

Reacció química i transformació química: dos termes per a destacar el paper dels models en l'ensenyament de la química a França

Chemical reaction and chemical transformation: two terms to highlight the role of models in the teaching of chemistry in France

Isabelle Kermen / Université d'Artois, Laboratoire de didactique André Revuz, Lens, France



resum

A França, des de fa vint anys, els programes de química de batxillerat han introduït un model macroscòpic per a predir l'evolució dels sistemes químics. Aquest model macroscòpic, la *reacció química*, es distingeix de la descripció química de les modificacions del sistema, la *transformació química*. Aquest article presenta una anàlisi epistemològica i didàctica d'aquest programa així com una visió de la seva comprensió per part dels estudiants i els docents.

paraules clau

Transformació química, reacció química, equació química, model.

abstract

In the French chemistry syllabus of higher secondary school, 20 years ago, a macroscopic model was introduced to foresee the evolution of chemical systems. This macroscopic model, the *chemical reaction*, is distinct from the chemical description of the system modifications, the *chemical change*. This paper presents an epistemological and didactic analysis of this syllabus and an overview of how students and teachers understand it.

keywords

Chemical change, chemical reaction, chemical equation, model.

Les grans línies del programa de batxillerat posades en marxa els anys 2000-2002

A França, els autors del programa de química del liceu que es va començar a aplicar en la classe de segon¹ el setembre de 2000 han renovat l'enfocament del concepte de *reacció química*. En la introducció del programa escriuen que «el

¹ L'ensenyament secundari a França es divideix entre el collège (classes de sisè, cinquè, quart i tercer) que corresponen a l'últim cicle de l'ensenyament obligatori (15-12 anys) i el lycée (classes de segon, primer i terminal, 16-18 anys).

concepte de "reacció química" com a model de la transformació química d'un sistema descansa sobre una anàlisi» en la qual la modelització és considerada com un «treball d'elaboració d'una representació abstracta simplificada d'un fenomen» (Ministeri, 1999: 8). A continuació precisaven que «el docent ha de fer la distinció entre la transformació soferta pel sistema i la reacció química que modela aquesta transformació» (Ministère, 1999: 15). Aquesta renovació era un pas previ a un

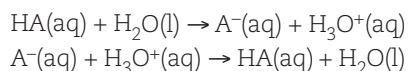
altre canvi a classe de terminal, la introducció del criteri d'evolució (comparació del *quocient de reacció* amb la *constant d'equilibri*) per a abordar l'evolució cap a l'*equilibri químic* des d'un punt de vista doble, macroscòpic i microscòpic.

Per a la classe de segon, els autors del programa precisen la idea de *transformació química* associant-hi una representació esquemàtica on figuren les descripcions de l'estat inicial i de l'estat final del sistema químic estudiat, puntualitzant les

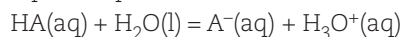
espècies químiques presents (Davous et al., 1999: 11). Essent el sistema químic una part del món macroscòpic, quan un dels paràmetres que descriu el sistema varia, el sistema sofreix una «transformació», un concepte macroscòpic sorgit de la termodinàmica. La descripció de l'estat inicial i de l'estat final del sistema és imprescindible per a caracteritzar la transformació observada. Se'n diu *química* si la naturalesa de les substàncies que constitueixen el sistema canvia. Les *transformacions químiques* estudiades es diuen *totals* si hi ha desaparició d'almenys una de les espècies químiques presents inicialment. La *reacció química* que modelitza una transformació química total és un model macroscòpic que fa intervenir les espècies reactives i les espècies produïdes i que es representa simbòlicament mitjançant l'escriptura d'una *equació química*.

En el programa aplicat l'any 2002 a la classe de terminal S (científic), el camp experimental de les transformacions químiques estudiades es va ampliar a les *transformacions no totals*. En l'estat final del sistema, els reactius (les substàncies la quantitat de les quals disminueix en el transcurs de l'evolució del sistema) són encara presents, i l'estat final del sistema s'anomena *estat d'equilibri químic*. Aquestes transformacions obliguen a replantejar els coneixements construïts pels alumnes en els cursos anteriors (els quatre cursos del *collège* i el segon i el primer del *lycée*). Es tracta de concebre que hi ha transformacions químiques que poden no ser totals i que són possibles en el sentit contrari del sentit «habitual» de l'equació química (Van Driel et al., 1998).

Una transformació química és llavors interpretada per dues *reaccions químiques inverses*, per exemple, les reaccions àcid-base:



se simbolitzen per una única equació química:



a la qual s'associa una magnitud que només depèn de la temperatura, la *constant d'equilibri K*. Els autors del programa introdueixen un criteri que permet preveure i explicar el sentit d'evolució d'un sistema químic referit a una equació de reacció donada. Aquest criteri consisteix a comparar el valor d'una magnitud en l'estat considerat, el *quocient de reacció, Q*, definit a partir de l'equació de la reacció escrita, a la constant d'equilibri associada a l'equació de la reacció. La comparació permet justificar o preveure el sentit d'evolució del sistema. Aquest criteri d'evolució és una novetat que permet també abordar situacions experimentals en què estan presents inicialment totes les espècies químiques que intervenen en una transformació química, és a dir, els reactius i els productes. Aquest criteri d'evolució només correspon a la visió macroscòpica dels fenòmens estudiats; per desenvolupar una mirada microscòpica, es proposa un model cinètic. Els diferents conceptes que acaben de ser descrits estan resumits en l'esquema 1.

Diferents dominis de coneixement

Descripció de la situació experimental

La utilització del concepte de *transformació química* és una primera etapa en la construcció dels coneixements; es tracta de fixar-se en detall en la descripció dels canvis en les substàncies. Quan els alumnes són confrontats a experiències de canvi químic, la primera descripció que se'ls demana correspon a les observacions, a allò que es percep, i ho fan en termes d'objectes i d'esdeveni-

ments. Una descripció més elaborada, química, identifica les espècies químiques i solament permet dir, comparant la composició qualitativa de l'estat inicial i de l'estat final, si hi ha hagut transformació química o no.

Per exemple, inicialment hi ha un sòlid rosat-vermell i un líquid incolor i, quan ja no es percep cap més canvi, el líquid s'ha tornat blau i hi ha aparegut un sòlid gris-blanc en forma de petites agulles. Aquesta descripció s'ha fet a partir de la realitat percebuda. En aquest exemple, en la descripció química de l'estat inicial del sistema s'esmenten les espècies químiques constitutives de la solució de nitrat de plata i del coure sòlid. En la descripció de l'estat final s'hi afegeixen la plata i els ions coure(II), però manca una de les espècies inicialment presents (fig. 1). Aquesta segona descripció dels estats inicial i final constitueix un cens de les espècies químiques en una realitat idealitzada,² que l'observador construeix amb coneixements concisos (nom, estat físic) de les espècies químiques. La fig. 1 mostra un esquema de dues transformacions químiques per a sistemes que tenen una composició qualitativa inicial idèntica, però una composició final diferent, perquè el reactiu limitant és diferent.

Si considerem transformacions químiques totals que posen en joc sempre les mateixes espècies químiques en l'estat inicial, però en quantitats diferents, l'estat final es caracteritza per l'absència d'una de les espècies inicials, no necessàriament sempre la mateixa (encara que es tracta d'un dels reactius). S'obté llavors una infinitat de transformacions químiques similars, és a dir, una

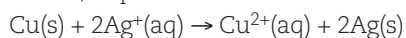
² La noció de substància química és una construcció específica que necessita un aprenentatge, tal com ho indiquen les dificultats que experimenten els alumnes debutants.

família de transformacions químiques.

Model d'una família de transformacions químiques

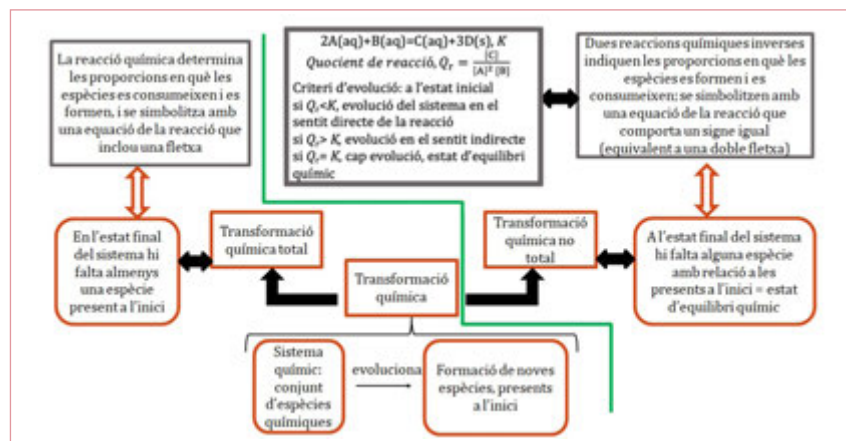
Les transformacions químiques d'una família tenen una característica comuna: totes donen lloc a l'exhauriment de les mateixes espècies químiques, sempre en les mateixes proporcions, que històricament van ser proporcions en massa, i a la formació d'altres espècies químiques, sempre les mateixes i en una proporció invariable.

La *reacció química* és el model (construcció teòrica) que expressa això i permet interpretar o preveure totes les transformacions químiques d'aquesta família. Per a aquelles que posen en joc una solució de nitrat de plata i de coure, aquest model diu que els ions plata reaccionen amb el coure i que es formen ions coure(II) i plata. També precisa que la quantitat de substància de coure consumida és sempre dues vegades més petita que la quantitat de matèria d'ions plata que ha desaparegut, que la quantitat de plata formada és igual a la d'ions plata desapareguts, que la quantitat d'ions coure formada és igual a la meitat de la de plata i igual a la de coure consumit. La representació simbòlica d'aquest model, l'*equació de la reacció*:



és més curta d'escriure que la precedent.

Aquest enfocament permet posar en evidència el paper unificador del model (la *reacció química*) i la seva diferència amb cada *transformació química*. El model és un balanç qualitatiu exhaustiu de la realitat idealitzada (vegeu fig. 2). La *reacció química* no té en compte determinades espècies químiques (en aquest cas, l'aigua i els ions nitrat) ni tampoc els paràmetres temperatura i pressió. Només proporciona informació de quins reactius es consumeixen



Esquema 1. Principals conceptes que són presents en el programa de segon (part esquerra) i de terminal (part dreta).

i quins productes es formen. No es tenen en compte les quantitats de substància (o les masses) de les espècies químiques que caracteritzen la composició d'un sistema. Les quantitats de substància (o les masses) de les espècies químiques presents que serveixen per a caracteritzar la composició d'un sistema no són tingudes en compte en la reacció, però permeten precisar quantitativament la transformació química del sistema considerat.

Laugier i Dumon (2000) han informat de l'estranyesa dels alumnes de segon quan s'adonen que a partir d'una composició qualitativa inicial idèntica obtenen resultats experimentals diferents, que tanmateix s'interpreten per la mateixa reacció química. Aquesta diferència és una palanca a utilitzar amb els alumnes per a convèncer-los que transformació i reacció no són objectes conceptuals de la mateixa naturalesa. La *reacció química* conceptualitzada com el *model macroscòpic* d'una família de transformacions químiques permet preveure la formació de productes i les quantitats de substància o les masses que hauran reaccionat o s'hauran format al final de l'evolució del sistema químic estudiat; es pot qualificar de model comptable de la transformació química descrit.

Interpretació microscòpica d'una transformació química

En tractar-se d'un model macroscòpic, la *reacció química* no ens diu res sobre com es formen o es consumeixen les diferents substàncies. Diversos estudis han demostrat que si el concepte de substància no s'ha construït, el de transformació química no es construeix correctament (Johnson, 2000; 2002; Solomonidou & Stavridou, 2000), i que una caracterització macroscòpica de les substàncies (per exemple, a través de la temperatura de canvi d'estat físic, el color...) no és suficient perquè els alumnes reconeguin un canvi de substància, mentre que això esdevé possible mitjançant un model de partícules (corpúscular) (Johnson, 2000; 2002). Un *model de partícules* permet definir una determinada substància com a formada per un nombre gegantí de molècules, d'àtoms o d'anions i cations (un conjunt considerable d'entitats idèntiques)³ en moviment continu més o menys intens segons l'estat físic de la substància. Un model microscòpic elemental d'una *transformació química* considera les entitats

³ El cas dels sòlids iònics sempre és delicat perquè comprenen dos tipus d'entitats, anions i cations, en proporció invariable per tal que es respecti la neutralitat elèctrica. En aquest cas, el conjunt mínim neutre d'anions i cations és el que constitueix les entitats idèntiques, la repetició de les quals esdevé la substància a escala macroscòpica.

en moviment perpetu, subjectes a múltiples xocs. Quan aquests xocs són efectius, aquestes entitats es dissocien o s'associen i es reordenen en noves entitats.

L'actual programa de la secundària obligatòria a França proposa interpretar les transformacions químiques «com una redistribució d'àtoms». Això implica utilitzar un model microscòpic de la matèria (fig. 3) per a interpretar el model macroscòpic i la situació experimental en la realitat idealitzada. No obstant, la reacció química no es presenta clarament com un model macroscòpic, de manera que l'únic ús que se'n pot fer és verificar que la massa de les substàncies que han reaccionat és igual a la massa de substàncies formades. En absència dels conceptes de *quantitat de substància* i *massa molar* d'una substància, l'ús macroscòpic que es pot fer d'una reacció química resta limitat. Els llibres de text ometen l'estatus de model macroscòpic de la reacció química i en fan un ús que el transforma en un model microscòpic. Per exemple, per a la combustió de metà, es diu: «l'equació de la reacció es llegeix així: una molècula de metà reacciona amb dues molècules d'oxigen per donar una molècula de diòxid de carboni i dues molècules d'aigua» (Amauger & Le Besnerais, 2017: 110). La fig. 3 reuneix les característiques principals d'allò exposat anteriorment.

La transició de la realitat percebuda a la realitat idealitzada (que correspon a la fletxa corbada de la fig. 3) requereix d'un aprenentatge que té lloc a mitjà termini. Quan a segon curs es posa en contacte un tros de coure i una solució aquosa d'àcid nítric, alguns estudiants fan les següents descripcions del que passa: «l'àcid es torna blau», «el coure es torna líquid», «el coure es transforma en un gas vermellós» (Laugier & Dumon, 2003). Si es demana als estudiants de 15 anys que descriuïn el que veuen quan se'ls mostra un tros de coure escalfat a l'aire, la majoria diuen que «el coure s'ha tornat negre» (Treagust et al., 2000). Aquests exemples mostren que els estudiants no fan una descripció científicament vàlida, possiblement perquè no són conscients que una espècie química es reconeix per les seves propietats com ara el color. Les argumentacions revelen que aquests estudiants consideren que hi ha hagut un canvi de les propietats de la substància (el coure o l'àcid) sense un canvi de la seva identitat química (Ngai et al., 2014).

Implementació del programa a l'aula

La implementació d'aquest programa a la classe de terminal es va avaluar mitjançant qüestionaris passats als estudiants i entrevistes amb el professorat (Kermen, 2007) realitzades durant

els primers tres anys d'aplicació del programa. Les respostes dels estudiants mostren que no tots són conscients del caràcter predictiu de l'equació de reacció, ja que un terç prediuen un canvi quan només hi ha les substàncies A i C en un sistema susceptible de reaccionar segons l'equació $A + B = C + D$. A més, la redacció de les respostes a moltes preguntes mostra que molts no distingeixen entre reacció química i transformació química. La majoria del professorat entrevistat admet no distingir del tot entre ambdues (per a una visió general, vegeu Kermen, 2018). La implementació d'una doble mirada macroscòpica-microscòpica sembla poc eficaç en la mesura que cap coneixement relatiu al model microscòpic forma part dels que s'han avaluat en l'examen final, la qual cosa implica una manca d'ensenyament d'aquest model per part d'alguns professors (Kermen & Méheut, 2008).

Tot i això, una observació de classe feta al final de l'aplicació d'aquest programa (2011) mostra l'interès d'aquest model per a donar sentit als conceptes. El fragment proposat comença en una sessió de treball pràctic a la classe de terminal. El model àcid-base de Brønsted i les transformacions àcid-base no totals s'havien introduït algunes setmanes abans. La professora indica als estudiants que hauran de fer dues

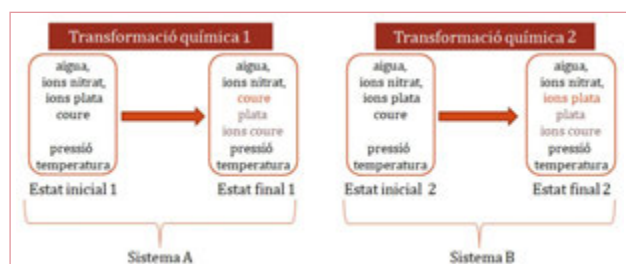


Figura 1. Esquemes de dues transformacions químiques que posen en joc les mateixes espècies inicialment, però que condueixen a un resultat final diferent, que cal construir a la classe. Sistema A (el coure està en excés). Sistema B (els ions plata estan en excés).

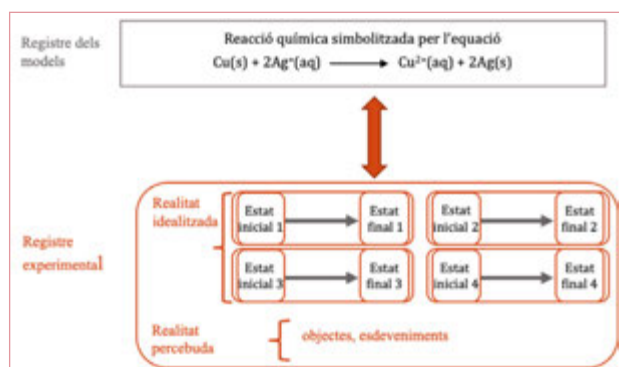


Figura 2. Esquema que categoritza els dominis de coneixement i que pot servir de referència al docent.

mescles a partir de quatre solucions contingudes en quatre recipients col·locats a la taula que tenen al davant. Cada solució conté un àcid o una base de la mateixa concentració; ella escriu a la pissarra les fórmules dels dos àcids i les seves bases conjugades. La professora assenjala la naturalesa inusual de les mescles previstes que «contindran finalment les quatre espècies de les quals s'està parlant». Abans de realitzar les mescles, la professora mana una tasca de reflexió individual als estudiants: «Proposeu-me una equació de la reacció al vostre full».

Tenint en compte la realitat percebuda (les solucions incolores) i la realitat idealitzada (àcid etanoic, CH_3COOH ; àcid metanoic, HCOOH ; ions etanoat, CH_3COO^- ; ions metanoat, HCOO^-), se suposa que els estudiants implementaran el model de Brönsted i proposaran una interacció entre un dels dos àcids i la base conjugada de l'altre. Han de deixar de banda la realitat percebuda, que no proporciona cap informació, i centrar-se en les espècies químiques de la realitat idealitzada per mobilitzar el model de Brönsted, tot recordant que un àcid és una espècie capaç de subministrar l'espècie ió hidrogen a una altra espècie capaç de captar-la, una base.

La professora espera dues equacions de reacció, una inversa de l'altra. Els estudiants cerquen en silenci; després la professora passa a veure el que fan i s'atura davant de la parella formada per la Chloé i la Lucile. La Chloé ha escrit « $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{HCOOH}(\text{aq}) \Rightarrow$ » i no sap com continuar, mentre que la Lucile ha escrit « $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{HCOO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{HCOOH}(\text{aq})$ ».

La professora manté una discussió amb la Lucile per fer-li entendre que no hauria d'haver posat una fletxa, reservada a reaccions que són transformacions

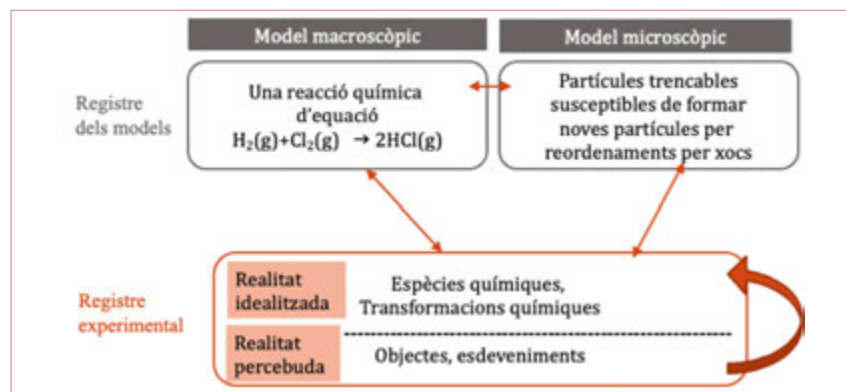


Figura 3. Articulació dels diferents dominis de coneixement: model macroscòpic, model microscòpic i registre experimental.

totals. Aquí hi són presents totes les espècies, de manera que les entitats de les espècies escrites a la dreta de la fletxa també xoquen i formen les entitats de les espècies escrites a l'esquerra. Després d'aquest recordatori dels xocs constants de les entitats, la Lucile substitueix la fletxa per un signe igual (que representa dues fletxes oposades). El recurs al model microscòpic dinàmic li permet adonar-se que, de fet, també ha de tenir en compte la naturalesa reactiva de les espècies escrites a la dreta de l'equació, i que calen dues reaccions per a interpretar-ho. La Chloé, que ha estat present en la discussió sense dir res, es pregunta llavors: «bé, no entenc que si mesclem totes les espècies, totes són reactius?». La Lucile li respon que això no és possible i la professora deixa que la Chloé reflexioni sobre allò que s'acaba de dir.

Fins aleshores, les situacions en què es trobaven els estudiants només incloïen les espècies escrites a l'esquerra de l'equació de la reacció. L'error de la Chloé representa una continuació del que havia estat fent fins ara, ha actuat com si totes les espècies presents inicialment tinguessin una funció de reactius. El costat esquerre de l'equació de la reacció sembla, doncs, que representa l'estat inicial del sistema (Gauchon & Méheut, 2007), la qual cosa indica una forma de confusió entre realitat idealitzada i model,

o una dificultat per a distingir aquests dominis de coneixement. Això pot haver estat accentuat per no haver anotat les espècies catióniques no reactives a la pissarra. La notació d'aquestes espècies podria haver servit com a pista del fet que calia descartar algunes de les espècies presents per tal de proposar una reacció, atès que els estudiants saben de la manca de reactivitat dels ions sodi en solució. En conseqüència, la Chloé no es pregunta què s'ha de fer per a determinar quina espècie pot reaccionar amb una altra i, per tant, com utilitzar el model de Brönsted. Per a ella, la descripció en la realitat idealitzada predomina sobre l'ús del model. L'ús del model cinètic microscòpic ha ajudat la Lucile a corregir la seva equació i, finalment, ha permès a la Chloé esbossar un canvi, ja que el seu dubte final manifesta una presa de consciència del seu error (la resta de la sessió ho confirma).

Situació actual

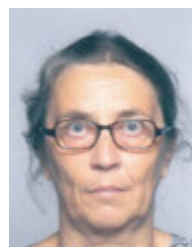
Després d'un programa de batxillerat (2010-2019) que ignorava la diferència entre allò que correspon al registre experimental i allò que correspon al model de transformacions de la matèria, el programa que va entrar en vigor el 2019 ha tornat a posar de manifest la distinció entre transformació química i reacció química, recomanant treballar la modelització que constitueix la transició de les

transformacions a la reacció, prestant una major atenció a la distinció entre el nivell macroscòpic i el nivell microscòpic. Aquesta modelització a partir de situacions experimentals requereix centrar-se en la caracterització de les transformacions químiques. Un estudi de recerca recent per a un treball de fi de màster (Bouard, 2020) mostra que alguns professors redueixen la identificació experimental de les espècies presents en el sistema a una lectura de la situació experimental descrita en les instruccions proporcionades als estudiants. A més, el paper predictiu o explicatiu de l'equació de la reacció és poc reconegut i treballat, perquè aquestes característiques dels models no s'han avaluat fins ara en els exàmens. Tot i destacar la manca de formació pel que fa a la distinció entre transformació química i reacció química, aquests professors diuen que pretenen l'eficàcia en la seva docència i que per això es limiten a ensenyar el que realment s'avalua.

Referències

- AMAUGER, F.; LE BESNERAIS, C. (2017). *Physique-chimie cycle 4*. Nathan.
- BOUARD, R. (2020). *Enseignement de la modélisation des transformations chimiques en classe de seconde* [mémoire de master de didactique des sciences]. Universitat de París. [Inèdit]
- DAVOUS, D.; FÉORE, M.-C.; FORT, L.; LÉVÊQUE, T.; MAUHOURAT, M.-B.; PERCHARD, J.-P.; JULLEN, L. (1999). «Le nouveau programme de la classe de seconde. Transformation chimique d'un système. Le modèle de la réaction chimique». *Bulletin de l'Union des Physiciens*, vol. 93, núm. 817, p. 1-35.
- GAUCHON, L.; MÉHEUT, M. (2007). «Learning about stoichiometry: from students' preconceptions to the concept of limiting reactant». *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 8, núm. 4, p. 362-375.
- JOHNSON, P. (2000). «Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change». *International Journal of Science Education*, vol. 22, núm. 7, p. 719-737.
- (2002). «Children's understanding of substances, part 2: Explaining chemical change». *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 10, p. 1037-1054.
- KERMEN, I. (2007). *Prévoir et expliquer l'évolution des systèmes chimiques* [thèse de didactique des disciplines option didactique des sciences physiques]. Université Paris Diderot.
- (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée. Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Presses Universitaires de Rennes.
- KERMEN, I.; MÉHEUT, M. (2008). «Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques: impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants». *Didaskalia*, núm. 32, p. 77-116.
- LAUGIER, A.; DUMON, A. (2000). «Travaux pratiques en chimie et représentation de la réaction chimique par l'équation-bilan dans les registres macroscopique et microscopique. Une étude de cas en classe de seconde (15-16 ans)». *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 1, núm. 1, p. 61-75.
- (2003). «Obstacles épistémologiques et didactiques à la construction du concept d'élément chimique: quelles convergences?». *Didaskalia*, núm. 22, p. 69-97.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1999). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, hors série n° 6, Paris.
- NGAI, C.; SEVIAN, H.; TALANQUER, V. (2014). «What is this Substance? What Makes it Different? Mapping Progression in Students' Assumptions about Chemical Identity». *International Journal of Science Education*, vol. 36, núm. 14, p. 2438-2461.
- SOLOMONIDOU, C.; STAVRIDOU, H. (2000). «From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence». *Science Education*, vol. 84, núm. 3, p. 382-400.
- TREAGUST, D.; NIESWANDT, M.; DUIT, R. (2000). «Sources of students difficulties in learning Chemistry». *Educación Química*, vol. 11, núm. 2, p. 228.
- VAN DRIEL, J. H.; DE VOS, W.; VERLOOP, N.; DEKKERS, H. (1998). «Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium». *International Journal of Science Education*, vol. 20, núm. 4, p. 379-392.

Nota: Article traduït del francès per Aureli Caamaño, Pere Grapí i Josep Corominas.



Isabelle Kermen

És professora de química a la Universitat d'Artois i investigadora al laboratori de didàctica André Revuz. Ha ensenyat física i química durant una desena d'anys al liceu abans d'ensenyar química a la universitat des de 1992. Els seus temes de recerca principals tracten de l'ensenyament i la comprensió dels models en la química de l'ensenyament secundari, de les pràctiques dels docents i de l'ensenyament experimental a la universitat. És coeditora en cap de la revista *Recherches en didactique des sciences et des technologies* (RDST).
A/e: isabelle.kermen@univ-artois.fr