

Análisis de clases de Física en la escuela secundaria a partir de registros de video

Andrée Tiberghien¹ - Loyal Malkoun²

¹ CNRS-University of Lyon, UMR ICAR, Francia. ² Lebanon University, Líbano.
andree.tiberghien@univ-lyon2.fr

Nuestra perspectiva en el análisis de clases de física tiene que ver con las relaciones entre la práctica de aula y la adquisición por parte de los alumnos del conocimiento impartido. El marco teórico es la teoría de acción conjunta (Sensevy y Mercier, 2007) en la cual se considera que el docente y los alumnos co-construyen conocimiento en clase. Ese conocimiento se analiza según tres características: su evolución durante la enseñanza, la persona (docente o estudiantes) que tiene la responsabilidad de introducir elementos de conocimiento de acuerdo con las situaciones, y el ambiente jugando un papel en las acciones del profesor y los alumnos. El análisis de la práctica de aula desde la perspectiva del conocimiento requiere diferentes escalas de tiempo y/o conocimiento. Las opciones son: macroscópica (nivel de la secuencia de enseñanza), mesoscópica (nivel del desarrollo de un tema) y microscópica, (nivel de unas pocas interacciones). Este tipo de análisis es presentado para el caso de una secuencia de enseñanza de mecánica desarrollada en tres clases en un grado 10 a partir, principalmente, de registros de video. Se muestra que esos datos se adaptan bien para un análisis en diferentes escalas. El análisis es relacionado con resultados de cuestionarios aplicados antes y después de la enseñanza de la secuencia, para evaluar la comprensión conceptual de los estudiantes.
Palabras clave: clases de Física, registros de video, análisis macroscópico, mesoscópico y microscópico.

Our perspective on the analysis of physics classes is about the relationships between the classroom practice and the students' acquisition of the taught knowledge. The theoretical framework is the theory of joint action (Sensevy y Mercier, 2007) in which is considered that the teacher and students co-construct the class knowledge. This knowledge is analyzed according to three perspectives: its evolution along the teaching process, the person (teacher or students) who is responsible for introducing the knowledge elements under the situations, and the environment playing a role in the actions of teacher and students. The analysis of classroom practices from the perspective of knowledge requires different knowledge and/or time scales. The options are: macroscopic (level of teaching sequence), mesoscopic (level of topic development) and microscopic (level of a few interactions). This kind of analysis will be presented for the case of a teaching sequence in mechanics developed in three classes at grade 10, mainly from video data. The analysis is related with the results of questionnaires applied before and after the teaching sequence, to evaluate the students' conceptual comprehension.

Keywords: Physics classroom practices, video data, macroscopic, mesoscopic and microscopic analysis.

Introducción

El objeto de nuestro estudio de investigación es caracterizar a las prácticas que se llevan a cabo en el salón de clase de ciencia con el objeto de compararlas y, en un paso posterior, relacionarlas a la adquisición de conocimiento de los alumnos. Muchos estudios de investigación acerca de innovaciones, en particular acerca del diseño de las secuencias de enseñanza, han demostrado que las modificaciones de la práctica que se realiza en el salón de clase en relación a varios componentes

como el contenido, la organización del salón de clase, las acciones del alumno, el rol del docente, los recursos, influyen en el aprendizaje del alumno. Sin embargo, al mismo tiempo, los resultados de los estudios realizados a partir de los videos grabaciones del Tercer Estudio Internacional de Matemática y Ciencia (TIMSS, por sus siglas en inglés) han demostrado que los alumnos de distintos países con distintas culturas y distintas prácticas de enseñanza pueden obtener similar éxito en los resultados de las evaluaciones. Una deter-

minada práctica de enseñanza no puede considerarse en sí misma efectiva.

En este ensayo presentamos nuestro enfoque sobre la base de un estudio de caso realizado en dos salones de clase de física de 10° grado en Francia, realizado en una secuencia de clases sobre mecánica de varias semanas de duración.

Marco Teórico

Nuestro enfoque consiste en considerar al salón de clase como un complejo sistema. En vez de analizarlo en términos de componentes como por ejemplo las acciones del docente o el número y el tipo de interacciones del alumno con el docente, consideramos al salón de clase como una “entidad” vista como una comunión de prácticas, en donde tienen lugar dos acciones conjuntas: *la enseñanza y el aprendizaje dentro de un proceso comunicativo* (Sensevy, 2007; Sensevy & Mercier, 2007). Estas acciones son diferentes pero se basan en la *comunicación* y están orientadas por el objetivo que les plantea la sociedad: que los alumnos adquieran el conocimiento que se les brinda. Al decir “conocimiento que se les brinda” nos referimos a los contenidos de los programas oficiales que los docentes deben enseñar para que los alumnos aprendan.

Para estudiar el salón de clase, hemos realizado dos elecciones principales. En primer lugar, hemos elegido concentrar nuestro estudio en el conocimiento relacionado a la vida del salón de clase y a las relaciones que los alumnos y el docente tienen con ésta. En consecuencia, no miramos directamente las acciones, sino que *analizamos aquello que la comunicación involucra en el salón de clase en términos de conocimiento y cómo las acciones del docente y de los alumnos contribuyen a esta comunicación*. Desde este punto de vista, se compara al conocimiento con la metáfora de la vida (Chevallard, 1991). Estudiamos la “vida del conocimiento” en el salón de clase, es decir, “*qué conocimiento y cómo éste se construye y evoluciona en el salón de clase*”. Permítannos destacar que este punto de vista no separa el conocimiento de las relaciones del docente y los alumnos hacia él.

La otra elección principal se relaciona con

nuestra visión del salón de clase como un complejo sistema. Esta complejidad nos llevó a tomar tres escalas para investigar las prácticas realizadas en el salón de clase. Este enfoque no nos llevó a analizar al sistema de acuerdo a variables, sino a visualizarlo y a analizarlo de acuerdo a la característica granular del conocimiento y al transcurso del tiempo. Hemos seguido a Lemke (2000) en su idea de que un análisis muy detallado a nivel microscópico no permite que los investigadores estructuren su análisis en un nivel superior: “Las actividades en los niveles superiores de organización son emergentes, sus funciones no pueden definirse en escalas menores, sino solamente en relación a otras aún mayores.[...] “Subiendo” conocemos las unidades, pero no conocemos *ni los patrones de organización ni las propiedades de los fenómenos emergentes de nivel superior*. (p.25)

Caracterización de la vida del conocimiento

Para caracterizar la vida del conocimiento nos posicionamos en una tradición francesa de larga data que teoriza las situaciones didácticas (Brousseau, 1998; Sensevy & Mercier, 2007). Los siguientes conceptos franceses de crono génesis, topo génesis, meso génesis y contrato didáctico dan cuenta de la vida del conocimiento, su condición, y la relación de los actores con ella en el salón de clase (Tiberghien & Malkoun, aún no publicado). La *crono génesis* se refiere al desarrollo del conocimiento durante el proceso de enseñanza y comprende la relación entre el conocimiento y el tiempo. La *topo génesis* implica los lugares que ocupa el conocimiento en el salón de clase; es decir, qué actores y cómo éstos son responsables de introducir o utilizar elementos del conocimiento, y en qué medida esta responsabilidad es reconocida por otros actores en el salón de clase. La *meso génesis* está relacionada al “medio”, es decir, al ambiente, e incluye los componentes materiales con los que los actores construyen el significado del conocimiento. El *contrato didáctico*, introducido por Brousseau (1998), constituye un sistema de normas; algunas son genéricas, y otras son específicas a ciertos elementos del conocimiento y deben ser redefinidas median-

te la introducción de nuevos elementos. Parte de estas normas son implícitas, es decir, algunas de ellas se relacionan a la conducta del docente y del alumno sin ser explicitadas como normas. Los conceptos de crono génesis, topo génesis, meso génesis y contrato didáctico *caracterizan los fenómenos relacionados al nivel de la clase* y no el nivel del estudiante o del docente como individuos.

La vida del conocimiento no es directamente observable; debe ser reconstruida. El conocimiento que surge en una clase durante una secuencia de enseñanza es diferente al conocimiento que debe impartirse de acuerdo al programa oficial de estudios y a los libros de texto. Es *específico* a los miembros de la clase y *caracteriza* a una clase determinada. Nuestro objetivo es reconstruir ese conocimiento. Este ensayo se centra en los elementos principales de esta reconstrucción del conocimiento que surge en un salón de clase y en las relaciones que el docente y los alumnos tienen con él.

Escala de análisis

Hemos utilizado tres escalas de análisis. La *escala macroscópica* involucra la totalidad de la secuencia de enseñanza. El análisis macroscópico proporciona la estructura conceptual de la secuencia en orden cronológico, pero sin duración. También reconoce los principales elementos invariables del contrato didáctico, en particular las normas establecidas en un salón de clase. No desarrollamos este punto aquí (Malkoun, 2007).

La *escala mesoscópica* debería permitir al investigador analizar lo que está pasando durante una sesión, y luego dividir la sesión de acuerdo a diferentes perspectivas. Hemos elegido tres maneras distintas de dividir una sesión en componentes más pequeños de acuerdo a la organización de la clase, las fases didácticas y el enfoque temático (Tiberghien, Malkoun & Seck, no publicado aún). Muchos grupos de investigación comparten las primeras dos (Hiebert & al., 2003; Roth et al., 2006 para el video TIMSS; Fisher et al. 2007; Brückmann et al., 2007). La *organización de la clase* corresponde a eventos observables: cuando los alumnos y el docente trabajan juntos, ya sea en grupos pequeños o en forma indi-

vidual, o en una combinación de estas situaciones. Las *“fases didácticas”* o *“fases instructivas”* (Brückmann & al., 2007) corresponden a fases tales como la introducción de una sesión, la presentación del contenido por parte del docente, los ejercicios o actividades, las actividades de laboratorio, la conclusión, etc.

Una tercera forma de dividir una sesión es *por tema*. Esta forma está directamente relacionada con nuestra postura teórica acerca del conocimiento. Nuestra perspectiva se basa en la *reconstrucción del significado del conocimiento* en el salón de clase. Al dividir una sesión en componentes de acuerdo al significado del conocimiento hemos elegido un *enfoque temático* (Filletaz, 1997). Las producciones discursivas de una clase se dividen en temas que tienen una duración menor a la de la sesión. La división se basa en el conocimiento pero también en los aspectos comunicativos hasta el punto de que la mayoría de los temas de tiempo tienen una introducción y una conclusión (Cross & al., aún no publicado). En lo que sigue, sólo desarrollamos este enfoque temático para el análisis de la escala mesoscópica debido a nuestra focalización en la vida del conocimiento en el salón de clase.

En la *escala microscópica* hemos elegido dos tipos de análisis: por facetas y por tareas epistémicas (sólo presentamos las facetas, para leer sobre las tareas epistémicas consultar Malkoun, 2007). Las facetas corresponden a los pequeños elementos del conocimiento. Nuestra forma de utilizar las facetas proviene de Minstrell (1992) y Galili et al. (2000) pero nuestra forma de implementación difiere en dos aspectos. (1) Consideramos a las facetas como referentes en el análisis de la producción discursiva. (2) El segundo aspecto es más metodológico. Cuando se realiza el análisis de los datos en términos de facetas, trabajamos con ellas *antes* de interpretarlas en términos de conocimiento o conceptos.

La cuestión que investigamos en este ensayo se relaciona a la forma de reconstruir la vida del conocimiento en el salón de clase, principalmente a nivel mesoscópico y microscópico, y a las representaciones que se asocian al conocimiento y que dan cuenta de la vida de éste.

Metodología

Nuestra elección de tomar en cuenta la complejidad del salón de clase otorga importancia a los datos obtenidos mediante video grabaciones, como lo discutimos más abajo luego de la presentación de los datos recogidos.

Datos recogidos

Nuestros datos se recogieron en el contexto de un proyecto de diseño basado en la investigación durante secuencias de enseñanza del área mecánica en 10° grado (SESAMES, 2007).

En 10° grado, se filmaron dos grupos de alumnos durante la parte de la clase de mecánica basada en la dinámica; en uno de los grupos el docente siguió la secuencia de enseñanza de SESAMES, mientras que el docente del otro grupo utilizó su propia secuencia de enseñanza. Ambos docentes tienen experiencia. Ambas escuelas están situadas en zonas de clase media en Francia. En cada grupo se utilizaron dos cámaras, una se concentró en el docente y en parte de la clase, y la otra se concentró en dos alumnos (los mismos alumnos durante toda la secuencia de enseñanza) y en una parte de la clase.

Además se recogieron cuestionarios sobre mecánica distribuidos antes y después de la secuencia de enseñanza en ambos grupos (y en otros 17 grupos), pero en este ensayo sólo nos referimos a los datos recogidos durante la secuencia de enseñanza.

Datos recogidos a partir de la video grabación

La utilización de video grabaciones en estudios de investigación en la educación en ciencia comenzó en los años '80. Luego de casi cuarenta años, esta práctica es muy común entre investigadores. La video grabación se utiliza principalmente para grabar situaciones de comunicación, como salones de clase, pero también grupos de discusión, entrevistas, etc. Goldman y McDermott (2007) hacen explícita esta característica de la video grabación cuando escriben:

“Los analistas deberían utilizar la video grabación *porque hace visible la comunicación y potencialmente revela el comportamiento* que se evidencia a través de distintos

niveles en interacciones precarias y contendientes” (p.112, la cursiva es nuestra).

Entonces, no es sorprendente que los investigadores que estudian los salones de clase, en donde la comunicación está necesariamente implícita, impulsen la video grabación como dato relevante.

Por supuesto, las video grabaciones forman parte de una pequeña parte de la situación misma, el campo de la cámara y el registro del sonido son limitados. Sin embargo, la parte de la situación que se graba es análoga a ésta. La comunicación no verbal, los elementos materiales de la situación, su disposición en el espacio, la evolución de la situación en el tiempo, etc, hacen visible la riqueza de la situación. Además, la video grabación otorga la posibilidad de visualizarla y revisarla y entonces refinar el análisis y hasta la hipótesis (Engle & al., 2007).

En la reconstrucción de la vida del conocimiento en el salón de clase, se presenta la cuestión de dar cuenta del carácter analógico de la situación. La complejidad de las situaciones del salón de clase provocan la necesidad de proporcionar ricas descripciones del contexto, de cómo los actores están tratando al conocimiento, etc. Es por esto que las narraciones son una de nuestras formas de dar cuenta de la vida del conocimiento en el salón de clase. En este proceso, nuestro primer objetivo es entender la situación del salón de clase antes de tratar de explicar por qué, en un determinado salón de clase, los alumnos aprenden más o menos. Bruner (1996) enfatizó el rol de las narraciones en esta perspectiva:

“El objeto de la interpretación es la comprensión, no la explicación; su instrumento es el análisis del texto. La comprensión es el resultado de la organización y la contextualización de una proposición verificable en forma incompleta y esencialmente contendiente de una manera disciplinada. Uno de los principales medios para lograrla es a través de la narración: mediante la narración de una historia acerca de “lo que trata” algo (p.90).

Sin embargo, la construcción de una narración plantea la cuestión de los significados del conocimiento que involucran los datos de la video grabación.

Referencias en el análisis de los datos de la video grabación

En un sentido más general, la reconstrucción del conocimiento a partir de las producciones que surgen en el salón de clase principalmente basada en los datos de las video grabaciones, plantea la cuestión de la referencia que se elige para reconstruir el significado. Por ejemplo, cuando el docente se comunica con los alumnos, cada alumno puede construir un significado diferente de la misma expresión. Si el docente dice: “la fuerza ejercida por un niño en el suelo”, un alumno puede entender “la fuerza del niño”, en donde la fuerza se convierte en propiedad del niño (significado más común provisto por el diccionario) y no la propiedad de la interacción entre el niño y el suelo (significado físico). Entonces, varios significados son posibles. Bruner plantea esta cuestión en el caso de las narraciones:

“Las narraciones (ya sean de la vida real o de la ficción) terminan con una coda, volviendo al narrador y al receptor al aquí y ahora, generalmente con un indicio de que se ha realizado una evaluación de lo revelado. En todos estos pasos, en el establecimiento de la legitimidad inicial, en el manejo de la restitución o el derrocamiento, y en el indicio de la evalua-

ción de la coda, las narraciones son profundamente y sin escapatoria normativas, a pesar de que esta normativa puede estar bien enmascarada como realidad convencional” (p. 94-95).

Luego, es necesario elegir un punto de vista para la reconstrucción de la vida del conocimiento en el salón de clase a partir de los datos obtenidos. Nosotros hemos elegido tomar al conocimiento del contenido del programa oficial como referencia para reconstruir el significado a partir de los datos de la video grabación hasta el punto en que este significado se requiere dentro de la sociedad (Tiberg-hien & Malkoun, aún no publicado).

Interpretaciones de los datos de las video grabaciones

Presentamos dos componentes de la interpretación. El primero es a nivel mesoscópico mediante el análisis por temas, el segundo es a nivel microscópico mediante el análisis de las facetas.

Representación de la crono génesis basada en los temas

Como se presentó en el marco teórico, el tema es una unidad en la escala mesoscópica que da cuenta de la vida del conocimiento.

Tiempo (min)	Temas en el grupo 1		Temas en el grupo 2	Tiempo (min)
			
1:25	<i>Presentación del tema general de la noción de fuerza</i>		1. Efectos de la fuerza en el movimiento de un objeto	18
18:44	1. Determinación de las fases de movimiento de un objeto, dirección de la acción sobre este objeto, variación de la velocidad		2. <i>Interacciones</i>	
10:41	2. Análisis de las interacciones de las diferentes fases del movimiento de un objeto (caso de una pelota para rehabilitación)		2a. Interacciones = A actúa sobre B. Luego B actúa sobre A	14:33
4:41	3. Presentación de la fuerza y su representación de vector y del principio de acciones recíprocas		2b. Interacciones a distancia e interacciones de contacto	4: 39

9:23	4. Utilización (ejercicio) de la fuerza con su representación de vector a partir de las interacciones (utilización del modelo completo de interacciones)		3. Repaso de interacciones	1: 31
5:14	5. Interacciones: relaciones entre una representación simbólica y una o varias situaciones materiales		4. <i>Ejemplificación de las acciones de acuerdo a las fuerzas</i>	
10:10	6. Representación de la fuerza (con dirección) ejemplificación de una interacción (no la longitud de los vectores)		4a. Representación de la fuerza	9:15
30:31	7. Representación de la fuerza imitando un objeto en movimiento		4b. Medida de fuerza	1:19
5:26	8. Presentación del principio de inercia		5. Fuerzas y masas	10:35
22:21	9. Compensación de fuerzas ejercidas en un sistema inmóvil		6. Lista de fuerzas y compensación (o no) de fuerzas	45:21
7:55	10. No compensación de fuerzas ejercida en un sistema en el que varía la velocidad		6a. Inclusión: Atracción terrestre sobre un objeto en el agua	(2:27)
32:27	11. Principio de inercia aplicado de acuerdo al sentido horizontal y vertical del movimiento		Tiempo total: 1h 45 min	
9:05	12. Influencia de la masa en el movimiento			
	Tiempo total: 2h 48min			

Figura 1. Comparación de la sucesión de temas en dos grupos (10° grado) desde la presentación de la noción de fuerza a la presentación del principio de inercia (primeras sesiones). La línea en negrita entre las celdas implica una nueva sesión (de Tiberghien & Buty, 2007)

La Figura 1 presenta la secuencia de los temas, su duración y la sesión en la que ocurren en la enseñanza de la misma parte del programa oficial acerca de mecánica en dos grupos. Esta figura muestra que los grupos 1 y 2 comienzan con diferentes conceptos, el grupo 1 con la acción y el grupo 2 con los efectos de la fuerza. Surge también que el grupo 1 trata varios temas que corresponden a un único tema en el grupo 2. Esta representación relaciona las escalas mesoscópicas y macroscópicas, ya que involucra a toda la secuencia; muestra la evolución del conoci-

miento en el tiempo, que es la crono génesis en estos salones de clase. La Figura 1 muestra la representación de una parte de la vida del conocimiento que no es analógica, da cuenta de la segmentación de los datos de la video grabación en temas. Hay criterios como para realizar una segmentación de las video grabaciones de estas sesiones, pero no es una categorización con categorías a priori. Permítase nos destacar que los otros componentes mesoscópicos, la organización por clase, las fases didácticas, no pueden dar cuenta directamente del conocimiento en el salón de clase.

Representación de la crono génesis basada en las facetas

Luego de dar un ejemplo para ilustrar cómo analizamos los datos en término de facetas, les presentamos nuestro tratamiento de las facetas con la densidad y la continuidad del conocimiento.

- Ejemplo de un análisis en término de facetas.

En el nivel microscópico hemos realizado análisis en término de facetas. Para estos análisis, hemos construido un conjunto de facetas basado en un análisis del conocimiento a impartir (programa, libros de texto) y en las producciones realizadas en salón de clase

mediante un proceso interactivo. Cuando el investigador considera que un elemento de la producción del alumno tiene el mismo significado que una faceta, ésta se codifica como se presenta en el siguiente ejemplo. Este ejemplo proviene de la segunda sesión, tema 2 en el grupo 1. El docente ha solicitado a los alumnos que resuelvan algunos ejercicios al final de la sesión 1 (consigna en figura 2) y durante la sesión 2, tema 2 el docente ha solicitado a un alumno (llamado El X) que dibuje en el pizarrón su solución. El fragmento que sigue a continuación reproduce parte de la discusión en relación a este diagrama.

Fragmento del informe de los ejercicios.

Con la ayuda del modelo de interacciones, dibuja el diagrama de las interacciones del sistema que describa las siguientes situaciones. La palabra subrayada indica el objeto correspondiente al sistema considerado.

1. a) Un objeto puesto sobre la mesa. b) Una mesa sobre la cual se asienta un objeto.
2. La Tierra, planeta del Sol y que tiene un satélite natural, la Luna (se ignoran las interacciones que involucran a los otros cuerpos).

...

Figura 2. Consigna de los ejercicios dados a los alumnos para realizar entre la primera y la segunda sesión y para ser corregidos por su docente durante la sesión 2, tema 2 (ver Figura 1)

- 1 P 3. qué le falta al diagrama de El X [quien está trabajando en el pizarrón]
 [algunos intercambios entre el docente y varios alumnos]
- 2 P ... el suelo y la Tierra ¿son la misma cosa?
- 3 E no
- 4 P ¿cómo te imaginás la acción de la Tierra sobre la mesa? 6. ¿Qué tiende a hacer la mesa?
- 5 M (inaud.) una fuerza
- 6 P Es una fuerza que atrae a la mesa ¿hacia dónde?
- 7 M mm hacia abajo
- 8 E hacia el centro
- 9 P ¿hacia el centro del hueco de la Tierra y la acción del suelo sobre la mesa?
- 10 E (inaud.)
- 11 P ¿Hacia qué tiende, qué hace?
- 12 E no se mueve
- 13 P Sí, evita que el objeto se caiga, es decir, evita que el objeto se hunda. Por el contrario, mm ¿Cómo actúa el suelo sobre los pies? 15. ¿Atrae a mis pies? 15. No, por el contrario, el piso actúa en dirección hacia arriba. Entonces, ¿qué significa? 15. Hay un tercer sistema aquí. ¿Cuál es? 15. El X vas a escribir
- 14 El X el suelo
- 15 P el suelo, entonces puede ser la tierra del jardín, pero aún si es la tierra del jardín no es la Tierra como un objeto. La acción del suelo evita que la mesa se hunda, mientras que la Tierra atrae hacia su centro, por el contrario.

En este fragmento, el docente pregunta acerca de la acción de la Tierra sobre la mesa (turnos para hablar 4,6), dos alumnos responden (7,8) y el docente confirma su respuesta (9) que la acción se ejerce hacia el centro. Estas interacciones involucran el significado de la faceta: “La acción de la Tierra es siempre hacia abajo”. Esta es la primera vez que este elemento del conocimiento se introduce en este salón de clase. En los turnos de habla 4 y 6, se incorpora otro significado similar al de la faceta: “la Tierra siempre actúa sobre (atrae a) los objetos”. Este elemento de conocimiento ya ha sido introducido. Los turnos de habla 13, 14, 15 tratan un significado similar al de la faceta: “la acción que ejerce la Tierra y la acción que ejerce el suelo no son iguales”.

- Dos representaciones de la vida del conocimiento: La densidad y la continuidad del conocimiento.

En nuestros análisis hemos codificado la faceta de los archivos de video grabaciones y la transcripción de cada tema. En nuestra codificación, hemos distinguido entre “una nueva faceta” que corresponde al elemento de conocimiento introducido por primera vez en

la clase, y una “faceta reutilizable” que corresponde a un elemento de conocimiento introducido previamente. Esta forma de codificación se relaciona a nuestra hipótesis, que no se desarrolla en este ensayo, de que la reutilización de un elemento de conocimiento en contextos similares o diferentes promueve el aprendizaje.

Esta codificación nos ha llevado a introducir la densidad y la continuidad del conocimiento en cada tema. La densidad es el número de facetas de uno o varios tipos en relación a la duración de un tema, una serie de temas o una secuencia (dada en minutos) Tiberghien & Malkoun, 2007). La Figura 3 muestra que el conocimiento reutilizado es más denso al final de la secuencia y que casi no se presentan nuevos conocimientos durante las últimas sesiones en los dos grupos. También muestra las diferencias en la regularidad de presentación de nuevos conocimientos. Por ejemplo, en el grupo 1, el tema 7 (sesión II) contiene muchos conocimientos nuevos; en este tema el docente presenta el modelo de fuerza (fuerza que ejemplifica la acción y la fuerza como un vector).

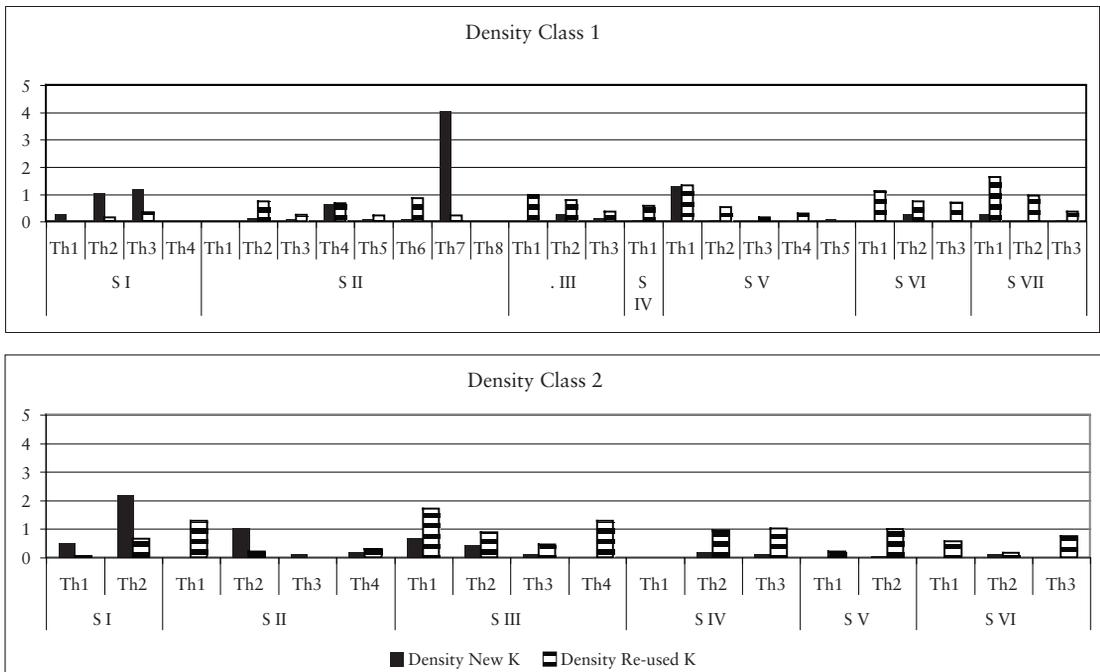


Figura 3. Densidad de conocimientos nuevos y reutilizados por tema (Th) y sesión (S) en los dos grupos

Otra forma de representar el conocimiento en el salón de clase es seleccionando las facetas que son más reutilizadas. Esto nos permite conocer a qué aspectos de conocimiento se les da énfasis en una clase.

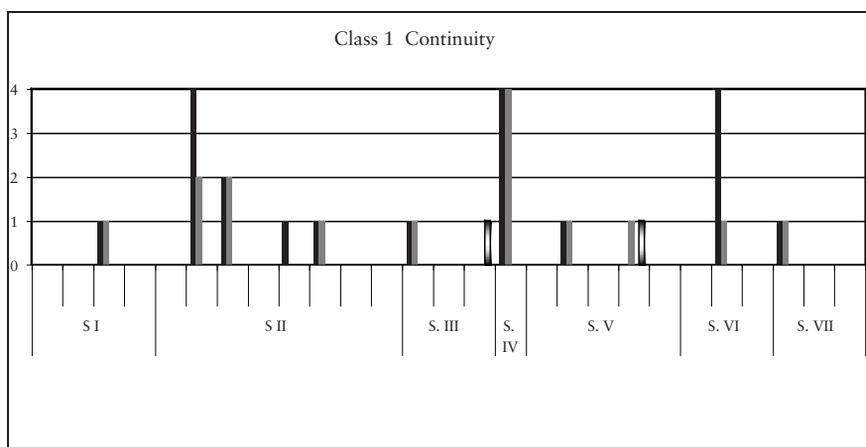
Tabla 1 Número de veces que algunas de las facetas más frecuentes se reutilizan en los dos grupos (Malkoun, 2007) (WC= todo el grupo)

Grupos de facetas conceptuales y representación	Facetas	Grupo 1 (WC)	Grupo 2 (WC)
Acción - Interacción	Cuando el objeto A está en contacto con el objeto B, actúa sobre éste.	20	2
Fuerza - Interacción	Cuando el objeto A está en contacto con otros objetos, ejerce una fuerza sobre éstos.	2	12
Movimiento	El movimiento de un punto es rectilíneo cuando su trayectoria es una línea recta.	8	14
Representación	Fuerza	11	6

La Tabla 1 confirma la diferencia entre los dos grupos, en que la acción (la acción relativa de un sistema sobre otro; interacción entre dos sistemas) juega un papel importante en el grupo 1, mientras que en el grupo 2 sólo se involucra la fuerza (fuerza relativa; interacción). También muestra la importancia de las representaciones en el grupo 1, en particular para la fuerza vector (última línea, Tabla 1) También es útil para representar cuándo estos elementos más frecuentes del conocimiento se involucran en la secuencia de enseñanza (figura 4).

La Figura 4 muestra que en el grupo 1, la faceta “la Tierra actúa sobre (atrae a) los objetos” se utiliza siempre con la faceta más general “cuando el objeto A está en contacto con el objeto B actúa sobre éste”, mientras que en el grupo 2 las facetas se utilizan en forma más aislada.

En forma más general, las figuras 3 y 4 relacionan eventos en una escala microscópica (una expresión o una interacción verbal que corresponde a una faceta) con los temas que juegan el papel de una unidad en el nivel macroscópico de la secuencia total.



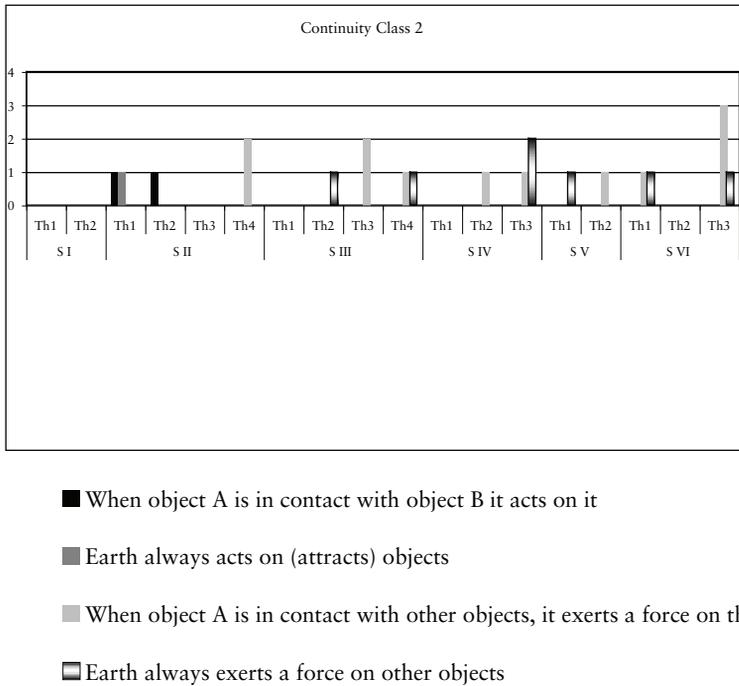


Figura 4. Distribución de las facetas más frecuentes a lo largo de la duración de la secuencia de enseñanza, presentada por temas y sesiones en los dos salones de clase.

Tema: La columna vertebral del análisis

La escala mesogénica corresponde a una escala de tiempo que es muy relevante para describir e interpretar los fenómenos que ocurren en el salón de clase. Por lo tanto, para cada tema, una narración incorpora el “escenario” que es la situación global del salón de clase, los comportamientos de los actores, y las situaciones en las que ocurren en su relación con el conocimiento. Por ejemplo, en el caso del tema 2 de la segunda sesión, una primera parte cuenta que los alumnos, que están trabajando en el pizarrón, realizan la corrección de los ejercicios y cuando terminan los dibujos, el docente y los alumnos discuten las propuestas y realizan las correcciones de los errores en sus carpetas.

En lo que respecta al conocimiento, la narración cuenta que el uso de estos diagramas resalta las dificultades de los alumnos para reconocer la diferencia entre la Tierra y el suelo y el rol del aire. El fragmento presentado arriba ilustra la primera dificultad. Esta

dificultad lleva al docente a presentar un nuevo elemento de conocimiento, la dirección de la acción de un objeto sobre otro, lo que, en efecto, está planeado para más adelante en la secuencia de enseñanza. En cuanto a ese elemento de conocimiento, el docente toma la responsabilidad de su presentación. Por el contrario, los alumnos que corrigen toman la responsabilidad de presentar conocimiento al dibujar su diagrama. Los alumnos que permanecen sentados en el salón de clase también toman la responsabilidad de cuestionar algún dibujo con argumentos. Entonces, con respecto a este tema, se informa la topo génesis cuando decimos que el docente y los alumnos comparten la responsabilidad de tratar el conocimiento y que, sin embargo, es el docente quien presenta los nuevos elementos de conocimiento (oraciones en negrita en la tabla 2). Esta narración incluye el rol del diagrama que incorpora elementos de conocimiento sin necesariamente formularlos en forma verbal.

Tabla 2. Facetas involucradas en el tema 2, en **negrita**: Nuevas facetas presentadas y *normal*: Facetas reutilizadas

Acción - Interacción	<p>Cuando el objeto A está en contacto con el objeto B, actúa sobre éste.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hay dos tipos de acciones (interacciones): a distancia, o en contacto - La acción de la Tierra sobre los objetos es una acción a distancia <p>“La Tierra siempre actúa sobre (atrae a) los objetos”</p> <p>“La acción de la Tierra es siempre hacia abajo”</p>
Fuerza - Interacción	<p>“La fuerza (la acción) que ejerce la Tierra y la fuerza (la acción) que ejerce el suelo no son fuerzas (acciones) iguales”</p>
Realizar la representación	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la representación del sistema de diagramas - interacción
Representación	<ul style="list-style-type: none"> - Para distinguir en el diagrama el sistema elegido por los otros, se subraya el nombre de este sistema - La interacción de contacto se representa por una flecha doble (línea gruesa) - La interacción a distancia se representa por una flecha doble (línea de puntos) - La acción de A sobre B se representa A/B
Fricción	<ul style="list-style-type: none"> - Cuanto más importante es el valor de la velocidad, más importante es la acción del aire

Otros aspectos se incorporan también en la narración, como la forma de procesamiento de conocimiento (tareas epistémicas), los aspectos de ejemplificación, etc; pero éstos no se desarrollan aquí. El tema es la columna vertebral de la reconstrucción de conocimiento en un salón de clase hasta el punto en que: (1) cada uno se asocia a *varias representaciones de conocimiento*: narración, facetas (tabla 2) como se presentan en este ensayo, pero también otros, como la organización del salón de clase, las fases didácticas, la forma de presentación del conocimiento, las tareas epistémicas; (2) su cronología durante la secuencia de aprendizaje brinda una representación de la

totalidad del conocimiento, y (3) permiten dar un contexto al análisis microscópico en término de facetas, es decir, son necesarios para interpretar la densidad y la continuidad del conocimiento en el salón de clase.

En conclusión, remarcamos que la complejidad de los salones de clase nos ha llevado a utilizar múltiples escalas y diversas representaciones del conocimiento en cada escala y entre ellas para caracterizar los salones de clase y compararlos. Todas estas representaciones dependen de los fenómenos que ocurren en la clase y no de comportamientos individuales.

Referencias

- Brückmann, M.; Duit, R.; Tesch, M.; Fischer, H.; Kauertz, B. & Labudde, P. (2007). The potential of video studies in research on teaching and learning science. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), *ESERA Selected Contributions book* (pp. 77-89). Berlin: Springer.
- Bruner, J. S. (1996). *The culture of education*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2ème ed.). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Cross, D.; Khanfour-Armalé, R.; Badreddine, Z.; Malkoun, L. & Seck, M. (to be published). *Méthodologie de mise au point d'un consensus entre chercheurs: le cas du thème*. Paper presented at the 1er colloque international de l'ARCD, Genève.
- Engle, R. A.; Conant, F. R. & Greeno, J. G. (2007). Progressive refinement of hypotheses in video-supported research. In R. Goldman & R. Pea & B. Barron & S. J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences*, pp. 239-254. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Filliettaz, L. (1997). Des enjeux actionnels dans les interactions verbales: une définition de la dimension référentielle du discours. *Cahiers de linguistique française*, 19, pp. 47-82.
- Galili, I. & Hazan, A. (2000). The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, 68 (Supplement)(7), S3-S15.
- Goldman, S. & McDermott, R. (2007). Staying the course with video analysis. In R. Goldman & R. Pea & B. Barron & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 101-113). Mahwah New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hiebert, J.; Gallimore, J. H. R.; Garnier, H.; Bogard, K.; Hollingsworth, G. H.; Jacobs, J.; Chui, A. M.-Y.; Wearne, D.; Smith, M.; Kersting, N.; Manaster, A.; Tseng, E.; Etterbeek, W.; Manaster, C.; Gonzales, P. & Stigler, J. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries. Results from the TIMSS 1999 Video Study*: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.
- Lemke, J. L. (2000). Across the Scales of Time: Artifacts, Activities, and Meanings in Ecosocial Systems. *Mind, culture, and activity*, 7(4), pp. 273-290.
- Malkoun, L. (2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves: étude de cas en France et au Liban*. Doctorat, Université Lyon 2 / Université libanaise, Lyon/Beyrouth.
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel: IPN.
- Roth, K. J.; Druker, S. L.; Garnier, H. E.; Lemmens, M.; Chen, C.; Kawanaka, T.; Rasmussen, D.; Trubacova, S.; Warvi, D.; Okamoto, Y.; Gonzales, P.; Stigler, J. & Gallimore, R. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study Statistical Analysis Report* (NCES 2006-011). U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble: Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble: Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
- SESAMES. (2007). PEGASE. INRP. Available: pegase.inrp.fr [2008, September].
- Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Studying science teaching practices in relation to learning. Times scales of teaching phenomena. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), *ESERA Selected Contributions book*. (pp. 59-75). Berlin: Springer.
- Tiberghien, A. & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactique*, 1, pp. 29-54.
- Tiberghien, A. & Malkoun, L. (to be published). Construction of physics knowledge in a classroom community: analyses from teacher's, students' and the community perspectives (à revoir). In B. Schwarz & T. Dreyfus & R. HersHKovitz (Eds.), *Transformation of knowledge in classroom interaction*: Routledge.
- Tiberghien, A.; Malkoun, L. & Seck, M. (to be published). Analyse des pratiques de classes de physique: aspects théoriques et méthodologiques. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 19.