

Communication d'un savoir scientifique en classe De la verbalisation au concept d'équilibre chimique

**Nathalie ÉVRARD, Anne-Marie HUYNEN,
Cécile de BUEGER-VANDER BORGHT**

Laboratoire de Pédagogie des sciences
Université catholique de Louvain
Faculté des sciences
Bâtiment Marie Curie
2, rue du Compas
B1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

Résumé

Cet article présente deux outils visant à décrire et à analyser le discours oral d'un enseignant en situation didactique. L'étude porte sur trois professeurs de sciences du lycée, en Belgique francophone, introduisant le concept d'équilibre chimique. La première approche développée consiste en un repérage et un comptage des termes utilisés dans le discours, la seconde en une représentation schématique d'associations de termes réalisées par chaque enseignant face à des élèves de 16 à 17 ans.

Mots clés : *équilibre chimique, enseignement au lycée, discours oral, termes scientifiques, réseaux de termes.*

Abstract

This paper presents two tools allowing a description and an analysis of a teacher's speech in a didactic situation. This study concerns three Belgian french speaking

teachers at the secondary school level who introduce the concept of chemical equilibrium. The first approach consists in locating and counting used terms. In the second approach, we have looked at a schematic representation of terms association carried out by teachers working with 16 to 17 years old students.

Key words : *chemical equilibrium, secondary level teaching, oral discourse, scientific terms, terms networks.*

Resumen

Este artículo presenta dos instrumentos pretendiendo describir y analizar el discurso oral de un enseñante en situación didáctica. El estudio concierne a tres profesores de ciencias del liceo, en la Belgica de habla francesa, introduciendo el concepto de equilibrio químico. La primera aproximación desarrollada consiste en una localización y conteo de los términos utilizados en el discurso, la segunda es una representación esquemática de asociaciones de términos realizados por cada enseñante frente a los alumnos de 16 a 17 años.

Palabras claves : *equilibrio químico, enseñanza en el liceo, discurso oral, términos científicos, red de términos.*

1. INTRODUCTION : PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE

Les didacticiens s'attachent principalement à repérer les obstacles à l'apprentissage des concepts scientifiques et à proposer des chemins didactiques qui semblent adéquats. Peu de recherches concernent les logiques disciplinaires que les enseignants véhiculent à travers leurs discours en classe.

Nous faisons l'hypothèse que la structure du discours oral de l'enseignant constitue un des critères qui influencent la structuration de la connaissance de l'élève.

Dans une phase exploratoire, nous tentons, à l'aide de deux types d'outils, d'approcher la structure du discours oral de l'enseignant en laissant temporairement de côté l'élève.

L'article répond à la question suivante : quelles trames conceptuelles et discursives trois enseignants, de section différente, déploient-ils ? À partir des analyses menées, nous proposons des pistes de réflexion didactique.

1.1. Pourquoi le discours oral ?

La bibliographie fait état d'un nombre impressionnant de recherches réalisées sur l'écrit : analyse de manuels scolaires, décodage des procédures de reformulation, analyse de la lisibilité, pertinence et fonctions du schéma, du tableau, du graphique au sein d'un document scripto-visuel.

Peu de recherches concernent l'oral. Or, quelle que soit l'activité pédagogique organisée dans le groupe-classe, on observe que le discours oral occupe la quasi-totalité d'une heure de cours. En effet, chaque schéma, chaque support pédagogique est accompagné d'un commentaire oral émis par l'enseignant ou par l'élève.

1.2. Pourquoi le concept d'équilibre chimique ?

Plusieurs raisons ont guidé notre choix : l'importance du concept pour la compréhension de la chimie, la mise en évidence de *misconceptions* (Hackling & Garnet, 1985) résultant de l'apprentissage du concept et la proposition de nouvelles stratégies cognitives.

Pour le chimiste, enseigner l'équilibre chimique constitue un passage obligé car la plupart des réactions chimiques sont des équilibres, c'est-à-dire qu'elles sont «*caractérisées par un état d'équilibre statistique. Les produits issus des réactifs interagissent en régénérant ces derniers*» (Angenault, 1991).

L'équilibre chimique, notion abordée pour la première fois par les élèves belges de l'enseignement secondaire supérieur (élèves de 16 à 17 ans), apparaît comme une source de difficultés.

Cette notion d'équilibre est souvent réduite à l'établissement d'une égalité ou à l'association «équilibre-immobilité» (de Bueger & Mabilie, 1989). Pour lever cet obstacle et aborder l'aspect dynamique de l'équilibre, la vitesse des réactions impliquées devrait être appréhendée par l'apprenant.

Certaines sources de difficultés rencontrées par l'élève ont été mises en évidence par G. Rumelhard. Celui-ci fait l'hypothèse que ces difficultés peuvent provenir des images et des sens véhiculés dans le langage courant (Rumelhard, 1983).

Dans un numéro du *Journal of Chemical Education*, de nouvelles approches didactiques du concept d'équilibre chimique sont décrites. Il est notamment question d'un jeu permettant de mettre en évidence, autrement, l'aspect dynamique de l'équilibre chimique (Cullen, 1989).

2. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Notre recherche s'est centrée sur une analyse du lexique présent dans le discours oral de l'enseignant en classe de chimie. De quels termes l'enseignant se sert-il pour parler de l'équilibre chimique ? Quelles associations terminologiques l'enseignant privilégie-t-il ?

2.1. Du discours scientifique au discours à vocation didactique

Le terme «discours» peut être défini comme un ensemble d'unités linguistiques égales ou supérieures à la phrase émanant d'un individu ou d'un même groupe social et présentant des caractères linguistiques communs (Reboul, 1984).

Dans une situation scolaire à interactions asymétriques (enseignant-apprenant), le discours pédagogique à contenu scientifique se différencie du discours scientifique destiné à des pairs. Ce dernier est caractérisé par l'usage d'un vocabulaire spécialisé distinct du lexique ordinaire par certaines de ses propriétés formelles et sémantiques. Chaque concept est désigné par un seul nom, et réciproquement chaque vocable renvoie à une seule notion. *«Dans le cadre d'une théorie déterminée, les termes scientifiques sont définis avec une précision qui tend à les doter d'un statut monosémique.»* (Jacobi, 1987)

Dans un discours pédagogique, il s'agit toujours de proposer une équivalence sémantique entre un terme scientifique et sa reformulation. Cette synonymie ou équivalence peut être source de confusions et d'obstacles, elle peut induire les élèves en erreur (Zapata, 1992). De plus, certains mots du langage courant ont été utilisés pour construire le langage scientifique, parfois avec des sens différents. L'apprenant peut ainsi rencontrer plus de difficultés pour conceptualiser (Carretto & Viovy, 1994).

Selon M. Develay, le savoir enseigné n'est pas un savoir savant appauvri ou vulgarisé. Il s'agirait plutôt d'un savoir source qui a subi une transposition didactique (Develay, 1992).

2.2. Recueil des données

Afin de décrire le discours oral d'enseignants, nous avons procédé à l'enregistrement d'une unité d'enseignement consacrée à «l'équilibre chimique». Trois enseignants de l'enseignement secondaire supérieur, en Belgique francophone (élèves de 16 à 17 ans) ont participé à cette étude.

Le tableau 1 présente le type d'enseignement, l'option scientifique des élèves ainsi que le nombre d'heures enregistrées pour chaque enseignant (taille des corpus).

	Discours I	Discours II	Discours III
Type d'enseignement	Général de transition	Technique de transition	Technique de qualification
Nombre d'heures de chimie par semaine	3 heures	2 heures	2 heures
Taille du corpus	9 x 50 minutes	1 x 50 minutes	6 x 50 minutes

Tableau 1: **Échantillon**

Pour garantir une homogénéité parmi ces trois corpus, nous avons été contraints de sélectionner des passages. Nos corpus ont été constitués en éliminant les interventions des élèves, les interventions de l'enseignant qui ne concernaient pas directement le concept étudié, ainsi que les heures de cours consacrées aux exercices. Dès lors, 6 x 50 minutes et 4 x 50 minutes des premier et dernier corpus ont été choisies.

L'enregistrement des différents discours a ensuite été transcrit selon des conventions qui permettent de valoriser l'oral des corpus, de traiter informatiquement les données (comptage de termes, repérage de leur contexte...) et de tenir compte des phénomènes liés à l'interaction entre locuteurs (conventions mises au point par le groupe de recherche Valibel, voir Francard & Peronnet, 1989).

Pour traiter ces informations, nous avons adopté deux approches : l'une lexicale et l'autre sémantique.

2.3. Traitement des données

Approche par le lexique

L'approche lexicale repose sur l'analyse des termes utilisés par l'enseignant. « *Un terme est une unité lexicale définie dans les textes de la langue de spécialité.* » (Kocoureck, 1982)

Après avoir isolé le discours de l'enseignant de celui des élèves, les termes utilisés par l'enseignant ont été comptabilisés. Nous avons retenu ceux qui nous paraissaient subjectivement appartenir à la langue de spécialité. Pour réduire notre propre subjectivité, nous avons comparé la liste des termes extraits des trois corpus aux vocabulaires utilisés dans deux documents sources : *Cours de chimie physique* de P. Arnaud (1988)

et *Cours de chimie 5^e, 1 période/semaine* de A-M. Huynen et N. Delrue (1987).

Plus spécifiquement, nous n'avons sélectionné que les formes nominales simples, composées ou non. Les verbes sont restés momentanément de côté d'une part pour éviter de complexifier le second outil que nous présentons ci-dessous, et d'autre part pour garantir une unité dans le choix des catégories grammaticales.

Les termes doivent appartenir à la langue de spécialité telle que définie par Kocourek (1982) et restrictivement au domaine conceptuel étudié ; ils peuvent également appartenir au langage courant, ainsi que faire référence à d'autres langues de spécialité (la physique par exemple), lorsque leur fréquence et leur contexte d'utilisation sont pertinents.

Nous limitant à l'analyse des termes, nous n'avons pas pris en considération les exemples de substances chimiques (acide sulfurique, magnésium...). Nous n'avons pas pris en compte une partie de la grammaire iconographique (les fonctions mathématiques et le lettrage symbolique chimique).

Nous avons dressé la liste des occurrences des différents termes pour les trois corpus. Chaque occurrence a été exprimée en fréquence absolue (fabs). Celle-ci correspond au nombre de fois que le terme a été énoncé par l'enseignant en classe. Pour nous permettre de comparer les trois corpus sur base de données similaires, nous avons utilisé un indicateur mathématique, la fréquence relative. Celle-ci est calculée en divisant la fréquence absolue par l'occurrence totale de termes (identiques et différents) du corpus considéré, le tout exprimé en «un pour mille».

Approche par le «réseau relationnel terminologique»

Analyser un discours oral ne consiste pas seulement à repérer des termes. Une des difficultés de l'apprentissage et de l'enseignement consiste à relier les notions entre elles (Richard, 1990). En chimie, une analyse conceptuelle du programme de l'enseignement secondaire supérieur, en vigueur en Belgique francophone, nous a montré l'interdépendance des notions à enseigner (Évrard, 1992).

Afin d'identifier la façon dont les termes ont été reliés dans chaque discours, nous avons analysé le contexte dans lequel les termes ont été présentés. Notre procédé a été le suivant.

– Dès qu'un terme était repéré dans le corpus écrit, nous examinons son contexte lexical. Celui-ci est défini, arbitrairement, par un intervalle de deux lignes, chacune étant munie d'un numéro. Un bref extrait du corpus permettra au lecteur de visualiser le matériau exploité. Pour conserver le

discours originel et garantir une lecture intelligible, les interventions des élèves (LX) sont maintenues ; cependant, elles ne seront pas analysées.

Légende :

L0 : enseignant

L1 : chercheur

LX : élève

/ : pause brève // : pause longue

(xxxx) : interventions incompréhensibles

- 1 L1 ça marche
- 2 L0 alors je vais reprendre d'abord un peu
- 3 LX oui (xxx) (rire)
- 4 L0 donc euh euh chapitre trois / c'est ça ? oui ?
- 5 LX c'est un nouveau chapitre ?
- 6 L0 c'est comme le chapitre un donc euh aspects énergétiques d'une : d'une
- 7 réaction chimique
- 8 LX mm
- 9 L0 chapitre deux euh qui était une réflexion spontanée d'une réaction chimique /
- 10 d'accord ? chapitre trois (L0 écrit au tableau) l'état // d'équilibre: (interruption de
- 11 l'enregistrement) donc en fait euh a vu la semaine passée on a encore vu ce: ce
- 12 matin en corrigeant le labo / on a vu des systèmes différents types de
- 13 réactions des réactions complètes (L0 écrit au tableau) d'accord ? et donc les
- 14 réactions sont complètes à quelles conditions ?
- 15 LX enthalpie
- 16 L0 enthalpie quoi ? oui

– Si un terme différent du premier apparaît, dans l'intervalle défini, nous le prenons en considération.

– Dans un deuxième temps, nous analysons le lien réalisé entre les deux termes. Si celui-ci est explicite, ne prête pas à confusion ou ne demande pas une interprétation de la part du chercheur, nous inscrivons chacun des termes sur le réseau dans un ovale. Le lien établi entre eux est symbolisé par un trait inscrit entre les deux ovales.

– Au fil de la lecture du corpus écrit, les mêmes termes, reliés à d'autres termes et parfois encore entre eux se rencontrent à nouveau. Chaque fois qu'un lien explicite, dans un intervalle de deux lignes, a été repéré, nous dessinons celui-ci à côté des traits préexistants. L'exemple suivant, tiré d'un des corpus, illustre la méthode adoptée.

(...)

- 17 L0 donc la *température* augmente / donc ça veut dire / une *variation d'enthalpie*
- 18 LX favorable
- 19 L0 oui donc le *critère énergétique* favorable et donc *enthalpie* la variation elle est
- 20 (brouhaha) négative hein donc j'ai une *variation d'enthalpie* négative / et donc le
- 21 *critère énergétique*
- 22 LX positif

- 23 L0 est favorable oui
24 LX y-a désordre aussi
25 L0 favorable / et donc pour que la *réaction* soit complète il faut aussi que
26 LX l'augmentation du désordre
27 L0 j'ai oublié de marquer *température* augmente donc euh le *désordre*: augmente
28 LX critère entropique
29 L0 d'accord donc le crit/ *critère entropique*
30 LX (xxx)
31 L0 oui je préfère en fait favorable que positif ou sinon on va peut-être se tromper
32 avec une *enthalpie* négative l- un critère positif <LX> mm -l d'accord hein donc
33 on va dire favorable / et le *critère entropique* favorable (quelqu'un frappe) oui
34 LX bonjour tout le monde est là (oui général) euh c'est pharmacie hein (xx)
35 LX oui
36 L0 alors on a donc (xxx) tous les *systèmes* de *réactions incomplètes* (L0 écrit au
37 tableau) et une *réaction* sera incomplète à quelle condition

Dans cet extrait de corpus, nous avons repéré neuf termes différents (en italiques dans l'extrait) et identifié les liens suivants :

- (1) ligne n° 17 température **relié explicitement** à variation d'enthalpie
- (2) ligne n° 19 critère énergétique **relié explicitement** à enthalpie
- (3) ligne n° 20 variation d'enthalpie **relié explicitement** à critère énergétique
- (4) ligne n° 25 réaction n'est pas relié explicitement à un autre terme
- (5) ligne n° 27 température **relié explicitement** à désordre
- (6) ligne n° 29 critère entropique n'est pas relié explicitement à un autre terme
- (7) ligne n° 32 enthalpie n'est pas relié explicitement à critère entropique
- (8) ligne n° 36 système **relié explicitement** à réaction incomplète
- (9) ligne n° 37 réaction n'est pas relié explicitement à un autre terme

Seules les relations (1), (2), (3), (5) et (8) sont prises en considération car les liens effectués répondent aux critères choisis : un lien explicite, un lien ne prêtant pas à confusion, un lien ne demandant pas d'interprétations de la part du chercheur. Pour nous permettre de visualiser les liens établis explicitement entre ces termes, nous avons construit un réseau en plaçant chaque terme dans un ovale et en symbolisant chacun des liens par une droite non orientée. La disposition des termes au sein du réseau ne suit aucun ordre particulier ; dès qu'un terme apparaît, il est noté sur l'espace resté libre. La figure suivante illustre ce que nous avons appelé le réseau relationnel terminologique entre ces sept termes.

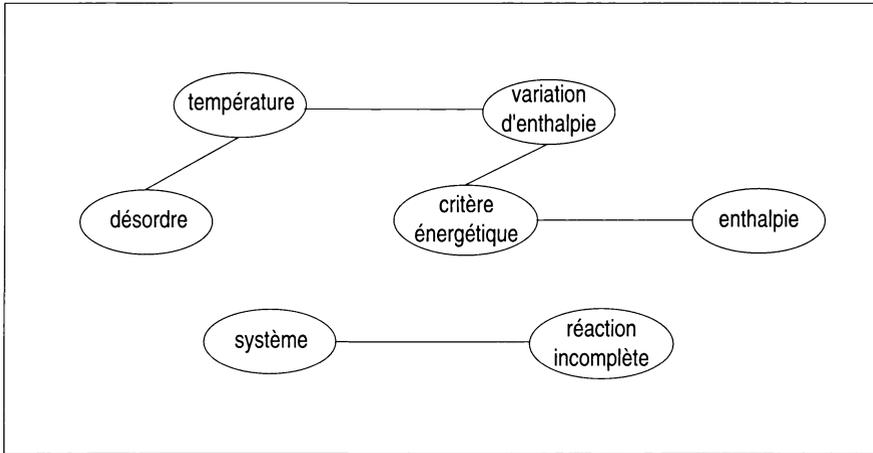


Figure 1 : Le réseau relationnel terminologique

Le lecteur pourra remarquer que d'autres termes, dans cet extrait de corpus, apparaissent ; cependant ils ne figurent pas sur le réseau.

En effet, les termes *réaction* (lignes n° 25, 37), *critère entropique* (lignes n° 29, 33) et *enthalpie* (ligne n° 32) n'ont pas été reliés par l'enseignant. Nous les considérons comme des termes isolés. Ceux-ci n'ont donc pas leur place sur le réseau.

3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Dans cette troisième partie, nous présenterons les résultats des analyses lexicale et sémantique appliquées aux trois corpus.

3.1. Approche par le lexique

Aperçu général

Le tableau 2 donne un aperçu quantitatif des termes utilisés dans chaque discours (la liste complète de ces termes est jointe à l'annexe 1).

	Discours I	Discours II	Discours III
Nombre de termes différents	69	30	54
Fréquence absolue totale	1 340	300	1 717

Tableau 2 : Nombre de termes repérés dans chaque discours

Nous pouvons calculer le nombre de termes (identiques ou différents) énoncés par l'enseignant par minute ; le discours I présente 4,5 termes par minute et les discours II et III présentent respectivement 6 et 8,6 termes par minute.

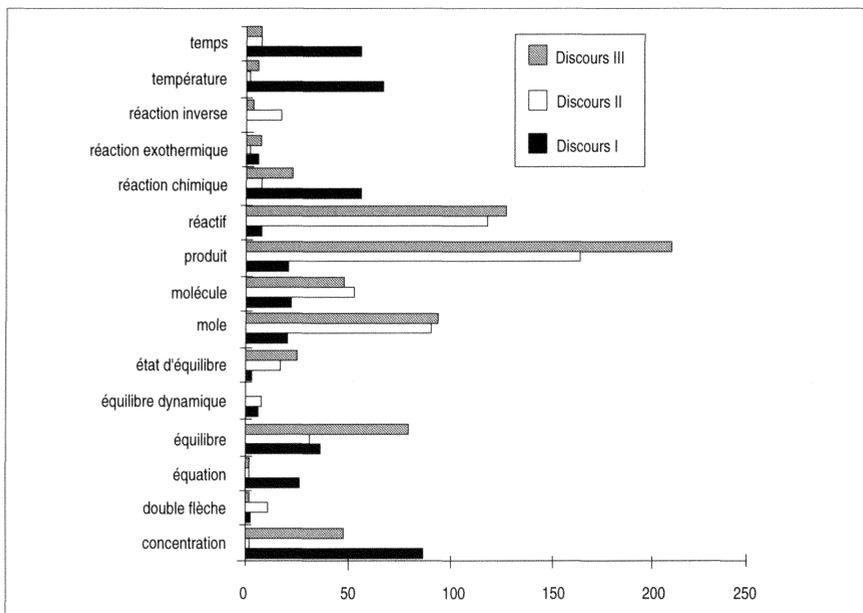
Afin de comparer les trois discours, il nous a semblé important d'une part, d'identifier les parentés terminologiques communes à deux et à trois discours, et d'autre part, de reconnaître, s'il y a lieu, des spécificités à chaque discours.

Les enseignants privilégient-ils l'emploi de tel ou tel terme ? Les utilisent-ils quantitativement de la même manière ? Nous tenterons de répondre à ces questions. Pour clôturer cette première approche, nous mènerons un questionnement d'ordre pédagogique.

Termes communs aux trois discours

Quinze termes, présentés dans l'histogramme 1, sont communs aux trois corpus. Ils composent ce que nous avons appelé le tronc terminologique commun aux trois corpus. Ces termes ne sont-ils pas des passerelles terminologiques ou lexicales obligées pour l'enseignement oral de l'équilibre chimique ?

L'histogramme 1 présente la fréquence relative (frel) des termes appartenant au tronc terminologique commun.



Histogramme 1 : **Tronc terminologique commun**

L'histogramme 1 indique que la majorité des termes présente une valeur de fréquence relative proche dans deux discours. Les termes *réaction chimique*, *produit* et *concentration* ont été énoncés avec des fréquences dissemblables au sein des trois corpus. Nous constatons également que les termes *double flèche*, *équilibre dynamique* et *réaction exothermique* ont été faiblement exploités (à moins de dix reprises). Quantitativement les discours II et III semblent les plus proches : plus de 50 % des termes présentent une fréquence relative similaire. Cependant, ces termes présentent-ils un même environnement lexical ? Les enseignants empruntent-ils un chemin identique pour communiquer ces termes ? Les relient-ils et comment ?

Termes communs à deux discours

En plus des quinze termes précités, nous avons pu identifier des termes communs à deux discours seulement.

- Termes communs aux discours I et II : *acide – équilibre statique*.

La valeur des fréquences relatives des deux termes est proche dans les deux cas. Ceux-ci pourraient faire partie d'une même stratégie. L'analyse sémantique pourra nous aider à confirmer ou infirmer cette affirmation.

- Termes communs aux discours I et III :

agitation – catalyseur – coefficient – concentration à l'équilibre – constante – constante d'équilibre – crochet – Delta H – désordre – enthalpie – **Guldberg et Waage** – ion – **Le Chatelier** – mélange – pression – quantité – **réaction endothermique** – rendement – réversibilité – système – vitesse.

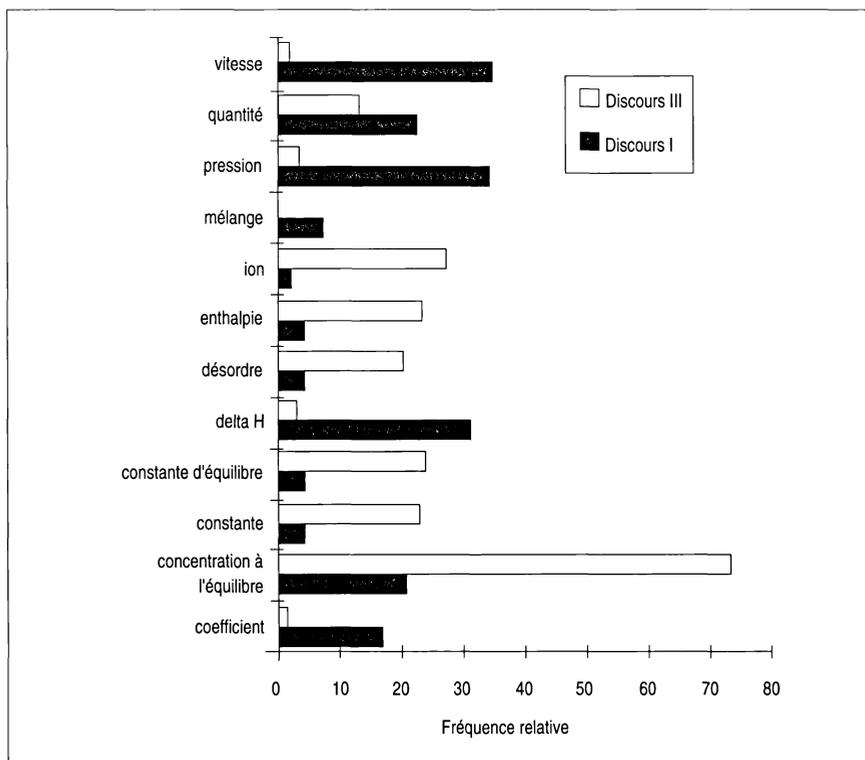
Vingt et un termes sont communs aux deux discours. Seuls neuf termes (en gras) présentent une fréquence relative similaire.

L'histogramme 2 présente la liste des termes communs aux discours I et III présentant une fréquence relative différente ; les termes en gras ci-dessus n'apparaîtront donc pas.

Parmi ces douze termes, nous pouvons distinguer deux catégories :

1) les termes dont la valeur de la fréquence relative est approximativement deux fois plus grande dans le premier discours (50 %) : *coefficient – delta H – mélange – pression – quantité – vitesse*. L'enseignant privilégie l'emploi de termes considérés comme prérequis au concept développé ;

2) les termes dont la valeur de la fréquence relative est au moins deux fois plus grande dans le second discours (50 %) : *concentration à l'équilibre – constante – constante d'équilibre – désordre – enthalpie – ion*. L'enseignant privilégie l'emploi de termes nouveaux, que l'élève doit encore appréhender pour comprendre le concept développé.



Histogramme 2 : Termes communs aux discours I et III présentant une fréquence relative différente

- Termes communs aux discours II et III : *réaction complète* – *réaction incomplète*.

Dans le cas du terme *réaction complète*, la valeur de la fréquence relative est dix fois moins importante dans le troisième discours. Le terme *réaction incomplète* est utilisé avec une fréquence deux fois plus élevée dans le deuxième discours. Chaque enseignant privilégie, dans son discours oral, l'emploi d'un des deux termes, toujours dans le but de l'opposer au terme *équilibre chimique*.

Si l'on considère les points de vue qualitatif (choix des termes) et quantitatif (occurrence des termes), nous pouvons dire que les discours I et III sont les plus proches.

Après avoir mis en évidence des similitudes terminologiques entre les trois discours, il nous a semblé intéressant de mettre en évidence la spécificité de chacun d'eux. Celle-ci est-elle liée à l'enseignant, à l'option dans laquelle il enseigne et/ou aux groupes d'élèves ?

Spécificité de chacun des corpus

Pour donner une idée de la spécificité de chaque discours, nous avons recherché, dans la liste des termes utilisés par les enseignants (cf. annexe 1), ceux qui étaient propres à chaque discours : les discours I, II, III présentent respectivement 43 %, 37 % et 33 % de termes spécifiques.

Apports didactiques d'une telle analyse

D'un point de vue didactique, nous pouvons nous questionner à propos :

– des fonctions attribuées à tel ou tel terme, de sa pertinence (peut-il prêter à confusion, peut-il induire des «*misconceptions*»...), du statut de chacun d'entre eux (y a-t-il des équivalences conceptuelles ?),

– de la reformulation des termes : ont-ils été reformulés et quelles procédures l'enseignant déploie-t-il ?

Dans ce qui suit, nous tentons de répondre à ces questions pour certains termes seulement.

Nous constatons que le terme *désordre* est utilisé en lieu et place du terme *entropie* dans le troisième corpus. Dans le premier corpus, l'enseignant utilise les deux termes comme synonymes ou équivalents. Or, «*du point de vue moléculaire, l'entropie d'une substance est une mesure quantitative de la quantité de désordre qui caractérise cette substance*» (McQuarrie & Rock, 1992).

Une étude menée par De Pondt et son équipe (1987), sur les difficultés des élèves à s'approprier les concepts appartenant à la thermodynamique, s'est focalisée sur le terme *entropie*. Ils constatent que ce dernier est régulièrement remplacé par le terme *désordre*. Une des explications est que le terme *entropie*, contrairement au terme *désordre*, n'est pas utilisé dans le langage courant. De plus, l'entropie, pour être définie, nécessite des explications théoriques peu parlantes pour les élèves de l'enseignement secondaire. Selon les auteurs, il est donc indispensable de lui trouver un synonyme dans la langue courante, aussi le terme *désordre* est-il plus utilisé. Cependant, comme il a déjà été précisé au début de ce rapport, l'équivalence peut être aussi source de confusions (Zapata, 1992).

En ce qui concerne le terme *équation*, il peut induire une «*misconception*» ; en effet, il se réfère à l'équivalence mathématique. Or, dans le cadre de la chimie, l'équivalence n'est valable que quand il s'agit de poids, l'unité conventionnelle étant la mole. La même confusion a été relevée par J. Carretto et R. Viovy (1994).

Le concept de vitesse est absent du second corpus ; cela peut nous surprendre. En effet, sans vitesse comment est-il possible d'explicitier la

constance dans la proportion des réactifs et des produits ? On constate que le concept a été reformulé par : «*deux réactions qui se font concurrence*», «*l'iodure d'hydrogène se construit et se détruit au même rythme*».

Le terme *réversibilité* peut prêter à confusion car il fait, entre autre, référence aux processus thermodynamiques, réversibles et irréversibles, ne faisant pas appel à un équilibre chimique (exemple : cycle de Carnot). Le même point de vue a été développé par R. Barlet et D. Plouin dans un numéro de la revue *Aster* consacré à la réaction chimique (Barlet & Plouin, 1994). Parler de réactions inversibles (Arnaud, 1988) ou de réactions équilibrées (Angenault, 1991), en les définissant, éviterait des confusions pour l'apprenant.

On rencontre, au sein de nos corpus le terme *réaction inversable* ; il nous semble inopportun car sa définition dans le langage courant (définition du *Petit Robert* : «*qui ne peut se renverser*») est fort différente de celle du chimiste.

À l'aide de ce type d'analyse, il est également envisageable de mettre en évidence les stratégies cognitives déployées par l'enseignant pour aborder tel ou tel terme.

L'approche par le lexique nous a permis de poser un regard sur nos trois corpus. La description que nous avons pu en faire s'est limitée à analyser les termes répertoriés et leur fréquence en comparant les trois discours. Des pistes de réflexion didactiques ont également été lancées.

Dans une deuxième approche, nous espérons pouvoir mettre en évidence des relations privilégiées entre et autour de chacun des termes. Identifierons-nous des environnements lexicaux proches, communs à deux ou trois discours ?

3.2. Approche par le «réseau relationnel terminologique»

L'objectif de la construction de ces réseaux était de repérer les liaisons que chaque enseignant établissait entre les termes. Les réseaux relationnels terminologiques de chaque discours sont présentés en annexe 2 (cartes I, II, III).

Étant donné la diversité des profils des réseaux relationnels terminologiques de chaque enseignant, nous faisons l'hypothèse que le réseau de relations entre termes constitue le reflet d'une structuration du discours.

Dans les trois corpus, près de 80 % des termes ont été reliés au moins une fois à un autre terme.

Relation entre deux termes ou «dyade»

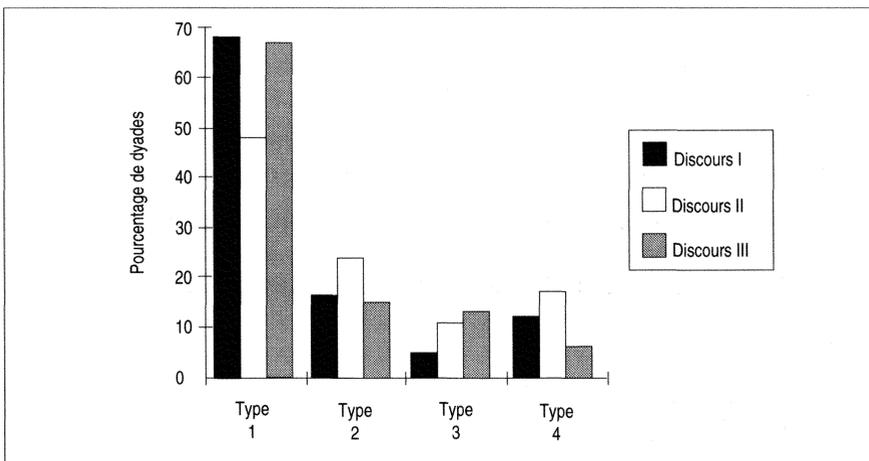
Nous appelons dyade, une structure dans laquelle deux termes sont reliés entre eux à une ou plusieurs reprises.

En lisant les cartes présentées en annexe, nous avons retenu quatre types de dyades :

- type 1 : dyade dont les termes ont été reliés entre eux à une seule reprise,
- type 2 : dyade dont les termes ont été reliés entre eux à deux reprises,
- type 3 : dyade dont les termes ont été reliés entre eux à trois reprises,
- type 4 : dyade dont les termes ont été reliés entre eux à quatre reprises.

L'histogramme 3 présente la proportion de chaque type de dyade repérée au sein du réseau relationnel terminologique construit au départ de chaque discours.

La proportion de chaque type de dyade correspond au nombre de dyades occupées par un ou plusieurs liens sur le nombre total de dyades (tous types confondus) réalisées explicitement par l'enseignant.



Histogramme 3 : **Proportion de chaque type de dyade**

Les trois discours privilégient le premier type de dyade. Le second discours présente une valeur minimale de cette première catégorie et une valeur maximale pour les dyades du type deux et quatre. Les discours I et III présentent la même proportion de dyades des deux premiers types. Les discours II et III ont un pourcentage semblable du troisième type de dyade.

De manière générale, le premier et le dernier enseignants évitent d'associer, à plusieurs reprises, les mêmes termes entre eux. Comme dans l'analyse portant sur les termes spécifiques et communs, le discours II se différencie des deux autres. En effet, on constate qu'il privilégie les répétitions. Énoncer fréquemment, durant une heure de cours, les mêmes associations terminologiques permet à l'élève d'entendre plusieurs fois la même chose. Cette fréquence d'énonciation pourrait correspondre à une stratégie pédagogique propre à l'enseignant.

On constate, en lisant les cartes I, II et III, que la mise en relation de deux termes plutôt que de deux autres est typique de chaque discours. Ce fait pourrait être relié directement avec la situation vécue par l'enseignant en interaction avec ses élèves. On peut aisément envisager que le groupe-classe ait encouragé l'enseignant à insister sur telle ou telle dyade par le biais de questions, d'interventions multiples.

Il est également probable que l'enseignant insiste sur telle ou telle dyade en raison de l'importance qu'il lui accorde. Ce sont des associations clés pour l'apprentissage du concept d'équilibre chimique.

Relation entre trois termes ou «triade»

Nous appelons triade, une structure dans laquelle trois termes sont reliés entre eux à une ou plusieurs reprises. On trouve, par exemple, la triade suivante dans le discours I : *système - équilibre - température*.

Le tableau 3 présente la proportion de triades mises en évidence après construction du réseau relationnel terminologique de chaque enseignant.

La proportion de chaque triade correspond au nombre de structures triadiques par rapport au nombre de structures dyadiques (tous types confondus). Les structures dyadiques dont il est question peuvent mettre en jeu les mêmes termes.

	Discours I	Discours II	Discours III
Pourcentage des triades	26,7 %	43,5 %	20,3 %

Tableau 3 : **Proportion des structures triadiques**

Le discours II se distingue par une proportion de structures triadiques de loin supérieure à celle des deux autres discours. Pourrait-il s'agir d'une structuration sémantique plus complexe, d'une stratégie pédagogique propre à l'enseignant ? Ceci pourrait être à rapprocher de la densité des structures dyadiques.

Le tableau 4 présente la densité des liens utilisés pour construire les triades mises en évidence au sein de chaque réseau relationnel terminologique.

La densité des triades a été calculée à partir du nombre de liens utilisés pour construire ces structures triadiques par rapport au nombre total de liens énoncés par l'enseignant.

	Discours I	Discours II	Discours III
Densité des liens triadiques	70,9 %	79,3 %	39,3 %

Tableau 4 : **Densité des liens triadiques**

La densité des liens triadiques du troisième corpus est de loin inférieure à celle des deux autres discours. Seules deux triades *système - état d'équilibre - équilibre* et *équilibre - système - constante d'équilibre* ont été identifiées à deux reprises.

Les deux autres discours présentent une densité de liens triadiques quasi similaires.

Nous identifions, tout comme dans le cas des dyades, quatre types de triades :

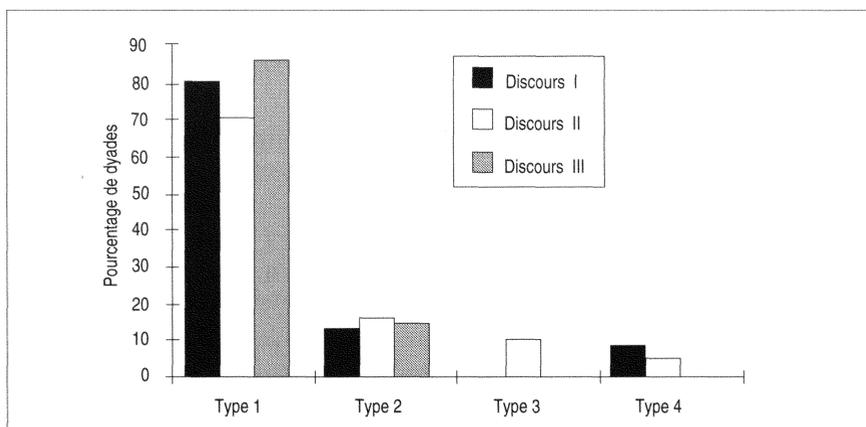
- type 1 : triade dont les termes ont été reliés entre eux à une seule reprise,
- type 2 : triade dont les termes ont été reliés entre eux à deux reprises,
- type 3 : triade dont les termes ont été reliés entre eux à trois reprises,
- type 4 : triade dont les termes ont été reliés entre eux à plus de trois reprises.

La proportion de chaque type de triade dans les trois discours est présentée dans l'histogramme 4.

Les trois discours privilégient le premier type de triade. Chaque enseignant évite donc de répéter simplement les mêmes associations terminologiques.

Les trois corpus présentent une proportion assez proche du second type de triade.

Contrairement aux deux autres discours, les quatre types de triades peuvent être repérés dans le second corpus. Il s'agit, comme les données du tableau 4 le montrent, d'une complexité relationnelle lexicale plus intense. Effectivement, le premier corpus ne présente aucune triade de type 3, et le dernier corpus aucune triade de type 3 et 4.



Histogramme 4 : **Proportion de chaque type de triade**

4. PERSPECTIVES

Les outils décrits dans cette recherche exploratoire ont permis de mettre en évidence des similitudes et des différences entre les discours analysés. Ayant posé un regard critique sur notre travail, des axes de recherche se profilent. Il nous apparaît actuellement indispensable :

– de tenir compte dans les structures triadiques, de la chronologie de l'apparition des liens entre termes. Par exemple, dans la triade *système - équilibre - concentration* (cf. annexe 2, carte 1), le terme *concentration* apparaît peut-être quarante minutes après l'énonciation des deux autres termes... ou peut-être après deux minutes. Il s'agira donc d'identifier les triades qui apparaissent dans un contexte de deux lignes et de tenter de leur attribuer une fonction dans la communication.

En ce qui concerne les triades repérées après construction du réseau, elles ont eu le mérite de préciser la structuration plus ou moins complexe de chaque discours oral des trois enseignants. Même si ces triades n'ont pas été prononcées au même moment, les liens ont été effectués, même indirectement, et l'élève peut les avoir repérés ;

– d'établir une typologie des liens entre les termes. Les liens expriment-ils des relations de cause(s) à effet(s) ou sont-ils de simples appositions... ? Pourra-t-on identifier une spécificité par enseignant, par option ?

– de tenir compte des interventions orales des élèves. Celles-ci sont susceptibles de modifier la structure conceptuelle d'une leçon telle qu'elle a été prévue dans la préparation de l'enseignant. Dans cette perspective,

nous pourrions confronter des cartes conceptuelles hiérarchisées, construites préalablement au cours par l'enseignant, avec des réseaux terminologiques intégrant les interventions des élèves pendant la leçon.

Dans une autre perspective, l'outil d'analyse du discours oral pourra être exploité en formation initiale d'enseignants. Nous constatons, dans le cadre de leçons publiques présentées par le futur enseignant, que celui-ci n'a pas toujours conscience de ce qu'il dit en classe. En appliquant l'outil, ne fût-ce qu'à une seule reprise, il pourra se questionner lui-même à propos de son discours oral, se rendre compte de la quantité de termes qu'il a énoncés, de la proportion de nouveaux termes qu'il a introduits. Il pourra également vérifier s'il a tout défini, s'il a reformulé régulièrement tel ou tel terme. De plus, il aura la possibilité de mettre en évidence la ou les stratégies cognitives qu'il a effectivement déployées durant l'heure de cours. Nous espérons que, de la sorte, le jeune enseignant sera mieux équipé pour aborder sa carrière.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGENAULT J. (1991). *La chimie, dictionnaire encyclopédique*. Paris, Dunod.
- ARNAUD P. (1988). *Cours de chimie physique*. Paris, Dunod.
- BARLET R. & PLOUIN D. (1994). L'équation-bilan en chimie au concept intégrateur source de difficultés persistantes. *Aster*, n° 18, pp. 11-26.
- CARRETO J. & VIOVY R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. *Aster*, n°18, pp. 27-56.
- CULLEN J.F. (1989). Computer simulation of Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, vol. 66, n° 12, pp. 1023-1024.
- DE BUEGER-VANDER BORGHT C. & MABILLE A. (1989). The evolution in the meanings given by Belgian secondary schools pupils to biological and chemical terms. *International Journal of Science Education*, vol. 11, n° 3, pp. 347-362.
- DE PONDTP. (1987). Du désordre dans les concepts : la reformulation de la thermodynamique statistique par les étudiants. *Études de Linguistique Appliquée*, n° 68, pp. 40-57.
- DEVELAY M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris, ESF.
- ÉVRARD N. (1992). *Analyse conceptuelle et représentation spatiale du programme de l'enseignement secondaire supérieur de la chimie*. Document inédit, Louvain-la-Neuve.
- FRANCARD M. & PERONNET L. (1989). La transcription de corpus oraux dans une perspective comparative. La démarche du projet plural. In *Actes du colloque «La description des langues naturelles en vue d'applications informatiques»*. Québec, Université Laval, CIRB, Relais, pp. 295-307.
- HACKLING V. & GARNET J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, vol. 7, pp. 422-441.
- HUYNEN A-M. & DELRUE N. (1987). *Chimie 5^e, 1 période/semaine*. Bruxelles, Labor.
- JACOBI D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne, Peter Lang.
- KOCOUREK R. (1982). *La langue française de la technique et de la science*. Wiesbaden, Brandletter verlag, La Documentation Française.

- McQUARRIE D.A. & ROCK P.A. (1992). *Chimie Générale*. Bruxelles, De Boeck Université.
- REBOUL O. (1984). *Le langage de l'éducation*. Paris, PUF.
- RICHARD J-F. (1990). *Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris, Armand Colin.
- RUMELHARD G. (1983). La notion d'équilibre, concept ou métaphore ? *Bulletin de l'Association des Professeurs de Biologie et de Géologie*, n° 3, pp. 541-549.
- ZAPATA A. (1992). Apprendre le langage technique à l'école. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Eds), *Actes des IX^e Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et techniques*. Paris, Université Paris 7, UF de Didactique des disciplines, pp. 319-324.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des termes pages 29-30

Annexe 2 : Réseaux relationnels terminologiques

- **Carte I, Discours I** : pages 30-31
- **Carte 11, Discours II** : pages 32-33
- **Carte III, Discours III** : pages 34-35

Annexe 1 – Liste des termes

Termes Discours I	fre abs	fre rel	Termes Discours II	fre abs	fre rel	Termes Discours III	fre abs	fre rel
acide	62	46	acide	17	56	agitation	2	1
agitation	3	2	alcool	8	26	catalyseur	5	3
base	22	16	concentration	1	3	coefficient	2	1
catalyseur	5	4	double flèche	3	10	collision	1	0
chaleur	2	1	eau	4	13	coloration	10	6
coefficient	23	17	équation chimique	1	3	concentration	81	47
concentration	115	86	équilibre	9	30	concentration à l'équilibre	126	73
concentration à l'équilibre	28	21	équilibre dynamique	2	7	concentration molaire	2	1
constante d'équilibre	6	4	équilibre statique	1	3	constante	40	23
constante	6	4	ester	33	110	constante d'équilibre	42	24
constante des conc	72	54	état d'équilibre	5	16	critère énergétique	10	6
crochet	2	1	liaison chimique	1	3	critère entropique	11	6
delta G (dG)	39	29	mole	27	90	crochet	3	2
delta H (dH)	42	31	molécule	15	50	delta H	5	3
delta s (dS)	10	7	produit	49	163	dépôt	19	11
désordre	6	4	réactif	35	117	désordre	35	20
double flèche	3	2	réaction chimique	2	7	double flèche	3	2
électrolyse	1	1	réaction complète	16	53	enthalpie	40	23
énergie calorifique	2	1	réaction d'estérification	8	6	équation chimique	6	3
énergie de liaison	6	4	réaction directe	4	13	équilibre	137	80
énergie libre (G)	26	19	réaction exothermique	1	3	équilibre dynamique	1	0
énergie lumineuse	2	1	réaction incomplète	8	26	état d'équilibre	42	24
enthalpie	5	4	réaction inversible	33	110	Guidberg et Waage	5	3
entropie	5	4	réaction inverse	5	16	ion	46	27
équation	35	26	réaction limitée	2	7	Le Chatelier	6	3
équilibre	47	35	réaction partielle	1	3	liaison ionique	39	23
équilibre dynamique	7	5	température	1	3	mélange	1	0
équilibre statique	5	4	temps	8	6	mole	161	94
état d'équilibre	3	2	transformation incomplète	1	3	molécule	81	47
état final	4	3	transformation complète	2	7	pression	5	3
état initial	5	4				produit	357	208
état intermédiaire	2	1				quantité	23	13
état stable (le plus)	5	4				reactif	47	27
facteur désordre	5	4				réaction acide base	1	0
facteur entropique	1	1				réaction chimique	38	22

Annexe 1 – Liste des termes (suite)

Termes Discours I	fre abs	fre rel	Termes Discours II	fre abs	fre rel	Termes Discours III	fre abs	fre rel
gaz	36	28					8	5
Guldberg et Waage	2	1				réaction complète	1	0
ion	3	2				réaction de complexation	1	0
Le Chatelier	3	2				réaction de précipitation	11	6
mélange	10	7				réaction endothermique	18	10
mole	25	19				réaction exothermique	20	12
molécule	28	21				réaction incomplète	5	3
phénomène athermique	4	3				réaction inverse	1	0
phénomène endothermique	2	1				réaction rédox	60	35
phénomène exothermique	2	1				rendement	1	0
(phénomène) isothermique	1	1				réversibilité	5	3
pression	45	34				saturation	2	1
produit	26	19				solvation	9	5
quantité	29	22				sursaturation	102	59
réactif	9	7				système	1	0
réaction chimique	74	55				système isolé	9	5
réaction endothermique	5	4				température	10	6
réaction exothermique	5	4				temps	16	9
réaction inverse	1	1				variation d'enthalpie	4	2
réaction opposée	1	1				vitesse		
réaction réversible	2	1						
réaction spontanée	4	3						
rendement	66	49						
réversibilité	2	1						
système	81	60						
température	89	66						
temps	75	56						
temps d'équilibre	9	67						
travail	3	2						
variation de volume	17	13						
vitesse	46	34						
vitesse directe	1	1						
vitesse inverse	7	5						
volume	15	11						
Total	1340			300			1717	

