

欧州におけるファーストトラックの議論について

欧州共同体における核融合の最速の道 (Fast Track) の議論について

1. 核融合の最速の道 (Fast Track) に関する専門家会合

欧州研究相理事会の要請に基づき、英国のキング主席科学顧問を座長として欧州各国の核融合専門家を集めて、2001年11月27日に専門家会合が開催され、12月5日に結論がとりまとめられた。

2. 専門家会合の結論の概要

2000年にユーラトム計画の評価パネルが、核融合について、ITER、その建設決定から35年度に稼働する原型炉、それに続く実証炉と言う3段階からなる暫定的なロードマップを示しており、大規模発電は50年度とのシナリオとなっている。

これに対して、以下の助言により、この機関を短縮して、30年程度で核融合発電の目途をつけようとするのが、最速の道 (Fast Track) である。

- ① ITERは不可欠な段階とするが、現在の設計で許される改造を行うなどして、20-30年以内に核融合発電の技術的可能性を実証する。実用化を先取りした燃料生産とエネルギー抽出のためのテストブランケットなどに強い関心。
- ② ITERに続いては、技術面と経済性の最適化を多少犠牲にしても、原型炉と実証炉の段階をまとめて、信頼性の高い実証炉を設計する。
- ③ ITERはエネルギーの生成と抽出の実証を主目的とし、EUの核融合計画はITERのR&Dとの強調を行う。その他の欧州の研究所は将来の炉の概念及び設計に向けての改善に力を注ぐ。
- ④ 核融合用の材料開発は環境に優しく、経済性の高い技術への鍵であり、そのためにはITERに加え、大強度中性子IFMIFの開発が必要である。IFMIFの工学設計活動は第6次フレームワーク計画(~2006年)に完了すべきである。IFMIFで如何なる実験を行うかの検討は現存する中性子源等を活用して進めるとともに、材料の放射化の理論的なモデル構築を進める。

⑤以上のためには

- ・ITERの交渉権を早急に資金分担とサイト関連事項まで拡大する。
- ・ITERの実現と並行してIFMIFの工学設計を開始する。
- ・JETに代表される現存の施設については、核融合の実現に効果的な貢献がなしえる間は存続するが、ITER計画の実現及び財源の可能性のために、段階的に廃止に向う。

が重要な鍵。

いくつかの活動を並行して走らせるに必要な資源は、核融合開発の段階を一つ省略すること、及び国際協力の拡大により、確保する。

⑥ITER建設にかかる資金は殆ど産業界に行く。核融合開発での産業界の役割は重要になるし、電力会社との関係は段階的に強くなる。核融合がエネルギー生成のための産業界からの要求にマッチするよう、産業界及び電力業界を巻き込む仕組みの強化が必要である。

研究相理事会議長、ドネ氏のイニシアチブにより 2001 年 11 月 27 日に開催された核融合の fast track (最速の道) に関するための専門家会合の結論

会合に参画した専門家

デビッド キング教授 (議長、英)	マルセル ゴーブ氏 (ベルギー)
アンジェロ アイラギ教授 (伊)	ラルス ヘグベルグ博士 (スイス)
ハラルド ボルト教授 (独)	ガブリエル マーパッシュ氏 (仏)
ジョキン カルボ博士 (EU)	スティーブン ワルスグローブ氏 (英)
ベルナール フロアス氏 (仏)	

ユーラトム計画の評価に責任を持つ委員会によって 2000 年に策定された暫定的なロードマップをもとに、我々は核融合エネルギー生成に向けた fast track (最速の道) の可能性を検討した (図参照)。このロードマップは、国際協力の下で行われる ITER による次期段階、ITER 建設決定から約 35 年後に正味の電力生産を可能とする原型炉、そしてそれに続く実証炉の 3 つの成功する段階を見通している。これにより 50 年後に大規模発電が可能となる。また、ロードマップでは、原型炉に間に合うように核融合の幅広い利用を支えるべく、核融合用材料及び環境及び安全性の実証を並行して開発するとされている。

我々は研究相理事会から託された権限に基づき、以下にリストアップされた結論に到達した (別添)。もし研究相理事会がさらに求めるならば、それらの項目について喜んで 2 回目の会合を開催する。

1. ITER 計画はエネルギー生成に向けた fast track (最速の道) において不可欠なステップである。工学設計は既に完了しているが、20-30 年の間に核融合エネルギーの技術的実現性を実証するため、現在の ITER の設計に固有の柔軟性を最大限に活かして ITER の期間中に適切な改良を加えることが可能である。原型炉のフルサイズブランケットを先取りした燃料増殖とエネルギー取り出しのためのブランケットモジュールのテストは特に注目される。
2. 将来の商業化システムは、エネルギーを注入しつつ運転するものと見られており、外部からエネルギーを注入しない自己完結型ではないと考えられている。原型炉はエネルギーを注入する型のものであるから、現在考えられる最速の道は、たとえ十分に技術的ないしは経済的に最適化されていなくても、原型炉と実証炉を 1 つのステップとしてまとめて設計し、信頼性があり発電のできる核融合実証炉とすることである。これは 4. 以下で議論される要件を満たした材料の開発に強く依存する。

3. ITERの研究活動の重点は、核融合出力の維持とエネルギー取り出しを実証することにおかれるべきである。ITERはその後の商業炉の設計にかかわらず、有効な研究装置として役割を果たす。EUの核融合研究においては、核融合の機関はITERのR&Dとプラズマ物理を並行して行うべきである。ステラレータや球状トカマクのようなその他のヨーロッパの施設は、将来の炉の概念や設計の可能な改善を目指すべきである。
4. 核融合材料科学の使命は、定常的で、環境的に優しく、かつ経済性の高いエネルギー技術として答えを与えることである。ITERによってプラズマに面する材料に関する不可欠な情報が得られることに加え、核融合炉においては、IFMIFに代表される大強度中性子源が、核融合炉で直面するような強い中性子照射における材料の性能を評価するため必要である。fast track（最速の道）においては、IFMIFの詳細な工学設計がFP6の期間内に完了すべきである。今あるいは近い将来、ヨーロッパあるいは他の場所において利用できる、NSS (Neutron Spallation Sources) において行われる適切な研究の範囲を明確するために、照射実験内容が検討されるべきである。そのような照射実験の組み合わせにおいて、構造的評価や材料の照射損傷の理論的なモデル作りは、基本的なプロセスの制御と理解に役立つ。またそのような材料研究は、宇宙、航空、エネルギーシステム、先端プロセスのような他の分野の発展と技術革新に貢献できる。このような他のEUの材料研究計画との適切な協調が図られるべきである。
5. 以上の結果から、核融合エネルギー生成へ向けた最速の道の実現のための重要な項目は以下のとおりである。
 - ・ ITERの建設は合理的な範囲で出来るだけ速やかに開始されるべきである。第一段階として、EUのITER事業体の設立に関する国際的な交渉権をITERのコスト分担及びサイトに関する事項にまで速やかに拡大すべきである。
 - ・ 核融合エネルギー開発における2つの大きな計画、すなわちITERとIFMIFは、協調しつつ進めるべきであり、ITERの実施とIFMIFの詳細な工学設計は並行して行われるべきである。
 - ・ プラズマ物理のために行われてきた現存の核融合装置の運転の大部分、特にJETの運転に関しては、その運転が効果的に続けられる限りは、次の段階のための必要な知識を得るため、あるいは核融合炉の運転に必要な経験を得るため、それらの計画を突如として中断しないことが重要である。財源の可能性、ITER実現のスケジュールに従えば、JETは徐々に活動を低下させていくべきである。

核融合エネルギー生成へ向けた最速の道を実現するためのこれらの項目は、並行して行われる更なる活動とともに、特にFP6とFP7の期間の第一段階において追加的資源が必要となる。しかしながら核融合装置の開発の一段

階を省略できれば、長期の目的を達するための公的資金の総量は実質的には削減できる。また第一段階における追加的財源は、国際協力に拡大することによっても確保が可能である。ヨーロッパからリーダーシップで提案することによって、現時点の ITER のパートナーあるいはポテンシャルを持つパートナーの両方からの積極的な対応を期待できるでしょう。

6. 核融合エネルギー研究の現段階において、産業界は、核融合装置の建設、ITER の設計を通じ、多くの部分で関与している。この観点から、ITER の建設に必要な財政的資源の多くは産業界へ行くこととなる。核融合装置のエンジニアリングにおける産業界の役割は、ITER や ITER に続く原型炉、実証炉になるに従い大きくなる。電力の生産者すなわち電力会社の直接の関与は、エネルギー生産へ向かう間に徐々に顕著なものとなる。しかしながら、発電に向けて最も効果的に計画を遂行するためには、計画の全ての段階で、エンジニアリング会社、装置の製造会社、電力会社を含む産業界の人々の力をつなぎ止めておくことが重要である。核融合に関するこれら産業界の意見を聞きうる現存のフォーラムについては、さらに産業界の要請に核融合開発がマッチするよう機能を強化すべきである。

2001年12月5日 ブラッセル

2001年11月20日

核融合を最速で実現させるための作業グループへのマンデート（案）

使命

20-30年以内にエネルギー生成を行う明白な目標と核融合のためのロードマップ“最速の道”を築く点においての見通しや計画の策定方法の評価

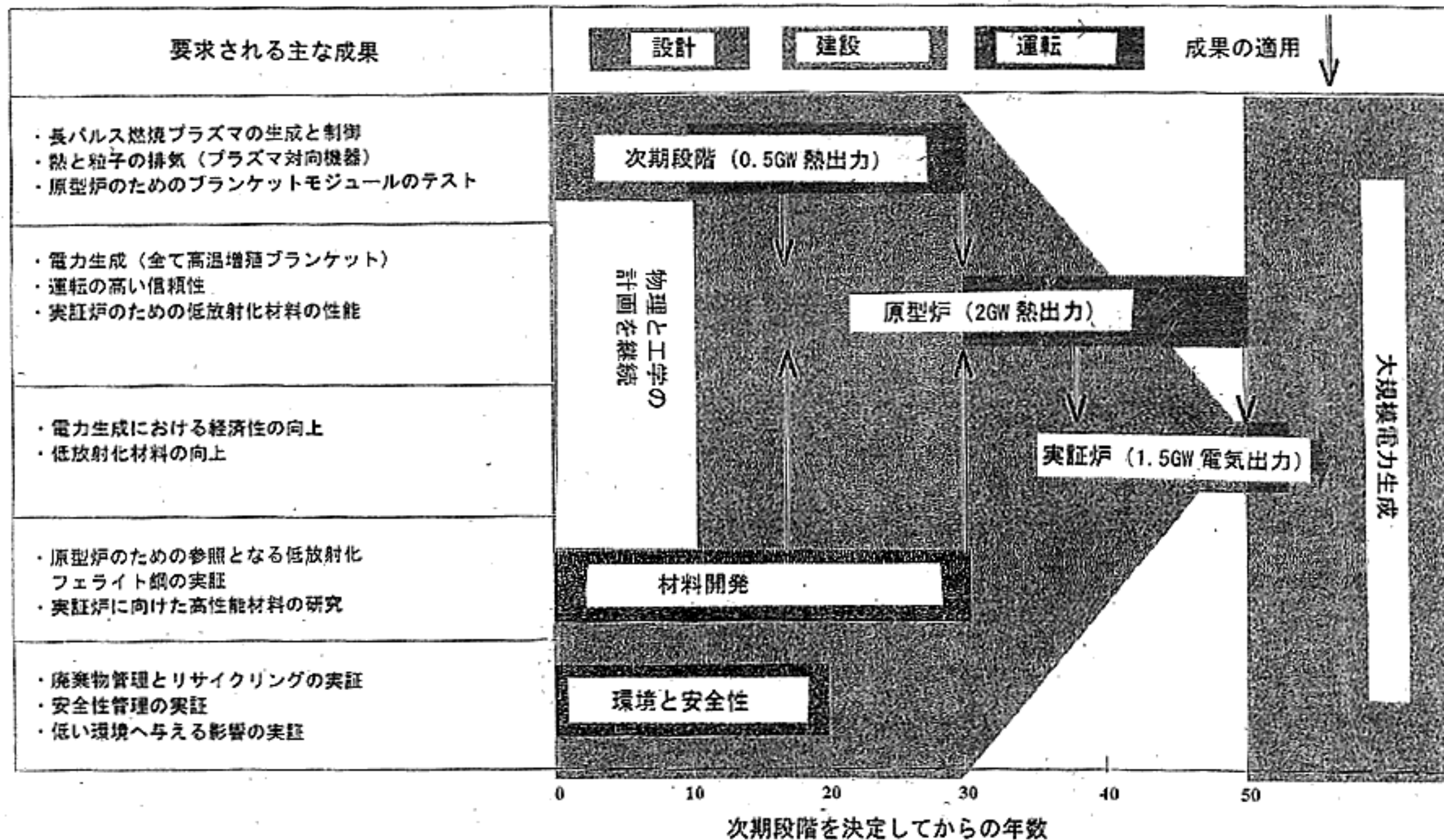
委任事項

- ・ 目標（ITERを含む）を可能にする fast track（最速の道）のシナリオの実現可能性を評価することと FP6 期間中あるいはそれを越えた核融合予算の論点に関し助言を与えること
- ・ 適切な中性子源を用いて、材料研究の推進を評価すること
- ・ 20-30年以内に核融合出力からエネルギーを生成するという目標へ向けた ITER 計画と材料計画が順調に進むことを確実にするため、産業界/電力業界を含む EU の計画を策定するためのオプションの評価をすること
- ・ 第3国（米国を指す）の参加を促すことを含め、ITER と材料照射に必要な中性子源の国際協力活動を活発化する方法を考えること

第1回会合における検討材料のための特定のタスク（2001年12月10日以前の研究相理事会へ提出する暫定的な報告書の視点において）：

1. fast track（最速の道）のスケジュールの第1回目の評価
2. ITER と並行して行う材料研究の推進

次期段階を建設する決定から始まる達成のロードマップ（案）



Conclusions of the Fusion Fast Track Experts Meeting

held on 27 November 2001

on the initiative of Mr. De Donnea, President of the Research Council

Experts participating in the meeting:

Prof. David KING (Chairman)
Prof. Angelo AIRAGHI
Prof. Harald BOLT
Dr. Joaquin CALVO
Mr. Bernard FROIS

Mr. Marcel GAUBE
Dr. Lars HÖGBERG
Mr. Gabriel MARBACH
Mr. Steven WALSGROVE

We examined a possible fast track towards fusion energy production with reference to the tentative Roadmap elaborated in 2000 by the Panel in charge of the Assessment of the Euratom programme (see figure). This Roadmap foresees three successive generations of devices, the Next Step (ITER in the international context), DEMO achieving net electricity production about 35 years after the decision to construct ITER, and PROTO. This would lead to the beginning of large-scale electricity production in a time scale of about 50 years. The Roadmap also shows that the parallel development of appropriate fusion materials and the demonstration of environmental and safety case supporting wide use of fusion power should be completed in time for DEMO.

We have reached the following conclusions on the topics listed in the mandate established by the Research Council Presidency (see annex). We would be happy to hold a second meeting on these issues if requested to do so by the Council Presidency.

1. The ITER project is the essential step towards energy production on a fast track. The engineering design has been finalised, and a modest upgrading could readily be achieved over the life of ITER, by fully exploiting the inherent flexibility of the present ITER design in demonstrating the technical feasibility of fusion power on a 20-30 year timescale. The tests of breeding and energy extraction blanket modules prototyping the full size blanket for DEMO should receive particular attention.
2. Future commercial systems are likely to be energy-injected, and not self-sustained. Since the DEMO generation is energy-injected, current thinking is that in a fast track approach, the DEMO and PROTO generations could be combined into a single step that should be designed as a credible prototype for a power-producing fusion reactor, although in itself not fully technically and economically optimised. This would depend strongly on the development of adequate materials, as discussed in 4 below.

3. The emphasis in the research work on ITER should be on demonstration of sustained fusion power production and extraction; ITER will serve as an enabling research machine regardless of the design of later commercial reactors. Within the EU fusion programme the fusion Associations should concentrate on accompanying R&D for ITER and plasma physics. Other European facilities such as stellarators and spherical tokamaks should address possible improvements of concepts and of designs for future reactors.

4. The mission of fusion materials science is to provide solutions for a sustainable, environmentally benign and economically attractive energy technology. In addition to the essential information provided by ITER on plasma facing materials an appropriate high-energy, high intensity neutron source such as the International Fusion Material Irradiation Facility (IFMIF) is required to test and verify material performance when subjected to extensive neutron irradiation of the type encountered in a fusion reactor. In a fast track approach, the detailed engineering design of IFMIF should be completed during FP6. Before that the irradiation test requirements should be examined to identify to which extent relevant studies could be done on Neutron Spallation Sources available now and in the foreseeable future in Europe or elsewhere. In combination with such irradiation experiments, the theoretical modelling of radiation damage and of the structural evolution of materials is instrumental in the understanding and the control of underlying processes. Such material studies could also contribute to progress and innovation in other areas such as aeronautics and space, energy systems and advanced processing. Proper co-ordination with other EU programmes in materials research should be explored.

5. From the above results that the following elements are of key importance to achieve a faster track towards fusion energy production:
 - Construction of ITER should start as soon as reasonably achievable. As a first step, the present mandate of negotiations with the EU international partners regarding the ways of establishing an ITER Legal Entity should be soon extended in order to address ITER cost sharing and site dependent issues.
 - The two major international ventures on fusion energy development, i.e. ITER and IFMIF should proceed in a co-ordinated way, with the realization of ITER starting in parallel with the detailed engineering design of IFMIF.
 - Regarding the use of existing fusion devices, mostly devoted to plasma physics, in particular the use of the JET facilities, it is important not to interrupt abruptly their programmes as long as they can efficiently continue to contribute to improve the knowledge base needed for the next steps and develop the necessary experience in operating fusion machines. JET should be phased out progressively according to the schedule of the ITER realization and to the availability of financial resources.

These elements of a faster track towards fusion energy production will require additional resources in the first leg of the track, in particular during FP6 and FP7, as more activities need to be done in parallel. Eventually the total amount of public funding to reach the long-term objective could be reduced substantially if it proves possible to save one generation of fusion devices. These additional resources for the first leg of the track should be sought also by expanding the international collaboration. A clear lead from Europe could be expected to generate a positive response from both existing and potential ITER partners.

6. At the present stage of fusion energy research, industry is mostly involved through the construction of fusion devices and through its participation in the ITER design. From this point of view most of the financial resources required for the construction of ITER should go to industry. The role of industry in the engineering of fusion devices should grow significantly during the realization of ITER, and later of DEMO/PROTO. The direct involvement of the electricity producers, the utilities, should increase progressively along the route to energy production. However, in order to drive the programme most efficiently towards power production it is important to harness the energies of individuals within the industrial communities including engineering companies, component manufacturers and electricity producers to assist in managing all phases of the programme. The existing fora where utilities and industry can bring in their views on fusion energy research should extend further their activities in order to ensure that fusion developments meet industrial requirements for energy production.

Brussels, 5 December 2001

Draft Mandate for Fusion Fast Track Working Group:***Mission***

Assess scope and ways of organising the programme with a view to producing a "fast track" roadmap for fusion, with the clear goal of energy production within 20-30 years.

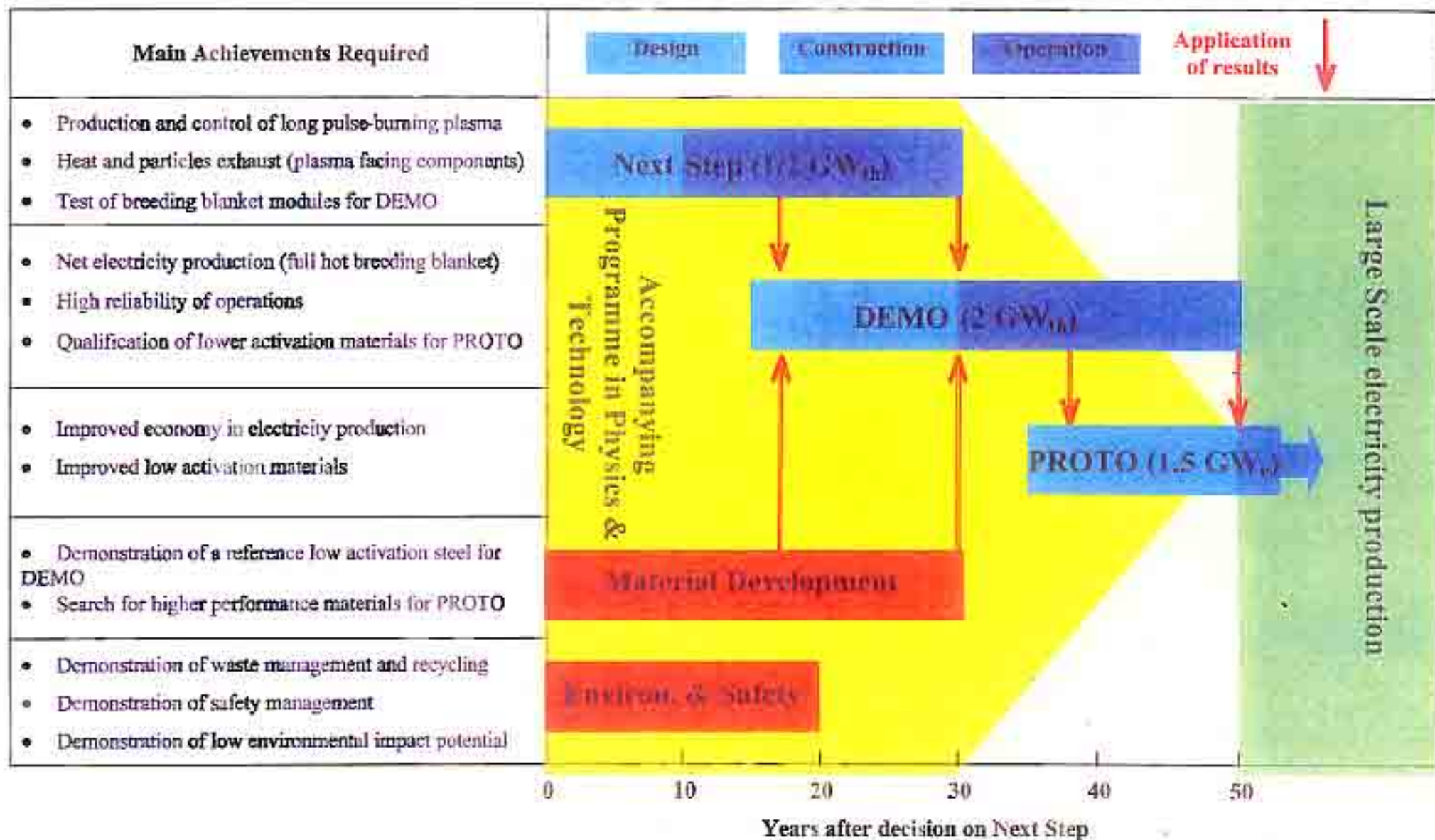
Terms of reference:

- assess feasibility of fast track scenario enabling goal (including ITER) to be met and address corresponding fusion budget questions in and beyond FP6
- assess acceleration of materials work, with appropriate neutron source
- assess options for how to organise the EU programme involving industry/utilities to ensure that ITER and materials projects are as relevant as possible to the goal of energy production from fusion power within 20-30 years
- consider ways of maximising co-ordinated international activity on ITER and a neutron source for materials, including increased participation of third parties (e.g. US)

Specific tasks for consideration at first meeting (with a view to interim report back to Council Presidency before Council of 10 December 2001):

1. First assessment of a fast track schedule
 2. Acceleration of materials work alongside work on ITER
-

Tentative Roadmap of Achievements starting from the decision to construct the Next Step



Extracted from:
 "Five Year Assessment Report related to the specific programme:
 Nuclear energy covering the period 1995-1999" June 2000