

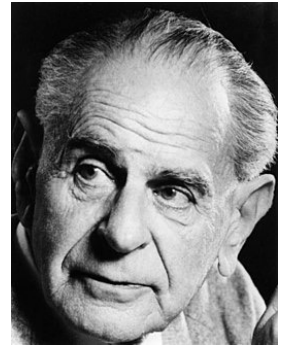
# 7. Les controverses peuvent elles nous aider à comprendre les sciences ?

# Les controverses, au prisme de différents champs disciplinaires

- L'existence de controverse en sciences est un **phénomène bien identifié, et depuis longtemps**. Quelques exemples célèbres:
  - Révolution copernicienne (Copernic, Galilée...)
  - Existence du vide (Boyle / Hobbes)
  - Théorie de la combustion (Stahl / Lavoisier)
  - Génération spontanée (Pasteur / Pouchet)
  - ...
- Les controverses ont été expliquées différemment dans les champs disciplinaires qui s'intéressent aux sciences:
  - Avant les années 1970, **trois champs disciplinaires** différents:
    - Philosophie des sciences, épistémologie
    - Histoire des sciences
    - « Sociologie des scientifiques »
  - A partir des années 1970, l'émergence du **champ STS**:
    - « *Science and Technology Studies* » et Sciences, Techniques et Sociétés
    - Champ interdisciplinaire extrêmement vaste et hétérogène
    - En rupture par rapport aux approches traditionnelles

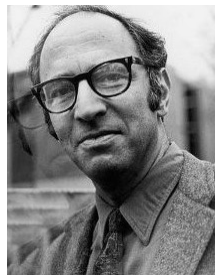
# La philosophie des sciences et l'épistémologie

- Orientations générales
  - Rendre compte de la science comme **activité rationnelle** et comme **méthode logique**
  - Une visée normative et une problématique de la **démarcation**: différencier la science à la fois de la métaphysique, des autres activités sociales ou des pseudo-sciences
  - Une focalisation sur les énoncés scientifiques et leur structure logique
- Un exemple: **Karl Popper** (1902-1994)
  - **Critique du « vérificationnisme » et de l'inductivisme** : on ne vérifie jamais les théories par l'expérience; les observations sur lesquelles se fonde l'induction dépendent implicitement de théories sous-jacentes; par ailleurs, la multiplication des observations ne suffit jamais pour généraliser d'un point de vue logique.
  - Pour saisir ce qui fait la force des énoncés scientifiques, il faut plutôt examiner leur « réfutabilité » ou « falsifiabilité ». **Plus une théorie est falsifiable, plus elle est potentiellement forte.**
  - D'autres approches philosophiques s'intéressent aux jeux d'interprétation, et à l'émergence des significations en science (Ludwig Wittgenstein)
- Les controverses apparaissent ici comme **symptômes des dysfonctionnement** dans la méthode et la logique.



# L'histoire des sciences traditionnelle

- Un projet historiographique spécifique:
  - rendre compte des **épisodes historiques** au travers desquels émergent de nouvelles connaissances
  - Tension entre perspectives « internaliste » (décrire la succession des conceptions que l'on se fait du monde naturel) et « externaliste » (décrire les contextes sociaux et politiques au sein desquels émergent de nouvelles connaissances)
- Exemple : **Alexandre Koyré** (1892-1964)
  - Travaux sur Galilée et sur l'émergence des cosmologies au XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècle
  - « Du monde clos à l'univers infini »: décrit les changements de la vision du monde qui s'opèrent avec l'apparition de la science moderne.
- Les controverses caractérisent ce **moment de crise** où une conception du monde va céder la place à une autre
  - Moment « **inconfortable** »: sous l'effet de quelles forces ? Va-t-on dans le sens d'un « progrès » ?
  - Un exemple de réponse radicale: la notion de « **paradigme** » proposée par Thomas Kuhn (1922-1996)



# Une « sociologie des scientifiques »

- Robert K. Merton (1910-2003)
- S'intéresse à la science comme **institution sociale spécifique**
  - Les normes
  - Les valeurs
  - Les habitudes sociales et professionnelles
  - ...
- Exemple: les **normes éthiques** de la science
  - L'universalisme
  - Le communisme ou communalisme
  - Le désintéressement
  - Le scepticisme organisé
- Les controverses traduisent ici **l'existence de conflits** dans les groupes sociaux spécifiques que forment les scientifiques.



# L'émergence du champ STS

- Sortir de la problématique de la démarcation → étudier « la science telle qu'elle se fait » ...
- Rendre compte des réussites comme des échecs → analyser les controverses et les pratiques en mobilisant un « principe de symétrie »
- Relativiser l'hypothèse d'autonomie de l'institution (sociologie Mertonienne) → l'activité scientifique se développe dans des réseaux qui ont de multiples connexions avec d'autres activités sociales.
- Entrer dans le « noyau dur » → s'intéresser aux connaissances elles-mêmes et non pas au seul système social
- Rendre compte de l'inscription sociale de la production scientifique → Articuler contenu et contexte
- Deux terrains empiriques emblématiques: les **ethnographies de laboratoire** et les **études de controverses**

# Les études de laboratoire

- Toutes premières ethnographies de laboratoire, tournant 1970-1980
  - Un élément encore manquant dans la trame émergente des STS
- Différents domaines
  - Karin Knorr Cetina : **biochimie**
  - Bruno Latour et Steve Woolgar : **biochimie** (Salk Institute, San Diego)
  - Michael Lynch : **neurosciences**
  - Sharon Traweek : **physique des particules**
- Examiner les pratiques concrètes des scientifiques par la méthode ethnographique:
  - **Observation directe** des pratiques, de première main ...
  - ... sans passer par le **discours ordonné des savants** eux-mêmes (publications) ...
  - ... et **encore moins par leurs porte-parole** (journalistes scientifiques, épistémologues)

# Deux écoles importantes pour le STS: « L'Ecole de Bath » et « l'Ecole d'Edimbourg »

- « Edimburgh School » (Barry Barnes, David Bloor)
  - Elle développe une critique symétrique de Merton et de Popper
  - Propose une théorie sociale de la genèse de la connaissance scientifique
    - La science peut-elle être vue comme une croyance acceptée socialement et garantie par une autorité scientifique ?
    - Caractériser la « construction sociale de l'objectivité »: comment les acteurs s'accordent-ils sur la validité d'une connaissance après négociation, apprentissage, dispute ?
  - Développe une analyse de la connaissance scientifique comme convention sociale
    - Des connaissances qui ne sont pas essentiellement différentes du raisonnement ordinaire ...
    - ... mais qui ne sont pas arbitraires: évaluables localement, en termes d'intérêts attachés à des situations d'usage et non de critère général ou universel.
- « Bath School » (Harry Collins, Trevor Pinch)
  - Les controverses comme lieux **privilégiés d'observation** de la transformation des contenus scientifiques
    - Comment émergent les controverses ? Comment les théories, interprétations, expériences deviennent-ils vulnérables ?
    - Comment les participants eux-mêmes signalent-ils les dimensions sociales des savoirs engagés
  - Un enjeu fondamental: la **clôture** de controverses
    - Quels mécanismes sociaux limitent la flexibilité interprétative et construisent le consensus pour clore les controverses ?
    - Relier les mécanismes de clôture aux structures sociales et politiques plus générales: Comment les concepts « gagnants » sont -ils reliés à des intérêts politiques et à des circonstances sociales ?



# L'école de « l'acteur réseau »

- Bruno Latour (1947-2022),  
Michel Callon (1945 -),  
et Madeleine Akrich (1959 -)



- **Acteurs majeurs** du développement du domaine STS entre 1980 et 2000
- Dans l'univers de la sociologie françaises, des relations fortes avec le courant français de la **sociologie pragmatique** (Boltanski et Thévenot)
- Sociologie des **sciences et des techniques**
- Etudes de **controverses**:
  - Bruno Latour: controverses Pasteur-Pouchet
  - Michel Callon: le développement du véhicule électrique dans les années 1970
  - Madeleine Akrich: le rôle des patients dans le domaine de la santé

# Le cas de la controverse sur les « ondes gravitationnelles »



- Controverse étudiée par Harry Collins (1943-)
  - Un des **fondateurs du courant STS**, « Ecole de Bath »
  - A commencé d'étudier la controverse au début des années 1970 et l'a suivi jusqu'à ses développements récents
- La détection des ondes gravitationnelles
  - Les ondes sont prévues par la théories de la relativité générale **leur présence effective n'a jamais été mesurée**
  - Un physicien, **Joseph Weber**, conçoit et construit un appareil qui arrive, en 1969, à les mettre en évidence, avec de **très fortes intensités**
  - Ces résultats **surprennent la communauté des physiciens** et d'autres scientifiques cherchent à confirmer ou infirmer la détection.
  - Chacun met en évidence des résultats différents – mais **aucun des détecteurs** n'est comparable.
  - Les résultats de Weber sur l'existence d'ondes de forte intensité sont rejetés et **la controverse s'éteint en 1975**
  - ...
  - La recherche des ondes gravitationnelles se poursuit, d'autres expérimentations sont construites. En 2015, après plusieurs années de résultats non concluants, l'interprétation de **plusieurs expérimentations développées au début des années 2000 met en évidence la présence des ondes gravitationnelles.**

# Comment décrire la dynamique des connaissances dans la controverse ?



- La conception traditionnelle, classique des connaissances les envisage robustesse de la connaissance scientifique validée: le bateau dans la bouteille
- Le processus de controverse: « comment faire entrer le bateau dans la bouteille » ?

# Un exemple de démarche pour « mettre le bateau en bouteille »: la réplication des expériences

- **L'interprétation classique** de la réplication en sciences:
  - Dans la démarche inductive en science expérimentale, une façon de valider les connaissances produites consiste à répliquer les expériences.
  - Si une expérience produisant des résultats inattendus ou contestés peut être répliquée, les connaissances qu'elle met en évidence sont renforcées.
- **Dans la réalité:**
  - On ne réplique jamais les expériences à l'identique – ou très rarement
  - Les débats issus de tentatives de reproduire un phénomène contesté par réplication de l'expérience peuvent devenir complexes et embrouillés dans des controverses
- La notion même de réplication est **compliquée à appréhender**
  - Quand sait on qu'on a vraiment répliqué une expérience ?
  - Répliquer, cela suppose de transférer « quelque chose » d'une expérience à une autre ... mais quoi exactement ?
  - Des connaissances formelles, propositionnelles, mais aussi des savoirs faire, des compétences incorporées, des façons de faire, d'analyser, de juger, etc etc.
  - La réplication ne relève pas d'un modèle algorithmique de l'action, mais d'un modèle culturel

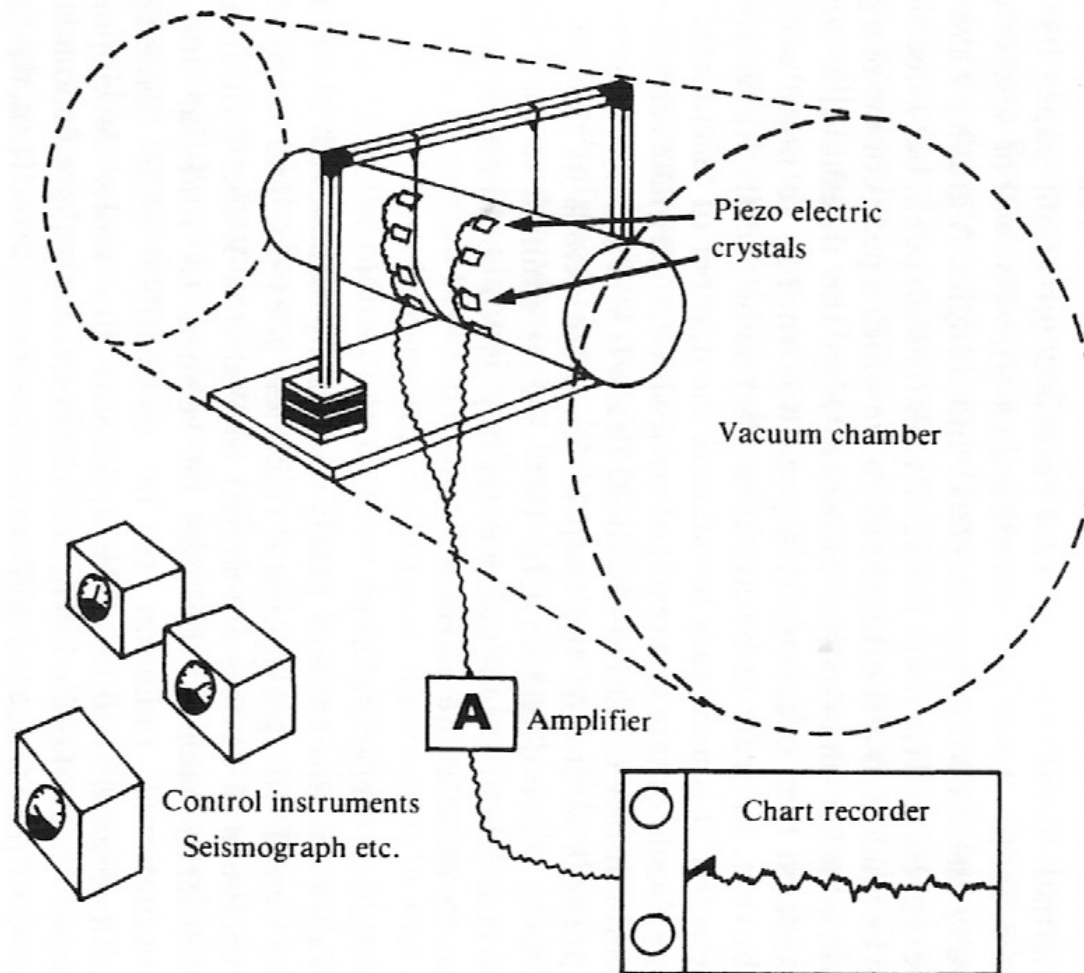
# Peut-on répliquer la détection des ondes gravitationnelles ?



- La controverse
  - Elle est initiée par **Joseph Weber**, un physicien américain né en 1919, exerçant à l'université du Maryland
  - Commence ses premiers travaux sur les ondes gravitationnelles en 1957
  - 12 ans plus tard, en 1969 il publie ses premiers résultats: « **on peut mesurer des ondes gravitationnelles de très forte intensité** »
  - Les chercheurs du domaine sont **sceptiques**. Un certain nombre d'équipes se lancent dans la fabrication de détecteurs. Pour répondre aux critiques, Weber améliore son dispositif expérimental
  - 1972: plusieurs équipes disposent de détecteurs. **Des résultats commencent à être publiés, mais aucun ne confirme les découvertes de Weber**
  - 1975: l'hypothèse de Weber paraît **complètement abandonnée**
  - Weber meurt en 2000, 15 ans avant la détection effective des ondes gravitationnelles
- L'enquête de Harry Collins
  - Partir du cas de Weber
  - **Entretiens avec les chercheurs de toutes les équipes** engagées au début des années 1970 dans la détection à l'aide d'antennes : 12 équipes

# Le détecteur d'ondes gravitationnelles construit par Weber

Weber-Type Gravity Wave Antenna



# Comment être sûr que le signal produit par le détecteur est bien celui d'une onde gravitationnelle ?

- Les signaux à détecter sont **minimes**: de l'ordre du rayon d'un électron dans un cylindre de 1,5 mètres de long.
- De nombreuses **perturbations** possibles:
  - Perturbations sismiques
  - Perturbations électromagnétiques
  - Mouvement brownien des atomes d'aluminium
  - Bruits émis par les circuits électroniques
  - ...
- Les signaux détectés font l'objet de **contrôles, de rectification, de pondération, d'analyse statistique** pour séparer le « vrai signal de l'onde gravitationnelle » du bruit.

# Les résultats d'enquête et la démonstration de Collins

- 1. Les expérimentateurs ne sont pas d'accord sur la manière de qualifier les détecteurs des autres équipes
- 2. Ils ont des définitions différentes de ce que doit être une bonne réplication
- 3. Il n'y a pas de consensus entre les différentes équipes sur les améliorations apportées par Weber à son dispositif
- 4. Les différents expérimentateurs se réfèrent à des critères très différents pour juger de la fiabilité de l'expérience
- 5. Les formes d'argumentation employées par les uns et les autres ne renvoient pas toutes à un répertoire d'analyse formel
- On est dans une configuration classique, typique des impasses de la réplication: la situation de « **régression expérimentale** »



# 1. Les expérimentateurs ne sont pas d'accord pour qualifier les détecteurs des autres équipes

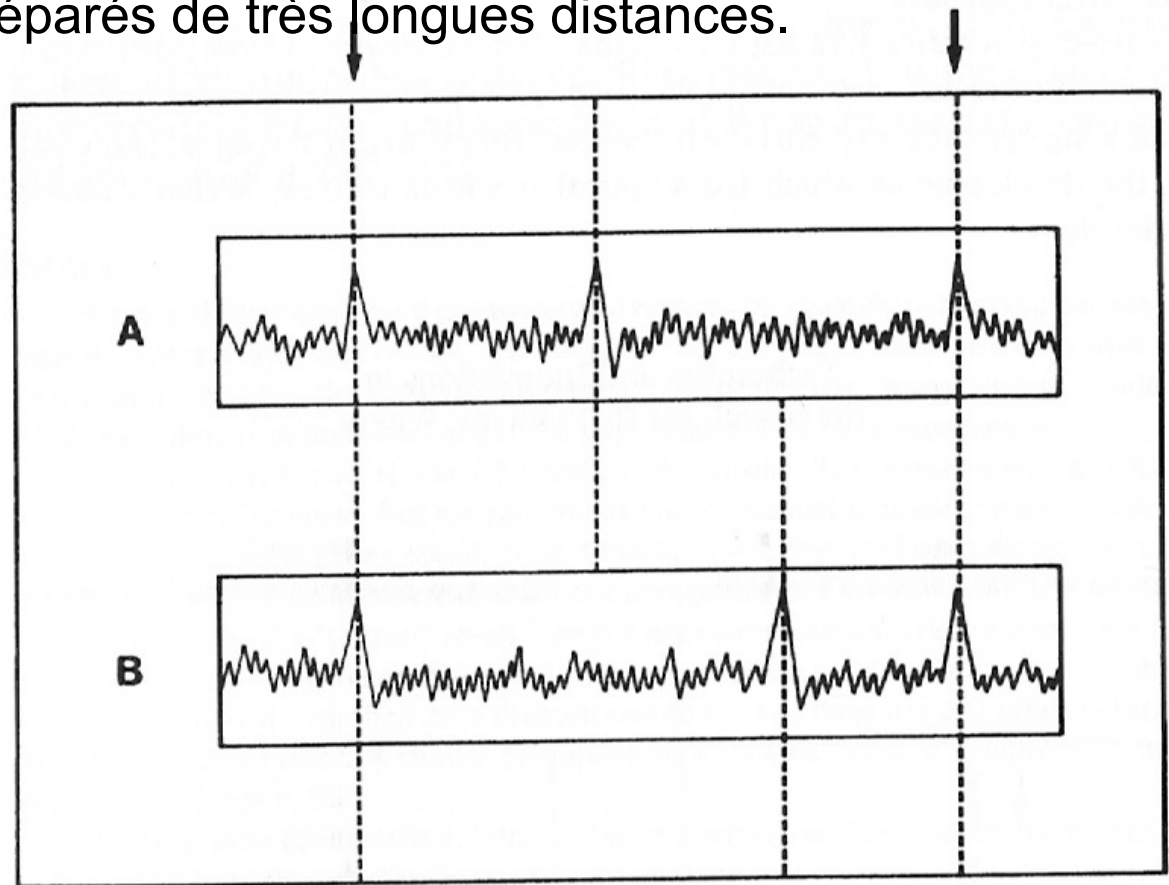
- Opinions de 3 chercheurs sur l'expérience W
  - Chercheur 1: « C'est pour ça que l'expérience W, même si elle est très compliquée, a quand même certaines qualités; donc s'ils détectent quelque chose, c'est un peu plus crédible ... On voit qu'ils ont réfléchi à la question »
  - Chercheur 2: « Ils espèrent arriver à une sensibilité élevée mais, franchement, je n'y crois pas. Il y a des moyens plus subtils que la force brute... »
  - Chercheur 3: « Je pense que les gens de ce groupe à W ... ont tout simplement perdu l'esprit. »
- Opinions de 3 chercheurs sur l'expérience X
  - Chercheur 4: « Il a un tout petit laboratoire ... mais j'ai regardé ses résultats et il y en a quelques uns d'intéressants, c'est sûr »
  - Chercheur 5: « Je ne suis pas vraiment impressionné par ses capacités d'expérimentateur. Je serais tenté de mettre en question son travail plus que n'importe qui d'autre. »
  - Chercheur 6: « Cette expérience, c'est une merde ! »
- Opinions de 3 chercheurs sur l'expérience Y ...

## 2. Les expérimentateurs ont des définitions différentes de ce que peut être une bonne réplication

- Chercheur 1
  - « Vous pouvez prendre un bon manuel qui dira comment construire un détecteur d'ondes gravitationnelles, du moins à partir de la théorie actuelle. De toute façon, observer l'appareil de quelqu'un d'autre, c'est perdre son temps. Tous les appareils relèvent en gros de la technologie du XIXème siècle et auraient pu être construits il y a cent ans, à quelques détails près. La théorie est la même que celle des radiations électromagnétiques. »
- Chercheur 2:
  - « Ce qui me gêne, en fait, c'est que à part l'antenne double split bar (version anglaise du dispositif), chacun se contente de faire des copies. C'est ça qui me déçoit; Personne ne fait véritablement de la recherche. Ce sont tous de vulgaires copieur. Je croyais que la communauté scientifique était plus passionnée que ça. »
- Chercheur 3:
  - « Il est très difficile de faire une réplique exacte. On peut en faire une qui s'approche, mais si on passe à côté d'un point critique dans la façon de coller les transducteurs, et s'il oublie de vous dire que le technicien pose toujours un exemplaire de Physical Review pour appuyer dessus, ça peut faire toute la différence. »

### 3. Les améliorations proposées par Weber ne font pas consensus(1)

- Par exemple, pour départager les pics d'ondes gravitationnelles des pics non significatifs Weber compare les résultats obtenus pour deux détecteurs séparés de très longues distances.



### 3. Les améliorations proposées par Weber ne font pas consensus(1)

- Certains chercheurs trouvent la démonstration convaincante
  - « Je lui ai écrit pour l'interroger spécialement sur ces triples et quadruples coïncidences car c'est pour moi le critère principal. Les chances pour que trois ou quatre détecteurs réagissent ensemble sont très faibles »
- D'autres pensent que les coïncidences peuvent venir des circuits électroniques, du hasard ou d'un autre artefact
  - « On était en train d'en discuter, et il s'est avéré que le cylindre situé à X et celui situé à Y avaient des systèmes électroniques qui n'étaient pas du tout indépendants ... Il y avait des éléments importants communs aux deux signaux ... J'ai dit : « Ce n'est pas étonnant que vous détectiez des coïncidences. » Alors finalement on a tout laissé tomber une fois de plus. »

## 4. Les critères pour juger de la fiabilité de l'expérience sont très divers

- Confiance dans l'honnêteté et les capacités des expérimentateurs fondée sur des relations de travail antérieures.
- Personnalité et intelligence des expérimentateurs
- Réputation due au fait de diriger un grand laboratoire
- Contexte de travail : industrie, université ou autre
- Echechs antérieurs
- « Informations internes »
- Style et présentation des résultats
- Approche psychologique de l'expérience
- Taille et prestige de l'université d'origine
- Intégration dans divers réseaux scientifiques
- Nationalité.

## 5. Les formes d'argumentation employées ne renvoient pas toutes à l'analyse des connaissances formelles (1)

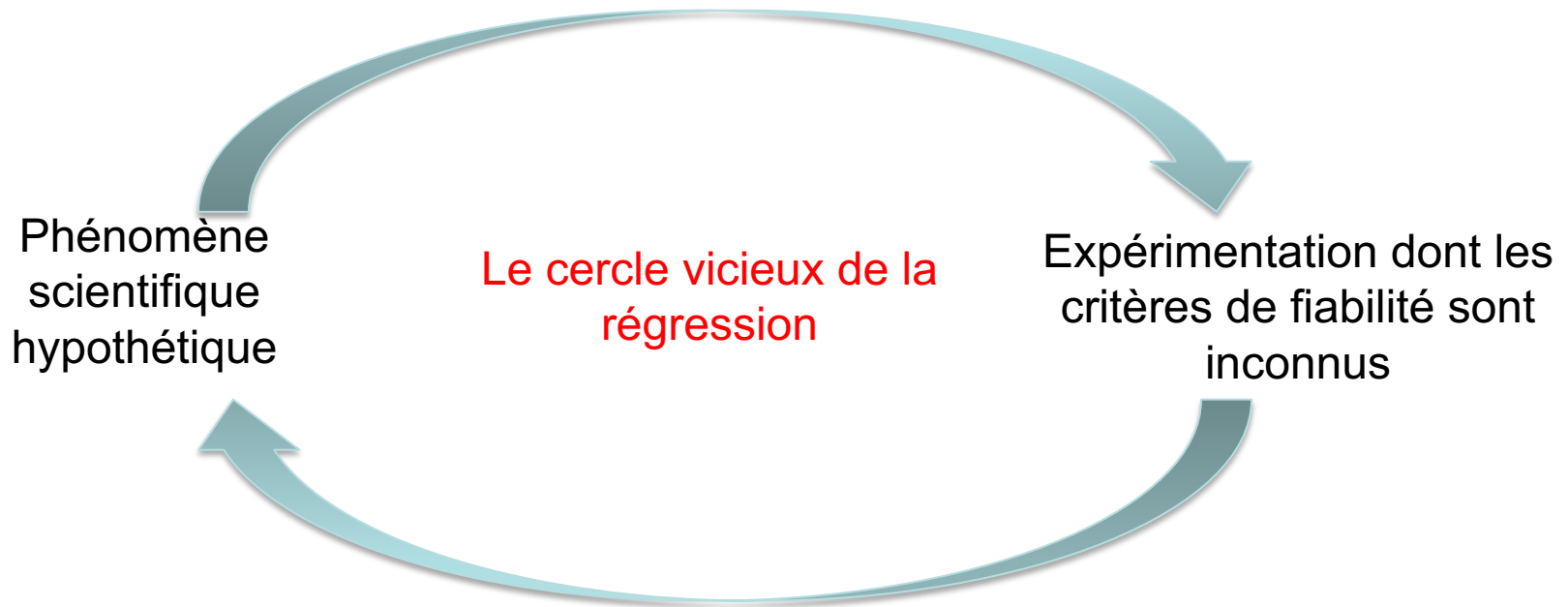
- 1. Les procédés pour extraire l'énergie du système
- 2. Le matériau constituant le cylindre
- 3. Les modes de traitement électroniques des signaux
- 4. Les techniques statistiques permettant d'isoler le bruit
- 5. Le calibrage des appareils
- 6. L'estimation de la fréquence avec laquelle peuvent intervenir au hasard des signaux parasites
- 7. La relation entre la fréquence du rayonnement et la fréquence de sensibilité du cylindre
- 8. La durée d'impulsion des radiations
- 9. La proximité de la source des radiations
- 10. La largeur de bande des radiations

## 5. Les formes d'argumentation employées ne renvoient pas tous à l'analyse des connaissances formelles (2)

- 11. La prise en compte de phénomènes pouvant provoquer des effets trompeurs et pour lesquels il n'existe ni contrôle ni protection.
- 12. Si la radiation émise par le centre de la galaxie était concentrée d'une certaine façon vers la terre, cela expliquerait les flux importants de radiations.
- 13. Les impulsions des ondes gravitationnelles pourraient déclencher la libération de l'énergie accumulée dans le cylindre
- 14. Une « cinquième force » pourrait agir qui s'ajouterait aux quatre autres déjà connues (magnétiques, gravitationnelle, forte et faible)
- 15. La découverte d'ondes de gravitation n'est que le résultat d'un leurre, de mensonges délibérés ou d'erreurs.
- 16. Il faudrait chercher des explications du côté des forces psychiques.

# L'analyse de Harry Collins

- Au final, les résultats de Weber ne sont ni confirmés ni vraiment réfutés par l'ensemble des autres expériences.
- Le cas des ondes gravitationnelles illustre un dilemme classique dans les sciences expérimentales: la « **régression expérimentale** ».



- Pour « briser le cercle » il faut parfois aller chercher des ressources à l'extérieur de l'expérimentation elle-même.



# Les leçons du cas

- La controverse sur les ondes gravitationnelles illustre deux dynamiques qui peuvent intervenir dans les situations de régression expérimentale
  - La controverse s'éteint sans qu'il soit possible de briser le cercle de la régression
  - Des facteurs sociaux, politiques, économiques jouent un rôle fort pour sortir du cercle
- Attention:
  - Collins ne prétend pas que ce cas est général: les controverses prennent des formes diverses qui sont à décrire
  - L'argument ne prétend pas « qu'il n'y a rien dans la bouteille » ...



# Approches traditionnelles et STS des sciences: un tableau récapitulatif

	Approche « traditionnelle » des sciences	Approche STS
Nature de la production scientifique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énoncés formalisés généraux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énoncés plus ou moins généraux.</li> <li>• Productions non propositionnelles: instruments, savoir-faire, compétences incorporées ...</li> </ul>
Acteurs de la science	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chercheurs</li> <li>• Recherche de profits symboliques spécifiques (quête de la vérité, intérêts intellectuels, reconnaissance scientifique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chercheurs, techniciens, industriels associés, financeurs ...</li> <li>• Recherche de profits non spécifiques (intérêts cognitif, reconnaissance sociale, renommée, avantages matériels ...)</li> </ul>
L'accord	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode scientifique universelle</li> <li>• Communautés de spécialistes</li> <li>• Dispositifs de communication</li> <li>• Débat critique et transparent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodes locales</li> <li>• Forum de discussion hétérogène</li> <li>• Coexistence du débat scientifique et socio-politique</li> <li>• Confiance</li> <li>• Standardisation des équipements</li> </ul>
Organisation sociale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Séparation entre l'intérieur et l'extérieur de la science</li> <li>• Influences extérieures limitées aux orientations de recherche</li> <li>• Diffusion des résultats vers l'extérieur pour appliquer la science dans la société</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseaux sociaux classiques</li> <li>• Frontières entre l'intérieur et l'extérieur fluctuantes</li> <li>• La science est plongée dans la société et les influences réciproques sont nombreuses et variées.</li> </ul>
Dynamique d'ensemble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progrès de la connaissance</li> <li>• Cumulativité possible et souhaitable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historicité de la science</li> <li>• Paradigmes</li> <li>• Cumulativité non assurée</li> </ul>

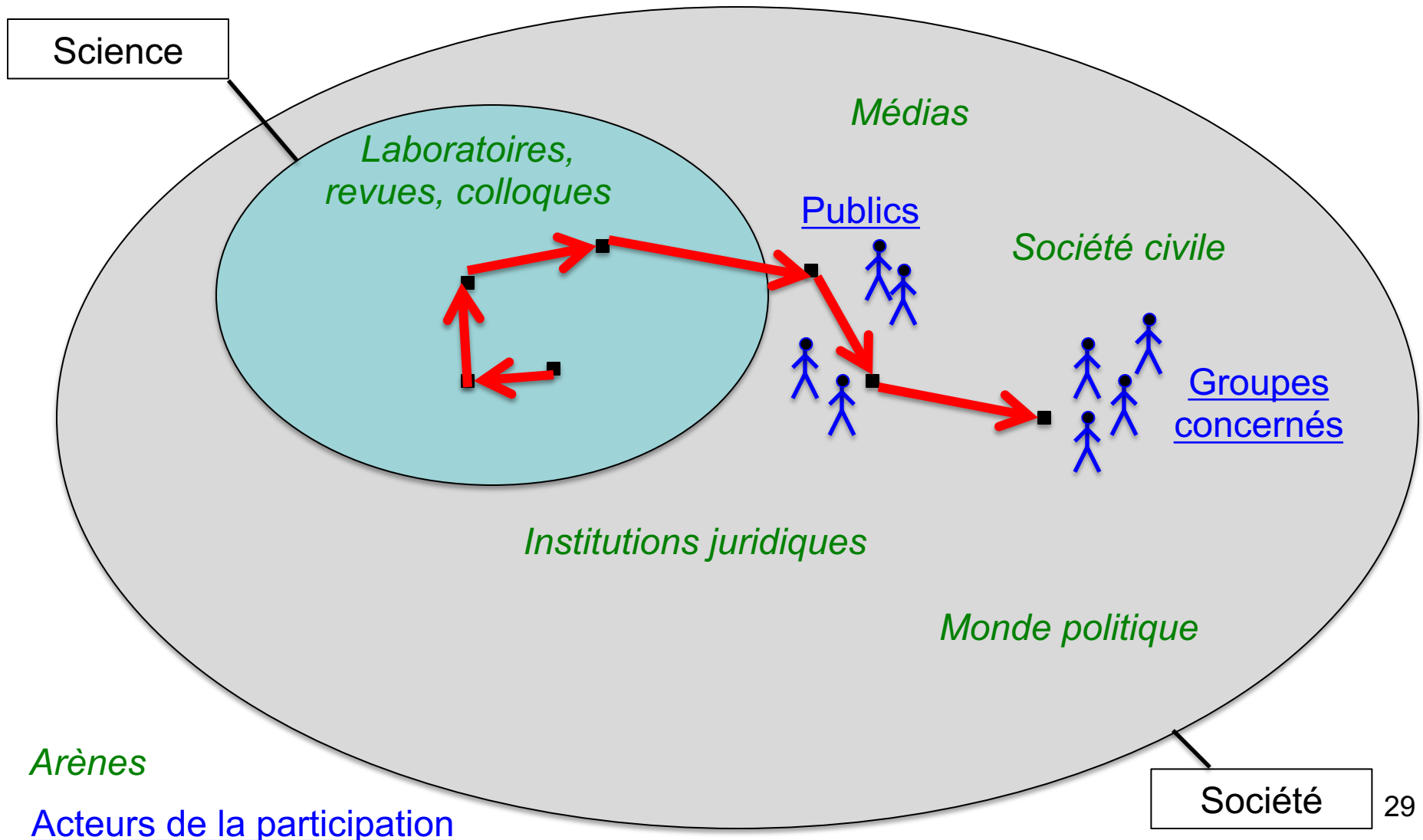
# L'analyse de controverses: des enjeux renouvelés

- L'analyse de controverse est apparue dans les années 1970, au moment de l'émergence du STS, comme un **moyen d'entrer dans le processus de construction des contenus scientifiques**
- Les premières études se sont centrées sur l'analyse des controverses internes à l'univers de la science (exemple des ondes gravitationnelles). Par la suite, de très nombreuses études concernent **les controverses qui relèvent d'une interaction entre la science et la société** en général.
- 3 transformations sociétales importantes font évoluer la manière dont on peut aujourd'hui appréhender l'objet controverses:
  - L'évolution des rapports à la **science comme institution sociale**
  - La montée des formes de **contre-expertise**
  - L'apparition de nouveaux espaces de débats sur **internet**
- Elle reste une **méthode** pour appréhender le développement des sciences et des techniques et leur inscription sociale, méthode qui s'est elle-même en partie institutionnalisée.
- Exercice **pédagogique** qui a connu une forte diffusion

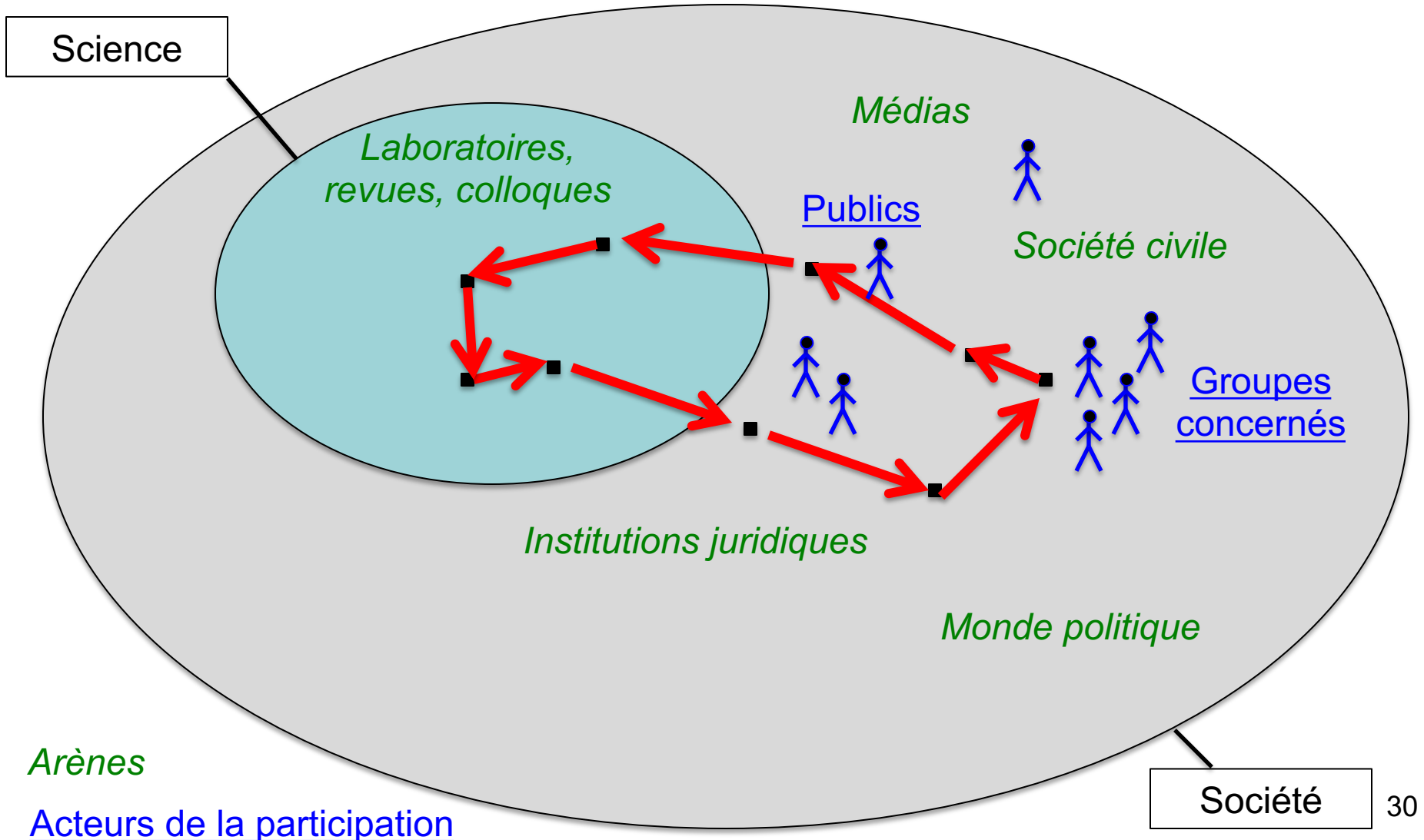
# Controverses et problèmes publics: les configuration entre science et société

- Comme pour tout problème public, les trajectoires des controverses et les processus de **problématisation** sont **très variables**
- Exemples:
  - 1. Comment une innovation scientifique ... se transforme-t-elle, ou devient-elle reliée à la formulation d'un problème public ?
  - 2. Comment opère la mobilisation d'expertise scientifique dans une question socio-politique donnée ?
- Les **arènes**
  - Deux catégories d'arènes sont en jeu dans ces configurations: les arènes **scientifiques** et les arènes « **socio-politico-médiatique** »
  - Quelles sont les articulation ces deux types d'arènes ?
- Les formes que prend la **participation**
  - Constitution de **publics autour de nouvelles connaissances**
  - Emergence de **groupes concernés**

# Exemple 1 de trajectoire: l'innovation sort de la science et « crée un problème public » à son arrivée en société



# Exemple 2 de trajectoire: un problème public mobilise des connaissances et de l'expertise scientifique

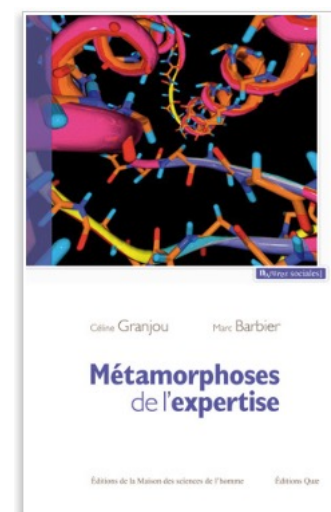
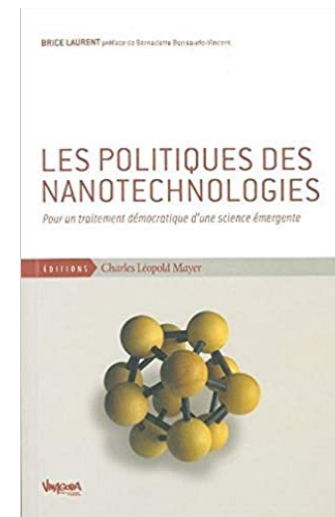
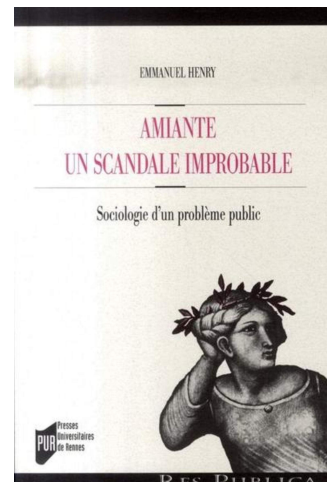
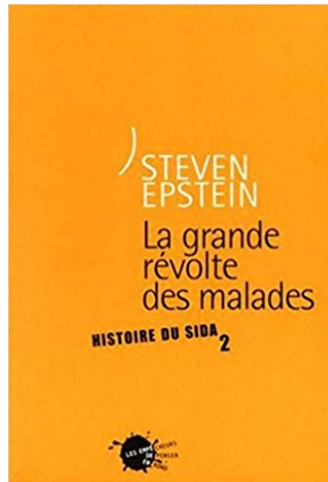
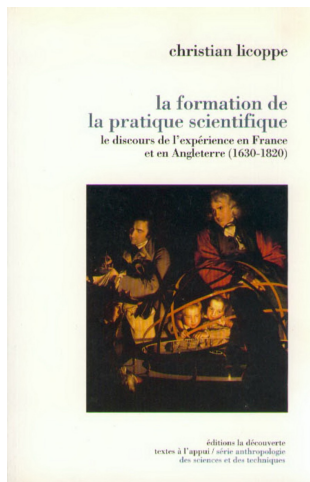
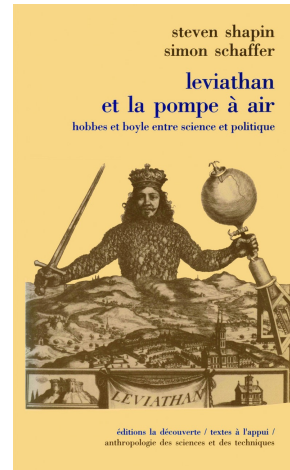
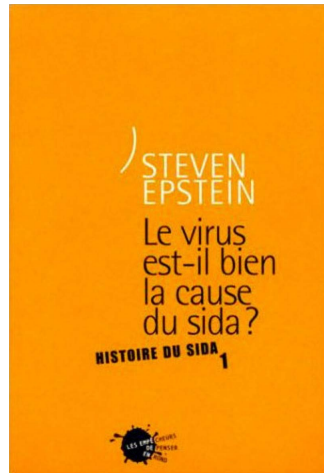


# Participation et intervention des publics dans les controverses

- Le travail des « groupes concernés ». Exemples:
  - Les familles des accidentés de la route
  - Les irradiés de la polynésie Française
  - Les patients atteints de maladies orphelines
  - Les consommateurs du levothyrox
  - ...
- Des formes d'action militantes traditionnelles
  - Se constituer en **groupe social** représentatif
  - Faire reconnaître son existence et ses problèmes par les **autorités**
  - Mener un travail d'activiste pour **mobiliser** un public plus large
- Des formes d'actions spécifiques
  - Se constituer en source **d'expertise alternative**
  - **Intervenir** dans les débats d'experts
  - Jouer un rôle dans la **programmation** de la recherche
  - « *Evidence based activism* »



# Les questions controversées dans les ouvrages présentés en PC





Questions ?