

Tranvía y bus de alto nivel de servicio (BANS) en Francia: campos de pertinencia en zona urbana

Con la evolución de las prácticas de desplazamientos y de las mentalidades, los transportes públicos deben adaptarse permanentemente, proponiendo innovaciones, tanto tecnológicas como organizativas. A partir de los años 80, bajo el impulso financiero del Estado, el tranvía se vuelve a introducir en las ciudades francesas (Nantes en 1985, Grenoble en 1987, Rouen y Estrasburgo en 1994), lo que conlleva proyectos de reordenación territorial urbana. La ley sobre el Aire de 1996 inicia con los PDU¹ de grandes reflexiones sobre los desplazamientos urbanos, que se traducen en numerosos proyectos de tranvía. Con el apoyo del Estado y el nacimiento de preocupaciones de marco de vida, se instala el tranvía en la mayoría de las grandes aglomeraciones francesas².

Progresivamente, se plantea la cuestión de la pertinencia del tranvía en las aglomeraciones medianas (menos de 300 000 habitantes), especialmente en la relación coste/necesidades. Así, aparece la idea de «sistemas intermediarios» entre el autobús y el tranvía, impulsada por una fuerte dinámica de innovación tecnológica: TVR de Bombardier, *Civis* de Irisbus, *Translohr* de Lohr, *Phileas* de APTS... Aunque las promesas de estos nuevos sistemas no siempre se mantienen, los investigadores y expertos vuelven la mirada hacia América y su Bus Rapid Transit (BRT). A partir de experiencias locales (*TVM* en Île-de-France, *TEOR* en Rouen, *BusWay*® en Nantes, etc.), esta acción da origen en 2005 al concepto de bus de alto nivel de servicio (BANS)³, que sitúa al autobús en el núcleo de un verdadero «sistema» de transporte y le vuelve a dar una imagen positiva. El impulso del BANS desde 2006 y la vuelta del Estado a la financiación de los transportes públicos acentúan la dinámica en torno a los transportes públicos en sitio propio (TCSP), que se inscriben ya en políticas locales y nacionales de desarrollo sostenible. Este entusiasmo sitúa la cuestión de la selección del sistema en el centro de debates complejos y delicados, en los que participan técnicos, responsables políticos y ciudadanos.

Una terminología que clarificar

Para hablar de TCSP son necesarias algunas precisiones de terminología. El tiempo, la historia y la evolución de las mentalidades hacen surgir, efectivamente, visiones diferentes de los sistemas de transporte urbano.

En Francia, 3 familias de TCSP urbanos que descansan en consideraciones reglamentarias

En Francia, la aparición de los «sistemas guiados sobre neumáticos» a finales de los años 90 dio lugar a confusiones en el plano semántico. En particular, motivado por la comunicación política, el uso abusivo del término «tranvía sobre neumáticos» genera varias ideas preconcebidas sobre la capacidad, las prestaciones, el atractivo y las condiciones de puesta en marcha de los sistemas

(reglamentación). Inmediatamente después, el BANS aparece como concepto cuyos límites son voluntariamente flexibles.

Por tanto, desde 2007, el Certu propone una nueva clasificación «TCSP urbanos», debatida en grupos de trabajo, que implica a la DGITM (Dirección General de las Infraestructuras, los Transportes y el Mar), al Gart, (Grupo de las Autoridades Responsables del Transporte) a la UTP (Unión de Transportes Públicos), al Inrets (Instituto Nacional de Investigación sobre los Transportes y su Seguridad) y al STRMTG (Servicio Técnico de Remontes Mecánicos y Transportes Guiados). Esta clasificación se basa en la distinción de los sistemas según dos reglamentaciones:

¹ Plan de Desplazamientos Urbanos.

² En 2009, Francia cuenta 407 km de tranvías en 17 aglomeraciones. De aquí a 2015, 10 aglomeraciones deberían unirse al «club» para llevar el total a unos 750 km.

³ El concepto de BANS (BHNS en francés por « Bus à Haut Niveau de Service ») es la adaptación del concepto BRT americano al contexto francés (transporte de masa ya asumido por los metros y tranvías, calles estrechas, recalificación urbana, etc.). Para más información consultar la publicación del Certu «BANS: de la elección del sistema a su puesta en marcha».



- el decreto nº 2003-425 relativo a la seguridad de los transportes públicos;
- los artículos R. 311-1, R. 312-10 y R. 312-11 del código de circulación y la orden del 2 de julio de 1982 relativa a los transportes públicos de personas, modificada por la orden del 18 de mayo de 2009.

Algunos sistemas guiados están sometidos a las dos reglamentaciones, en la medida en que el guiado es inmaterial (*TEOR* en Rouen, *Phileas* de APTS en Douai), o no permanente (*TVR* de Bombardier en Nancy y Caen). Por tanto, el

código de circulación limita el gálibo de sus materiales rodantes, considerados como vehículos de carretera (24,50 m de largo, 2,55 m de ancho, retrovisores aparte). Por el contrario, el *Translohr* propuesto por Lohr Industrie lo guía de manera permanente un raíl central. Por consiguiente, sólo está sometido a la reglamentación sobre los transportes públicos guiados, como el metro y el tranvía.

Estas consideraciones reglamentarias y técnicas permiten definir tres clases de TCSP urbano: el metro, el tranvía y el bus de alto nivel de servicio (BANS).

Transportes públicos en sitio propio (TCSP)

Se entiende por «transporte público en sitio propio» (TCSP) un sistema de transporte público, que utiliza mayoritariamente zonas dedicadas a su explotación. El enfoque «sistema» de un TCSP se basa en 3 componentes y su articulación:

- la infraestructura (plataforma, estaciones, etc.);
- el material rodante;
- las condiciones de explotación (modalidades de circulación, sistemas de ayuda a la explotación, información viajeros...).

Metro

El metro es un TCSP guiado de manera permanente, que se caracteriza por un sitio propio integral (sin cruce, plataforma inaccesible a los peatones, a las bicicletas y a todo vehículo con motor). Generalmente, es subterráneo o en viaducto. Se explota mediante carril libre, con ayuda de un sistema de acotamiento. Puede ser automático. Se diferenciará entre metro pesado y metro ligero de tipo Vehículo Automático Ligero (VAL).

Tranvía

El tranvía es un TCSP guiado, que se caracteriza por un vehículo sujeto a seguir de manera permanente una trayectoria determinada, por uno o varios raíles materiales. Se incluye pues en esta categoría el «Tranvía sobre neumáticos» *Translohr*, del constructor Lohr, sistema guiado sobre neumáticos que presenta la particularidad de un guiado material permanente por raíl. Esta característica le permite sustraerse del código de circulación, especialmente en lo que se refiere a las dimensiones de los trenes.



Translohr en Clermont-Ferrand (fuente: Certu)

Bus de alto nivel de servicio (BANS)

El BANS es un TCSP que se caracteriza por un vehículo de carretera limitado por el código de circulación a 24,50 m de largo y 2,55 m de ancho.

A través de un enfoque global (material rodante, infraestructura, explotación), el BANS garantiza un nivel de servicio superior al de las líneas de autobuses convencionales (frecuencia, velocidad, regularidad, comodidad, accesibilidad) y continuo. Se acerca al nivel de servicio de los tranvías franceses. El autobús se considera aquí en su concepción más vasta. Puede ser guiado (guiado material o inmaterial) o no guiado, con motorización térmica, eléctrica o híbrida. Se hablará entonces de «trolebús de tránsito rápido» para los BANS que utilizan vehículos trolebús: C1/C2 en Lyon, proyectos en Saint-Étienne, Valenciennes y Nancy.

El *TVR* de Bombardier, sistema guiado mediante raíl central sometido a las disposiciones del código de circulación, se considera a este título como un BANS guiado. El *Phileas* de APTS, actualmente en desarrollo, también debería incluir la categoría BANS guiado, bajo reserva de homologación del vehículo de carretera por parte de los servicios competentes en Francia.



BHNS guiado en Rouen
(fuente: comunidad de aglomeración de Rouen)

Esta clasificación pone de manifiesto un enfoque diferente de la reglamentación, en función de la naturaleza del guiado:

- permanente y material para el metro y el tranvía;
- parcial, inmaterial o inexistente para el BANS.

Clasificación de los TCSP de superficie en función de las características de guiado (fuente: Certu)

Clasificación TCSP	Tranvía		BANS guiados				BANS no guiado
	Tranvía hierro	Translohr	TVR de Bombardier en Caen	TVR de Bombardier en Nancy	Phileas de APTS en Douai*	Autobús con guiado óptico	Autobús clásico
Tipo de guiado	2 raíles portadores	rail central	rail central	rail central	magnético	óptico	
Clase de guiado	material	material	material	material	inmaterial	inmaterial	
Utilización de guiado	permanente	permanente	todo el recorrido comercial (excepto almacén)	una parte del recorrido comercial	permanente (excepto modo degradado)	permanente (excepto modo degradado) o puntual	ninguno
Sometido a la reglamentación TPG	sí	sí	sí	sí	sí	sí	no
Sometido al código de circulación	no	no	sí	sí	Sí	sí	sí

* en proyecto

También pone de relieve la noción de **capacidad**, que sigue siendo un criterio importante en la elección de un sistema TCSP:

- el guiado permanente y el sitio propio integral abren vastos horizontes para el metro;
- en un grado inferior, el tranvía debe su gran capacidad a sus dimensiones, permitidas por el guiado material permanente. Por el contrario, su capacidad sigue limitada por las condiciones de explotación (gestión de los cruces) y la longitud de los andenes;
- las velocidades y frecuencias del BANS pueden ser idénticas a las de un tranvía. Por el contrario, las dimensiones del material rodante y, por tanto, su capacidad, están limitadas por el código de circulación.

Enfoques diferentes de un país a otro

La visión del tranvía en Francia sigue estrechamente relacionada con su desmantelamiento tras la segunda guerra mundial. Su reintroducción a partir de 1985 descansa en fuertes exigencias en materia de nivel de servicio (recurso casi absoluto al sitio propio) y en el proyecto urbano que la acompaña.

En otros países, especialmente en el norte y el este de Europa, el tranvía sigue siendo, ante todo, una herramienta de transporte. Sus prestaciones varían según las configuraciones: desde el tranvía inmerso en la circulación, según el modelo del viejo *Streetcar* americano, hasta el tranvía que presenta secciones en túnel. No obstante, el tranvía presenta características comunes a nivel europeo: una circulación en su mayoría en la red vial y una relativa «permeabilidad» del sitio propio. De hecho, en Alemania, el tranvía se designa con el término de *Straßenbahn*, que remite a la idea de «ferrocarril en la calle». Sin embargo,

cuando se utiliza material ligero (de tipo tranvía) en forma de metro (sitio propio integral inaccesible), se habla de *Stadtbahn*. Esta noción de *Metro Ligero* se encuentra también en el concepto de *Light Rail Transit (LRT)* americano, que se extendió ampliamente en el mundo. Los límites de este último siguen siendo variados. Aunque en Estados Unidos el LRT remite a sistemas que van del metro ligero al metro, a veces el término engloba, sin duda sin razón, al «tranvía europeo».

En lo referente al autobús, la terminología traduce, en primer lugar, diferencias de contexto de un continente a otro. En la mayoría de las ciudades de Europa, las necesidades de fuertes capacidades ya están satisfechas por los trenes de periferia, los metros y los tranvías. El BANS (*o BHLS* en inglés para *Bus with a high Level of Service*) se adapta pues al número de usuarios, conservando las principales ventajas del tranvía y su filosofía en materia de inserción en calles a menudo estrechas. Por el contrario, el concepto de BRT y sus proyectos míticos asociados (Bogotá, Curitiba) remiten regularmente a una fuerte necesidad de capacidad, que puede traducirse con cortes urbanos fuertes (circulaciones en sitio propio de 2x2 carriles, cruces desnivelados, pasarelas para los peatones, convoyes de autobuses...). Este *Full-BRT*⁴ parece extenderse en numerosas grandes metrópolis de países en desarrollo y transmite una imagen parcial del BRT. Efectivamente, en Estados Unidos, el concepto BRT es más vasto, ya que incluye el *BRT-Heavy* (el equivalente del BANS francés) y el *BRT-Lite*, que corresponde a operaciones de dinamización de líneas, como las *Lianes* en Dijon o las líneas *Chronobus* en Nantes. Esta última categoría se basa, ante todo, en líneas de gran frecuencia y amplitudes horarias, con acondicionamientos puntuales a nivel de algunos puntos negros (cámara de aire, pasillo de autobús, prioridades en los cruces).

⁴ Término empleado en Estados Unidos para caracterizar los BRT de muy gran capacidad.

¿Qué tcsp elegir? una cuestión universal que evoluciona con el tiempo

La cuestión de la elección del sistema TCSP se sitúa en el centro de numerosos debates. Mientras que los transportes públicos ocupan ya una situación importante en el debate político, esta cuestión encuentra eco entre los ciudadanos, las asociaciones, los apasionados, la prensa... Se traduce de forma diferente según los países, las ciudades y las épocas.

En Estados Unidos, el debate entre BRT y metro ligero (LRT) es antiguo y se apoya en numerosos lobbies. Algunos estudios en San Luis y Washington en los años 50 hicieron emerger los primeros proyectos de BRT. Rápidamente, se compara con el LRT. Este debate todavía es de actualidad. Se sigue apoyando en los mismos argumentos:

- En las ciudades norteamericanas, los transportes públicos deben, ante todo, responder a las necesidades de los usuarios de lanzaderas, que van a los Central Business District (CBD) desde su domicilio de las afueras⁵. Gracias a su flexibilidad y por un coste limitado, el BRT permite plantearse formas de explotación más adaptadas a las necesidades: limitación de las excavaciones y servicios directos más rápidos, como complemento de líneas ómnibus.
- Los defensores del LRT ponen de relieve su nivel de servicio, su capacidad, su atractivo y su potencial para estructurar el entorno atravesado.

En Europa, la cuestión de la elección del TCSP es generalmente de la competencia de una autoridad de transportes urbanos única, que define las necesidades (trazado, capa-

cidad...) y, a continuación, los medios necesarios (tipo de sistema). Las islas británicas representan la principal excepción. La desregulación de los autobuses en Gran Bretaña o la separación de las competencias entre autobuses y tranvías en Irlanda constituyen frenos para llevar a cabo un enfoque global integrado. En estos contextos, el tranvía presenta dificultades para consolidarse.

En Francia, al principio, los debates sobre los TCSP estuvieron marcados, a partir de los años 80, por la elección entre el Vehículo Automático Ligero (VAL) (1ª puesta en servicio en 1983 en Lille) y el tranvía. Estos dos sistemas presentan características muy diferentes en términos de prestaciones, inserción urbana y costes. Así, el debate fue muy animado en las grandes aglomeraciones de provincia, que deseaban dotarse de un TCSP (especialmente Estrasburgo, Toulouse, Rennes y Burdeos). De 1994 a 2003, el Estado participó indirectamente a este debate, favoreciendo el desarrollo del tranvía respecto al VAL, mediante tasas y límites de subvenciones más ventajosos.

Con la difusión del tranvía en aglomeraciones de menos de 300 000 habitantes a partir de 2001 (Montpellier, Orléans) y la emergencia reciente de los BANS, los debates se vuelven a centrar ahora en los TCSP de superficie. Sin embargo, a diferencia de la decisión VAL/tranvía, la decisión tranvía/BANS se sitúa en el marco de una visión compartida en términos de nivel de servicio e inserción urbana. No obstante, tranvía y BANS son complementarios y poseen su propio campo de pertinencia.

Campos de pertinencia de los tcsp de superficie y proceso de selección

La acción que lleva a la elección de un TCSP puede ser compleja. Necesita tiempo, estudios, concertación y una implicación fuerte de los responsables en algunos aspectos técnicos muy especializados. Se basa especialmente en las 6 temáticas que se desarrollan a continuación en el artículo. El progreso de los estudios puede necesitar iteraciones entre estas temáticas, ya que la elección del sistema más adaptado no siempre es inmediata.

La visión a largo plazo (20-30 años) del desarrollo de la aglomeración y de las redes de TC/TCSP

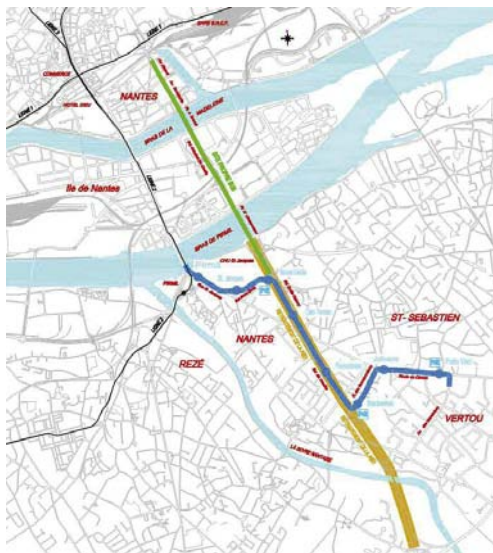
Las estrategias de localización a largo plazo del hábitat, los empleos y los equipamientos, así como las evolu-

ciones de las expectativas y los comportamientos, pueden modificar los equilibrios y las necesidades en materia de desplazamientos de una aglomeración. Además, pueden estar influenciadas por la política de transportes. De esta forma, la construcción de las redes de TCSP (sistemas, trazados, organización general de los TC) debe anticipar lo mejor posible estos fenómenos, en una visión global a largo plazo.

Respecto a la lógica de construcción de las redes de TC a largo plazo, los informes sobre las experiencias de las primeras ciudades con TCSP permiten sacar varias conclusiones:

⁵ A la inversa, en Europa, los transportes públicos utilizan el potencial proporcionado por la concentración de los flujos y ocupan un puesto cada vez más importante por otros motivos diferentes de los desplazamientos domicilio-trabajo

- **La 1ª línea de TCSP no debe concentrar todos los esfuerzos.** Para obtener un efecto duradero, la mejora del nivel de servicio debe ser continua en el tiempo (desarrollo de otras líneas TCSP, mejoras en la red de autobuses, etc.) y la AOTU⁶ debe disponer de márgenes de maniobra, pensando a largo plazo. Por otro lado, una primera línea de TCSP no debe intentar servir sistemáticamente los grandes polos generadores de tráfico, con el riesgo de ser sinuosa (velocidad limitada), costosa (inversión y explotación), o incluso subcapacitada. Por el contrario, puede constituir una etapa del desarrollo de una red de líneas de tránsito rápido.
- **Los TCSP forman parte de una red global que los acompaña.** No deben concentrar todos los esfuerzos. Los efectos más positivos en términos de movilidad TC se observan allí donde la oferta de autobuses clásica presenta buenas prestaciones de forma paralela (Nantes, Estrasburgo, Rennes). Es todavía más cierto cuando los TCSP sólo llegan a una parte del territorio.
- **Las líneas de enlace por autobuses → TCSP no deben ser sistemáticas.** La organización de una red de autobuses «al servicio» del tranvía ha mostrado sus límites, como lo demuestra la experiencia de la 1ª línea de tranvía de Orléans en 2001. Aunque permite asegurar un nivel mínimo de tráfico en la línea de tranvía, este funcionamiento no garantiza para nada un «efecto TCSP» en el conjunto de la red⁷. Por otro lado, puede generar trasbordos penalizadores, especialmente en el sentido saliente, cuando las frecuencias de los autobuses no son suficientes. A veces, es preferible multiplicar las posibilidades para el usuario: enlaces eficaces o difusión del autobús en el centro de la ciudad, con una gestión del mallado de la red. Este concepto de «enlace sin obligación» se pone en marcha especialmente en Rennes, Lyon y Le Mans.
- **Los problemas de capacidad de los TCSP deben anticiparse** para evitar dificultades a medio plazo (problema de explotación, irregularidad, descenso de la velocidad comercial, mala imagen del servicio). En particular, se puede cuestionar la lógica de concentración de las líneas en un polo central fuerte. Además de las dificultades de explotación de las líneas (3 líneas de tranvía se cruzan en el nudo «Plaza del Comercio» en Nantes), estas configuraciones dan lugar a flujos de peatones difíciles de gestionar en espacios estrechos (estación «Homme de Fer» en Estrasburgo). Entonces las administraciones deben tener en cuenta esta dimensión en sus futuros proyectos (circunvalaciones tranvía, como la línea E de Estrasburgo, mallado de la red iniciado con la línea 4 en Nantes).
- **Varias redes francesas incluyen ya la noción de mallado** en la construcción de sus redes de TCSP, tanto para responder mejor a las necesidades de desplazamientos como para anticipar los problemas de capacidad. Esta filosofía se desarrolla como complemento de una red de TCSP ya existente (extensión de la línea E de tranvía de Toulouse, línea C de Grenoble) o a partir de las primeras líneas de TCSP (proyecto de tranvía de Dijon).



La cuestión de la organización global y a largo plazo de las redes constituye una problemática mayor. Algunas redes anticipan esta dimensión en sus reflexiones (Nantes y Estrasburgo desde hace varios años, Dijon). Otras llegan a ella de forma natural. Es el caso de la aglomeración de Burdeos, cuyos proyectos de TCSP a corto plazo (2012-2013) conciernen esencialmente prolongaciones de líneas de tranvía existentes ya muy cargadas. Los debates que tuvieron lugar en el momento de la renovación de la delegación de servicio público pusieron de relieve estas debilidades. A corto plazo, el nuevo explotador ha propuesto la instalación de *Lianes*, según el modelo de Dijon, con el fin de reforzar el atractivo del autobús como complemento del tranvía. Paralelamente, la aglomeración ha incluido estos elementos en su reflexión, según el esquema de desarrollo de la red de TCSP en el horizonte 2020-2030.

Entre Vertou y Nantes, la elección del BusWay® (azul y después verde) respecto a una nueva rama de tranvía (azul) inicia un mallado del centro de la ciudad, desatascando el tranvía existente (gris) (fuente: Nantes Métropole)

⁶ Autoridad Organizadora de Transporte Urbano

⁷ ¡Medido en número de desplazamientos y no en número de viajes!

Los objetivos de nivel de servicio del TCSP

Tranvía y BANS pueden aportar el mismo servicio en lo referente a las frecuencias, la amplitud horaria, la velocidad y la regularidad. Todo depende de sus condiciones de circulación. La diferencia está en los niveles de comodidad, accesibilidad, imagen y legibilidad, que son superiores con el tranvía, incluso si las evoluciones en torno al autobús (diseño, guiado) han permitido numerosas mejoras.

Comodidad: la circulación hierro sobre hierro y el guiado aportan un mejor confort de circulación (menos balances para los usuarios de pie). Los tranvías sobre hierro modernos son relativamente silenciosos, aparte de los crujidos en las curvas demasiado estrechas. Respecto a este tema, los vehículos sobre neumáticos presentan una ventaja pero, **de manera general, las curvas de pequeño radio deben evitarse por cuestiones de velocidad.**

Accesibilidad: los sistemas guiados monovía (tranvía sobre hierro, *Translohr*) proponen niveles de accesibilidad óptimos, tanto en la interfaz andén/vehículo como en el interior del vehículo. Los espacios horizontales y verticales son inferiores a 3 cm en todas las puertas. Todavía no hay

informes de experiencia sobre el BANS *Phileas*, que también es un sistema monovía. Los sistemas guiados ópticamente (no monovía) ofrecen igualmente una buena accesibilidad (espacios horizontales y verticales inferiores a 5 cm en la puerta más accesible en TEOR, en Rouen).

Imagen y legibilidad: los tranvías sobre hierro permiten más libertad en términos de selección de materiales (adoquines, césped, etc.), para reforzar la imagen moderna y de calidad del sistema. Los raíles participan a la legibilidad del sistema. No obstante, los informes de experiencias muestran que el BANS dispone de un alto potencial en términos de imagen, recalificación urbana y legibilidad. En Rouen, el BANS *TEOR* es ampliamente plebiscitado por los usuarios, especialmente gracias al alto nivel de servicio aportado (nota de 16,2/20 de satisfacción global para *TEOR*, 15,7/20 para el tranvía).

Los sistemas de alimentación por el suelo (14 km en Burdeos) y de baterías embarcadas (recorrido de la plaza Masséna en Niza) participan ya a la calidad estética de la inserción de los tranvías. En un futuro más o menos cercano, el trolebús podría disponer también de este tipo de técnicas.



Avenida Alsace Lorraine en Rouen antes y después de la instalación de TEOR (fuente: comunidad de aglomeración de Rouen)

¿Del tranvía al tren-tranvía?

A menudo se pone de relieve, como argumento a favor del tranvía, la interconexión posible con la red ferroviaria clásica, que pretende reducir las rupturas de carga. En la práctica, las perspectivas de desarrollo de redes ferroviarias interconectadas (urbana/red ferroviaria nacional) en Francia parecen limitarse a varias grandes aglomeraciones (París, Lyon, Lille, Estrasburgo, Nantes, etc.), en contextos particulares (Valle del Thur, estrecho y denso, en Mulhouse) o como soporte de desarrollo. El «modelo de Karlsruhe», a menudo citado como ejemplo, se basa en una urbanización bastante más favorable que la de nuestras aglomeraciones francesas y en un fuerte impulso de la cercanía.

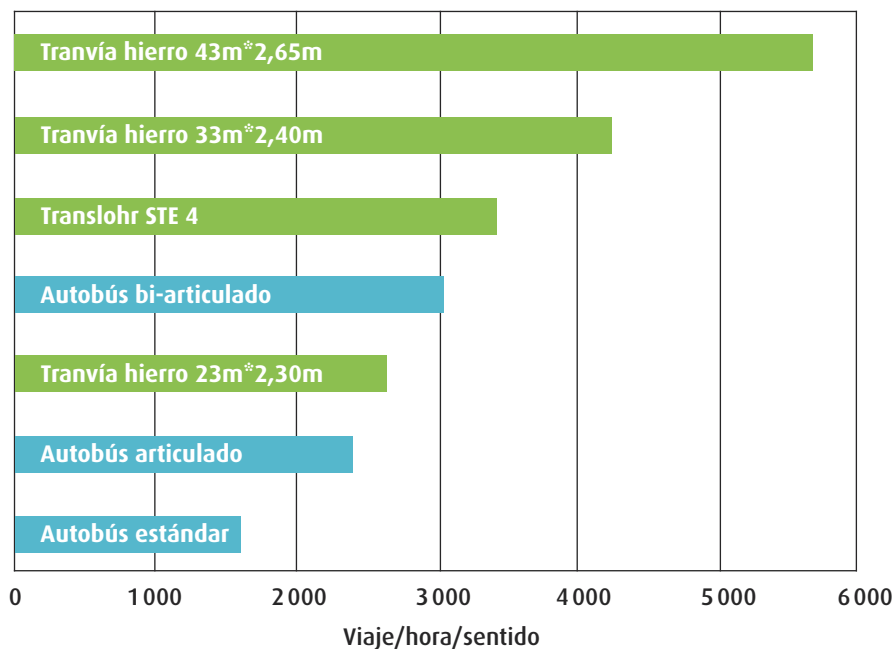
Finalmente, el potencial del «tren-tranvía» descansa actualmente sobre todo en las posibilidades de materiales específicos (capacidades de aceleración y frenado), que permiten un servicio más fino de los territorios (Aulnay-Bondy y proyectos del Oeste de Lyon y de Nantes-Chateaubriand).

Demanda de desplazamientos y capacidad de los sistemas TCSP

Las capacidades máximas teóricas de los sistemas TCSP dependen de la **frecuencia** y la **capacidad de los materiales rodantes**. Se calculan según la base de una norma de comodidad de 4 personas/m² y un servicio optimizado (regularidad perfecta, frecuencia de 3 minutos por sentido). En la práctica, la capacidad de un sistema es am

pliamente dependiente de las condiciones de aplicación y explotación. Venta de billetes a bordo, ausencia de prioridad en los semáforos, respeto incorrecto de los sitios propios... son algunos de los elementos que impactan negativamente la regularidad y, por tanto, la capacidad de un TCSP.

Capacidad máxima de los materiales (4 pers./m² - frecuencia de min.) (fuente: Certu)



Tranvía y BANS presentan niveles de capacidad diferentes debido a las reglamentaciones.

El vehículo del BANS está efectivamente limitado por el código de circulación a 24,50 m de longitud y 2,55 m de anchura, retrovisores no incluidos. Aparte del TVR de Bombardier en Caen y Nancy, en Francia sólo circulan actualmente autobuses estándar o articulados (18,75 m de largo como máximo). En el extranjero, algunas aglomeraciones explotan autobuses bi-articulados no guiados (Van Hool AGG 300 en Utrecht y Hamburgo, vehículos Hess en Suiza). Los constructores que trabajan sobre el tema deberían proponer nuevos materiales en los próximos años. Varias aglomeraciones francesas, entre ellas Nantes y Nîmes, se muestran interesadas por este tipo de vehículo.



Autobús bi-articulado Van Hool AGG 300 en Utrecht (fuente: Certu)

Las dimensiones de los vehículos tranvías (sobre hierro o neumáticos) pueden, por el contrario, ir más allá de los límites fijados por el código de circulación. Son materiales modulables, cuyas capacidades pueden variar fuertemente de un modelo a otro, en función de las opciones (ancho, largo, disposición interior).

La adecuación entre capacidad y demanda es delicada, ya que se basa en previsiones de tráfico a largo plazo (20-30 años), que pueden evolucionar en función del contexto. Desde 2006, debido al efecto de la bajada del poder adquisitivo y la toma de conciencia medioambiental, se observa un fuerte crecimiento de la frecuentación de las redes. Esto recuerda el fuerte potencial de desarrollo de los transportes públicos urbanos, pero se necesita cierta

prudencia. Efectivamente, estas tendencias recientes no están estabilizadas y la incertidumbre sigue presente, incluso en el caso de modelización fina.

No obstante, las experiencias francesa y europea muestran que deben preverse márgenes de capacidad. La elección de un sistema que alcanza su límite de capacidad desde su puesta en servicio o poco tiempo después, puede engendrar dificultades de explotación (tiempos de subida/bajada importantes, fenómenos de «subida imposible», irregularidades, disminución de las velocidades comerciales...). Éstas generan entonces excesos de costes de explotación y difunden una imagen muy negativa entre la población.

Frecuentación de líneas de TCSP: ¿qué comparaciones?

Las comparaciones de frecuentaciones de líneas TCSP entre aglomeraciones son delicadas. Las configuraciones de las líneas TCSP son diferentes de una ciudad a otra, en particular en lo que se refiere a su longitud y a la repartición de la clientela en las diferentes paradas (concentración o dispersión). A título de ejemplo, el BANS *Trans-Val-de-Marne* en Île-de-France presenta una frecuentación de 65 000 viajeros/día en 22 km, mientras que la línea B de tranvía de Grenoble presenta 50 000 viajeros/día en 9 km (datos 2007).

Como mínimo, la frecuentación debe por tanto relacionarse con la longitud de la línea o con el número de estaciones.

En 2005, **la gran mayoría de las líneas de tranvía sobrepasaba los 4 000 viajeros por kilómetro de línea**. Con 2 500 viajeros por kilómetro de línea, Orléans parecía una excepción, especialmente porque contenía una larga parte actualmente no urbanizada entre el barrio de *La Source* y el centro.

Costes globales de los sistemas TCSP

La cuestión de los costes de los sistemas es objeto de numerosos estudios y controversias, especialmente en el extranjero. En el difícil contexto de la financiación de los transportes públicos, este tema se aborda a menudo de manera demasiado simplista y no puede resumirse al hecho de que «el BANS cuesta 3 veces menos que un tranvía», como se entiende a menudo en Francia.

El conocimiento de los costes de los diferentes puestos de inversión y explotación es difícil, ya que remite a datos estratégicos para los constructores y los operadores. No obstante, a partir de los informes de experiencias de TCSP en servicio y en proyecto (llamamiento a proyectos «transportes urbanos», resultado del Grenelle del medio ambiente), es posible dar algunos órdenes de magnitud.

Para ser pertinente, el análisis de los costes debe:

- considerar los costes de inversión pero también los costes de explotación y regeneración a largo plazo (reparación de la capa de rodamiento a causa de la formación de roderas para los sistemas sobre neumáticos, cambio de agujas para los tranvías, renovación de los materiales rodantes a mitad de vida, etc.);
- incluir la duración de vida de los materiales rodantes;
- aislar la parte «transportes» de los TCSP de la reordenación territorial urbana de fachada a fachada, que son independientes de la elección del sistema TCSP;
- integrarse en un verdadero cálculo económico a largo plazo.

Datos de costes de los sistemas TCS (fuente: Certu)

Sistema	BANS	Tranvía (sobre hierro o neumáticos)
Coste de un vehículo (valor 2007 s/IVA)	300 k€ à 900 k€	1,5 a 3 M€
Coste de inversión de una 1ª línea de TCSP - parte «transporte», vehículos no incluidos - (valor 2013 s/IVA)	2 a 10 M€/km de sitio propio	13 a 22 M€/km de sitio propio
Duración de vida del material rodante	15-30 años	30-40 años
Costes de explotación de una 1ª línea TCSP (valor 2008 s/IVA)	3,5 a 5 €/km	5 a 7 €/km

Nota:

- los costes de inversión de la parte «transportes» no comprenden las operaciones de red vial fuera de sitio TC, los equipamientos urbanos y las operaciones inducidas. Dependen especialmente del nivel de servicio y del contexto (obras de arte, almacén...);
- el coste del vehículo BANS depende de su longitud y sus equipamientos. El valor de 900 k€ para el BANS corresponde a un trolebús articulado moderno;
- el TVR de Bombardier, que ya no se fabrica, y el Phileas de APTS, que no está homologado al día de hoy, no se consideran en los datos de la tabla. No obstante, cabe citar que el TVR de Caen presentaba un coste de inversión (parte «transporte», incluido el material rodante) de 14M€₂₀₀₀/km de sitio propio y un coste de explotación de 6,5 €/km en 2003, es decir, del nivel de un tranvía. Por otro lado, el proyecto de Phileas en Douai está cifrado en 7,5M€HT₂₀₀₇/km de sitio propio en los mercados de obras de 2007. El material rodante se estima en 1,3 M€ para un vehículo de 18 metros.

El análisis del par costes/demanda

El análisis del par costes/demanda es a menudo determinante en la elección del sistema TCSP. Para los «casos límites», se recomienda construir escenarios de ofertas que permitan agotar el mismo tráfico (ej.: 1 BANS cada 3 minutos en horas punta, 1 tranvía cada 5 minutos, etc.). A largo plazo, los costes engendrados por la fuerte frecuencia del BANS pueden anular la ventaja en la inversión.

Inserción urbana del TCSP

La inserción urbana de los TCSP debe integrarse en una acción global, que pretenda favorecer el uso de los modos alternativos al coche particular: transportes públicos pero también modos suaves. No obstante, la estrechez de las calles de la mayoría de las ciudades francesas puede hacer que la tarea sea particularmente difícil. La visión a largo plazo de la aglomeración y su red de TC puede llevar a elecciones de sistemas y trazados incompatibles con las posibilidades de inserción.

Los sistemas sobre neumáticos presentan la ventaja de poder girar mejor, sobre todo cuando son guiados y monovía. Precisemos también que los autobuses bi-articulados pueden presentar mejores características de inserción en curva que los autobuses articulados (eje trasero direccional, por ejemplo). Por el contrario, la ocupación del espacio público en curvas de los tranvías es menor que la de los autobuses. **Más allá de los límites físicos, los TCSP deben evitar trazados demasiado sinuosos, en una lógica de resultados (comodidad y velocidades especialmente).**

El tranvía presenta una mejor inserción en línea recta, gracias a materiales rodantes que pueden ser poco anchos (2,40 m para el estándar clásico, 2,20 m para el *Translohr*). Los autobuses tienen anchuras que se sitúan entre 2,50 m y 2,55 m, a las que hay que añadir los desbordamientos de los retrovisores (0,25 m de cada lado). Utilizando puertas suplementarias en el lado izquierdo (caso de todos los tranvías en Francia y del *Phileas* de APTS), también es posible reducir la zona ocupada a nivel de las estaciones (un andén central de 4 m, en lugar de 2 andenes laterales de 2,50 m, por ejemplo).

Inserción de diferentes sistemas TCSP (fuente: Certu y Cete Mediterráneo)

Sistema	Tranvía hierro	Translohr	TVR	Phileas ⁽¹⁾	TEOR	Autobús clásico ⁽²⁾
Tipo de guiado	2 raíles portadores	rail central	rail central	informática con recableado mediante contactos magnéticos	óptico	sin guía
Monovía	sí	sí	sí	sí	no	no
Control en alineación recta (carril doble)	5,6 m a 5,8 m	5,4 m	6,2 m	6,5 m a 7 m	6,7 m a 7,3 m	6,5 m a 7 m
Radio mínimo aceptable	25 m	10,5 m (al rail)	12 m (al rail)(3)	12 m	12 m (no guiado) 25 m (guiado)	11 a 12 m
Control en curva	7 m a 7,5 m	6,7 m a 7 m	7 m a 7,6 m	8,2 m a 8,5 m	9 m a 11 m	10 m a 12 m

(1) El 01/06/09, el sistema Phileas todavía no está homologado en Francia. Por tanto, la ocupación del espacio público podría evolucionar.

(2) Sin ciclistas.

(3) Los informes de experiencias de Nancy y Caen muestran que es preferible no descender por debajo de 15 m.

¿Qué interés tiene el guiado para un BANS?

Técnicamente, el estudio de sistemas guiados para vehículos de carretera está motivado, a menudo, por dificultades de inserción. La realidad es mucho más compleja. La elección de guiados materiales, como el raíl central del TVR, permite, efectivamente, limitar la ocupación de espacio público por parte del vehículo. Por el contrario, la conclusión no siempre es válida para los vehículos con guiado inmaterial. La reglamentación sobre los transportes públicos guiados impone márgenes de seguridad que, en sección corriente, pueden anular el beneficio relacionado con el guiado (caso del sistema Phileas de APTS en Douai), o incluso aumentar la ocupación del espacio público (caso de TEOR en Rouen). En curvas, aunque la ocupación puede ser menor en el caso de sistemas monovía, el dispositivo de guiado no siempre se adapta a radios de curva pequeños (caso del guiado óptico en Rouen).

Finalmente, tras las dificultades encontradas por algunos sistemas de guiado materiales (costes más altos de lo previsto, disfunciones) y con los límites en términos de inserción para los sistemas de guiado inmaterial, ahora el guiado parece interesar sobre todo a las administraciones, por **su aporte en términos de ayuda a las maniobras de acercamiento y accesibilidad en estación** (caso de los proyectos de Metz, Nîmes y Nancy).

Salvo casos particulares, los vehículos tranvías se fabrican actualmente para subir cuestas de hasta un 6 o 7 %. Con motorizaciones en cada eje, es posible considerar cuestas de hasta un 10 %, con modificaciones significativas que pueden engendrar un coste excesivo del material rodante. Los materiales sobre neumáticos tienen más facilidad para subir las cuestas, con un límite al minuto fijado en un 13 % para la comodidad de los usuarios. No obstante, cabe citar que los vehículos eléctricos presentan mejores capacidades de aceleración en cuesta.

Mientras que los estudios de inserción se realizan a menudo de manera tardía, parece importante considerar esta

dimensión a partir de los estudios de factibilidad. En Besançon, la visión estratégica del desarrollo de la ciudad y su red de TC, así como las limitaciones de la rotonda del Doubs, orientaron la elección de un TCSP a través del hipercentro. Éste, muy limitado, necesita sentidos disociados complejos para la circulación de autobuses, que no son compatibles con el alto nivel de servicio buscado y la voluntad de «ventilar» el espacio público. En cuanto a la solución «carril único» para los autobuses, no permite responder a la demanda en las horas punta, desde la puesta en servicio del sistema. La elección del tranvía permite pues limitar las dificultades de inserción y garantizar una capacidad suficiente del sistema a medio-largo plazo.

Tecnologías e industrialización

Todos los sistemas TCSP no presentan las mismas «garantías constructores» a largo plazo. El tranvía sobre hierro y los BANS basados en modelos de autobuses relativamente clásicos, son soluciones probadas en Francia y Europa. De ello resultan una competencia y economías de escala favorables a su difusión.

Los nuevos sistemas guiados sobre neumáticos completos «llave en mano» descansan a menudo en un único constructor (Lohr, Bombardier, APTS). Mientras que el TVR ha sido prácticamente abandonado por Bombardier, el *Translohr* prosigue su desarrollo en Francia, Italia y Asia. En lo referente al *Phileas*, al día de hoy no está homologado en Francia y atraviesa dificultades de instalación en los Países Bajos y Turquía. Más sencilla y menos costosa, la solución del guiado óptico «como opción» interesa a los constructores y podría proseguir su desarrollo.

Sea cual sea el material (tranvía o autobús), hoy en día las investigaciones ponen ampliamente de relieve las cuestiones de motorización y supresión de las líneas eléctricas de contacto, para las que el tranvía sobre hierro va con adelanto: sistemas de APS en Burdeos en más de 10 km, baterías embarcadas en Niza para atravesar la plaza Masséna y numerosas investigaciones en curso por parte de los constructores⁸. Lohr propone también un funcionamiento con baterías del *Translohr* para distancias cortas (menos de 2 km en Padua) y estudia un sistema de cate-

narias invertidas, que supone sin embargo la instalación de muchos postes (distancia inter-postes inferior a la longitud del vehículo). En lo que respecta al autobús, aunque algunos sistemas con baterías a corta distancia parecen poder emerger rápidamente, su circulación completa «sin cables» remite sin duda a un horizonte más lejano.

Otras características de los sistemas

Las otras características de los sistemas TCSP no parecen desempeñar un papel determinante en la elección final. Desde el punto de vista **de las emisiones de CO₂**, el sector eléctrico puesto de relieve por el Estado, en el marco de su política de ayuda financiera a los proyectos de TCSP, encuentra una respuesta tanto para el tranvía como para el BANS (trolebús). Respecto al **ruido**, las molestias están actualmente bien controladas, incluso si los problemas de crujidos en curvas estrechas de los tranvías siguen siendo problemáticos. Estos problemas de crujidos en curva incitan a los diseñadores a elegir trazados lo más rectilíneos posible, sobre todo porque los radios de pequeña curvatura son también fuentes de desgaste rápido de los raíles y de sensibles limitaciones de velocidad. Las conclusiones relativas al impacto de los tranvías sobre las **actividades económicas** parecen poder aplicarse a los BANS (estudios en curso en Rouen). Por último, incluso si las **obras** de un BANS pueden durar más que las de un tranvía (todo depende del nivel de servicio deseado), este argumento no parece determinante en la elección del sistema.

Conclusión

Los TCSP de superficie (tranvía y BANS) son herramientas útiles a disposición de las administraciones para acompañar una política de transportes urbanos sostenibles. Primera línea de TCSP o continuación de una red, la reflexión debe basarse en escenarios (trazado, sistema, organización, inserción), que se inscriban en una visión global a largo plazo de la red de TC y del desarrollo de la aglomeración.

El análisis de las características de los sistemas muestra que la entrada costes/necesidades y la dimensión inserción urbana son determinantes en la elección del sistema más adaptado a los objetivos de las administraciones. Cada sistema dispone, efectivamente, de su propio campo de pertinencia. No obstante, las incertidumbres que pesan sobre la evolución de la movilidad en Francia (¿precio del petróleo?, ¿duración e impacto de la crisis econó-

mica?, ¿toma de conciencia medioambiental?, ¿potencial real de traslado modal?, etc.) aportan una complejidad suplementaria en la elección de sistemas pertinentes a largo plazo (15 años, 30 años, ¿o incluso más!) e impactan en la capacidad de las administraciones para financiarlas.

Paralelamente, la innovación tecnológica y conceptual sigue su curso, con el fin de ofrecer las soluciones más adaptadas a las necesidades de los territorios: los cables desaparecen de los centros históricos, el concepto de BANS se abre hacia el periurbano, como complemento de la oferta ferroviaria (proyecto TSPO en Estrasburgo, reflexiones en Grenoble, Toulouse, etc.), los transportes por cable podrían utilizarse en medio urbano y periurbano (proyecto de Grasse), los debates sobre un «tranvía económico» (proyecto de Besançon) se prosiguen...

⁸ Sistema de alimentación por el suelo de Bombardier (proyecto PRIMOVE con tecnología de inducción) y de Ansaldo (proyecto TRAMWAVE) o supercondensadores de Alstom (proyecto STEEM) o Siemens (proyecto ITRAS HES).

Siglas

APS: Alimentación Por el Suelo
APTS: Advanced Public Transport Systems
DGITM: Dirección General de Infraestructuras, Transportes y Mar
GART: Grupo de Autoridades Responsables de los Transportes
INRETS: Instituto Nacional de investigación sobre los Transportes y su Seguridad
PDU: Plan de Desplazamientos Urbanos

STRMTG: Servicio Técnico de los Remontes Mecánicos y los Transportes Guiados
TEOR: Transportes Este-Oeste de la aglomeración de Rouen
TSPO: Transporte en Sitio Propio Oeste de Estrasburgo
TVM: Trans-Val-de-Marne
TVR: Transportes en Vía Reservada (Bombardier)
UTP: Unión de los Transportes Públicos y ferroviarios

Références

- Sitios web BANS a nivel francés www.bhns.fr y a nivel europeo www.bhls.eu
- Finn, B., Heddebaut, O., Rabuel, S., *Bus with a high level of service (BHLS): the European BRT concept*, Transportation Research Board, 2010.
- Gouin, T. (rédacteur), Rabuel, S., Varnaison-Revolle, P., *Planification urbaine et tramway en France, Mobilité et Transports (Planificación urbana y tranvía en Francia, Movilidad y Transportes)*, Le Point sur N° 9, Certu, France, noviembre de 2009. Disponible en francés e inglés. (Se puede descargar en el sitio web del Certu).
- Certu, *Bus à haut niveau de service: du choix du système à sa mise en œuvre (Bus de alto nivel de servicio: de la elección del sistema a su puesta en marcha)*, obra colectiva, Certu, Gart, Inrets, Cete, UTP, Certu, Francia, publicación prevista para noviembre de 2009.
- Certu, *Mapa de las ciudades con tranvía el 1 de mayo de 2009, Mapa de las ciudades con BANS el 1 de mayo de 2009* (se puede descargar en el sitio web del Certu).
- Certu, *Bus à haut niveau de service, Concept et recommandations (Bus de alto nivel de servicio, Concepto y recomendaciones)*, Obra colectiva, Certu, Gart, Inrets, UTP, Certu, Lyon, Francia, 111 p., 2005.
- Certu, Cete de Lyon, *Panorama des villes à transports publics guidés hors Ile-de-France, situation 2005 (Panorama de las ciudades con transportes públicos guiados excepto Ile-de-France, situación 2005)*, Lyon, Certu, 53 p., 2007 (se puede descargar en el sitio web del Certu). Version completa disponible sólo en francés. Síntesis disponible en español e inglés.
- Vuchic, V.R., *Métros légers et liaisons rapides par autobus, modes concurrents ou complémentaires? (Metros ligeros y enlaces rápidos por autobús, ¿modos competidores o complementarios?)* In *Transportation Public International*, pp.10-13, 2005.
- Soulas, C., *Les transports guidés sur pneus dits «systèmes intermédiaires» dans le contexte de l'innovation en transport collectif urbain (Los transportes guiados sobre neumáticos llamados «sistemas intermediarios» en el contexto de la innovación en transporte público urbano)*, In *Transports Urbains*, N°105, pp.3-11, octubre-diciembre de 2003.
- Certu, *Evaluation des transports en commun en site propre, Recommandation pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP (Evaluación de los transportes públicos en sitio propio, Recomendación para la evaluación socioeconómica de los proyectos de TCSP)*, Lyon, Certu, 144 p., 2002.
- Beaucire F., Emangard, P.H., *un réseau et ses territoires: le tram-train d'interconnexion de Karlsruhe*, In *Géographie des transports (una red y sus territorios: el tren-tranvía de interconexión de Karlsruhe)*, In *Geografía de los transportes*, Flujos n°41, p.41-45, julio-septiembre de 2000. Disponible sólo en francés.

Traducción de un artículo escrito para la revista *Transports Environnement Circulation (TEC)* (Transportes Medio Ambiente Circulación) de septiembre de 2009, por Sébastien Rabuel, encargado de proyectos en transportes públicos en el Centro de Estudios sobre Redes, Urbanismo, Transportes y Construcciones públicas (Certu).

Contacto: sebastien.rabuel@developpement-durable.gouv.fr

Contribuyeron a la realización de esta ficha:

Dominique Bertrand, Cécile Clément, Thierry Gouin, Christian Lebondidier, Sébastien Rabuel,
François Rambaud, Patricia Varnaison-Revolle et Thomas Vidal du Certu
Sophie Hasiak du Cete Nord-Picardie, Stéphane Patouillard du Cete Méditerranée,
Mathieu Rabaud du Cete Normandie-Centre, Jean Robert du Cete de Lyon,
Odile Heddebaut et Claude Soulas de l'Inrets.

© 2009 Certu

La reproducción total o parcial del documento esta sometida a acuerdo previo del Certu
Compaginación: Cete de Lyon

Certu
centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon Cedex 06
téléphone : 04 72 74 58 00 - télécopie : 04 72 74 59 00
www.certu.fr

Ressources, territoires, habitats et logement
Energie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**