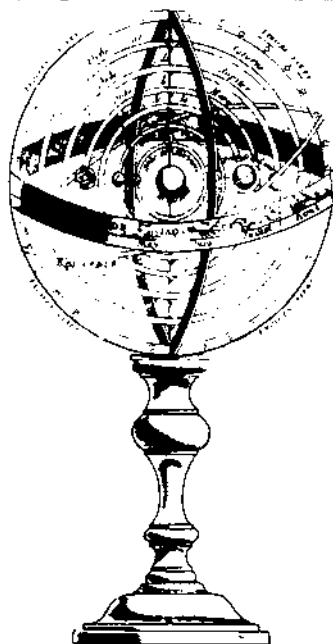


# OTROS TRABAJOS



---

## LA INVESTIGACION EN UN LABORATORIO DE DIDACTICA DE LAS CIENCIAS FISICAS

TIBERGHIEU, A.

L.I.R.E.S.P.T. (Université de Paris 7)

---

### SUMMARY

This is a description of the work carried out in a research laboratory on the didactics of Physics in Paris-VII University. The description includes general orientations, fields under research, researchers involved, materials issued.... This is so both in the field of innovation and didactic investigation as such.

---

### INTRODUCCION

La didáctica de las ciencias físicas es una disciplina reciente, por lo que depende, en mayor proporción que otras, de aportaciones diversas. Y si bien comienza a poseer identidad propia, aún ha de lograr su reconocimiento tanto al nivel de la comunidad científica como al de los profesores o al de los responsables de la educación.

El investigador en una didáctica especial está centrado en la enseñanza de una materia específica, lo

que le obliga a un análisis detenido de la materia enseñada y le distingue claramente de los psicólogos e investigadores en ciencias de la educación. Sin embargo, la investigación didáctica tiene lazos muy fuertes —debidos tanto a su historia como a su propia disciplina— con la psicología y las ciencias de la educación. Es indudable que trabajos como los de Wallon, Piaget, Ausubel... o también los de Landsheere, etc. han constituido una aporte-

tación o incluso una base para nuestra disciplina. Actualmente, los trabajos de los psicólogos especialistas del tratamiento de la información, por ejemplo, tienen un impacto importante sobre las investigaciones en didáctica relativas tanto a la resolución de problemas como al aprendizaje.

El objeto de las investigaciones en didáctica de las ciencias físicas es contribuir a la mejora de una educación científica (enseñanza en el marco escolar, formación continua, clubs científicos...). Los trabajos de investigación en este dominio deben pues conducir a un mejor conocimiento de:

- los mecanismos de aprendizaje de un concepto dado;
- los procesos puestos en juego por un individuo cuando utiliza sus adquisiciones;
- el impacto sobre los alumnos (jóvenes o adultos) de la enseñanza de las ciencias efectivamente impartida.

Los dos primeros puntos tienen como objeto de estudio al individuo; en el último es el grupo de individuo —una clase, por ejemplo— el que puede constituir el objeto de estudio.

Todos estos trabajos necesitan un análisis del contenido de cada concepto científico enseñado así como de su estructuración recíproca.

Debido al corto pasado de la investigación en la didáctica de las ciencias físicas, las informaciones acumuladas son poco numerosas. Sólo se han abordado algunos dominios y para un dominio dado coinciden raramente investigaciones que aborden el análisis de la materia, de los currícula, aprendizaje de las nociones y resolución de problemas. Además, los diversos niveles de enseñanza (de la escuela primaria a la universidad) no han sido abordados sistemáticamente. No obstante, algunos dominios han sido abordados más sistemáticamente: por ejemplo la mecánica o los circuitos eléctricos.

Así pues, en el estado actual de la didáctica de las ciencias físicas, el tipo de investigación a realizar será diferente según el dominio abordado. Un trabajo nuevo en un dominio ampliamente estudiado ya podrá hacerse —gracias a un balance preciso de la información acumulada— a partir de hipótesis plausibles o incluso basarse en un corpus teórico y en una metodología bien ensayada.

Por contra, si las adquisiciones concernientes a un dominio son escasas o nulas, el trabajo de investigación resultará más bien una especie de «desbrozo» de tipo descriptivo, sin hipótesis orientadoras fuertes. A menudo este último tipo de trabajo parece menos «noble» a los investigadores provenientes de un dominio con tradición investigadora como la física o la química. En efecto, estos trabajos abordan en general dominios muy amplios sin

hipótesis explícitas, lo que implica a menudo una metodología fluctuante. Sin embargo resulta necesario pasar por esta etapa de búsqueda de hipótesis. En efecto, es importante no encerrarse inicialmente en hipótesis demasiado rígidas pues ello conduce a resultados muy pobres sobre los que no pueden apoyarse investigaciones ulteriores.

La investigación en esta disciplina implica una cierta dualidad entre:

- por una parte la necesidad de lograr un mejor conocimiento de los mecanismos y los procesos puestos en juego por los alumnos cuando aprenden o utilizan sus adquisiciones, tomando en consideración la más amplia variedad posible de procedimientos de enseñanza;
- por otra parte la necesidad de trabajar sobre el contenido de la enseñanza efectivamente impartida y su impacto en los alumnos o también de tener en cuenta las limitaciones de la enseñanza.

Nuestro laboratorio no quiere encerrarse en una sola de dichas tendencias, puesto que ambos puntos de vista deben ser constantemente confrontados y en ello reside la característica y la riqueza de una investigación como la que se precisa.

Digamos por último que un laboratorio de didáctica debe asegurar:

- la difusión de los resultados obtenidos tanto entre los enseñantes como entre los responsables de la educación;
- la formación de los futuros investigadores. Por ello varios miembros de nuestro laboratorio están implicados en una enseñanza de tercer ciclo universitario, el D.E.A. de didáctica de las ciencias físicas.

## ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL LABORATORIO

El L.I.R.E.S.P.T. (Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie) es un laboratorio de la Universidad de París 7 asociado también al Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.) como equipo de investigación asociado.

Sus miembros son:

- enseñantes de nivel universitario (en número de ocho),
- investigadores del C.N.R.S. (uno),
- profesores del nivel secundario (cuyo número varía según las investigaciones emprendidas y las posibilidades de reducción horaria; actualmente dos trabajan a media jornada y otros quince participan en investigaciones específicas del laboratorio en horario suplementario a su jornada docente).

Todos los miembros del laboratorio son licenciados en física o química. Por otra parte nuestro laboratorio trabaja en colaboración con un equipo de

psicólogos. Este mismo equipo de psicólogos participa en el tercer ciclo universitario de didáctica de las ciencias físicas.

### ACTIVIDADES DEL LABORATORIO

Los diferentes dominios de investigación abordados en nuestro laboratorio ilustran bien la tensión entre la toma en consideración de la enseñanza impartida y la necesidad de poder, en caso necesario, romper con ella.

Vamos a precisar los campos en los cuales nuestro laboratorio ha realizado o realiza sus actividades. Para cada una de ellas especificaremos sus implicaciones en la enseñanza.

#### 1. Innovación.

Consideramos como innovación todo lo que concierne la puesta a punto de útiles pedagógicos, distinguiéndolos de las investigaciones realizadas sobre el uso de dichos instrumentos (investigaciones sobre los currícula).

**1.1. Los módulos.** Esta primera innovación se ha realizado esencialmente en el marco de una comisión creada en 1972 por el Ministerio de Educación Nacional (Comisión Lagarrigue) y ha consistido en elaborar «módulos» de enseñanza para los niveles de 4º y 3º (14-16 años). Estos módulos, realizados previamente a una reforma de la enseñanza de la física, han sido ampliamente experimentados. Cada módulo corresponde a un tema dado con una duración de 2 a 3 meses (30 horas). De este modo se han elaborado ocho módulos en torno a los temas siguientes:

— Astronomía, Electrónica, Química, Automatismos, Polímeros, Técnicas de fabricación, fotografía y energía.

Algunos de los resultados alcanzados han sido tomados en cuenta por los responsables para elaborar los programas de ciencias físicas. Las adquisiciones del laboratorio gracias a este trabajo han sido reinvertidas en particular en la confección de libros escolares para uso de alumnos y maestros.

**1.2. Los libros de texto.** Con ocasión de la producción de manuales de la colección «Libres Parcours» (Hachette: París) se ha profundizado y precisado la reflexión sobre los documentos en la iniciación a las ciencias físicas.

En primer lugar, nos ha parecido importante diferenciar los papeles del libro del profesor y del libro del alumno. La función del primero es de ayudar al profesor a construir su enseñanza y adaptarla a los alumnos, mientras que la del libro del alumno es de ser una ayuda en la adquisición y es-

tructuración de los conocimientos.

La idea fundamental que ha presidido la redacción tanto del libro del profesor como del libro del alumno es caracterizar la función científica de los documentos según las fases de la metodología científica, a fin de determinar en consecuencia las formas y los contenidos mejor adaptados:

- documentos para la puesta en situación y motivación;
- materiales para responder a una cuestión puntual o generalizar datos parciales;
- directivas para el trabajo autónomo o para la evaluación.

La concepción de los textos «Libres Parcours» ofrece un ejemplo, entre otros imaginables, de puesta en práctica de estos principios.

**1.3. Nuevos controles para el segundo ciclo (16-18 años) y pruebas del Bachillerato.** Los programas de ciencias físicas de los liceos franceses se han venido modificando progresivamente desde hace algunos años. Esta reforma ha alcanzado a las clases «terminales» en 1980/81. Los comentarios oficiales que acompañan estos nuevos programas insisten mucho en el aspecto experimental de las ciencias físicas preconizando, más allá del simple cambio de contenidos, un cambio en la orientación misma de la enseñanza.

En este contexto, el trabajo del Grupo Lagarrigue ha conducido a la constitución de un grupo centrado en la reflexión sobre el control de las adquisiciones por los alumnos. Dos grupos universitarios, nuestro laboratorio y el Instituto Superior de Pedagogía se han asociado para organizar este trabajo. El grupo así constituido (Grupo CHAPMAN), compuesto por cinco universitarios y profesores de las clases preparatorias y por siete profesores de liceo, ha trabajado sobre el problema de los controles.

Concretamente este trabajo se ha centrado en cuatro formas de control:

- las cuestiones sobre los métodos y el razonamiento experimental
- los problemas, parecidos a los problemas habituales, pero respetando ciertas reglas suplementarias (inclusión de cuestiones cualitativas de razonamiento además de las cuantitativas y tener presente que cada problema ha de poseer un objetivo bien definido)
- las cuestiones de respuesta breve, bien adaptadas para evaluar las adquisiciones metodológicas y de conocimientos.

Los resultados han dado lugar a publicaciones des-

tinadas al profesorado que incluyen el conjunto de controles puesto a punto, las modalidades de corrección y el uso que se puede hacer de los conocimientos actuales sobre el proceso de resolución de problemas.

## 2. La investigación sobre los currícula.

Las investigaciones actuales de nuestro laboratorio sobre los planes de estudio (currícula) son prolongaciones de los primeros trabajos sobre los módulos de iniciación a las ciencias y técnicas para la Comisión Lagarrigue y suponen profundizaciones o revisiones críticas ligadas a las observaciones referentes a la acción didáctica.

Cuatro grandes orientaciones se desprenden:

— la determinación de los contenidos. Los dominios abordados son la óptica (imagen), la Química (elemento químico, modelo atómico) la temperatura y las técnicas mecánicas de fabricación. Las cuestiones planteadas son la definición de conceptos, sus relaciones, sus niveles, la delimitación e inventario de los «saber-hacer» prácticos o intelectuales (métodos, instrumentos de comunicación o de representaciones, razonamientos). La solución de esas cuestiones pasa por la explicitación del dominio de investigación empírica o del campo de conocimientos que sirve de referencia.

— la caracterización de los objetivos pedagógicos. No se trata tanto de aplicar o de construir taxonomías como de producir instrumentos para los maestros utilizables durante la preparación y evaluación de la enseñanza o en el momento de las decisiones didácticas. La caracterización se apoya sobre el estudio de las representaciones iniciales de los alumnos y de su evolución y se articula con las opciones de actividad pedagógica.

— la explotación de los instrumentos didácticos. Los trabajos iniciales sobre los microordenadores (programas para la exposición Einstein en el Palais de la Découverte), los documentos para profesores y alumnos (manuales «Libres Parcours») conducen a proyectos de investigación: utilización de los microordenadores en el aprendizaje de la Física...

— la formación de los profesores. El ensayo de los módulos ha constituido la ocasión de una acción importante de formación cuyas condiciones e impacto son evaluadas, en particular en lo que concierne a las actitudes pedagógicas de los enseñantes.

La característica común a todas estas investigaciones es mezclar estrechamente:

— la participación directa (concepción, puesta a punto de los ensayos a pequeña o gran escala, formación de los profesores) en la experimentación de los currícula.

— el recurso a observaciones (estudio de representaciones de los alumnos) o a encuestas (evaluación).

— el recurso a un análisis en profundidad de la materia.

Se trata pues de investigaciones-acción y se oponen por tanto a los modelos habituales de la experimentación psicopedagógica, de la evaluación escolar, de la investigación histórica o psicológica. Ello puede ser una causa de dificultad pero también la condición del mantenimiento de una relación directa con los propios enseñantes.

Contrariamente a las ciencias de la educación, la didáctica no se concibe al exterior de las disciplinas. La especificidad de un laboratorio de ciencias físicas reside pues en asumir —gracias a la preparación de sus miembros, físicos y químicos— las responsabilidades esenciales para el contenido de la enseñanza. Ello se traduce en el papel especialmente relevante del análisis de los contenidos, presente en todas las investigaciones del LIRESPT.

A modo de ejemplo, he aquí tres títulos de investigaciones realizadas en este dominio en nuestro laboratorio:

— evaluación de las actividades de formación del profesorado desarrolladas en el curso de la experimentación del módulo sobre electrónica;

— contribución a la caracterización de los objetivos de la iniciación a las ciencias y técnicas;

— nociones físicas, objetos técnicos y estructuras matemáticas en la enseñanza de la noción de temperatura;

— contribución a la definición de una enseñanza sobre la luz y la óptica para niños de 13-14 años.

## 3. Investigación sobre las representaciones de los alumnos y el aprendizaje

Nuestro laboratorio desarrolla desde hace varios años investigaciones sobre las concepciones de los alumnos de 10 a 14 años en diversos dominios de la física: nociones sobre la luz, calor y temperatura, estado gaseoso, circuitos eléctricos y combustión.

En una primera etapa hemos estudiado las concepciones de los alumnos de una edad determinada, lo más a menudo antes de que hayan recibido una enseñanza sobre la noción elegida. Estos trabajos se han realizado en relación con la puesta a punto de una enseñanza para los niños de esta edad y han proporcionado indicaciones sobre las dificultades que podrían encontrar los alumnos en la adquisición de ciertas nociones, sobre los objetivos conceptuales pertinentes para las edades consideradas y sobre los procedimientos para alcanzarlos.

Estas investigaciones se han extendido en dos casos (calor y presión) a una población adulta, en el marco de la formación profesional.

En una segunda etapa, hemos proseguido estos

trabajos de investigación estudiando la evolución de dichas concepciones como consecuencia de una enseñanza. Para investigar cuales eran las concepciones de los niños (o adultos en formación) en un momento dado, hemos analizado las producciones de estos niños (interpretaciones, predicciones...) obtenidas a través de una entrevista personal, de una tarea realizada en clase o en el seno de un pequeño grupo. Hemos reagrupado todas las producciones de los niños relativas a una misma noción (desde el punto de vista del físico) y a continuación las hemos clasificado por categorías. Este análisis se ha efectuado tomando como marco de referencia el punto de vista del físico y el sentido global de las producciones de los niños, considerando en particular las relaciones y los parámetros invocados. Hemos llegado así a poner en evidencia ciertos tipos de enunciados frecuentes entre los niños y a menudo alejados del modelo de los físicos.

En ciertos casos, hemos podido hacer inferencias sobre el funcionamiento mental del niño del que se derivan dichas producciones. Para ello nos ha sido muy útil la noción de «esquema» introducida por las teorías del tratamiento de la información y de las formas de almacenamiento en memoria.

Cuando se trata de un concepto más amplio (luz, calor, estado gaseoso) o de un modelo (modelo del funcionamiento de los circuitos eléctricos) el conjunto de los esquemas movilizados en este caso es verosimilmente tan complejo que no tenemos generalmente acceso, en el estadio actual de nuestras investigaciones, a los esquemas más elementales y a sus relaciones. Consideramos que el niño moviliza esos diversos esquemas en el curso de una actividad representativa y cuando describimos, por ejemplo, cómo un niño se representa la luz, inferimos una representación (o «modelo») que da coherencia a un conjunto de producciones del niño.

Los trabajos relacionados con el aprendizaje han consistido en estudiar la evolución de las concepciones de los alumnos como consecuencia de una enseñanza. Dos tipos de investigación se han realizado:

— Investigaciones de tipo «etnográfico» que han consistido en observar y recoger las producciones verbales y escritas (y algunas veces gestuales) de pocos alumnos (dos a cuatro) a lo largo de todo un periodo de enseñanza (de dos meses a un año). El análisis de estas producciones se ha realizado comparando los estados inicial y final de dichos alumnos (obtenidos gracias a entrevistas y/o cuestionarios) e interpretando la evolución de los alumnos por los resultados obtenidos en el curso de la enseñanza;

— investigaciones que realizan «balances» sucesivos antes y después de la enseñanza, pero también durante la misma. En este curso, los balances se

han realizado, en la mayor parte de los casos, sobre un gran número de alumnos (un centenar o más) con ayuda de cuestionarios, además de entrevistas a unos pocos alumnos. Los balances realizados durante el periodo de enseñanza han consistido en controles o en informes de experiencias escritos en las clases.

Estas investigaciones sobre la evolución de las concepciones se han desarrollado sin el uso a priori de modelo teórico de aprendizaje, dado que las investigaciones actuales no proporcionan uno suficientemente elaborado. Sin embargo, una investigación de tipo etnográfico ha utilizado, para interpretar los resultados obtenidos, un modelo de aprendizaje tomado a los teóricos del tratamiento de la información.

Las implicaciones de estos trabajos en la enseñanza son dobles:

— a corto plazo: los resultados han servido directamente para la redacción de documentos destinados a informar al profesor sobre las dificultades que pueden encontrar sus alumnos en la adquisición de una cierta noción y proporcionarle los medios para mejor conocer dichas dificultades;

— a largo plazo: los resultados obtenidos sirven de base a otras investigaciones sobre el aprendizaje en la medida en que permiten establecer hipótesis explícitas y poner a punto una metodología adaptada.

#### 4. Investigaciones sobre la resolución de problemas.

En nuestro laboratorio esta investigación es más reciente y está actualmente en pleno desarrollo. Ha estado centrada —y lo sigue estando— en la resolución de problemas de electricidad; en el momento actual nos limitamos a los casos de corriente continua, dominio relativamente estrecho en el que los conocimientos no son demasiado importantes. Los niveles de enseñanza implicados son el final de los estudios secundarios e inicio de la universidad.

Tres direcciones de investigación se han desarrollado:

— la descripción de los mecanismos cognoscitivos utilizados por los sujetos que resuelven un problema de electricidad: este análisis se basa en los resultados de la psicología cognoscitiva;

— la definición de las capacidades especificadas necesarias para la resolución de un problema de electricidad;

— la observación en las clases de sesiones de corrección a fin de determinar en qué medida la corrección hecha por el profesor sirve para mejorar las capacidades de los alumnos para resolver nuevos problemas.

Un primer tipo de estudio se ha centrado en las estructuras y procesos cognoscitivos puestos en

juego durante la resolución del problema. Se han gravado magnetofónicamente los protocolos de resolución en voz alta de los sujetos (diez estudiantes franceses de la clase de segundo y sus profesores). El análisis detenido de estos protocolos muestra tres esquemas posibles de almacenamiento en memoria de los conocimientos en juego, esquemas que pueden coexistir en un mismo sujeto y que difieren según dos dimensiones:

- la existencia o no en memoria de un circuito prototipo;
- la utilización o no de una ley correcta (con sus condiciones de aplicación)

Un segundo tipo de estudio se refiere a los conocimientos útiles para la resolución de problemas que no son explícitamente enseñados. Por ejemplo, un esquema de circuito está a menudo asociado al enunciado y en este caso la resolución del problema viene condicionada por el tratamiento dado por el esquema. El estudiante debe saber que sólo son pertinentes las propiedades topológicas del circuito y que la forma del esquema no es importante. No debe preocuparse, por ejemplo, de la curvatura de los hilos ni de su longitud, puesto que sólo la disposición relativa de los elementos es importante. El estudiante debe también ser capaz de reconocer si dos o más circuitos están en serie o paralelo. Así, además de los conocimientos de electricidad (hechos, conceptos, leyes) existen conocimientos de procedimiento que el estudiante «medio» no posee, dado que la enseñanza no aborda dichos aspectos.

Actualmente en nuestro laboratorio se han iniciado investigaciones para profundizar en la importancia de los conocimientos implícitos y por otra experimentar una enseñanza sobre dichos conocimientos.

### **5. Dominios a los que se refieren las publicaciones del laboratorio.**

No es posible dar aquí la lista completa de las publicaciones del laboratorio y nos limitaremos sola-

mente a indicar los dominios a que se refieren. (Los interesados pueden solicitar la lista de publicaciones al LIRESTP, Université Paris 7, Tour 23-13, 5<sup>ème</sup> étage, 2 place Jussieu, 75251 Paris Cedex 05, Francia).

### **CURRICULA**

- Caracterización de los objetivos pedagógicos;
- Enseñanza concerniente a las combustiones (12 años)
- Enseñanza concerniente a la medida (caso de la temperatura) (10-11 años)
- Enseñanza concerniente a la luz y la óptica (10-11 años y 14-15 años)
- Construcción de controles (16-18 años)

### **REPRESENTACIONES Y APRENDIZAJE**

en los dominios:

- circuitos eléctricos
- luz
- calor y temperatura
- estado gaseoso y presión
- reacciones químicas

### **RESOLUCION DE PROBLEMAS**

en el dominio de la electricidad (fin de los estudios secundarios y universidad)

### **INNOVACION**

Libros del profesor y del alumno para los cuatro primeros años de la enseñanza secundaria (10-14 años);

Libro del profesor y en ciertos casos del alumno para cada uno de los módulos mencionados en el apartado 1.1.;

Libros del profesor para los últimos años de la enseñanza primaria (luz, circuitos eléctricos)