

À propos de cartes d'étude

Hervé THIS

Résumé L'exposition des matières d'un cours, parallèlement à la présentation des référentiels, en tout début de travail, paraît souvent abstraite aux étudiants : de même, on ne va pas facilement vers une destination que l'on ne connaît pas, ou par un chemin que l'on découvre au fur et à mesure, et l'examen d'une carte s'impose. De nombreux types de représentations visuelles des concepts ont été proposés, depuis les premières représentations de concepts aristotéliens, et ils se ramènent éventuellement tous à des graphes de types particuliers. Ici, on montre, sur l'exemple de la structuration d'un segment d'un cours de physico-chimie des émulsions, comment on peut élaborer des « cartes d'études », ou « cartes didactiques ».

Mots-clés Cartes d'étude, cartes heuristiques, cartes conceptuelles, organigrammes, graphes, enseignement, concepts.

<https://doi.org/10.63133/scf.act-chim.2026.513.05>

Tout ce qui suit part de l'observation suivante : quand on veut conduire quelqu'un d'un point à un autre, il faut le tirer si on ne lui indique pas d'objectif ; en revanche, si on lui explique pourquoi aller vers un lieu particulier, et quel chemin prendre pour s'y rendre, il y va sans hésitation. Cette idée s'impose dans l'enseignement.

Quand un professeur enseigne au modèle expositif, transmisif ou magistral [1], il conduit les étudiants sur un chemin qu'il a décidé par avance, mais qui est *a priori* ignoré des étudiants. Pour construire son cours, il a sélectionné des informations, des démarches, des concepts, des méthodes, des anecdotes, des valeurs qu'il a (éventuellement avec une équipe pédagogique) jugés utiles de transmettre ; il a fait un choix dans l'ensemble des possibilités, et il a ordonné l'exposé de ces items en vue d'un cheminement spécifique, adapté au contexte du cours, à l'emploi du temps des étudiants et aux possibilités d'approfondissement personnel qui leur sont proposées [2].

Toutefois, si ces choix ne sont pas initialement explicités aux étudiants, ces derniers peuvent trouver difficile de situer leurs connaissances nouvelles par rapport à celles qu'ils avaient déjà, ce qui peut engendrer de l'incompréhension [3,4]. Les « cartes d'étude », que nous examinerons ici, sont une manière de pallier cette difficulté. Elles s'imposent dès les premières séances, à titre d'introduction aux cours ou aux unités d'enseignement, quand il est bon de présenter le contenu d'un cours (quel qu'il soit : oral, écrit). Pour cet exorde (*prooimion* en grec, *exordium* en latin), la fonction première est phatique : il s'agit de capter l'attention de l'auditoire, ce que Cicéron nommait *captatio benevolentiae* [5].

Cependant, une présentation détaillée des idées qui seront exposées dans un cours (1), leur mise en relation avec des connaissances et des compétences déjà obtenues lors d'études précédentes (2), et la justification des choix didactiques (3) font un long exposé, qui risque d'égarer les étudiants au lieu de leur faciliter la tâche. Il semble judicieux que la classe et le professeur aient devant les yeux, comme support visuel et concret, une carte d'un type particulier que nous proposons de nommer « carte d'étude ». Sur une telle carte, le cheminement peut être montré comme un véritable chemin.

Une telle carte pourrait utilement accompagner les « référentiels », qui listent les notions exigibles lors des évaluations [6].

L'emploi des cartes d'étude relève d'un mouvement moderne de justification [4], et il semble s'imposer dans le contrat didactique. Puis, au cours des séances d'étude successives, la carte peut montrer à tout moment où les étudiants se situent, quel chemin ils ont déjà parcouru et quel chemin reste à faire.

Dans le présent texte, nous examinerons les particularités des cartes d'étude, notamment par rapport aux cartes heuristiques ou conceptuelles, aux organigrammes ou aux graphes, et nous considérerons des manières de les construire, pour les études de science et de technologie des aliments notamment. Pour éviter une abstraction excessive, nous centrerons les discussions sur l'exemple d'un cours consacré aux modèles rhéologiques décrivant la viscosité des systèmes dispersés (principalement les émulsions) en fonction de la fraction volumique de la phase dispersée dans la phase continue, liquide [7].

Présentation du cours servant d'exemple

Plus précisément, pour examiner les cartes d'études, nous considérerons la conception d'un support de cours donné en Master de science et technologie des aliments, à propos des équations qui relient la viscosité et la fraction volumique des systèmes dispersés. Nous renvoyons à ce cours pour les références particulières sur ce thème scientifique, et nous nous limitons ici à indiquer comment le cours a été conçu.

Nous avons utilisé des règles classiques [8], qui stipulent que les cours doivent suivre des plans conduisant à un objectif didactique bien identifié, les divers éléments du cours étant subordonnés à ces objectifs ; des transitions sont importantes pour relier ces divers éléments, donnant un sentiment de continuité, montrant des relations intellectuelles, synthétisant quand le besoin s'en fait sentir, annonçant les étapes suivantes.

Les « plans de cours » (« *lesson plans* ») sont des cadres qui ont été parfois proposés à l'usage des professeurs [4] : ils permettent de coordonner les activités de préparation, listant ce que les étudiants doivent apprendre et comment les apprentissages doivent être organisés lors des cours. Toutefois, les auteurs qui limitent ces documents aux professeurs oublient parfois l'importance d'un partage de ces informations avec les étudiants.

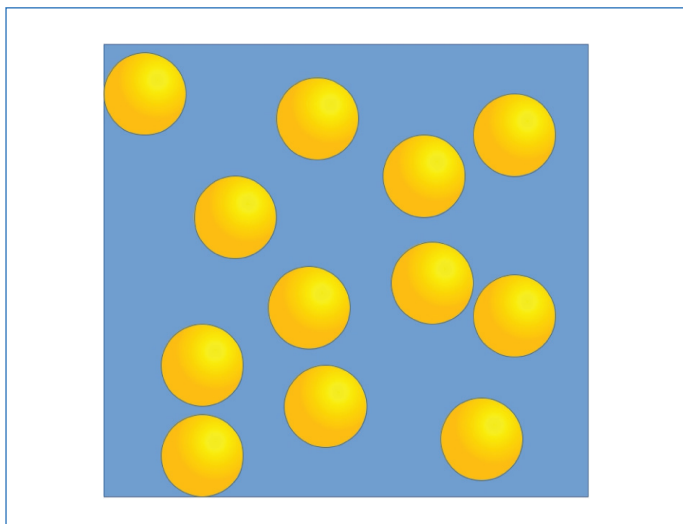


Figure 1 - Dans une émulsion monodisperse, les gouttelettes d'une phase (en jaune) dispersées dans une phase continue (en bleu) ont toutes la même taille. C'est à ces émulsions que s'appliquent les modèles rhéologiques d'Einstein, de Taylor, de Kruger-Doherty, par exemple, et seulement dans la limite des systèmes très dilués, le plus souvent pour des structures dispersées sphériques et solides.

De même, il a été proposé de concevoir des cours autour des questions initiales suivantes : (1) Quel est le sujet du cours ? ; (2) Que doivent apprendre les étudiants ? ; (3) Que veut-on qu'ils comprennent et qu'ils soient capables de faire en fin de cours ? ; (4) Que doivent-ils retenir ? Une telle conception de l'enseignement oublie que des cours transmettent aussi des valeurs, des savoir-être, sans compter qu'ils ont de

nombreuses autres fonctions : aider les élèves à acquérir les compétences nécessaires pour résoudre des problèmes, analyser, se concentrer sur des tâches difficiles, développer une pensée créative, communiquer et travailler en équipe, les accompagner pour en faire des citoyens instruits et éclairés [9]. Pour le cours de rhéologie que nous avons bâti, l'objectif principal du support de cours était de transmettre un groupe d'équations, ou modèles rhéologiques, reliant la viscosité à la fraction volumique de la phase dispersée dans une émulsion monodisperse (figure 1).

Pour atteindre cet objectif, il fallait discuter successivement :

- de systèmes dispersés,
- d'émulsions,
- de leur microstructure,
- de phases continues et dispersées,
- d'émulsions monodisperses,
- de fraction volumique,
- de viscosité,
- des équations rhéologiques.

Le simple énoncé de ces différents éléments correspond immédiatement à un cheminement (figure 2a-b).

Cependant, pour aider les étudiants à transformer des connaissances en compétences, il semblait nécessaire de faire suivre l'exposé des modèles rhéologiques par des applications numériques sur des cas concrets, notamment la sauce mayonnaise (figure 2c).

À ce stade, d'une part, le cours se répétait partiellement, et d'autre part, il restait insuffisant, notamment parce que les étudiants n'ont pas d'idée des limites de modèles (notamment les faibles fractions volumiques) et, surtout, parce qu'on

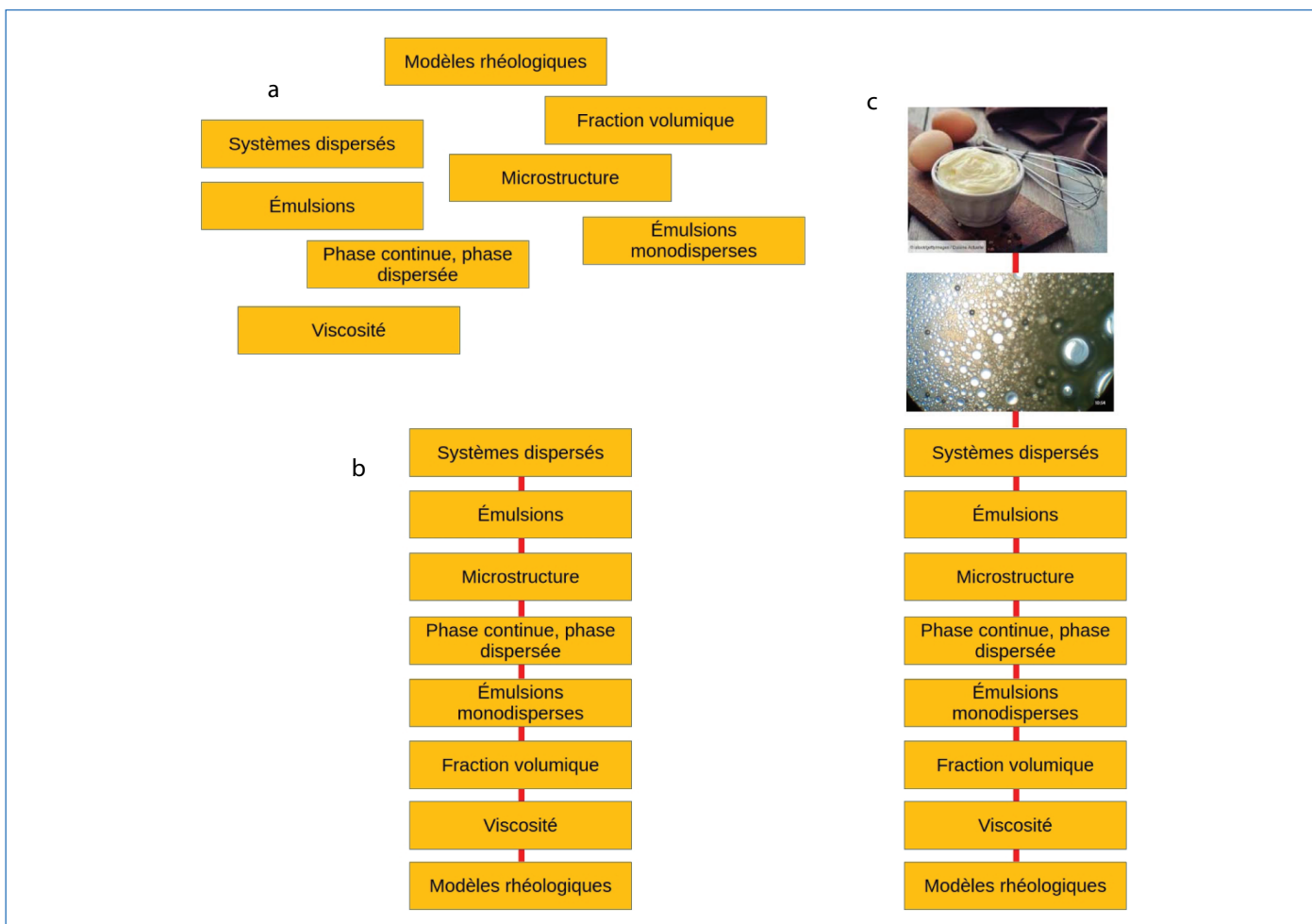


Figure 2 - Liste désordonnée (a) de notions à examiner pendant un cours. Leur organisation (b) correspond à un cheminement. (c) Amélioration de la structure initiale du cours.

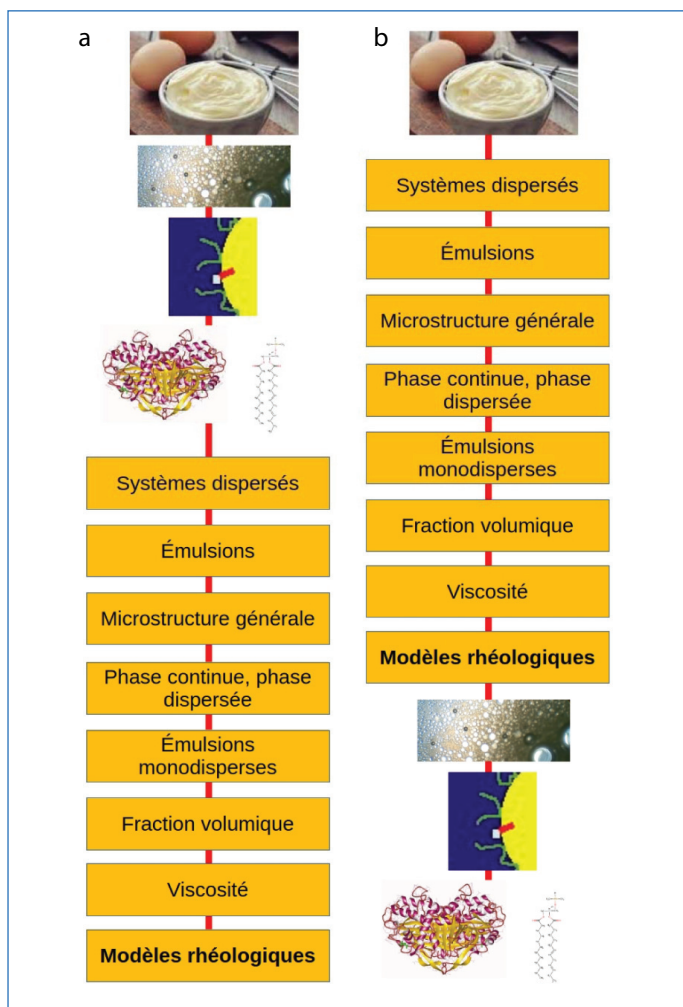


Figure 3 - Deux manières d'hybrider le cheminement précédent avec la méthode descendante d'analyse des systèmes physico-chimiques. Dans le cas (a), le sujet central du cours apparaît très tard ; en (b), les analyses descendantes viennent donner d'utiles compléments d'information.

n'avait pas correctement appliqué la méthode descendante d'analyse des questions physico-chimiques [10], à savoir que si l'on avait effectivement considéré les niveaux macroscopiques et microscopiques, on n'avait donné aucune idée des niveaux mésoscopiques, nanoscopiques (ici, l'interface des gouttelettes dispersées) et moléculaires.

Comment ajouter ces considérations ? Une première possibilité consistait à poursuivre le mouvement descendant en introduction (figure 3a), mais elle avait l'inconvénient de retarder l'examen des modèles rhéologiques, sans apporter d'informations quand elles s'imposaient ; il a semblé plus judicieux d'amener ces considérations après avoir donné les modèles, en tant qu'explication des équations classiques (figure 3b).

À ce déroulé, manquaient des éléments rhétoriques classiques, telle une introduction qui devait à la fois exposer le contenu du cours et motiver les étudiants. On insiste ici sur cette fonction rhétorique essentielle, rappelant les trois fonctions traditionnellement reconnues à la rhétorique : instruire, plaire et émouvoir. Les cours n'échappent pas à l'analyse faite par les grands rhétoriciens [5, 11-14]. En l'occurrence, une question posée à des lecteurs/auditeurs/étudiants les invite à vouloir connaître la réponse. Mieux encore, les paradoxes [15] sont des éléments rhétoriques puissants, utiles pour l'enseignement : ils ont eu un rôle essentiel dans l'histoire des sciences, notamment en mathématiques et en logique, et en particulier, parce que, dans toutes les disciplines, ce sont des

« symptômes » qui montrent les insuffisances des cadres théoriques en cours, créant un « choc » qui permet de rejeter les théories anciennes pour en introduire de nouvelles.

En l'occurrence, nous avons utilisé ici le paradoxe d'une augmentation de la viscosité d'une émulsion à laquelle on donne de l'énergie sans changer la fraction volumique (si l'équation rhéologique ne fait intervenir que la fraction volumique dans l'expression de la viscosité, cette dernière ne devrait alors pas changer). Cela permet d'insister sur la forme des modèles rhéologiques qui sont au centre de ce cours, et crée un fil narratif continu, recommandé depuis les origines des études rhétoriques [11].

Terminons cette présentation de la construction du cours en indiquant que si la structure atteinte à ce stade était bien focalisée sur l'objectif principal, nous avons voulu ajouter des éléments didactiques utiles pour l'ensemble du champ : calculer des ordres de grandeur, séparer les calculs numériques des calculs algébriques, avoir des idées générales sur les surfaces et les volumes, par exemple. Enfin, nous avons ajouté un attirail didactique évident : des cadrages, des exercices, des références (figure 4).

Pour conclure cette rapide présentation, observons que les représentations visuelles données ici pourraient s'apparenter à des cartes heuristiques ou à d'autres représentations visuelles utilisées dans l'enseignement depuis quelques décennies. Nous évoquerons maintenant ces représentations, afin de montrer en quoi elles ne répondent pas suffisamment aux objectifs d'explication préalable que nous visons.

La représentation visuelle des connaissances

La catégorisation des connaissances et leur représentation est une question ancienne de la philosophie. Les catégories d'Aristote [11] ont été à la base de la représentation visuelle des « arbres de Porphyre » (figure 5) [16]. Le philosophe Porphyre (234-305), d'origine phénicienne, avait rédigé une *Introduction aux catégories d'Aristote (Isagoge)*, où il présentait les bases de la logique d'Aristote sous la forme d'un schéma aux divisions dichotomiques, formant des arborescences, pour indiquer qu'une espèce est définie par genre et différence (ou différence générique), et que ce procédé continue jusqu'à ce que l'on ait atteint l'espèce la plus spécialisée [16]. Les arbres de Porphyre (en latin *arbor porphyriana*) ont également été nommés *scala praedicamentalis*, « échelle de la prédication ».

Cette représentation est mal adaptée à la description du contenu d'un cours, tout comme celle de l'écrivain mystique Raymond Lulle (Palma de Majorque, 1232-1315), qui avait proposé un « arbre des sciences » (*arbor moralis* pour l'éthique, *arbor vegetalis* pour la botanique, *arbor marialis* pour la théologie mariale, etc.) à dix-huit racines [17]. En revanche, la « Carte de Tendre » (figure 6) montre bien un cheminement intellectuel : cette carte d'un pays imaginaire nommé « Tendre » fut inventée au XVII^e siècle par différentes personnalités, dont Catherine de Rambouillet, et inspirée du roman *Clélie, histoire romaine* de Madeleine de Scudéry (1654) [18]. Dans cette « représentation topographique et allégorique », que l'on doit au graveur François Chauveau, on trouve tracées, sous forme de villages et de chemins, les différentes étapes de la vie amoureuse selon les Précieuses.

Là, c'est bien un cheminement qui est proposé, sur une carte « conceptuelle » continue (par opposition aux cartes conceptuelles que nous examinerons plus loin). Depuis plusieurs

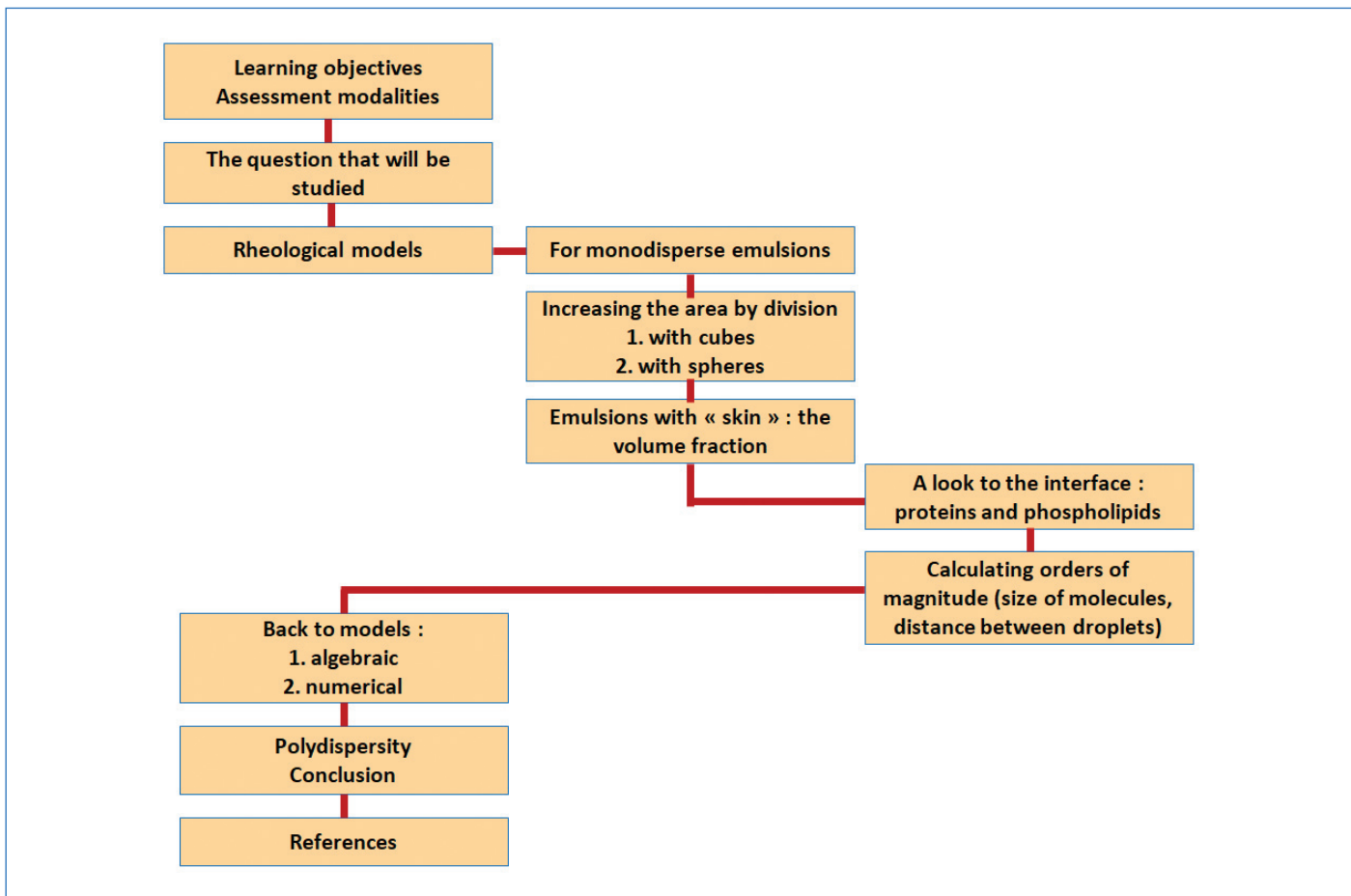


Figure 4 - Le plan finalement retenu pour le cours sur les modèles rhéologiques des systèmes dispersés ordonne les notions de physico-chimie en tenant compte de règles rhétoriques classiques.

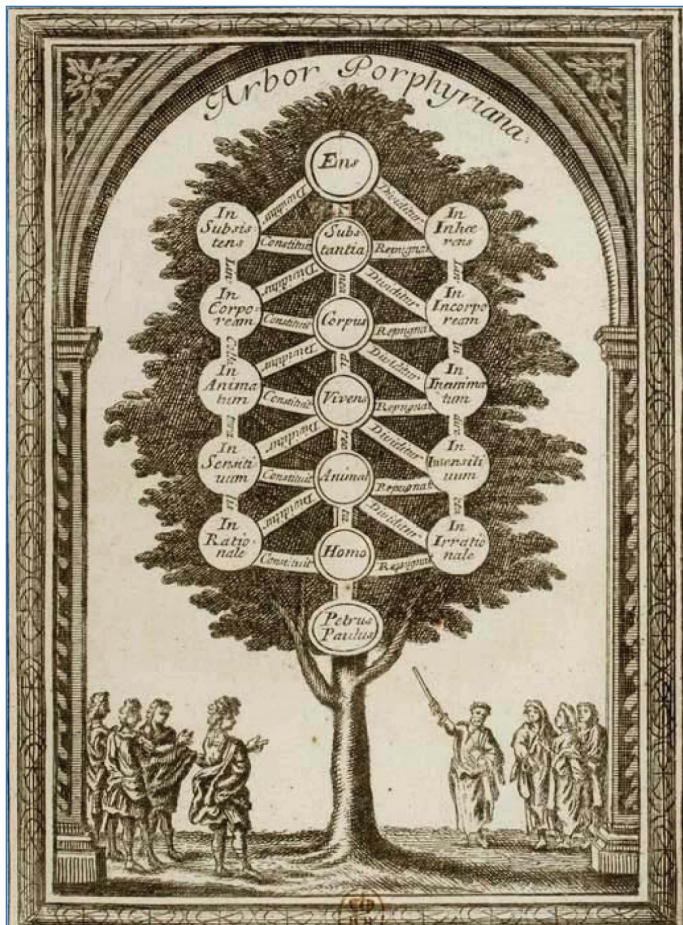


Figure 5 - Un arbre de Porphyre publié dans une traduction effectuée par Boèce (508) [16].

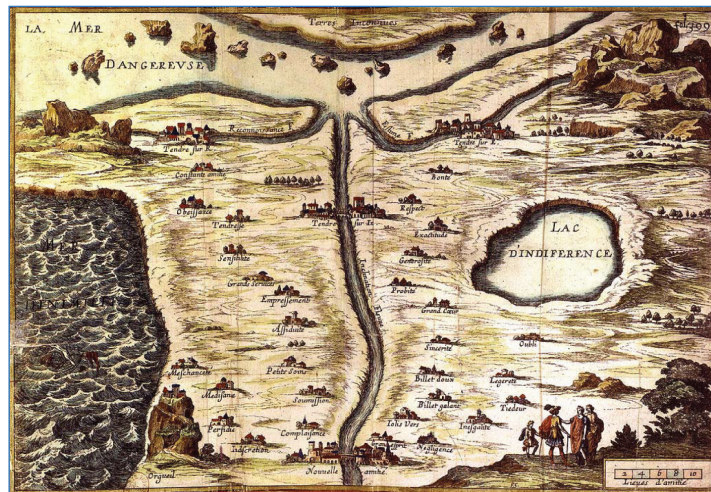


Figure 6 - La Carte de Tendre, produite au XVII^e siècle, était une carte conceptuelle conçue pour discuter de la vie amoureuse.

années, l'idée a été reprise pour l'enseignement, notamment pour des cours de gastronomie moléculaire du Master « Food Innovation and Product Design » (figure 7). Dans les dernières décennies, plusieurs propositions ont été faites pour fonder des représentations visuelles de connaissances sur les avancées de la psychologie ou de la neurobiologie [19]. Ainsi, les « cartes heuristiques », « cartes cognitives », « cartes des idées » ou encore « schémas heuristiques » sont des représentations graphiques qui proposent de schématiser la pensée, montrant notamment les relations, éventuellement organisées dans le temps, entre les idées [20-23]. Le terme anglais « mind map » est parfois utilisé en français, tandis que

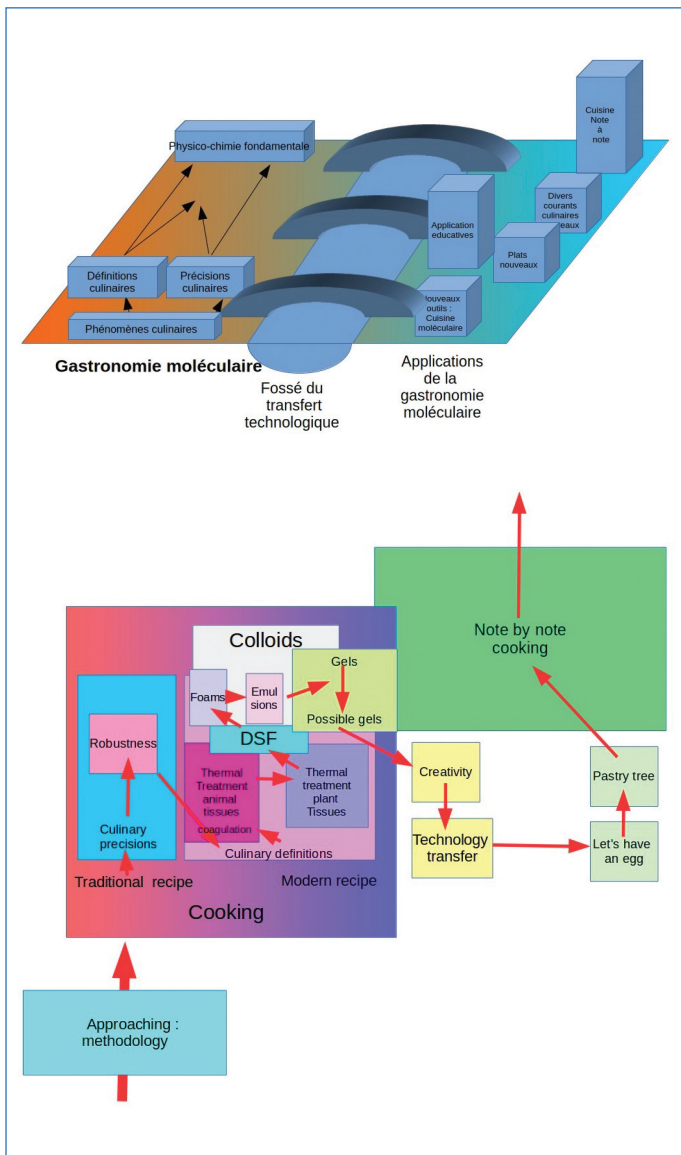


Figure 7 - La carte supérieure, produite en introduction d'un cours de Master 2 en gastronomie moléculaire, sert à situer la discipline scientifique nommée « gastronomie moléculaire et physique » par rapport à des applications, en même temps qu'elle fait apparaître des notions dans les deux champs, scientifiques et techniques. La carte inférieure est la « carte d'étude » qui avait été proposée aux étudiants pour ce même cours.

la terminologie « carte mentale » semble réservée à des représentations topographiques. Les cartes heuristiques montrent l'organisation des liens sémantiques entre différentes idées ou des liens hiérarchiques entre différents concepts. Elles donnent une représentation arborescente de données imitant ainsi le cheminement et le développement de la pensée.

En français, l'expression « carte heuristique » semble apparaître avec le livre *Organisez vos idées avec le Mind Mapping* [24], et elle aurait été inspirée de l'expression « schéma heuristique »,

par lequel on avait traduit le « *mind map* » du psychologue britannique Anthony Buzan (1942-2019) [25]. Le mot *heuristique* vient du grec *eurisko*, « je trouve » : la carte heuristique, en organisant les informations non plus de façon temporelle, mais spatiale, favorise le rapprochement visuel d'informations éparpillées dans le temps, permettant ainsi de « trouver » des relations difficiles à établir.

La dénomination de carte heuristique ne s'est pas imposée absolument, et on trouve aussi, pour désigner l'objet, ou ses variations, « carte des idées », « schéma de pensée », « carte mentale », « cartographie de l'esprit », « carte de l'esprit », « carte de la pensée », « cartographie de la pensée », « arbre à idées », ou encore « topogramme »...

Pour ces cartes, le thème, ou sujet, figure au centre, en images et en mots, et des branches irradient de ce centre, portant les idées principales sous forme de dessins et de mots-clés ; ces branches conduisent à leur tour vers des idées secondaires, etc.

Notamment, les cartes heuristiques font l'objet d'études didactiques [26,27]. Certains appliquent à la lettre les techniques identifiées par Buzan, et d'autres adaptent ces règles à leurs propres besoins didactiques. En revanche, on voit sur la *figure 8* que ces cartes ne correspondent pas à la description d'un cheminement de classe. Elles n'ont pas vocation à présenter les cours aux étudiants, sauf à ne s'étendre que d'un côté du centre.

Si les cartes heuristiques (« *mind map* ») permettent d'envisager un aspect d'une question, avec un niveau d'information, des couleurs et des formes qui établissent des relations entre les items, les cartes conceptuelles (« *concept maps* »), elles, organisent logiquement les relations entre idées et concepts, correspondant à des formes différentes, avec des spécificités [28]. Plus précisément, les cartes conceptuelles placent les concepts, les notions ou généralement les idées dans des cercles, des rectangles ou d'autres formes géométriques, et les concepts sont reliés par des connexions entre ces formes ; des mots identifient le type de relations entre les concepts.

Alors que les cartes heuristiques ont une structure rayonnante, les cartes conceptuelles comportent trois structures, avec plusieurs branches et des réseaux. D'autre part, les cartes heuristiques se focalisent sur une seule idée, alors que les cartes conceptuelles peuvent en regrouper plusieurs (*figure 9*). Ces cartes conceptuelles ont été fondées sur les travaux de psychologie cognitive [29] qui postulaient que l'être humain apprend en ajoutant ses nouvelles connaissances à celles qu'il a déjà. Elles sont largement utilisées en informatique, notamment pour la modélisation des processus, et il en existe plusieurs types [30].

Dans les modèles hiérarchiques, l'information est organisée de manière arborescente (selon une hiérarchie), accessible uniquement à partir de la racine de cette arborescence. Cette représentation a l'inconvénient que le point d'accès à l'information est unique (c'est la racine de l'arbre hiérarchique),

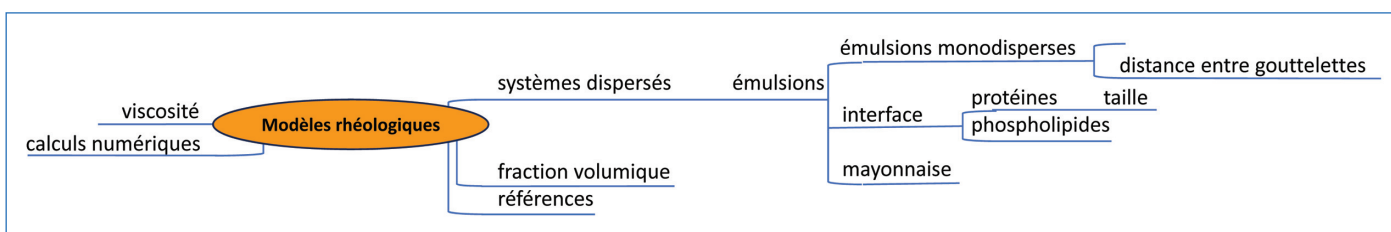


Figure 8 - Une carte heuristique réalisée avec le logiciel FreeMind pour représenter les notions du cours consacré aux modèles rhéologiques.

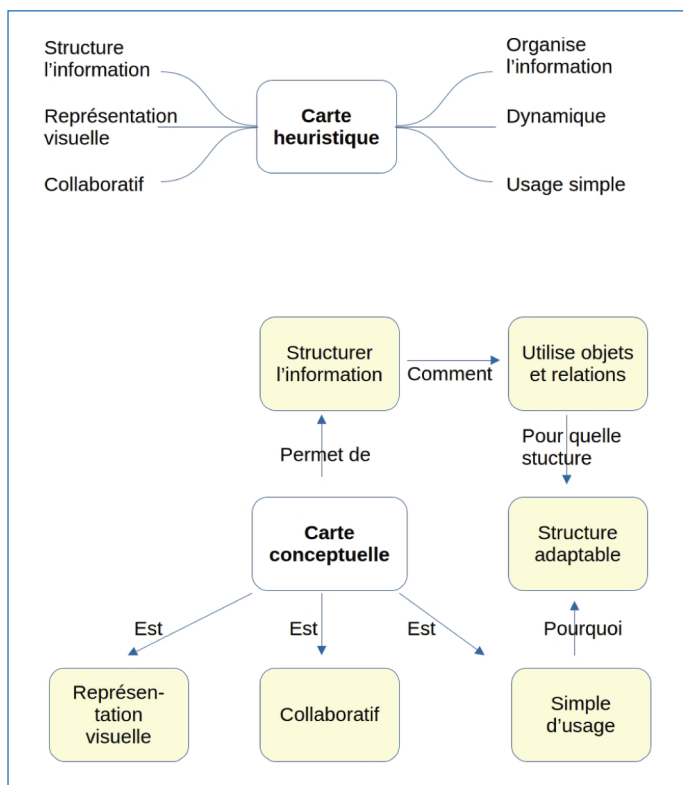


Figure 9 - La comparaison d'une carte heuristique (en haut) et d'une carte conceptuelle (en bas) montre les différences entre les deux approches, mais fait bien apparaître aussi que ces représentations ne sont pas celles qui s'imposent pour décrire le cheminement dans un cours.

d'où des problèmes dans la recherche d'informations de la base de données hiérarchique.

Les modèles de réseaux sémantiques, d'autre part, décrivent le fonctionnement des bases de données en réseau. Ce type de base de données fonctionne sur le principe du regroupement des différents éléments de la base de données par leur sens. Les modèles entité/association (encore nommés modèles entité/relation) sont utilisés pour des bases de données. Dans les modèle objet, les données sont décrites comme des classes et représentées sous forme d'objets.

Les cartes conceptuelles sont utiles pour l'enseignement, parce qu'elles montrent des associations [31,32]. Elles ont été notamment utilisées en début de cours ou d'unités d'enseignement pour mieux faire percevoir les travaux qui seront effectués. On apprécie mieux cet intérêt si on rapproche la méthodologie de production des cartes conceptuelles de l'exposé de la construction du cours sur les modèles rhéologiques [33] :

1. Déterminer l'idée centrale.
2. Ajouter des branches : les branches principales, qui partent du centre, sont les thèmes principaux ; des branches secondaires peuvent être tracées, pour conduire à des idées supplémentaires.
3. Ajouter des mots-clés : chaque nouvelle branche doit correspondre à une idée ou à un concept ; un principe des cartes conceptuelles est d'utiliser un mot par branche.
4. Colorer les branches, afin de mieux montrer des relations.
5. Inclure des images.

Les organigrammes et les graphes

Constater que la représentation visuelle des connaissances ne se limite pas aux cartes heuristiques et aux cartes conceptuelles

doit conduire à l'exploration d'autres types de représentations, pour être en mesure de sélectionner celles qui seront le mieux adaptées à des besoins didactiques particuliers. Par exemple, les organigrammes sont des représentations schématiques des liens et des relations fonctionnelles, organisationnelles et hiérarchiques qui existent entre les éléments et les individus d'une organisation formelle (association, entreprise, réseau, etc.). Dans les organisations, les organigrammes servent classiquement à indiquer la répartition des responsables, d'ensembles de tâches entre les postes, et les relations de commandement qui existent entre eux. Ils donnent peu d'informations en ce qui concerne la répartition des tâches, qui sont décrites dans des définitions de fonction (celles-ci sont rattachées à l'organigramme par une référence documentaire avec révision). En revanche, ils montrent bien (notamment par des niveaux) les relations de commandement, les rapports de subordination.

Pour la description de travaux, il existe d'autres types d'organigrammes tels que : organigramme de tâches de projet, organigramme de programmation, organigramme de données, organigramme de configuration. Ils servent à montrer l'organisation, à partager entre les divers acteurs la même vision de l'organisation des tâches au sein d'un programme, précisant quelles tâches sont attribuées et à qui. À côté de ces organigrammes d'institution ou de projets, il y a des organigrammes de programmation, également nommés algorigrammes, logigrammes, plus rarement ordinogrammes, et « flowchart » en anglais. Ce sont des représentations graphiques normalisées de l'enchaînement des opérations et des décisions effectuées par un programme d'ordinateur. Comme les diagrammes examinés précédemment, ils permettent de visualiser des opérations, mais en introduisant la notion de séquentialité, ce qui les rapproche des cartes d'étude que nous voulons examiner.

Les diverses représentations précédemment examinées sont souvent propres à un champ de savoir, d'étude ou d'activité spécifique, et ce sont des cas particuliers de « graphes », des modèles abstraits de dessins de réseaux reliant des objets, largement étudiés, notamment de façon quantitative, en mathématiques [34].

Ces derniers modèles sont définis par la donnée de sommets (ou points), en référence aux polyèdres, et d'arêtes (aussi nommées liens ou lignes) entre ces sommets. Quand les arêtes sont non symétriques, les graphes sont dits orientés, et les arêtes elles-mêmes sont nommées flèches ou arcs.

En toute abstraction, un graphe est un couple $G = (S, A)$ comprenant deux ensembles : S , les sommets, et A , les arêtes, chacune étant associée à un couple (u, v) ou une paire $\{u, v\}$ de sommets $(u, v \in A)$.

Dans les graphes non orientés, les arêtes n'ont pas d'orientation et sont donc associées à une paire $\{u, v\}$. Dans les graphes orientés, les arêtes sont nommées arcs et ont une orientation de u vers v ; elles sont ainsi associées au couple (u, v) . Les graphes mixtes comportent à la fois des arêtes et des arcs, on les définit alors plutôt comme le triplet $G = (S, A, A')$.

Les graphes sont « simples » quand ils ne comportent ni boucles ni multi-arêtes, c'est-à-dire qu'aucun sommet n'est connecté à lui-même, et entre deux sommets, il n'existe qu'une seule arête. Dans les graphes pondérés (ou valués), à chaque arête est associé un nombre (son poids), représentant par exemple une distance, un coût ou une capacité.

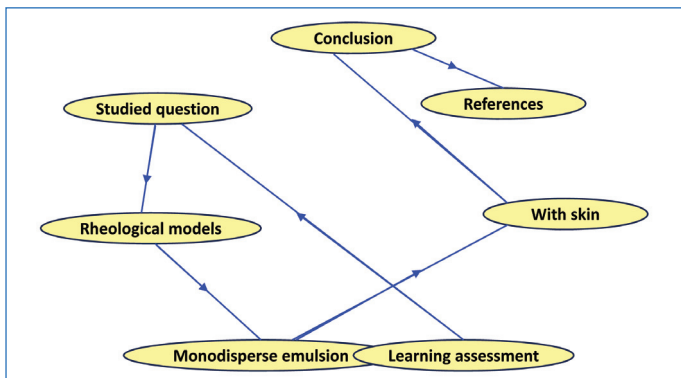


Figure 10 - Les graphes sont les systèmes de représentation des concepts les plus généraux, parce que parfaitement abstraits. Ici, un graphe orienté représente le cheminement du cours consacré aux modèles rhéologiques, mais pour situer les notions du cours par rapport à d'autres, il faudrait juxtaposer plusieurs graphes disjoints.

Il existe trois grandes familles de graphes et six catégories au total :

(1) **structurés** : il est alors possible de définir quatre identités topologiques remarquables :

(1.1) *homogènes* : les sommets et les arêtes reproduisent un schéma régulier. Le schéma le plus commun est une architecture de type matriciel aussi appelée « en filet de poisson » (« mesh ») ;

(1.2) *hiérarchiques* : structure typique des graphes où les sommets s'arrangent en couches hiérarchisées et pyramidales ;

(1.3) *cycliques* : on peut identifier des cycles dans le graphe. L'exemple le plus parlant est le graphe circulaire ;

(1.4) *centralisés ou polaires* : c'est une architecture où tous les sommets sont rattachés à un seul sommet, le pôle ;

(2) **quelconques** : aucune propriété topologique ne semble émerger ;

(3) **multipolaires** : c'est une architecture mixte entre les graphes centralisés et décentralisés. Les graphes multipolaires sont caractérisés par deux types d'arêtes : celles qui forment les liens émanant du pôle – les liens forts –, et les liens réunissant deux pôles entre eux – les liens faibles. Les pôles peuvent par ailleurs prendre une architecture structurée (souvent centralisée) ou quelconque.

Les algorithmes élaborés pour résoudre des problèmes concernant les objets de cette théorie ont de nombreuses applications dans tous les domaines liés à la notion de réseau (réseau social, réseau informatique, télécommunications, etc.) et dans bien d'autres domaines (par exemple génétique) tant le concept de graphe, à peu près équivalent à celui de relation binaire, est général. Sur la figure 10, est représentée une partie d'un graphe correspondant au cours de rhéologie qui nous intéresse ici.

Des cartes d'étude, plutôt que des cartes conceptuelles, mentales, heuristiques

Un mélange d'organigramme et de carte conceptuelle

Revenons à la question qui motive cet article : comment organiser un « cours » (oral ou écrit), dans un modèle classique de transmission des connaissances, et, surtout, comment produire une carte qui permettra d'exposer le cheminement didactique qui est proposé [2] ? Sous peine d'égarer leurs interlocuteurs (les étudiants), le discours doit progresser de façon ordonnée, ce qui correspond à un graphe linéaire orienté. Toutefois, une telle série ordonnée séquentiellement

a, comme indiqué en introduction, l'inconvénient d'un arbitraire mystérieux pour les étudiants, et qui manque de la mise en relation des objets d'étude, autrement que par les prédécesseurs et successeurs, ainsi que des relations entre les éléments structurants avec d'autres notions éventuellement connues ou inconnues, ainsi qu'entre eux.

Comme observé par la psychologie cognitive, il paraît judicieux de situer les objets d'étude par rapport aux connaissances déjà assimilées, ce qui revient à situer le chemin d'étude (la liste ordonnée des connaissances) dans un environnement plus large [29].

Pour les enseignants, lors de la construction de leurs cours, ce type de représentations a l'avantage de mieux situer leur choix *a priori*, et, éventuellement, de le changer pour mieux faire apparaître des relations utiles.

Sur l'exemple d'un cours de rhéologie des systèmes dispersés

Pour mieux présenter l'intérêt du type de représentations visuelles correspondant à un plan de cours, nous examinons maintenant des « cartes d'étude » pour lesquelles des dimensions ajoutées au cheminement à deux dimensions apportent des idées structurantes.

En effet, sur le cheminement à deux dimensions (figure 11), on observe une hétérogénéité des travaux. Par exemple, pour certaines étapes, on considère des systèmes matériels au niveau macroscopique, tandis que pour d'autres, on s'intéresse à la microstructure ; dans certains cas, on considère des systèmes physiques, mais pour d'autres, l'activité est algébrique. La représentation spécifique de ces particularités peut aider les étudiants à mieux se repérer.

Si l'on veut mettre en œuvre la « méthode descendante » d'analyse des phénomènes physico-chimiques [10], il y a lieu de distinguer des niveaux : à la base, celui des phénomènes perçus, macroscopiques ; puis, dans des plans supérieurs successifs, la vision microscopique, la vision supramoléculaire et la vision moléculaire. L'étude précédente pourrait alors

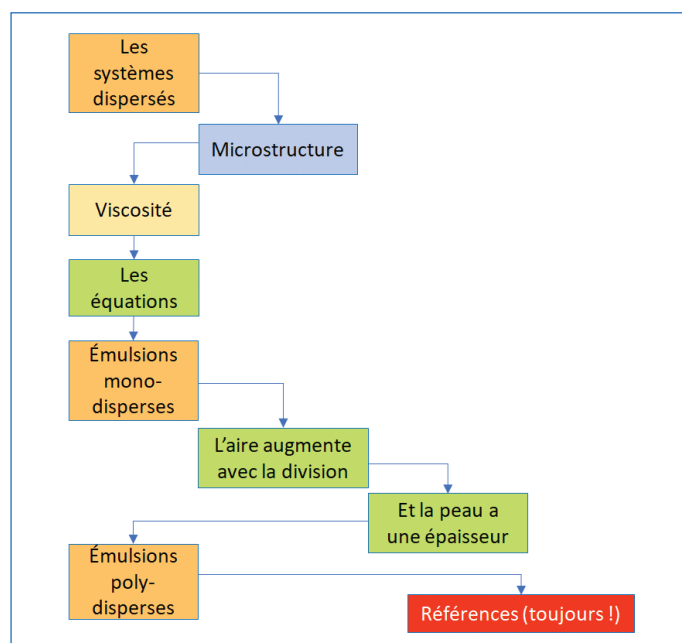


Figure 11 - Une carte d'étude bidimensionnelle. Ici, au lieu d'aligner les étapes du cours, on les a décalées pour mettre en œuvre la méthode descendante d'analyse des systèmes physico-chimiques. La rangée de gauche correspond aux objets macroscopiques ; puis les rangées plus à droite correspondent successivement aux visions microscopique, supramoléculaire et moléculaire. Les références sont ajoutées, sans rapport avec cette organisation par niveaux.

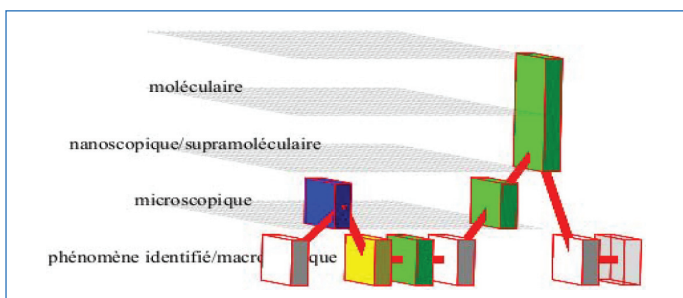


Figure 12 - Une autre manière de représenter le cheminement, à deux dimensions, en montrant mieux les « niveaux » d'interprétation (de bas en haut) : macroscopique, microscopique, supramoléculaire, moléculaire.

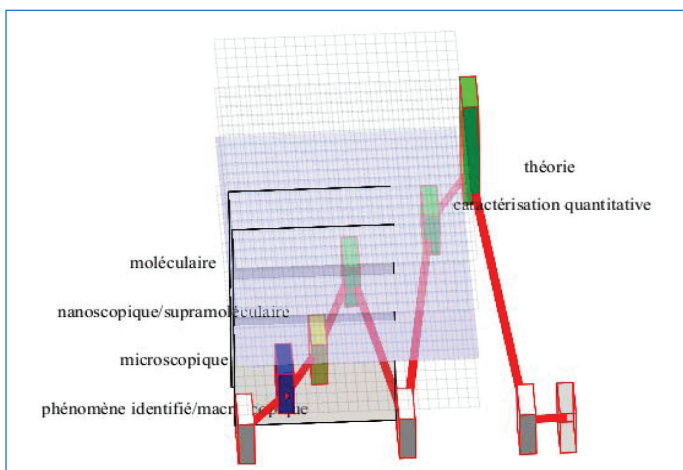


Figure 13 - Dans cette représentation du cours de rhéologie, on introduit une dimension supplémentaire (selon l'axe y), pour faire la différence entre les systèmes matériels (plan O, x), les caractérisations quantitatives (plan parallèle, en arrière du premier) et les équations algébriques (plan après celui des mesures). Une telle représentation tridimensionnelle doit être manipulée, tournée, explicitée, ce qui enrichit le cours en même temps qu'il est mieux décrit.

figurer dans un plan vertical (O, x, z), avec des étapes organisées selon le premier axe Ox (du temps) (figure 12).

Toutefois, si l'on peut distinguer par des couleurs des travaux de natures différentes dans une telle représentation, il est également possible de tracer une carte d'étude à trois dimensions, en séparant les systèmes matériels (plan O, x, y) des caractérisations quantitatives de ces systèmes (ici, les mesures de viscosité, par exemple) et des travaux de nature algébrique. On voit tout naturellement une représentation tridimensionnelle, qui permettra aux étudiants de mieux se repérer dans leurs travaux (figure 13).

Dans les cartes d'étude que nous venons d'examiner, on n'a pas encombré les représentations avec des notions connues par avant, et l'on a choisi un déroulé temporel, mais les cartes montrées sur la figure 7 correspondent en revanche plus à un cheminement tel qu'il était envisagé sur la carte de Tendre. Cette comparaison veut montrer que des cartes variées peuvent être produites et discutées, en début de cours ou d'unité d'enseignement. Notamment, il semble essentiel de ne pas encombrer les représentations, au risque de perdre les étudiants plutôt que de les aider.

Car l'objectif fondamental de ces cartes doit être rapproché de celui du discours en général : instruire, plaire et émouvoir. On n'oubliera pas que la communication a communément trois composantes, techniques (ce qui est dit doit être juste), artistiques (il n'existe pas de cheminement obligatoire, et, au contraire, il y a un choix narratif à faire) et sociales

(la communication n'est pas abstraite, mais entre sujets humains, dont les relations sont essentielles).

Utiles pour la présentation des cours et comme instrument de suivi des acquis durant les séances successives, les cartes d'étude pourraient être mises en œuvre bien plus largement : pour la préparation de discours, d'articles, de livres, de présentations orales... Elles pourraient utilement illustrer des introductions, puisqu'elles ont été précisément proposées pour faire mieux que des discours abstraits.

[1] E. Tremblay-Wragg, C. Raby, Recourir à une variété de modèles d'enseignement, *Le Tableau*, 2014, NS 3, https://pedagogie.quebec.ca/sites/default/files/documents/numeros-tableau/le_tableau-vol.3-numerospecial-2014_0.pdf

[2] A.A. Bellack, D. Huebner, Teaching, *Rev. Educ. Res.*, 1960, 30(3), p. 246-267, <https://doi.org/10.3102/00346543030003246>

[3] L.D. Fink, *Integrated Course Design*, IDEA Paper #42, 2005, www.ideaedu.org/Portals/0/Uploads/Documents/IDEA%20Papers/IDEA%20Papers/Idea_Paper_42.pdf

[4] S. Milkova, Strategies for effective lesson planning, *Center for Research on Learning and Teaching*, 2012, 1, p. 1-29, https://crlt.umich.edu/gsis/p2_5

[5] Cicéron, *L'Orateur*, trad. A. Yon, Les Belles Lettres, Paris, 1964.

[6] Ministère chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche, *Les référentiels de compétences des mentions de licence*, 2015, www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/les-referentiels-de-competences-des-mentions-de-licence-45888

[7] C. Leverrier, P. Menut, H. This vo Kientza, Why does mayonnaise thicken when it is whipped energetically: a case for studying models linking volume fraction and viscosity, *soomis*.

[8] D.R. Torrence, Building a lesson plan: an easy-to-follow primer on one of training's most basic tools, *Training and Development Journal*, may 1987, p. 91-94.

[9] Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, *Être enseignant aujourd'hui*, 2024, www.devenireenseignant.gouv.fr/etre-enseignant-aujourd-hui-70

[10] H. This vo Kientza, Using a descending approach for exploring "culinary definitions", in view of analysis and food innovation, *Int. J. Mol. Phys. Gast.*, 2025, 11(2), p. 1-21, <https://doi.org/10.17180/ijmpg-2025-art02>

[11] Aristote, *Organon : I. Catégories et II. De l'interprétation*, trad. J. Tricot, Vrin, Paris, 1936.

[12] G. Genette, essai sur la rhétorique et l'enseignement, in *Figures II*, Paris, Le Seuil, 1969.

[13] R. Barthes, L'ancienne rhétorique, aide-mémoire, *Communications*, Le Seuil, Paris, 1970, 16, p. 172-223.

[14] J.-P. Van Elslande, *La mise en scène du discours*, 2003, www.unige.ch/lettres/framo/enseignements/methodes/srhetorique/rdintegr.html

[15] A. Rapoport, Escape From Paradox, *Scientific American Magazine*, 1967, 217(1), p. 50, <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0767-50>

[16] Porphyre, *Isagoge*, Introduction aux Catégories d'Aristote (vers 298), texte grec et latin, trad. A. de Libera et A.-P. Segonds, introduction et notes par A. de Libera, Vrin, Paris, 1998.

[17] R. Lulle, *Arbor scientiae venerabilis et caelitus illuminati patris Raymundi Lullii*, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1504215r.image>

[18] M. De Scudéry, *Clélie, histoire romaine*, Courbé, Paris, 1661.

[19] A. Barton, J. Eussen, S. Lardjane, F. Laveuve, A.M. Nuutinen, *Mind maps and concept maps in education*, Spring Event, 6-7 mai 2015, Tohannic-Vannes, Université de Bretagne Sud.

[20] T. Buzan, B. Buzan, *The Mind Map Book*, Dutton, Boston, 1994.

[21] P. Mongin, L. Garcia, *Organisez vos projets avec le Mind Mapping. Des dessins au service de vos desseins*, Dunod, Paris, 2011.

[22] F. Le Bihan, A. Ambrosini, V. Eichenlaub, A. de Lardemelle, I. Pailleau, *Organisez vos formations avec le Mind Mapping*, Paris, Dunod, 2012.

[23] X. Delengaigne, L. Garcia, *Organisez votre temps avec le Mind Mapping. Sortez la tête du guidon !*, Dunod, Malakoff, 2018.

[24] J.-L. Deladrière, F. Le Bihan, P. Mongin, D. Rebaud, *Organisez vos idées avec le Mind Mapping*, Paris, Dunod, 2004.

[25] Commission d'enrichissement de la langue française, « Carte heuristique », FranceTerme, Ministère de la Culture, 2021, www.culture.fr/franceterme/terme/EDUC131

[26] C.L. Willis, S.L. Miertschin, Mind maps as active learning tools, *J. Comput. Sci. Coll.*, 2006, 21(4), p. 266-72.

[27] F. Laveuve, "Mind Mappings, a powerful tool in the secondary education", in *Mind maps and concept maps in Education*, Université de Bretagne Sud, 2015.

[28] J.D. Novak, A.J. Cañas, The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool, *Inf. Vis.*, 2006, 5(3), p. 175-184, <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500126>

[29] D.P. Ausubel, *Educational psychology: A cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York, 1968.

[30] M.K. Åhlberg, Varieties of concept mapping, *Proceedings of the first international conference on concept mapping*, 2004, Pamplona, Espagne.

[31] D.T. Croasdell, L.A. Freeman, A. Urbaczewski, Concepts maps for teaching and assessment, *Communications of the Association for Information Systems*, 2003, 12, <https://doi.org/10.17705/1CAIS.01224>

[32] C. Tolentino, A.A. Carvalho, Concept mapping: benefits and challenges in higher education, *J. Contin. High. Educ.*, 2020, 68(1), p. 38-53.

[33] S. Lardjane, A.M. Nuutinen, *Knowledge representation for high quality learning*, 2014, <hal-01098521>

[34] C. Berge, *Théorie des graphes et ses applications*, Dunod, Paris, 1958.

Hervé THIS* est physico-chimiste, directeur du Centre international de gastronomie moléculaire et physique, INRAE-AgroParisTech, Palaiseau.

* herve.this@agroparistech.fr