

PROJETOS DE GRANDE ESCALA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO: UMA ABORDAGEM INSTITUCIONAL PARA A MUDANÇA TÉCNICA

Phillippe Faucher *

RESUMO

Os grandes projetos (GPs) oferecem um suporte analítico para o estudo do desenvolvimento tecnológico. Os grandes projetos podem ser distinguidos dos outros investimentos pelo nível de risco, que não pode ser adequadamente previsto. Por isso, a realização desses projetos requer uma estrutura organizacional apropriada. A tese defendida é a existência de uma importância significativa do fator institucional em relação às considerações econômicas e políticas. Um GP não pode ser concebido desvinculado de uma agência técnica responsável, sendo portanto as condições internas, não os fatores externos, que participam diretamente da mudança tecnológica. A abordagem proposta neste estudo assume a análise centralizada na dimensão institucional envolvida na realização dos GPs. O estudo enfoca a identificação dos recursos políticos, a disputa envolvida na sua atribuição, o funcionamento do sistema de controle e a definição de critérios da orientação fundamental. Em resumo, o argumento aqui proposto envolve a demonstração de parâmetros da configuração institucional e técnica direcionados para a produção de um sistema técnico.

Palavras-chave:

Grandes Projetos e Desenvolvimento Tecnológico. Risco Tecnológico e Grandes Projetos. Fatores Institucionais e Direção Tecnológica. As Questões Institucionais e a Configuração de um Sistema Técnico.

* Professor Titular do Departamento de Ciência Política da Universidade de Montreal e Pesquisador do Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie.

Introdução

A contribuição da tecnologia para o crescimento econômico é uma preocupação dominante em sociedades capitalistas avançadas. Conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico é empreendido, tanto por setores privados quanto por setores públicos, embora por razões diferentes.

De acordo com as motivações e modos elaborados pela teoria (controversa) de colapso de mercado [Dosi, 1982; Wolf, 1988], o setor público contribui com recursos significativos para atividades de pesquisa e desenvolvimento. As formas mais comuns deste apoio são subsídios diretos e indiretos para as empresas privadas e financiamento básico e aplicado a P & D (Pesquisa e Desenvolvimento) para universidades e laboratórios públicos.

Igualmente significativo, é o desenvolvimento tecnológico, associado a projetos de grande escala (GPs). De fato, pelas razões que tentaremos esclarecer, é geralmente deixado para o governo tomar a iniciativa nos programas de vulto, cujos maiores objetivos, presumivelmente, são prover o público com a infra-estrutura considerada necessária para o crescimento econômico.

Por razões institucionais (que estão ligadas à natureza e à dinâmica de tais organizações) os tomadores de decisões, responsáveis pelos projetos de grande escala, tendem a favorecer a inovação ou pelo menos uma mudança técnica radical. A passagem da possibilidade técnica (invenção) para a inovação, deveria ser compreendida como o resultado de uma série inextrincável de considerações científicas, técnicas, sociais, econômicas e políticas. Estes fatores, presentes em todas as inovações, são mais visíveis dentro das organizações responsáveis pela realização dos GPs. A fim de captar a essência desta realidade, acreditamos que um estudo, enfocando decisões estratégicas e a dinâmica institucional que acompanha o desenvolvimento de grandes sistemas técnicos, é mais apropriado.

Tais decisões não podem ser dissociadas da estrutura institucional e das condições sob as quais elas têm efeito. Embora a tecnologia tenha a sua própria trajetória emergente (“impulso tecnológico”), e embora fatores econômicos tenham o seu papel na sua eventual definição [Freeman, 1982; David, 1975; Dosi, 1988] e difusão [Arcangeli et al., 1988], as condições de seu surgimento, incorporação ou aceitação no sistema social são encontradas dentro das organizações responsáveis pelo seu desenvolvimento (firmas, laboratórios, etc.) [Hughes, 1983; Bijker et al., 1987]. Esta é a proposta que este texto pretende defender e ilustrar.

GPs se distinguem, também, de outras formas de investimento, pelo nível de risco que não pode ser previsto adequadamente. É por isto que a sua realização requer uma estrutura organizacional apropriada. Formas administrativas tradicionais favorecem uma mudança gradual, compromisso e reversibilidade em áreas com o apoio de abundantes informações empíricas. O GP levanta a questão de lidar com escolha irreversível num contexto de grande incerteza. Esta incompatibilidade deve ser resolvida.

A solução organizacional mais comum, geralmente assume a forma de uma agência técnica especializada. A agência é acima de tudo um sistema de tomada de decisões em áreas de alto risco, perseguindo objetivos para os quais recursos (raramente apropriados) são agrupados. A dimensão institucional tem um papel central na administração do GP. Seu fracasso ou sucesso depende tanto da capacidade organizacional da agência, quanto dos recursos à sua disposição.

Agências técnicas têm acesso a recursos organizacionais excepcionais (ou “*orgware*”) [Bijker et al., 1987], destinados a responder à incerteza e mais particularmente a administrar o risco tecnológico. A prioridade dada ao desenvolvimento tecnológico e a forma eventual que este assumirá é determinada por: (1) a avaliação de todos os tipos de riscos assumidos pelas organizações envolvidas; (2) a autonomia e a variedade

de opções na administração dos riscos, e (3) a forma inconfundível da agência de recompensar o desempenho e de medir o sucesso. Toda escolha tecnológica é baseada numa série de justificativas técnicas, econômicas e organizacionais. Decisões estratégicas assumem a forma de um jogo político bi-dimensional. Nossa intenção aqui, é esclarecer a natureza e a dinâmica deste jogo.

I

Projetos de Grande Escala

1.1. Critérios de Definição

Cinco critérios foram mantidos para a caracterização de um GP. Estes critérios fornecem uma explicação, ou justificativa, do estado de intervenção em administração de projetos de grande escala. A intervenção do estado politiza as relações técnicas e econômicas. As relações de poder substituem as transações de mercado como o principal critério interpretativo. A intervenção pública, causada pela preocupação com a socialização do risco, corresponde ao primeiro nível do jogo político.

Obviamente, projetos de grande escala são diferenciados pelo seu alto nível de investimento necessário [Morrow, McDonnell e Argüden, 1988].¹ Este é o critério básico independentemente do projeto. Outras formas de avaliação menos comuns, mas igualmente úteis, são: a escala de produção (i.e. *megawatts* por usinas hidrelétricas); o tamanho das instalações (i.e. quilômetros para um oleoduto); ou a complexidade do produto (expressa pelo número de operações simultâneas e a velocidade de resolução para um comutador analógico). Um projeto de grande escala, avaliado em termos de valor do in-

¹Este estudo foi baseado em 52 projetos civis mantidos de acordo com o critério exclusivo de investimento entre US\$500 milhões e US\$10 bilhões.

vestimento, indica que o horizonte de tempo para o projeto será significativamente mais prolongado, do que para um projeto menor. A escala é raramente restringida pelos fatores materiais, físicos e tecnológicos. Da mesma forma, limitações econômicas só são válidas dentro de uma estrutura explícita de custo-benefício, de incerteza limitada. A escala pode, portanto, ser o resultado de uma preferência organizacional ou uma escolha política. Durante a fase de definição de objetivos, o jogo político ocorre por meio das relações de poder e influência, tanto dentro da organização quanto entre diferentes instituições.

Os GPs podem ser igualmente definidos pelo seu caráter indivisível. A indivisibilidade pode ser compreendida como um nível extremamente alto de investimento necessário, antes que o mínimo de resultado possa ser obtido [Shulman, 1980]. Um GP não pode ser dividido e é, por natureza, diferente de uma série de pequenos projetos construídos numa base incremental.

Os efeitos de escala, combinados com a indivisibilidade, contribuem para o aumento do risco. Isto geralmente se refere ao risco econômico - mais expressamente conhecido como incerteza - trataremos dos outros aspectos do risco, posteriormente. Por conseguinte, a duração do período de maturação aumenta consideravelmente a incerteza dos métodos de previsão [Steinberg, 1985]. A importância dos recursos mobilizados impõe uma fórmula de financiamento envolvendo numerosos agentes, a fim de diluir a incerteza. Cada agente, na medida em que é mais que simplesmente um agente financeiro, participará do debate quanto a definição dos GPs.

As duas características finais dos GPs estão interligadas da mesma forma que a escala e o risco. A fase de construção de um GP envolve uma série de decisões estratégicas que resultam da criação de um monopólio. Um GP é exclusivo, na medida em que o seu tamanho e a quantidade de recursos que mobiliza ocupam um espaço tão grande, que é altamente im-

provável que qualquer outro projeto comparável pudesse ser empreendido simultaneamente. Esta exclusividade resulta num aumento de mobilização política em torno de decisões tomadas, tanto por aqueles que favorecem o GP, quanto por aqueles que promovem projetos competitivos.

Finalmente, os GPs podem ser caracterizados pelo seu impacto organizacional no sistema produtivo. Estes efeitos estruturalizantes podem ser vistos, inicialmente, dentro da organização responsável por sua realização. Relações dentro e fora da organização tendem a ser afetadas pelo tamanho do projeto, o prestígio a ele associado e as rupturas de mercado.

O programa francês de distribuição a cabo ilustra as responsabilidades da organização na administração de um GP [Vedel e Dutton, 1988]. Este estudo de caso demonstra as rivalidades entre as diferentes organizações concorrendo pelo controle do projeto e da administração do serviço eventualmente concluído. Aponta igualmente para conflitos internos que envolvem decisões estratégicas apropriadas dentro da organização que houver vencido a concorrência.

O GP tem um impacto organizacional nos fornecedores, em níveis tanto quantitativos, quanto qualitativos. A seleção de uma tecnologia específica tem implicações significativas para os vendedores. Aqueles que recebem pedidos significativos têm uma boa oportunidade de melhorar a sua competitividade. É bastante comum que os governos percebam os GPs como um veículo para a promoção da indústria nacional e para a aquisição de habilidade tecnológica.

O acesso a tecnologia é um objetivo importante para os fornecedores. A divisão de responsabilidades, no que se refere ao desenvolvimento tecnológico, entre a organização e os fornecedores, é extremamente importante [Cohendet e Lebeau, 1987: 29-30]. A seleção e o desenvolvimento de qualquer tecnologia serão feitos exclusivamente pela agência de governo ou laboratório, ou irá a indústria participar nos contratos de pesquisa?. Dada a vantagem do setor público institucional em

relação à indústria privada, tais decisões dependerão, tanto das relações entre fornecedores e a organização responsável, quanto de suas habilidades tecnológicas.

O poder de mercado concentrado do lado da demanda (monopsônio), como é o caso nos GPs militares, aumenta o impacto estruturalizante nos fornecedores. Os fornecedores concentrarão seus investimentos e atividades de pesquisa, de acordo com as necessidades do comprador. Sob tais circunstâncias, a demanda pública determina o ritmo do desenvolvimento tecnológico e, através das garantias de mercado, facilita a penetração do vendedor em outros mercados [Mowery e Rosenberg, 1982]. O setor de engenharia de consultoria do Quebec deve muito do seu sucesso aos consideráveis investimentos efetuados durante a realização dos principais projetos hidro-elétricos nos anos 70 [Niosi, 1990].

O impacto organizacional pode ser estendido aos usuários e serviços competidores. Os GPs modificam o suprimento em termos de preço e disponibilidade, especialmente no caso de empresas de serviços públicos. Para um pequeno número de firmas importantes no Quebec, a disponibilidade de energia barata e abundante é um fator significativo de localização. Tais companhias são diretamente afetadas pelos programas de desenvolvimento de GPs no setor de energia.

Os GPs também interferem, consideravelmente, em serviços de mercados competidores, forçando-os a se adaptarem. O monopólio público de energia hidrelétrica no Quebec foi certamente um fator decisivo para a penetração limitada de gás natural na Província. A cota cada vez maior de consumo elétrico no Quebec, através de uma política de baixo preço, foi conseguida às custas da indústria petrolífera.

Escala, indivisibilidade, alto risco, exclusivismo e impactos organizacionais, são obviamente, fatores interligadores que reforçam mutuamente uns aos outros. Cada projeto terá sua própria combinação, mas todas estas condições devem estar presentes se estamos lidando com um GP.

O jogo político entre agentes mobilizados para o controle de um GP, será determinado por um tal alto grau de risco, que um único agente não será capaz de mobilizar sozinho os recursos necessários e se encarregar completamente do projeto. As estratégias políticas dos vários agentes compensam a falta de recursos e, devido ao alto nível de incerteza e na ausência de quaisquer normas objetivas irrefutáveis, mobilizam recursos em torno de uma única opção técnica.

1.2. Intervenção Pública

De acordo com os critérios apresentados acima, a iniciativa para um GP é freqüentemente tomada por uma agência especializada do governo, operando com relativa autonomia dentro de um determinado ministério, ou uma agência técnica especificamente criada para a realização de um projeto.² O controle ou financiamento direto empreendido pelo estado, confirma de muitas formas as intenções do governo. De fato, em muitos casos, GPs envolvem escolhas irreversíveis (a direção do desenvolvimento, a alocação de recursos, e a definição de um sistema técnico) em tal escala, que a intervenção pública se torna necessária. Esta mudança para a arena política é necessariamente seguida pela mobilização de recursos políticos e a adoção de estratégias, destinadas a influenciar as decisões para a vantagem de um agente específico.

Na prática, pode-se ver que os intermediários são freqüentemente agentes políticos não tradicionais. Este não é um debate que envolve uma organização pública, sua clientela e seu ambiente social, mas é restrito às organizações que estão competindo. O principal propósito é a apropriação de recursos e

² Dosi aponta para "a relevância de organizações que não fazem parte do mercado e em primeiro lugar as instituições públicas na formulação de padrões de mudança técnica." [Dosi,1982: 160]

o reconhecimento na definição do GP. Neste sentido, o jogo político contribui diretamente para a definição e realização do GP.

II

A Dimensão Tecnológica de Projetos de Grande Escala

Juntamente com as características que acabaram de ser descritas (escala, indivisibilidade, etc.), os GPs também envolvem um número de condições tecnológicas, tanto em termos de dificuldades, quanto de potencial. A escolha da tecnologia é essencial, não apenas por causa das implicações quanto à vida útil de operação do projeto, mas também por causa dos fornecedores e do sistema produtivo como um todo.

Em termos de dificuldades específicas, a mobilização de recursos e habilidades, em torno de objetivos pré-determinados, torna as mudanças feitas durante a realização do projeto extremamente custosas, se não impossíveis. Os GPs são rígidos, na medida em que são bastante resistentes à adaptação num ambiente mutável. Uma vez empreendido, a realização do projeto acontece durante um longo período de tempo, independente de mudanças externas. Esta rigidez aumenta os riscos.

“Ao invés de desenvolvimento incremental, envolvendo o máximo de flexibilidade para acomodar os resultados de pesquisa, e risco mínimo, as decisões são tomadas com o objetivo de encontrar o caminho mais curto até o objetivo final. Isto limita a flexibilidade e aumenta o risco.” [Steinberg, 1985: 83]

Os GPs também podem ser caracterizados pela irreversibilidade da escolha estratégica que impõem. Uma decisão estratégica é uma “escolha técnica que compromete um programa ou setor principal numa determinada direção “[Cohendet e Lebeau, 1987: 75]. À medida que sub-projetos são su-

cessivamente concluídos, as decisões tomadas a cada estágio são determinadas por aquelas tomadas nos estágios anteriores [Cowan, 1988; Freixas, 1987]. Uma vez que uma direção é escolhida, é impossível mudar o rumo, a menos que se retome o processo no seu conjunto.

Quando não é encontrada uma única solução técnica satisfatória, no momento de tomar uma decisão, o debate é transferido para o nível político, onde coalizões competidoras são confrontadas. O jogo político pode se dar dentro da organização ou se estender para a arena pública. Isto contribui para a reconciliação dos objetivos distintos, resultando numa solução vitoriosa, onde outros níveis de debate foram insuficientes. Podemos, portanto, submeter a hipótese de que, quanto maior a distância entre a tecnologia conhecida e a tecnologia desejada, mais significativo é o jogo político.

Thomas Hughes mostra que novos sistemas técnicos resultam de esforços concentrados de pesquisa, sistematicamente aplicados, onde as barreiras tecnológicas limitam o desempenho e a expansão de sistemas já estabelecidos. A resolução do que Hughes chama "saliências inversas"³ toma a forma de novas soluções técnicas que requerem a modificação de todo o sistema estabelecido e a construção de um novo sistema técnico. Certos GPs têm esta característica, onde o reconhecimento de um problema impõe uma nova abordagem, na busca de uma solução.

Apesar da rigidez e irreversibilidade tecnológica, associadas com a característica única deste projeto, o GP pode estar ligado e até mesmo se originar da busca por uma ruptura tec-

³ "Uma saliência é uma protuberância numa figura geométrica, uma linha de batalha ou uma frente de tempo em expansão. Como os sistemas tecnológicos se expandem, as saliências inversas se desenvolvem. Saliências inversas são componentes de sistemas que ficaram para trás ou estão defasados em relação aos outros. Como sugere uma mudança irregular e complexa, esta metáfora é mais apropriada para sistemas do que para o conceito visual rígido de estrangulamento. Saliências inversas são comparáveis a outros conceitos usados para descrever aqueles componentes num sistema em expansão que necessitam de atenção, tais como atraso, limites de potencial, fricção emergente e eficiência sistêmica." [Hughes, 1987: 79].

nológica ou *'forward salient'*. O GP é, então, projetado e estruturado em torno da realização de uma ruptura tecnológica e da concepção de um novo sistema técnico. [Joerges, 1988; 28]. Em tais casos, estamos na presença de uma situação evidente de controle institucional de mudança técnica. O GP é, então, o resultado de um desejo induzido pelo mercado para a inovação e / ou uma estratégia de agentes econômicos que participam daquele mercado, ou a iniciativa de uma organização que possui (ou acredita possuir) a capacidade tecnológica requerida para a elaboração de um novo sistema técnico⁴. A distinção entre oferta e demanda, o *push* e *pull* de inovação, ficam indistintos, devido ao esforço do promotor do projeto para mobilizar recursos.

GP representa uma situação onde a interação entre fatores econômicos e institucionais aplicados à tecnologia é suscetível de produzir avanços tecnológicos significativos. Dosi identifica estas três condições institucionais essenciais:

"(1) a acumulação de conhecimentos, tanto na forma 'científica' quanto 'aplicada'; (2) formas de intervenção institucional que permitem que 'cem flores floresçam e cem escolas possam competir' -tanto em termos de exploração tecnológica quanto de tentativas de manufatura; (3) o efeito seletivo e focalizador induzido por várias formas de interesses econômicos, stricto sensu (em sentido restrito) " [Dosi, 1982; 160].

Rupturas tecnológicas radicais ou conservadoras podem ocorrer, em qualquer estágio do desenvolvimento do sistema. Os GPs que pretendem estabelecer um novo sistema⁵ técnico

⁴ O caso de Callon, do projeto do carro elétrico, é indicativo de competição inter-institucional [Callon, 1987].

⁵ "Como invenções radicais não contribuem para o crescimento de sistemas tecnológicos existentes, os quais são dirigidos, sistematicamente ligados e financeiramente apoiados por grandes empresas, as organizações raramente apoiam uma invenção radical. (...) Eles [inventores independentes] corretamente perceberam que a grande organização investida em tecnologia existente raramente apoia invenções que por sua natureza não contribuem em nada para o avanço da organização mas até desafiam o status quo no mundo tecnológico do qual a organização era um membro líder." [Th. Hughes, 1987: 57, 59].

são mais suscetíveis a inovações radicais, que aqueles já estabelecidos. A inovação conservadora tende a dominar, durante a fase competitiva da expansão do sistema. Esta é, por exemplo, a hipótese que temos formulado com referência a inovações regularmente introduzidas em cada geração de reatores nucleares⁶. Como a inovação radical tende a desestabilizar as organizações, estas são inclinadas a rejeitá-la. Somente uma nova organização estará numa posição para integrar o desenvolvimento de uma inovação radical. Portanto, a realização de invenções revolucionárias, requer uma estrutura institucional também revolucionária.

III

Fatores de Risco

Temos visto que os GPs são caracterizados por um alto grau de risco. Quando são concebidos em torno de uma ruptura tecnológica e da elaboração de um novo sistema, o risco associado assume uma dimensão maior. Quanto mais curto for o horizonte de previsão, maior o nível de incerteza, assim como os benefícios potenciais a ser partilhados entre os agentes. O modo institucional e os investimentos técnico, financeiro e político, serão modificados de acordo com a situação.

A natureza do risco tende a variar consideravelmente e cada tipo - quer seja técnico, econômico ou político - corresponde ao limite além do qual o GP não sairá da prancheta de desenho. Não obstante, um baixo nível de incerteza em uma área, contribuirá para um mais alto nível de tolerância de risco, em outra⁷.

O risco tecnológico é mais complexo e envolve tres dimensões. Pode-se distinguir, em primeiro lugar, o risco resultante da pesquisa inovadora e sua incorporação ao sistema técnico.

⁶ Resultados preliminares de pesquisa realizada em diferentes gerações de CANDU desenvolvidas por AECL e Ontario Hydro tendem a apoiar isto.

⁷ Esta proposição generalizada referente à natureza transitiva de risco necessita de posterior desenvolvimento. Uma equação algébrica e critérios metodológicos poderiam ser formulados.

A organização responsável pelo projeto possui a capacidade tecnológica requerida para desenvolver a inovação além do protótipo?. A ruptura tecnológica considerada, representa um passo significativo em relação à tecnologia conhecida?

Além desta dimensão central, dois outros fatores têm papéis específicos, de acordo com o projeto considerado. O primeiro fator, refere-se aos vários tipos de perigos (tais como manuseio de materiais perigosos ou destruição ambiental potencial, etc.) resultantes das características físicas do projeto. Finalmente, existe a questão da confiabilidade do projeto (em termos de confiabilidade, disponibilidade de manutenção e segurança)⁸ baseado numa tecnologia não testada ou não utilizada numa escala comparável [Duclos, 1989].

O risco econômico, é um componente essencial na incerteza que cerca a administração de um GP. Por falta de técnicas de previsão aceitáveis, garantias excepcionais são requeridas. Títulos da dívida pública são a forma mais comum de tornar o projeto aceitável para determinados agentes econômicos. Tais garantias podem ser limitadas aos aspectos mais incertos do projeto (por exemplo, pesquisa básica ou construção do protótipo operacional podem ser empreendidos por um laboratório público) ou podem envolver o projeto como um todo.

Os riscos políticos em jogo são particularmente altos. O reconhecimento, influência e prestígio dos vários intermediários são diretamente vinculados ao sucesso ou fracasso de um GP. O nível no qual o jogo político se dará está condicionado à visibilidade social do projeto. Pode ser limitado a uma rede institucional interna, onde os riscos são reduzidos ao reconhecimento, reputação e julgamento dos vários agentes diretamente envolvidos. Sob outras circunstâncias, o debate pode

⁸ "Confiabilidade" é compreendida como a probabilidade de que o sistema permaneça operacional, levando-se em consideração as condições de operação; "disponibilidade" é compreendida como a operabilidade provável num dado momento T, medido em termos de grau e frequência de manutenção requerida pelo sistema; e finalmente "segurança" refere-se ao índice de avaria do sistema.

se estender para a arena pública, com implicações significativas na orientação da política nacional.

Finalmente, a natureza do risco organizacional deve ser considerada. Os GPs requerem não apenas a mobilização de recursos significativos, a aquisição de habilidade e *know-how* num nível técnico, mas igualmente exigem a criação de uma estrutura organizacional apropriada ("*orgware*"). Uma estrutura organizacional inapropriada é uma causa de fracasso, tanto quanto o financiamento insuficiente ou oposição política irreconciliável. Como já salientamos, um novo sistema técnico corresponde a uma nova organização. No curso da mudança tecnológica, considerações sociais e científicas são irrevogavelmente ligadas uma à outra. Tal ligação, personificada no inventor-empREENDEDOR de Thomas Hughes⁹ ou no engenheiro-sociologista de Michel Callon¹⁰, nunca é tão evidente quanto no GP.

Como um historiador, Hughes vê em Thomas Edison, a encarnação histórica do seu herói teórico. Como com o empREENDEDOR de Schumpeter, esta espécie é rara demais, no mundo econômico contemporâneo. Callon, por sua vez, situa a função do engenheiro no contexto do tecido social do seu ambiente. Se o engenheiro inovador deve apresentar o seu projeto, de tal forma a convencer a sociedade de que é merece-

⁹ "Pessoas que constroem sistemas de energia e luz elétrica inventam e desenvolvem não apenas geradores e linhas de transmissão mas também tais formas organizacionais como companhias elétricas de manufatura e companhias controladoras de serviços públicos. Alguns construtores de sistemas com ampla experiência e talentosos podem inventar hardware tão bem quanto organizações, mas normalmente pessoas diferentes assumem estas responsabilidades à medida que o sistema evolui. Uma das características principais de um construtor de sistemas é a habilidade de construir ou forçar a unidade da diversidade, centralização em face do pluralismo, e coerência do caos. Esta construção frequentemente envolve a destruição de sistemas alternativos. Construtores de sistemas na sua atividade construtiva são como "engenheiros heterogêneos". [Th. Hughes, 1987: 52].

¹⁰ "(...) Eu mostro que engenheiros que elaboram uma nova tecnologia assim como aqueles que participam em um momento ou outro do seu esboço, desenvolvimento, e difusão constantemente controem hipóteses e formas de argumentos que levam estes participantes para os campos da análise sociológica. Quer eles queiram quer não, eles são transformados em sociólogos, ou o que eu chamo de engenheiros-sociologistas. "[Callon, 1987:83].

dor do reconhecimento e recursos necessários, seus argumentos devem ser colocados no contexto do seu ambiente organizacional. O engenheiro não é um agente isolado, ele faz parte de uma equipe dentro de uma instituição e é mais que provável que sua argumentação seja assumida pela organização. Esta organização é que tentará vender a inovação, levando em consideração seus recursos, sua estratégia de crescimento e o interesse de diferentes agentes dentro dela. É do interesse do engenheiro ser mais um administrador do que um sociólogo, e mostrar que ele pode agir em benefício da instituição, dentro de um sistema de restrições administrativas.

Cada tipo de risco corresponde a diferentes formas de lidar com o problema e resolvê-lo. Neste texto sugerimos, que no caso dos GPs, a administração da incerteza é principalmente um jogo político realizado num nível institucional. Desta perspectiva, as estratégias de desenvolvimento tecnológico baseadas em GPs, resultam na politização da escolha técnica.

IV

A Política da Escolha Técnica

Tendo alegado que os GPs demonstram uma politização mais direta da escolha técnica, devemos esclarecer as manifestações do jogo político e depois as formas que pode assumir na administração de um GP.

Rapidamente, pode-se distinguir quatro dimensões diferentes que definem a estrutura do jogo político: recursos políticos, legais e institucionais, simbólicos e setoriais. Devemos antes de mais nada, levar em conta os recursos políticos mobilizados pelo GP. Um fator de mobilização pode ser introduzido: em determinados casos a mobilização requerida pode ser minimizada, enquanto que em outros, pode ser intensificada. Em cada caso deve-se considerar o número de agentes políticos envolvidos e seus campos de autoridade (técnico, econômico, setorial, regional, nacional, etc.), que delinearão a arena política onde o debate ocorrerá.

A estrutura legal e institucional determinará a importância de cada organização e a mobilização de grupos, cujos interesses podem estar direta ou indiretamente ligados ao GP. Interesses diretos estão ligados ao mandato das organizações envolvidas (por exemplo Hydro-Quebec tem um mandato para produzir e distribuir energia elétrica no Quebec). Por interesses indiretos compreendemos os limites, específicos de cada organização, de um espaço estratégico de intervenção (Hydro-Quebec pode desejar, por exemplo, assumir a rede de distribuição de gás natural, a fim de consolidar seu controle no setor de energia).

A importância dos símbolos deve ser considerada em relação aos GPs. Tais símbolos podem tomar a forma de prestígio, reconhecimento e influência que os agentes podem apropriar de acordo com o resultado real ou percebido do GP.

Finalmente, dimensões mais concretas pesarão no direcionamento da análise. Referimo-nos aqui, a diferenças setoriais relevantes: no Canadá, os setores de energia e telecomunicações mobilizam mais interesses políticos do que a defesa. O tamanho do GP é igualmente importante, o que pode ser definido parcialmente em termos dos recursos requeridos mas, também, pela escala e alcance da mobilização política envolvida.

4.1. A Contribuição do Jogo Político para a Escolha Técnica

Mais esclarecimentos podem se fazer necessários. Como já foi dito, existe um relacionamento causal entre escolha técnica e a estrutura institucional da qual as escolhas são feitas. Nossa intenção é qualificar o determinismo tecnológico e econômico da inovação¹¹, que não é o mesmo que propor uma causalidade sociológica da inovação. Não queremos dizer que

¹¹ Já existe um consenso geral quanto a esta questão: "Uma reconstrução da história da tecnologia e da história da ciência mostraria certamente as influências, a longo prazo, da evolução da estrutura social e econômica na emergência de novas oportunidades científicas e tecnológicas." [Dosi, 1982: 159].

a produção tecnológica depende de condições políticas, mas sim que a preferência - ou a escolha - tecnológica é basicamente influenciada pelo jogo político. Essa proposta está situada num espaço analítico - que consideramos mais próximo da realidade - entre determinismo tecnológico (para alguns, o "impulso tecnológico") e o voluntarismo.

a) A politização da escolha em áreas de racionalidade limitada

Os GPs estão sempre situados no espaço econômico à margem do mercado. Um GP é tipicamente concebido em torno de um produto que não existe (Concorde é o exemplo mais conhecido) e frequentemente representa um investimento considerável para um mercado indeterminado. Colocando de outra forma, o mercado suscetível de absorver a produção de um GP não existe. Na situação de mercado não-existente, a lógica do colapso do mercado se aplica. Conseqüentemente, o sistema de tomada de decisão coletiva assume a responsabilidade de prover garantias e de legitimar as decisões de investimento.

Frequentemente, a mudança tecnológica conjecturada no contexto de um GP é significativa. GP representa a oportunidade de mudança radical e de grande alcance e as decisões não podem ser suficientemente informadas através de medidas de probabilidade¹². Em situações de incerteza radical, a ordem dos critérios de escolha é invertida:

"No que se refere aos princípios de escolha, desenvolvidos pelas teorias modernas, uma importante exceção deve ser introduzida: o critério de decisão mais favorável, baseado nas perspectivas matemáticas para a maximização dos benefícios

¹² Estamos além do domínio de análise racional quando "Não podemos recorrer à avaliação de probabilidade baseada nas frequências observadas num grande número de experiências, num contexto onde a a regra de distribuição permanece invariável e onde há um mínimo de mudança com o passar do tempo." [Boyer, 1989: 13].

líquidos, de acordo com as probabilidades atribuídas aos seus diferentes estados de natureza e descrição, só estará disponível depois que a decisão é tomada para prosseguir na definição dos métodos de produção. Em outras palavras, a hierarquia entre a descrição da natureza, a avaliação de sua probabilidade e decisão mais favorável é então invertida. [Boyer, 1989: 12].

O jogo político contribui para a socialização da incerteza, distribuindo-a por um grande número de intermediários que então participam da redefinição do problema e da multiplicação dos vários cenários de resolução. Na situação de incerteza radical, quando não existe garantia de que existe uma solução para o problema técnico, as decisões devem ser sempre tomadas em termos de investimento, estrutura organizacional e procedimentos heurísticos, mesmo que tais decisões preliminares determinem a trajetória tecnológica do projeto [Boyer, 1989: 13]. Esta é simplesmente a reformulação de uma constatação elementar, segundo a qual o investimento (a pesquisa) precede a inovação (a descoberta) e da sua extensão dentro de uma perspectiva institucional das implicações resultantes.

b) O papel do jogo político na escolha técnica

O jogo político contribui para a socialização e partilha de perspectivas tecnológicas apoiadas por vários agentes intermediários. Indivíduos, e mais frequentemente instituições, são veículos de diferentes tecnologias competidoras [Callon, 1987]. Todas as preferências manifestadas, representam o inventário de representações técnicas produzidas pelo sistema social. Estas visões são aceitas ou rejeitadas, de acordo com os recursos políticos mobilizados. Esta dimensão pode ser ilustrada, comparando-se a importância atribuída à pesquisa sobre fusão, realizada em diferentes países (o que entre outros fatores, dependerá da importância atribuída à tecnologia nuclear tradicional).

Cada representação tecnológica corresponde a uma série de riscos (técnico, econômico e político) com os quais se lida, de acordo com as preferências determinadas pelo sistema de valores que prevalece. O jogo político participa na avaliação do nível de incerteza e na priorização do risco. Num sistema social centralizado, por exemplo, o risco econômico terá a prioridade, enquanto que numa sociedade onde o poder de decisão é descentralizado, a dimensão ecológica predominará. A prioridade de risco corresponde a uma hierarquia igual de garantias, determinada pelo jogo político. Isto é o resultado de um sistema de racionalização que serve para distinguir entre risco aceitável e inaceitável. Cada sistema de risco corresponde a uma série de garantias, formada por uma combinação de responsabilidades políticas, previsões econômicas e possibilidades técnicas. Nesta situação, estamos lidando com o fenômeno de determinação de escolha. Quando uma agência técnica assume o controle institucional de um GP, assume também a responsabilidade política para influenciar a previsão econômica e técnica. Por exemplo, quando uma organização pública se encarrega de um GP, a garantia financeira que o acompanha serve para separar a orientação tecnológica e influencia suas chances de sucesso. É por isto que organizações governamentais (e aquelas com apoio do governo) deveriam mostrar uma tendência a um maior envolvimento em projetos de maior risco tecnológico e maior escala.

c) Interesses políticos

Até este ponto, apenas lidamos com o que temos denominado de politização da escolha técnica, ligada à incerteza da mudança tecnológica. O jogo político entra em ação, tanto a jusante, como a montante da decisão tecnológica central. Embora os níveis de debate possam se sobrepor, eles podem ser distinguidos pelos propósitos analíticos. Em outras palavras, “o que fazer” não pode ser dissociado de “como fazê-

lo” o que, por extensão, está ligado a “quem irá fazê-lo”. “O que” é a questão desfavorável relacionada ao produto final, “como” corresponde à própria escolha feita e “quem”, a jusante, refere-se à questão de recursos.

A montante, estão todas as questões referentes às principais questões coletivas relacionadas com o GP, tais como a racionalização do projeto, a coerência das orientações principais, a mobilização dos principais agentes e o surgimento de uma representação simbólica. O nível global de intervenção política é muito mais estratégico, devido aos impactos estruturalizantes significativos, a ele associados. O debate gira em torno da defesa e/ou da conquista de território institucional, e refere-se à definição do produto final e dos estatutos organizacionais. Sem um acôrdo quanto aos estatutos ou amplo apoio político, um GP nunca se concretizará, mesmo se as questões organizacionais tiverem sido resolvidas e as decisões técnicas tiverem sido tomadas.

A jusante, encontramos o plano organizacional, o debate sobre os problemas relacionados com as organizações competidoras, as discussões quanto aos critérios referentes à competência e o desempenho. A questão primordial, neste estágio, é a de recursos, ou os meios que serão colocados à disposição da organização, para que o projeto seja empreendido.

O GP como veículo de mudança tecnológica será viável, se nos vários níveis políticos (intra, inter-organizacional e geral), existe compatibilidade entre o sistema tecnológico selecionado e a configuração institucional¹³; o GP deve ser percebido não tanto como um arranjo técnico-financeiro, mas como uma configuração institucional e tecnológica.

13 Referimo-nos aqui aos termos empregados num contexto bem diferente utilizado por R. Boyer para explicar a viabilidade do que é conhecido na escola de regulação como o "regime de crescimento" [Boyer, 1989: 17.]

4.2. Os Fatores Políticos de Escolha

Conforme mencionado, a compatibilidade entre o sistema tecnológico e a estrutura institucional é essencial para a criação de um GP, supondo-se que os recursos políticos - meios e condições - estejam presentes. Estes recursos, específicos para cada projeto, são também confiados e controlados por agências técnicas responsáveis pela realização dos GPs.

a) As Condições

Um certo número de condições deve estar presente para que o GP seja aprovado. Não estamos preocupados, aqui, com as questões de retorno do investimento ou custos em termos de análise de custo - benefício. Estamos mais interessados com a imagem e a argumentação associada com o GP as quais, embora intangíveis, são indispensáveis. No vocabulário de um economista, estas condições se referem à definição de "utilidades" ou a expressão de preferências.

O GP irá basicamente, se não exclusivamente, buscar justificativas das aspirações da coletividade (mais energia, melhores meios de transporte) e dar-lhes uma representação, (uma barragem, um trem de alta velocidade, etc.) contanto que a sociedade reconheça tal interpretação de suas aspirações. A existência de um GP é situada, em primeiro lugar, em termos da legitimidade do que ele comanda. Isto se torna mais relevante quando o debate sobre o projeto é questionado e escapa do controle exclusivo das agências técnicas. Com o tempo, pode-se perceber uma divergência crescente, ilustrada pelo protesto público quanto aos GPs, em nome da proteção ambiental, e de maneira mais geral em nome da (vaga, porque não debatida) noção de prioridade (mais educação / menos usinas nucleares), ligada à escolha, em termos de custo.

A legitimidade requerida pode ser conseguida por meios diferentes. Frequentemente, recursos simbólicos são

mobilizados. Em muitos casos, questões de prestígio nacional e “motivos indiscutíveis”, tais como “segurança nacional” e outras formas protecionistas como a busca da competitividade. Uma estação de tratamento de água, um oleoduto ou um satélite não requerem os mesmos recursos, nem o mesmo tipo de apoio. Tais diferenças são devidas à natureza altamente diversificada dos GPs.

b) Os meios

Cada GP deve estar associado aos meios simbólicos apropriados. É impossível fazer a distinção entre o GP e a agência técnica que o está promovendo. De fato, a imagem, a reputação e a competência reconhecidas, da agência técnica, necessariamente influenciarão as percepções do próprio projeto.

Três meios são identificados: a capacidade de mobilização, a influência e o acesso do GP. No primeiro caso, é a prioridade outorgada ao GP pela agência técnica, que pode ser traduzida pela importância das medidas usadas para promover e defender o projeto. A influência designa o grau de importância, atribuído ao GP. Terá a produção do protótipo de um carro elétrico, prioridade sobre a construção de um forno solar experimental? A escolha será influenciada pela capacidade da agência técnica de ter sua prioridade aceita. O acesso refere-se à posição institucional comandada pelo GP. Por exemplo, um GP que dependa da segurança nacional, terá um apoio mais sólido do que um exclusivamente civil.

V

A Vantagem Institucional

Na forma institucional inicial de um GP, sua criação ou inovação organizacional (“*orgware*”) precede, acompanha e até mesmo substitui o debate técnico. Em tais casos, os diferentes

projetos técnicos são incorporados em organizações competidoras. Os méritos técnicos do projeto, portanto, não são um fator mais decisivo na sua aprovação ou seleção, do que o apoio financeiro envolvido ou os recursos políticos mobilizados pelos vários agentes. Neste sentido, a agência técnica tem a vantagem institucional estratégica e os recursos para torná-la um elemento chave na realização do GP.

5.1. Os Recursos Institucionais das Agências Técnicas

As agências técnicas estão numa posição privilegiada, por três razões. A primeira, emana de sua situação setorial de monopólio tecnológico. Frequentemente, a organização tem sido usada para preencher uma necessidade reconhecida de centralização ou desenvolvimento de habilidade local em campos especializados (nuclear, aero-espacial, comunicações, transporte, etc.). Esta orientação inicial pode ser caracterizada por uma tendência em direção à virtuosidade tecnológica e manifestada pelo perfeccionismo e uma preferência por um plano complexo.¹⁴

As agências técnicas são geralmente administradas, de forma a isolá-las dos embaraços financeiros e indicadores de desempenho. Uma vez reconhecida por sua utilidade pública, a agência técnica é munida com um determinado grau de estabilidade econômica e institucional. As missões confiadas a tais agências são frequentemente complexas, com objetivos de longo alcance. Sob tais condições, medidas atuais de avalia-

¹⁴"Grandes organizações de P&D assumem a forma de monolitos administrativos impenetráveis onde a tecnologia é acima de tudo um fim em si mesma, antes de ser um serviço para os objetivos externos econômicos e políticos. Esta lógica é refletida no processo de racionalização linear e especializado em relação à busca tecnológica de figuras científicas importantes por trás do desenvolvimento da agência. Isto é visto na tendência para a virtuosidade tecnológica e a busca por excelência facilitada pelo seu isolamento dos pesados embaraços financeiros e geralmente administradas por funcionários públicos graduados raramente confrontados com a realidade industrial ou comercial." [Finon, 1989: 235.].

ção se tornam irrelevantes. Além disso, a falta de responsabilidade financeira, que resulta das alocações orçamentárias quase automáticas, provê a organização de considerável liberdade, na interpretação de seu mandato, na definição de seus objetivos e direção do desenvolvimento. A habilidade acumulada no campo especializado da agência torna-a tanto insubstituível, quanto indispensável. A instituição, deste ponto em diante, desenvolve sua própria dinâmica e sua própria justificativa de utilidade, só tendo que prestar contas a si mesma.¹⁵

Em terceiro lugar, a agência técnica ocupa uma posição institucional estratégica. Isto é devido, em parte, ao seu monopólio neste campo e o controle exclusivo dos sistemas de previsão.¹⁶ A vantagem institucional é bem maior, já que tais agências, freqüentemente, operam em áreas relacionadas a setores militares.

Todos estes fatores combinados, resultam numa constante busca da agência técnica pela autonomia institucional

"... as principais agências técnicas têm um papel chave no início e realização de GPs. Sua criação, justificada pela novidade do campo e a importância das considerações militares ou políticas, é acompanhada por uma autonomia considerável por razões de eficiência. A agência então se acostuma a realizar seus próprios projetos. De simples executor gradualmente define sua própria política de tecnologia, prosseguindo por sua vontade por meio de autorização auto-atribuída." [Finon, 1989: 9]

¹⁵ "...as condições de criação e consolidação de grandes agências se dilui progressivamente. Contudo, elas continuam a seguir a trajetória natural de quaisquer instrumentos administrativos na direção da entropia, repetição e perfeccionismo. A autonomia em termos de alocações orçamentárias quase automáticas, falta de controle e monopólio atribuído a cada agência que inicialmente pretendia aumentar sua eficiência, eventualmente resulta na sua autonomia estratégica na máquina do Estado. Sua lógica incessantemente leva-as a criar novas tarefas para elas mesmas em nome do interesse geral ou a estagnar as velhas tarefas sem qualquer contra-peso econômico ou político." [Finon, 1989: 262.].

¹⁶ Hydro-Quebec tem baseado todo o seu programa de desenvolvimento em cenários questionáveis de desenvolvimento [Faucher e Bergeron, 1986: ch 4].

Estamos na situação familiar do deslocamento estratégico [Monnier, 1977], onde cada organização dedica uma parcela de seus recursos, para atingir sua autonomia. Esta busca da autonomia é bem maior quando o mandato da agência técnica é vagamente definido e as condições de realização do GP não podem ser claramente definidas.

A agência técnica desenvolve sua própria preferência pelo modo de expansão que melhor se adequa às suas necessidades e possui os recursos necessários para encarregar-se dela, para sua vantagem. Tal prática é baseada numa lógica e coerência dentro da instituição e sua estratégia de intervenção.

Conclusão

Projetos de grande escala oferecem apoio analítico conveniente para o estudo do desenvolvimento tecnológico. Os altos riscos envolvidos forçam a mobilização dos agentes implicados. É por isto, que uma abordagem institucional é apropriada para ajudar a compreender os fatores envolvidos na escolha das tecnologias. A principal tese defendida é a existência de um fator institucional de importância significativa, acima das considerações econômicas e políticas. Não se pode conceber um GP sem uma agência técnica encarregada; não são, portanto, os fatores externos (atribuídos ao ambiente), mas as condições internas que participam diretamente da mudança tecnológica.

Os poderes públicos têm um papel a representar no desenvolvimento tecnológico. Tem sido freqüentemente demonstrado, que o investimento público escapa às medidas restritas de eficiência econômica e que a escolha técnica é freqüentemente motivada por critérios outros, que o desempenho. O mercado não é a estrutura principal ou exclusiva para a produção de mudança técnica. O GP está fora do mercado, numa situação de *administrative decommodification* ou numa situação, na qual as relações de poder substituem transações de mercado. Tal

substituição não é exclusiva, no sentido de que existe constante referência ao mercado, já que a eficiência da intervenção do governo é, basicamente, medida com base em critérios de mercado [Keck, 1988].

Michelle Durand [1988] corretamente sublinhou a natureza dinâmica da intervenção pública, como sendo estruturada pelo ciclo de produto tecnológico.¹⁷ A transferência de tecnologia é geralmente compreendida como sendo do público para o privado, envolvendo o afastamento público completo ou parcial.

A abordagem proposta neste trabalho admite que a análise esteja centralizada na dimensão institucional da realização dos GPs. O estudo deve focar a identificação de recursos políticos, no embate envolvido na sua atribuição, no funcionamento do sistema de comando e o critério de definição das orientações fundamentais. Resumindo, o argumento proposto aqui, envolve a demonstração dos parâmetros, da configuração institucional e técnica, que levam à produção de um sistema técnico.

ABSTRACT

Large scale projects offer a convenient analytical support for the study of technological development. GPs can be distinguished from other forms of investment by a level of risk that cannot be adequately forecasted. This is why their realization requires an appropriate organizational structure. The primary thesis defended is the existence of a significantly important institutional factor over and above economic and political considerations. The GP cannot be conceived of outside of the technical agency in charge, it is therefore not external factors but internal conditions which directly participate in technological change. The approach proposed in this paper assumes that analysis centers on the institutional dimension of the realization of GPs. Study must

¹⁷ "No curso do ciclo tecnológico, questões setoriais estratégicas evoluem trazendo consigo uma mudança no critério de referência dos produtos a serem produzidos: da demanda científica se passa para a demanda administrativa e então para o critério estratégico altamente dinâmico de mercados competidores. A evolução dos objetivos e a mudança radical no sistema de legitimação modificam as posições e estratégias respectivas dos agentes envolvidos." [Durand, 1988: 440].

focus on the identification of political resources, on the infighting involved in their attribution, on the functioning of the command system, and the definition criteria of the fundamental orientations. In summary the argument proposed here involves the demonstration of the parameters of the institutional and technical configuration leading to the production of a technical system.

Key Words

Large Projects and Technological Development. Technological Risk. Institutional Factors. Technological Trajectories. Institutional Questions and Technical System Configuration.

BIBLIOGRAFIA

- ARCANGELI, F. David, P., and DOSI, G. (eds). *The Diffusion of Innovation*, Oxford University Press (à paraître).
- ARTHUR, W. B. (1988), "Competing Technologies: an Overview", dans Dosi, G., Freeman C., Nelson R., Silverberg, G., and Soete, L. (eds). *Technical Change and Economic Theory*. London, Frances Pinter.
- BOYER, Robert (1989), "Histoire des techniques et théories économiques: vers un nouveau programme de recherche?" cahier no. 8908, Paris, Cepremap.
- BIJKER, Wiebe E., HUGHES, Thomas P., and PINCH Trevor (eds) (1987), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press.
- CANADA (1983), *Répertoire des grands projets, Industrie et Commerce et Expansion économique régionale*, Ottawa, mars.
- CALLON, Michel (1987), "Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis", dans Bijker, Wiebe E., Hughes, Thomas et Pinch, Trevor (eds), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press.
- COHENDET, Patrick et André Lebeau (1987), *Choix stratégiques et grands programmes civils*, Paris, Economica.
- COWAN, P. (1988), "Nuclear Power Reactors: A study in technological look-in". New York University, October.
- DALPÉ, Robert et Christian DeBresson (1988), "Le secteur public comme premier utilisateur d'innovations", Montréal, Centre de recherche en développement industriel et technologique, no.88-10.
- DAVID, P. (1975), *Technical Choice. Innovation and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- DOSI, Giovanni (1982), "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy* 11, p. 147-162.
- DOSI, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L., (eds) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, London, Frances Pinter.
- DUCLOS, Denis (1989), "Les ingénieurs et le risque technologique", *Sociologie du Travail*, 31, 3, pp. 335-361.

- DURAND, Michelle (1988), "Les rapports État-industrie, un cadre d'analyse: le cycle du produit", *Sociologie du Travail*, no. 3, pp. 419-441.
- FAUCHER, Philippe et Johanne Bergeron (1986), *Hydro-Québec: La société de l'heure de pointe*, Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal.
- FINON, Dominique (1989), *L'Échec des surgénérateurs: autopsie d'un grand programme*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.
- FREEMAN, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, London, Frances Pinter.
- FREIXAS, Xavier (1987), "L'effet d'irréversibilité dans le choix de grands projets", *Revue économique*, no. 1, janvier, pp. 149-155.
- GINGRAS, Yves et TRÉPANIÉ, Michel (1989), "Le Tokamak de Varennes et le programme canadien de fusion nucléaire: anatomie d'une décision", Montréal, Centre de recherche en développement industriel et technologique, no. 89-06.
- HUGHES, Thomas P. (1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore, The John Hopkins University Press.
- _____ (1987), "The Evolution of Large Technological Systems, dans Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes and Trevor Pinch (eds), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press.
- JOERGES, Bernward (1988), "Large Technical Systems: Concepts and Issues", dans Renate Mayntz, Thomas P. Hughes (eds), *The Development of Large Technical Systems*, Boulder, Westview Press.
- KECK, Otto (1988), "A Theory of White Elephants: Asymmetric Information in Government Support for Technology", *Research Policy* 17, pp. 187-201.
- MAYNTZ, Renate, Hughes, Thomas P. (eds) (1988), *The Development of Large Technical Systems*. Boulder, Westview Press.
- MERROW, Edouard W., Lorraine McDonnell et R. Yilmaz Argüden (1988), *Understanding the Outcome of Megaprojects*, Rand Corporation.
- MONNIER, Lionel (1977), *Capitaux publics et stratégie de l'État*, Paris, PUF.
- ROESSNER, J. David (ed.) (1988), *Government Innovation Policy: Design, Implementation, Evaluation*, New York, St. Martin's Press.
- STEINBERG, Gerald M. (1985), "Comparing Technological Risks in Large Scale National Projects", *Policy Sciences*, vol.18.
- VEDEL, Thierry et William H. Dutton (1988), "The Politics of Communication Policy: Shaping Cable Television in France", paper delivered at the Annual Meeting of the American Political Science Association, Washington, D.C.
- WOLF, Charles Jr. (1988), *Markets and Governments*, Rand Corp., MIT Press.