

CUESTIONES ACTUALES DE LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS FISICAS EN FRANCIA: OBSERVACIONES COMPARATIVAS

MARTINAND, J.L.

Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie, Université Paris 7.

Versión de Solbes, J., Coordinador para la Reforma de la Enseñanza Secundaria, València.

SUMMARY

The aim of this paper is to draw a first inventory of coincidences and differences of theoretical *output* between science and mathematics education. A comprehensive analysis of the origin and meaning of both coincidences and divergences is made.

Aunque no existe una didáctica general de la cual las didácticas de las disciplinas serían las modalidades particulares, cada didáctica de disciplina no se desarrolla independientemente de las otras. Por ello, un mejor conocimiento de las investigaciones, —no en la perspectiva ilusoria de una unificación reductora sino con vistas a una profundización recíproca, parece desde ahora una tarea útil y posible.

Tres síntesis recientes (A. Tiberghien para la didáctica de la física, M. Artigue y R. Dovady para la Didáctica de las matemáticas, V. Host para la didáctica de las ciencias experimentales) muestran que ha sido alcanzada una cierta madurez y llaman la atención sobre el interés de un estudio comparativo de las orientaciones tomadas. El objeto de este trabajo es esbozar un primer inventario de las coincidencias y las diferencias en las elaboraciones teóricas en didáctica de las matemáticas y didáctica de las ciencias físicas, y realizar un examen comprensivo del origen y de la significación de las convergencias y divergencias.

1. LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS FISICAS EN FRANCIA

1.1. Situación de la teoría en didáctica de las Ciencias Físicas

La elaboración teórica, comprendida la apropiación crítica, es una actividad bastante rara, en la didáctica de las ciencias físicas, en lengua francesa; quizá, proporcionalmente, los investigadores en didáctica de la bio-

logía le prestan más atención. Pero existe, y sus huellas pueden ser encontradas en los elementos bibliográficos siguientes:

1º) La serie de publicaciones del Instituto Nacional de Investigación Pedagógica (INRP) de París, entre las cuales podemos citar:

— *Actividades de iniciación científica en la escuela elemental* (ver anexo I):

- I — Objetivos, métodos y medios
- II — Iniciación física y tecnológica
- III — Estrategias pedagógicas en iniciación física y tecnológica
- IV — Elementos de evaluación

— *Iniciación científica y modo de comunicación* (1983)

— *Informes de investigación del INRP:*

Procedimientos de aprendizaje en ciencias experimentales, 1985.

Formación científica y trabajo autónomo, 1985.

2º) Dos libros colectivos bajo la dirección de A. Giordan:

¿Qué educación científica para qué sociedad? (1978).

— *El alumno y/o los conocimientos científicos* (1983).

Estas publicaciones corresponden a los trabajos principalmente efectuados en el INRP para el conjunto de las ciencias experimentales; el problema de la convergencia-divergencia aplicado a los informes de física-biología-tecnología debía, pues, haberse planteado más pronto. Algunas reflexiones que toman en cuen-

ta a la vez los trabajos del Laboratorio Interuniversitario de Investigaciones sobre la Enseñanza de las Ciencias Físicas y la Tecnología (LIRESP) y los trabajos del IRNP se encuentran en:

— Conocer y transformar la materia; objetivos para la iniciación a las ciencias y las técnicas (Martinand 1986).

3º) La enseñanza del Diploma de Estudios de Profundización en Didáctica de la Universidad París 7 (cursos no publicados sobre las investigaciones recientes en didáctica de las ciencias experimentales, los conceptos y la metodología).

Para la didáctica de la física, las Actas del primer taller internacional en 1983 en La Londe les Maures, *Investigaciones en didáctica de la física* (1984), suministran la síntesis mundial más reciente.

Cuando nos remitimos a los documentos citados, podemos percibir que la emergencia de los problemas, el estilo de elaboración, las modalidades de inserción de la teoría, difieren profundamente de las prácticas paralelas en didáctica de las matemáticas. Estas últimas no son ignoradas sino interrogadas al mismo nivel que otras: didácticas de la informática, de las ciencias sociales, del francés, de la música, de las ciencias y técnicas de las actividades deportivas. Hay que señalar también que la parte más conocida o en todo caso más citada de las investigaciones en didáctica de las ciencias, la que concierne al estudio de las concepciones de los alumnos y sus razonamientos habituales, ha suministrado hasta el presente una contribución menor a las elaboraciones teóricas y metodológicas, en la medida en que toma sus cuadros y técnicas de las ciencias humanas, en particular la psicología.

Se puede notar en fin que estas publicaciones han buscado en primer lugar proponer ejemplos de contenidos de enseñanza y de estrategias pedagógicas nuevas. La elaboración teórica que es en realidad un rodeo necesario, toma en la exposición el lugar de un fundamento previo; los textos se presentan entonces como «teoría ilustrada», lo que ocurre también a menudo en los trabajos análogos sobre la construcción del currículum. Un ejemplo más restringido y demostrativo es el trabajo efectuado para determinar el lugar y suministrar los materiales de las actividades documentales en ciencias físicas en la escuela primaria (Alemanni et al 1982).

1.2. Dominios y conceptos de elaboración teórica

Habría aquí que analizar en detalle las aportaciones externas y las elaboraciones específicas hechas en las investigaciones «para» la didáctica que son los trabajos sobre las concepciones espontáneas y su evolución (por ejemplo, R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien) y sobre los procedimientos de resolución de problemas y los razonamientos (por ejemplo L. Viennot).

En las líneas que siguen, nos limitamos a tomar, a tí-

tulo de ejemplo, algunas nociones ya desarrolladas en *Conocer y transformar la materia* (Martinand 1986).

— Nociones de *objetivos posibles* en relación con la noción de currículum abierto. En efecto —y esta es una diferencia fundamental con las matemáticas— las actividades en ciencias experimentales al nivel de escuelas y colleges no están esencialmente determinadas por unos conceptos a adquirir de forma obligatoria: porque la elección de los dominios que parecen importantes varía y porque en un dominio dado la construcción conceptual perseguida es relativamente indeterminada al principio y dependiente de las actividades realmente efectuadas y de los caminos seguidos. Ello no supone que los objetivos conceptuales no tengan importancia, pues su consecución marca el éxito de la actividad científica, pero no son los únicos puntos de referencia y deben ser presentados como un conjunto de posibles entre los cuales hay que elegir. La determinación del conjunto de posibles comporta al menos tres tiempos o «registros» (epistemológico, psicológico y pedagógico) teniendo en cuenta las condiciones que imponen: las actividades (situaciones, materiales, problemas), las capacidades de los alumnos, las competencias y disponibilidades de los profesores.

— Noción de *objetivo/obstáculo*. Los objetivos son poco utilizados por los profesores de ciencias porque las taxonomías son muy poco manejables, demasiado pormenorizadas y repiten otros instrumentos de que disponen los profesores (programas, manuales, descripciones de actividades de clase, etc). Para hacer manejable un cuadro de objetivos estos deben ser poco numerosos; para hacerlo indispensable debe jugar un papel específico. Una solución es pasar de «objetivos-capacidades» a «objetivos-obstáculos», al precio de dos hipótesis:

1. Existen en el camino del alumno un número limitado de obstáculos franqueables correspondientes a progresos significativos en el plano científico.

2. En un momento dado y para alumnos dados, cada obstáculo posee un aspecto dominante en el orden de las actitudes, métodos, lenguajes, conocimientos, etc.

La localización de estos obstáculos, en la que reencontramos los tres «registros», epistemológico, psicológico y pedagógico, remite a los estudios sobre las concepciones y razonamientos espontáneos y a los ensayos en clase. Dicha localización reestructura, pues, el campo de la investigación educativa de la cual es un foco.

Al mismo tiempo el número limitado de obstáculos significativos permite disminuir muy fuertemente el número de objetivos. Su papel viene a ser efectivamente el de orientar la atención del profesor, gracias a indicadores de evaluación de tipo operacional, y sus intervenciones individuales o colectivas. Esta concepción nueva de los objetivos ha podido ser puesta a prueba en el curso de una iniciación a las técnicas de fabrica-

ción mecánicas en clase de 4° de los Collèges (equivalente a 7° de EGB).

— Noción de *prácticas de referencia*. Se pretende que las actividades escolares científicas quieren ser imágenes de actividades sociales reales: aunque distintas necesariamente —de lo contrario no habría necesidad de escuela— deben reenviar a ellas no menos necesariamente. Ahora bien, cabe la elección entre muchas prácticas posibles, porque el pensamiento científico o tecnológico no existe sólo en la investigación. Una elección dada de la práctica de referencia determina fuertemente los materiales, tipos de problemas, tipos de roles que entrarán en las actividades escolares, y en particular su coherencia o su incompatibilidad. La apreciación analítica de las diferencias y concordancias entre actividades escolares y prácticas de referencia no es otra que la caracterización de la «trasposición didáctica» efectuada.

— Nociones de *referente empírico* y de *niveles conceptuales*. En la enseñanza de las ciencias experimentales, la familiarización con los fenómenos naturales y técnicos, mediante la manipulación efectiva o la documentación (información oral, lectura, etc) no es solamente un paso obligado para apropiarse los conceptos; el conocimiento empírico y el dominio práctico son dos componentes constitutivos de la disciplina. Cara a las redes conceptuales, los referentes empíricos son pues esenciales, y la enseñanza debe tomarlos en cuenta bajo tres aspectos: en primer lugar como dominios de familiarización ofrecidos a los alumnos para la manipulación y la observación; a continuación, como referentes en sentido estricto (aquellos de que «hablan» los conceptos, modelos o teorías); por último como campos de validación de las construcciones conceptuales, que deben, pues, ser explorados sistemáticamente para comprobar su pertinencia o extender sus aplicaciones.

1.3. Situación de la metodología

El proceso que ha conducido a los conceptos evocados precedentemente deriva de la explicitación de problemas concretos de construcción de currículum, en particular la clarificación y la validación de opciones sobre los contenidos y las actividades. Ha sido preciso elaborar conceptos adaptados para esta construcción y generalizarlos en vista de otras utilidades. Desde el punto de vista teórico, los trabajos de construcción de currículum han jugado un papel esencial.

— La concepción, el ensayo y la evaluación de currícula han tomado, particularmente en las ciencias físicas, la forma de investigaciones-acciones más o menos controladas y centralizadas. En la práctica deben distinguirse dos situaciones:

Para las universidades y los liceos donde existe una larga tradición de enseñanza de la física, el problema es «enseñar mejor», «otra cosa» o «de otro modo». Si la voluntad de renovación se traduce efectivamente en investigaciones-acciones, la de enseñar mejor, sin du-

da más extendida, corresponde mucho menos a esta forma de investigación.

Para las escuelas y colleges el problema es doble y mucho más radical; se trata, por una parte, de *inventar* las ciencias físicas para este nivel. Se trata menos de «elegir simplificando» la física y la química de la universidad o del liceo, o remitiéndose a la historia de la disciplina, que de construir un nuevo contenido. Los condicionantes institucionales y las modas ideológicas influyen muy fuertemente sobre los dominios a tomar en cuenta: por ejemplo, Los físicos no habrían osado proponer la noción de energía en clase de 3° sin la crisis económica de la energía y una incitación de origen político. Se trata, por otra parte, de apreciar ahora en juego: el posible «epistemológico», habida cuenta de las experiencias propuestas, de los conocimientos y de los tipos de razonamiento admisibles para los alumnos; el posible «psicológico» que aparece cuando los innovadores hacen sus ensayos con unos alumnos; el posible «pedagógico» que aparece cuando los profesores tiene realmente que tomar a su cargo la enseñanza en el sistema educativo. Es sobre este último plan que la evaluación debe ser predictiva en lugar de contentarse con una apreciación recapitulativa limitada al segundo registro.

Parece oportuno decir aquí que estos trabajos de didáctica no son investigaciones aplicadas: es, a menudo, en ellos donde encontramos más teoría. No se trata tampoco, hablando en propiedad, de «experimentaciones» según un paradigma experimental; en efecto, en la medida en que los enseñantes juegan un papel fundamental, la concepción y la realización de secuencias programadas previamente —que alguno denomina ingeniería didáctica— con vistas de una prueba experimental comparativa está inadaptada. En efecto, el problema a la vez práctico y fundamental no es trabajar «al margen» para mejorar la eficacia, sino ver en qué condiciones (sobre los contenidos, los avances pedagógicos, los medios, etc) una enseñanza que no existía es posible.

— Los *estudios de concepciones de los alumnos* han sido inicialmente «rodeos» surgidos de la construcción de currículum. Después han conseguido su autonomía y se han desarrollado por ellos mismos; ocupan, por otra parte, un lugar todavía más grande en didáctica de la biología, donde el enfrentamiento entre conocimientos científicos y representaciones comunes y espontáneas es un problema didáctico permanente.

Aquí los problemas metodológicos se han centrado en las cuestiones siguientes:

¿Qué técnicas de interacción con el alumno privilegiar (entrevistas directivas o no directivas, cuestionario centrado o no, etc)? La elección, durante mucho tiempo, ha consistido en estudiar las concepciones de los alumnos o de los adultos como «cosas» en la cabeza, que los procedimientos de encuesta debían poner de manifiesto sin deformarlas. La toma en cuenta progresiva

de la evolución de las concepciones, mediante estudios longitudinales, y después la toma de conciencia de que la representación es ante todo una tarea o una función antes de ser un producto, ha modificado mucho las actitudes cara a los métodos de investigación (trabajos de A. Tiberghien, E. Guesne, M.G. Séré).

¿Cuál es la relación entre las representaciones al nivel de la clase —o si se quiere desde el punto de vista del profesor con relación a un conjunto de alumnos—, y para un individuo? ¿Cuál es el objeto que se estudia? La cuestión es crucial en vista de una utilización didáctica, en particular en la escuela primaria y el college. En efecto, las representaciones, múltiples para una misma situación física, pueden ser variadas según los alumnos en el mismo momento. La rapidez de progresión de la enseñanza dejará subsistir diferencias entre alumnos (en un «halo representativo» alrededor de la red conceptual apuntada). La enseñanza «trabaja» algunas de estas representaciones pero no puede encaminar todos los alumnos al mismo punto (encontramos de nuevo la idea de objetivo posible). Un control completo de las representaciones es pues ilusorio; pero un mínimo es necesario.

¿Cuáles son los criterios para enjuiciar estas investigaciones? En otros términos: ¿son los mismos que derivarían de su pertenencia a la psicología genética o cognitiva en los dominios del conocimiento físico? ¿o bien las exigencias se relacionan con la utilización didáctica de los resultados, lo que supone una toma de posición pedagógica con referencia a las representaciones (ignorarlas, transformarlas, oponerse a ellas, etc)?

— Actualmente los trabajos sobre las concepciones de los alumnos conectan con los estudios sobre los *razonamientos* y el *aprendizaje*. Estos últimos plantean los mismos problemas epistemológicos, pedagógicos y metodológicos. La utilización creciente de medios de simulación, con la inteligencia artificial, multiplica las posibilidades de las investigaciones; pero exige también una gran vigilancia sobre el status de los resultados, que son modelos, y la elucidación de las condiciones de su utilización didáctica. Conocer los razonamientos por ellos mismos es interesante, y permite sin duda un cierto diagnóstico —aunque el diagnóstico esté siempre ligado, de hecho, a «terapéuticas» conocidas—, pero la tarea es enseñar. Son necesarios procedimientos de intervención, y no solamente un diagnóstico, y por consiguiente unos objetivos, unos «métodos». Y es en este aspecto en el que se dan mayores lagunas.

2. UN ESTUDIO COMPARATIVO

Para ir más lejos es interesante intentar desarrollar y comprender las convergencias y diferencias en didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales. Ciertos elementos de esta comparación han sido ya esbozados en La Londe les Maures (Martinand 1984), pero muy insuficientemente para las necesidades actuales.

2.1. Referente empírico / Campo conceptual

Si las ciencias físicas son ciencias experimentales, resulta fundamental la referencia práctica y técnica en el campo de investigación, la extensión de este último, su diversidad, su heterogeneidad o, al contrario, su homogeneidad. Ahora bien, la historia de las ciencias, como las investigaciones psicológicas, no toman más que un poco en cuenta este aspecto. Sorprende constatar que los trabajos de historia de las ciencias se interesen de forma completamente legítima en los grandes temas teóricos y filosóficos cuyo desarrollo polémico jalona el progreso del conocimiento, pero dejan de lado los problemas planteados por el dominio práctico de los fenómenos, la extensión enorme de las fenomenologías y fenomenotécnicas de los diferentes campos empíricos descubiertos o incluso creados como en química. Es necesaria una reacción si se quiere evitar la desconexión del estudio de los niveles de elaboración conceptual en un dominio científico dado, del análisis profundo del referente empírico, tanto para los estudios de las concepciones de los alumnos como en la construcción del curriculum (elección de los «dominios de familiarización empírica» introducción en la escuela). Es, en efecto, una característica de los contenidos de enseñanza de las ciencias experimentales el que han de ser definidos sobre dos planos relativamente independientes, el de los «dominios de familiarización empírica» y el de las construcciones conceptuales y teóricas.

Se concibe en estas condiciones que la aplicación exclusiva de la noción de campo conceptual (G. Vergnaud) a la física o a la tecnología tiende a mutilarlas profundamente negando su especificidad. Los referentes empíricos deben entonces ser tomados en cuenta en todo su «espesor». Es necesario estudiar seguidamente con atención sus relaciones con las construcciones conceptuales de diferentes niveles que despliega la elaboración teórica o modelizante.

Se comprende entonces la convergencia innegable de ciertas preocupaciones —las que conciernen justamente a los campos conceptuales—, pero también las diferencias radicales aparecidas en las contribuciones de Vergnaud y Martinand a las Segundas Jornadas Internacionales sobre Educación Científica de Chamonix (ver anexo II).

Dicho esto, las nociones de referentes empíricas y de campos conceptuales son insuficientes para afrontar problemas de didáctica de las ciencias. Se puede constatar esto a propósito de la noción de energía. Referentes empíricos vecinos corresponden según el punto de vista —técnico-económico de un lado, físico del otro— a redes conceptuales diferentes; conceptos clasificatorio para el primer caso, relacionales en el otro. Este hecho explica el origen de la ambigüedad de ciertos programas escolares sobre la energía y atrae de nuevo la atención sobre la importancia del punto de vista de las prácticas de referencia para el análisis o elaboración de los campos conceptuales.

2.2. Práctica de referencia / Trasposición didáctica

La convergencia es también impresionante aquí. Pero una vez más, diferencias de preocupación permiten comprender los contrastes de elaboración teórica.

Como ha sido expuesto, más arriba, el origen de la noción de práctica de referencia reside menos en la indignación por la separación entre la práctica cotidiana y la actividad escolar, que en la necesidad de efectuar una elección explícita de referencia, de controlar las separaciones entre la práctica escogida y las actividades escolares, de asegurar una coherencia entre las diferentes componentes de la actividad escolar en relación con una práctica de referencia. Muchas referencias son posibles: prácticas domésticas, artesanales, industriales, ideológicas, etc... Cada una conduce a problemas, procesos, materiales, y quizás a estructuras de saber diferentes.

Es evidente que entre prácticas de referencia y actividades escolares hay una trasposición, pero en un sentido que no es exactamente el desarrollado por Y. Chevallard (1985) para las matemáticas. Pero en cualquier caso una tarea mayor de la investigación didáctica es preparar el dominio consciente. Pero parece que la idea de práctica de referencia aporta investigación-enseñanza, porque no sólo hay investigación, y se podría, por otra parte, retomar la distinción propuesta por M. Verret entre «científico» y «sabio». Se puede remarcar también que las relaciones son más complejas porque puede haber una creatividad escolar: el estudio de las actividades físicas y deportivas en la escuela desde este punto de vista es muy instructivo.

No limitarse al saber sino al conjunto de los elementos de una práctica, comprendidos los roles sociales, tal como sugiere A.N. Perret-Clermont en sus trabajos sobre los procesos de descontextualización y recontextualización.

Como la noción de trasposición, la de práctica de referencia es constitutiva de la didáctica. Pero hace también franquear los límites de la didáctica y con ello sitúa su campo de acción; las investigaciones didácticas clarifican, ciertamente, la elección de prácticas de referencia, pero es un asunto esencialmente político.

2.3. Modos de actividad didáctica / Teoría de las situaciones y contrato didáctico

En los trabajos desarrollados en el INRP para las actividades de iniciación, la pedagogía de la resolución de problemas en situación de autonomía ocupa un lugar central. Corresponde a la opción inicial de desarrollar actividades que puedan ser reconocidas como científicas por las actitudes y la significación de los procesos puestos en acción más que por la conformidad de los conocimientos producidos.

Para ayudar a los profesores en la dirección de estas actividades, han sido aisladas y caracterizadas tres fases:

— Formulación del problema (transformación colectiva de las cuestiones y apropiación individual del problema).

— Investigación de los elementos de respuesta por observación, manipulación, documentación (en pequeños grupos autónomos).

— Formulación de las adquisiciones y estructuración-producción (por la clase).

A este respecto, han tenido que ser estudiadas diferentes cuestiones:

— ¿Cómo se llega al problema? ¿Cómo pasar de la extrañeza al cuestionamiento? ¿Cómo alcanzar una formulación aceptada que impulse a una investigación autónoma? Estos aspectos han estado bien localizados por los trabajos del INRP sobre actividades de iniciación, a diferencia de los proyectos anglosajones de pedagogía del descubrimiento, pero no han sido suficientemente profundizados para que el saber adquirido pueda ser transmitido a los profesores.

— La estructuración (actividades de comparación entre lo que se ha obtenido y lo que se sabe o se ha podido encontrar en otra parte, adquisición de informaciones suplementarias por presentaciones del profesor o actividades de documentación, ejercicios sistemáticos para explorar los límites de validez, etc. y sobre todo establecimiento explícito de las relaciones entre todos los elementos del campo conceptual) es algo más que una última fase. Es otro comportamiento en ruptura con la resolución de problemas, como lo muestra la observación de las clases: el tipo de actividades y el estilo del profesor son muy diferentes.

— ¿Qué lugar dar a los aprendizajes espontáneos de la escuela (talleres, discusiones...) y cómo utilizarlos?

— ¿Cuáles son en cada caso las condiciones sociales de aprendizaje (papel del colectivo, del estilo del profesor, etc)?

El estudio de estos diferentes aspectos ha conducido a diferenciar los «modos de actividad didáctica» con su dinámica propia. El análisis es muy próximo a las proposiciones de M. Lesne (1977) a propósito de la pedagogía de los adultos (noción del modo de trabajo pedagógico). Al lado de actividades de resolución de problemas o de realización de proyectos que juegan un papel central, actividades «funcionales» o «sistemáticas» arraigan las adquisiciones científicas o técnicas en la vida de los niños y las prolongan hacia el saber social adulto.

Si se examinan con detalle los trabajos citados, se constatan convergencias sorprendentes con la tipología de las situaciones didácticas (acción, formulación, validación, institucionalización) y la noción de contrato didáctico desarrolladas por G. Brousseau, R. Douady et al para las matemáticas. La diferencias son sin embargo notables:

— Se trata menos de caracterizar la fase de una secuencia conducente a un punto de llegada bien definido, que de mostrar una pluralidad de orientaciones y sus dinámicas propias.

— En currícula ampliamente abiertos, la iniciativa del profesor, su estilo personal predominante, son tomados como componentes esenciales de la enseñanza. No se trata pues de eliminarlos o neutralizarlos en el montaje de una secuencia didáctica, sino al contrario. Pero entonces, la unidad de la investigación didáctica (investigación «en» didáctica e investigaciones «para» la didáctica) asegurada teórica y metodológicamente en matemáticas por la teoría de las situaciones didácticas y por el status de la ingeniería, es aquí mucho más difícil de mantener. Es evidente por el contrario que los «paradigmas» actuales de la didáctica de las matemáticas se ajustan mejor al estudio de ciertas actividades físicas en el liceo y en la universidad (salvo para las actividades de proyectos).

En el mismo orden de ideas la noción de dialéctica instrumento-objeto (R. Douady) se reencuentra en los papeles diferentes de los saberes adquiridos en resolución de problemas y estructurados en actividades «sistemáticas». Dicha noción podría ser objeto de un empleo mucho más sistemático en la didáctica de la física que parece haberla ignorado hasta el presente.

2.4. Los problemas de la cientificidad

Queríamos terminar este rápido examen con algunas observaciones sobre las problemáticas comparadas de la didácticas de las ciencias experimentales y de las matemáticas.

El primer punto es la noción de *ingeniería didáctica*, opuesta a la de *investigación-acción*. Se ha visto que una parte importante de las investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales, al menos en la escuela elemental y el colegio, toman la forma de investigaciones-acciones por dos razones fundamentales: porque se trata a menudo de ensayar por primera vez un contenido nuevo, y porque esta enseñanza tiene un currículum ampliamente abierto. Se está pues bastante lejos de investigaciones sobre «contenidos constantes» y «objetivos terminales fijados» que justifican en el fondo la noción de *ingeniería didáctica* en matemática o en física del liceo y la universidad, y que se encuentran en general en el transfondo de investigaciones didácticas que deseen presentarse como investigaciones «experimentales».

El segundo punto concierne a los problemas de *reproductibilidad* y de variabilidad de los caminos de aprendizaje. Por las mismas razones que antes, se comprende que este aspecto pueda interesar a la didáctica de la física en la enseñanza superior y el liceo, pero no corresponde a una preocupación mayor (salvo aprendizajes «instrumentales» bien circunscritos) para una iniciación.

El tercer punto concierne a las *variables didácticas* y la *modelización de situaciones*. Si es verdad que se sabe manipular las situaciones, se está muy lejos en didáctica de la ciencias, en todos los niveles, de disponer de variables aislables y definidas. Es una de las razones que conducen a introducir la noción de modo de actividad didáctica, estudiado ciertamente de manera analítica, pero poniendo en evidencia una complejidad de aspectos mas que verdaderas invariables didácticas.

El cuarto punto es el de los *conceptos «importados»*. La noción de obstáculo epistemológico, ciertamente modificado útil para las ciencias experimentales: noción de gas, noción de movimiento con relación a un sistema de referencia, noción de reproducción, etc). Se ha visto que muchos de los trabajos sobre las representaciones y los razonamientos sirven para circunscribir los obstáculos que tienen una significación científica mayor. Más allá, la nueva concepción de los objetivos utilizables por los profesores en los currícula tanto abiertos como cerrados (los objetivos/obstáculos), se apoya fundamentalmente sobre ellos.

Esta nueva concepción puede proporcionar un apoyo para la unidad de las investigaciones «en» didáctica y «para» la didáctica. Se trata sin duda de un punto nodal por donde pueden cooperar investigaciones fundamentales (psicología cognitiva, sociología y epistemología) y una perspectiva didáctica caracterizada por la responsabilidad asumida cara a cara del aprendizaje y de los contenidos enseñados.

Esta serie de observaciones tenía por principio mostrar que los desarrollos paralelos de las investigaciones didácticas en matemáticas y en ciencias experimentales han conducido a convergencias sorprendentes así como a diferencias sin duda profundas que interpelan a los investigadores. Un conocimiento recíproco y comprensivo debería permitir avances fecundos; es la convicción que el autor quisiera haber hecho compartir.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALEMANY, L. et al., 1982, Bibliographie pour l'initiation aux sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 636, p. 1393-1425 et n° 640, p. 497-522.

ARTIGUE, M. et DOUADY, R., 1986, La didactique des

mathématiques en France, *Revue Française de Pédagogie*, n° 76, p. 69-88.

ASTOLFI, J.P. et al., 1978, *Quelle éducation scientifique pour quelle société?* (PUF: Paris).

- CHEVALLARD, Y., *La transposition didactique*, (La Pensée Sauvage: Paris).
- DRIVER, R., GUESNE, E., TIBERGHIE, A., (ed.) 1985, *Children's ideas in Science*, (Open University Press).
- GIORDAN, A. et al., 1983, *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, (P. Lang).
- HOST, V., 1986, Théories de l'apprentissage et didactique des sciences, *Annales de Didactique des Sciences*, n° 1, p. 39-92.
- LESNE, M., 1977, *Travail pédagogique et formation des adultes*, (PUF: Paris).
- MARTINAND, J.L., 1984, Questions pour la recherche: La référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires in *Recherches en didactique de la physique*, p. 227-249. (CNRS: Paris).
- MARTINAND, J.L., 1986, *Connaître et transformer la matière, des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. (P. LANG: Paris).
- TIBERGHIE, A., 1985, Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique, *Revue Française de Pédagogie*, n° 72, p. 71-86.
- VERGNAUD, G., 1984, Quelques problèmes théoriques de la didactique à propos d'un exemple: les structures additives in *Recherche en didactique de la physique*, p. 391-402. (CNRS: Paris).
- VIENNOT, L., 1979, *La raison spontané en dynamique élémentaire*, (Hermann, Paris).

ANEXO 1

Activités d'éveil à l'école élémentaire

- I. Objectifs, méthodes et moyens, INRP. *Recherches pédagogiques*, n° 62, 1973.
 - II. Première approche des problèmes écologiques, INRP, *Recherches pédagogiques* n° 70, 1974.
 - III. Initiation physique et technologique, INRP. *Recherches pédagogiques*, n° 74, 1975.
 - IV. Initiation biologique, INRP, *Recherches pédagogiques*, n° 86, 1976.
 - V. Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique, INRP, *Recherches pédagogiques*, n° 108, 1980.
 - VI. Eléments d'évaluation, INRP, *Recherches pédagogiques*, n° 110, 1980.
- Eveil scientifique et modes de communication, INRP, *Recherches pédagogiques*, n° 117, 1983.
- ASTER, *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*, INRP, 1985.
- ASTER, *Formation scientifique et travail autonome*, INRP, 1985.

ANEXO 2

Journées Internationales sur l'Education Scientifique, UER de Didactique, Université Paris 7.

- I. *Les démarches scientifiques expérimentales: théorie et pratique*, 1979, 240 p.
- II. *Approche des processus de construction des concepts en sciences*, 1980, 286 p.
- III. *Diffusion et appropriation du savoir scientifique: enseignement et vulgarisation*, 1981, 332 p.
- IV. *L'informatisation de l'éducation scientifique*, 1982, 462 p.
- V. *Quels types de recherches pour rénover l'éducation en sciences expérimentales*, 1983, 648 p.
- VI. *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques*, 1984, 836 p.
- VII. *Education scientifique et formation professionnelle*, 1985, 518 p.
- VIII. *Education scientifique et vie quotidienne*, 1986, 558 p.