exprimer les mesures sont divers. Le plus souvent, ce sont des nombres écrits en notation sexagésimale de principe additif, appartenant au dit système S (annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »* et Nissen, Damerow et Englund (1993)), éventuellement complétés par des fractions comme dans l'exemple ci-dessus.

Dans le système S, les unités sont représentées par des clous, généralement verticaux (), parfois horizontaux. Un paquet de dix unités est représenté par un chevron (), qui vaut donc dix. Un paquet de six dizaines, c'est-à-dire soixante unités, est représenté par un grand clou, qui vaut donc soixante. Quand il n'y a pas de confusion possible, la taille du clou qui représente soixante est la même que celle du clou qui représente un. Souvent, quand la confusion est possible, le terme « soixante » est spécifié. Un paquet de dix soixantaines est représenté par un nouveau signe (), soixante soixantaines par un nouveau signe (), etc. (voir l'annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »*). On le voit, un nouveau signe est introduit pour les regroupements alternativement de dix et six éléments d'ordre inférieur. Ce système est de type additif au sens où la valeur d'un nombre est la somme des valeurs de chaque graphème qui le compose. Ainsi la grandeur des nombres est déterminée sans ambiguïté par la forme des signes.

Ce système (ou des variantes de même principe) était utilisé pour exprimer les mesures dans presque toutes les unités et pour dénombrer les collections discrètes, par exemple un nombre de têtes de bétail, un nombre de personnes, un nombre d'années, etc. Il y a cependant des exceptions, parmi lesquelles figurent certaines unités de capacité, sur lesquelles il n'est pas utile de donner des détails ici, et la plus grande des unités de surface. Un autre système, appelé « système G », était utilisé pour exprimer ces grandes surfaces (voir les annexes *« Systèmes métrologiques en usage dans les textes* kibsu *»* et *« Systèmes de numération cunéiformes »*, ainsi que (*ibid.*)). Neugebauer considérait ce système comme numérique : une mesure était exprimée au moyen d'un nombre écrit en système G suivi du nom de l'unité de mesure, *gan*. En plaçant le système G dans l'annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »* sur les numérations (et pas dans l'annexe *« Systèmes métrologiques en usage dans les textes* kibsu *»* sur la métrologie), Chaigneau adopte le point de vue de Neugebauer. Cependant, la plupart des assyriologues considèrent aujourd'hui le système G comme un système métrologique [5].

5. Je pense pour ma part que le système G, métrologique à l'origine, a été reconfiguré comme système numérique à l'époque paléo-babylonienne. Cette reconfiguration a pu intervenir dans le contexte des écoles de scribes, dans le but de rationaliser la notation des mesures pour des raisons didactiques (C. Proust, 2009).

Nombres pour calculer

La notation sexagésimale positionnelle, apparue dans des tables d'inverses d'époque néo-sumérienne (fin du troisième millénaire avant l'ère commune), n'utilise que deux graphèmes, comme l'explique Chaigneau dans l'annexe *« Systèmes de numération cunéiformes »*.

Ces graphèmes sont le clou vertical (𒁹) et le chevron (𒌋), qui vaut dix clous. Les chiffres sexagésimaux, de 1 à 59, sont écrits par répétition autant de fois que nécessaire des clous et des chevrons. Par exemple, dans la table de multiplication par 9, le produit 9 × 3 est noté 𒎙𒐌 (transcription 27). Ensuite, un principe de position à base soixante est appliqué. Par exemple, dans la table de multiplication par 9, le produit 9 × 7 est noté 𒁹 𒐈 (transcription 1:3). Ici, le clou en deuxième position (à gauche) vaut soixante fois plus que chacun des clous en première position (à droite). Autre exemple, le produit 9 × 9 est noté 𒁹 𒎙𒁹 (1:21). Comme on le voit, l'écriture ne spécifie pas la position des unités dans le nombre. Par exemple, dans le produit 9 × 7 noté 𒁹 𒐈, l'écriture ne précise pas si la première position (celle de droite) est celle des unités. On ne sait donc pas si chacun des trois clous de la première position représente 1, ou 60, ou $\frac{1}{60}$, ou une autre puissance de 60. On pourrait penser que la première position est automatiquement celle des unités. Mais la suite de la table de 9 montre que ce n'est pas le cas. Par exemple, le produit 9 × 20 est noté 𒐈. Rien, ni dans l'écriture, ni dans la disposition des nombres, n'indique que ces clous représentent des soixantaines. On dit aujourd'hui que la notation est flottante. Autres exemples, extraits des tables métrologiques : le nombre placé en vis-à-vis de la mesure de longueur $5\ \frac{1}{2}$ *ninda* citée plus haut est 5:30. Rien n'indique si la première position, celle de 30, est celle des soixantaines, des unités ou des soixantièmes. Le nombre placé en vis-à-vis de la mesure de longueur de 1 *kuš* est 5. Le nombre placé en vis-à-vis de la mesure de longueur soixante fois plus grande, 5 *ninda*, est encore le même nombre 5. On le voit, l'écriture ne précise pas si, dans chaque cas, le nombre 5 représente 5 soixantièmes, 5 unités, 5 soixantaines, etc.

Ce sont ces nombres où il est « fait abstraction de l'ordre de grandeur » que Thureau-Dangin appelait « nombres abstraits » ou, plus tard, « système savant ». À la suite de Thureau-Dangin, Chaigneau utilise souvent le terme de « nombres abstraits » pour désigner les nombres écrits en notation sexagésimale positionnelle flottante. Par opposition aux nombres abstraits, les « nombres concrets » servaient, selon Thureau-Dangin, à exprimer les mesures. Cependant, Thureau-Dangin n'a pas défini de façon précise les « nombres concrets », et en particulier, il n'adoptait pas une ligne de démarcation aussi nette que celle que je présente ici. Il est à noter que l'opposition « nombres abstraits » versus « nombres concrets » a disparu des publications de Thureau-Dangin sous l'influence de Neugebauer (C. Proust, 2022).

Les tables d’inverses

Les tables d’inverses occupent une place importante dans le chapitre *« Convergences : de l’histoire de la métrologie à celle des mathématiques »* de Chaigneau parce que leur compréhension est intimement liée à celle de la notation sexagésimale positionnelle. Je donne ici l’interprétation actuelle des tables d’inverses. Ces tables se présentent comme une correspondance entre deux listes de nombres, commençant ainsi (en substance) :

2	30
3	20
4	15
5	12
6	10
8	7:30
etc.	

Parfois la formulation est plus détaillée, avec, dans chaque entrée, l’emploi du terme « *igi* » (traduit aujourd’hui « inverse »). Neugebauer, dans le premier chapitre de ses *Mathematische Keilschrift-Texte*, a établi une typologie de toutes les formes prises par les tables d’inverses. Les tables les plus complètement rédigées peuvent se traduire ainsi :

L’inverse de 2 est 30
L’inverse de 3 est 20
L’inverse de 4 est 15
etc.

Sur le plan numérique, ce qui caractérise cette correspondance est que le produit de deux nombres en vis-à-vis donne 1 en notation flottante :

2×30 donne 1
3×20 donne 1
4×15 donne 1
etc.

On peut observer que, dans la colonne de gauche des tables d’inverse, certains nombres sont omis : ici, on voit qu’il manque l’entrée 7 ; il en est de même pour les entrées 11, 14, etc. On observe également que le produit des nombres en vis-à-vis est toujours exactement 1. Les tables d’inverse ne concernent donc que les nombres dont l’inverse peut s’écrire avec un nombre fini de positions sexagésimales. En base soixante, ces nombres sont tous ceux dont la décomposition en facteurs premiers ne comporte que des diviseurs premiers de la base, à savoir 2, 3 et 5, ce qui exclut 7, 11, 14, etc. En langage moderne, ces nombres sont dits « réguliers » en base soixante. Par comparaison, les nombres réguliers en base dix sont ceux dont la décomposition en facteurs premiers ne comporte que des diviseurs premiers de la base dix, à savoir 2 et 5 ; ils sont beaucoup moins nombreux qu'en base soixante.

L'importance de connaître les inverses résidait, aux yeux des calculateurs anciens, dans le fait qu'ils leur permettaient d'effectuer des divisions : diviser par un nombre, c'est multiplier par son inverse.

Les volumes, les tables métrologiques et les nombres « abstraits »

Les différentes façons de comprendre la conception des volumes ancienne est sans doute la clé des différentes interprétations des problèmes *kibsu* analysée par Chaigneau dans sa deuxième partie. Des explications plus détaillées sur les unités de volumes sont donc utiles pour comprendre cette deuxième partie.

Comme, dans la métrologie paléo-babylonienne, les unités de volume sont les mêmes que celles de surface, les rapports entre unités sont les mêmes, le système de correspondance des mesures avec les nombres en notation sexagésimale positionnelle est le même. Par exemple, le nombre positionnel qui correspond à une surface de 1 *sar* est 1, et le nombre positionnel qui correspond à un volume de 1 *sar* est également 1. En conséquence, les tables métrologiques de surface servaient aussi de tables métrologiques de volumes, et il n'y a pas de table métrologique spécifique pour les volumes.

Mais alors, il y a un problème de cohérence. L'unité de *volume* de 1 *sar* est une unité de *surface* de 1 *sar* affectée d'une épaisseur de 1 *kuš*, soit un pavé de dimensions 1 *ninda*, 1 *ninda*, 1 *kuš*. Si on regarde la table métrologique des longueurs, 1 *ninda* correspond à 1 et 1 *kuš* correspond à 5. Le produit des trois dimensions est alors $1 \times 1 \times 5$, ce qui donne 5 et non pas 1 comme on le lit dans la table des surfaces/volumes. Pour cette raison, les anciens scribes avaient introduit une nouvelle table pour les dimensions verticales. Dans cette « table des hauteurs », 1 *kuš* correspond à 1. Grâce à cette nouvelle table, la cohérence est rétablie : le volume du pavé de dimensions 1 *ninda*, 1 *ninda*, 1 *kuš* est le produit des nombres correspondant à 1 *ninda* (1 dans la table des longueurs) et 1 *kuš* (1 dans la table des hauteurs), soit $1 \times 1 \times 1$, ce qui donne bien 1.