

Compte-rendu de l'atelier du pôle imagerie du GDR MI2B sur le défi 10 ps, Paris, 11-12 juin 2018

Le pôle imagerie du GDR MI2B a organisé un atelier de réflexion sur le défi 10 ps qui s'est tenu du 11 au 12 juin 2018 à l'Université Paris-Diderot. L'objectif de cet atelier était de réfléchir à l'opportunité de mettre en œuvre un défi sur la calorimétrie hautement résolue en temps pour l'imagerie médicale aussi connu sous le nom de « défi 10 ps ». Il s'est agi de réfléchir à quels pourraient être les motivations et les attendus d'un tel défi et d'en imaginer les règles. Les discussions ont été introduites par des présentations de Laurent Ménard (IMC, Orsay), Paul Lecoq (Physics Department, CERN), Johan Nuyts (Nuclear Medicine and Medical Imaging Research Center, Louvain) et Dominique Thers (Subatech, Nantes).

Cet atelier a regroupé 25 participants provenant de l'IN2P3, de l'IRFU et de l'INSERM. Les copies des présentations sont disponibles à l'adresse <https://indico.in2p3.fr/event/17411/>.

L'atelier a débuté le lundi 11 juin à 14 h dans l'amphithéâtre Pierre-Gilles de Gennes du Bâtiment Condorcet. Laurent Ménard est entré en matière par un rappel des enjeux la diffusion des techniques d'imageries moléculaire, quantitative et multi-paramétrique et de leur impact clinique sur la médecine de précision. Ensuite, Paul Lecoq a présenté les pistes technologiques permettant d'affirmer que la quête de cette nouvelle frontière des 10 ps ne relevait pas uniquement de la science fiction et Johan Nuyts a donné un état-de-l'art de la tomographie par émission de positons (TEP) à temps-de-vol en imaginant quelle utilisation pourrait être faite d'une mesure de temps-de-vol dont la résolution serait meilleure que la résolution spatiale du détecteur. Dominique Thers a quant à lui présenté l'approche 3 gamma consistant à détecter un troisième gamma, qui est émis consécutivement au positon lors de la désintégration de certains isotopes comme le ⁴⁴Sc, avec une caméra Compton basée sur un détecteur à xénon liquide.

En fin d'après-midi, une première discussion animée par David Brasse a permis de souligner l'impact de l'économie sur la diffusion d'une modalité d'imagerie. Si l'amélioration de la sensibilité, qui va de pair avec la diminution de la dose, est un but recherché de manière générale, c'est bien le marché qui décide de l'avenir d'une modalité d'imagerie en termes de coût et de rentabilité, exception faite peut-être pour le marché du TEP/IRM, mais dont la pérennité reste à confirmer.

Le lendemain matin a été plus directement consacré au travail en atelier autour de quatre questions précédées d'une introduction sur le défi en tant qu'aiguillon du progrès technique présentée par Christian Morel :

- Un défi 10 ps pour quoi faire ?
- Un défi 10 ps pour quel(s) objectif(s) ?
- Comment faudrait-il organiser le défi 10 ps ?
- Comment faudrait-il communiquer autour du défi 10 ps ?

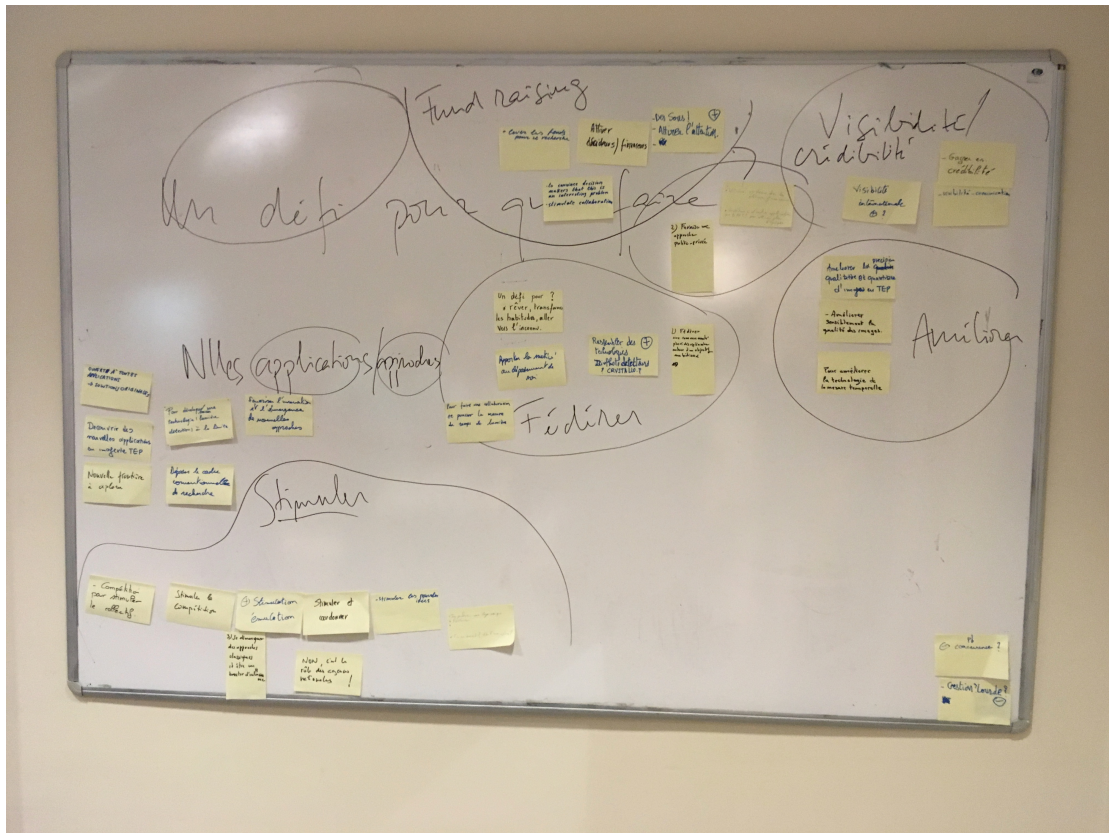
Le travail en atelier a commencé par un tour de table où chacun devait répondre à la question de savoir pourquoi il participait à ces journées de réflexion organisées par le pôle imagerie du GDR MI2B. Les raisons invoquées le plus fréquemment ont été la curiosité pour une approche qui semble originale ou très intéressante et la volonté de participer à un temps fort de l'animation du GDR MI2B.

La première question « un défi 10 ps pour quoi faire ? » a été abordée dans une séance de « Post-it » où chacun devait faire remonter au moins deux idées fortes pour ou contre l'organisation d'un défi 10 ps. Les réponses, une fois regroupées par familles sur un tableau blanc (voir photo), ont permis de lister les idées-forces suivantes :

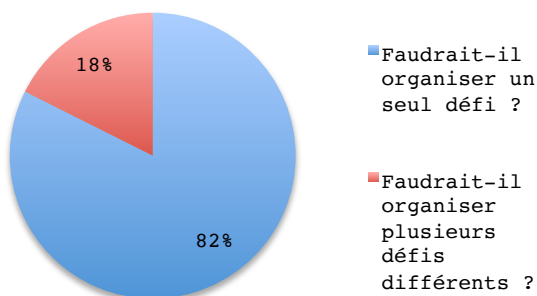
- pour collecter des fonds (fund raising)
lever des fonds pour la recherche
attirer décideurs/financeurs
des sous + attirer l'attention
to convince decision makers that this is an interesting problem
to stimulate collaboration
- pour la visibilité ou la crédibilité qu'il procure
gagner en crédibilité
visibilité internationale + ?
- ... et entre ces deux idées-forces
favoriser une approche public-privé
un autre post-it, mais écrit au crayon gris, donc illisible sur la photo
- pour améliorer l'état de la technologie
améliorer la précision qualitative et quantitative d'images en TEP
améliorer sensiblement la qualité des images
pour améliorer la technologie de la mesure temporelle
- pour fédérer les activités de recherche et développement
rêver, transformer les habitudes aller vers l'inconnu

apporter la [...] au dépassement de soi
 pour faire une collaboration et pousser la mesure du temps de [la] lumière
 rassembler des technologies (photo-détecteurs, cristaux)
 fédérer une communauté pluridisciplinaire autour d'un objectif ambitieux

- pour découvrir de nouvelles approches et applications
 ouverte à toutes applications -> solutions originales
 découvrir des nouvelles application en imagerie TEP
 nouvelle frontière à explorer
 pour développer/[...] une technologie (lumière, détection) à la limite
 dépasser le cadre conventionnel de recherche
 favoriser l'innovation et l'émergence de nouvelles approches
- pour stimuler le développement
 compétition pour stimuler le collectif
 stimuler la compétition
 stimulation émulation
 se démarquer des approches classique et être un booster d'[...]
 stimuler et coordonner
 stimuler les nouvelles idées
 non, c'est le rôle des agences nationales !
 un autre post-it, mais écrit au crayon gris, donc illisible sur la photo

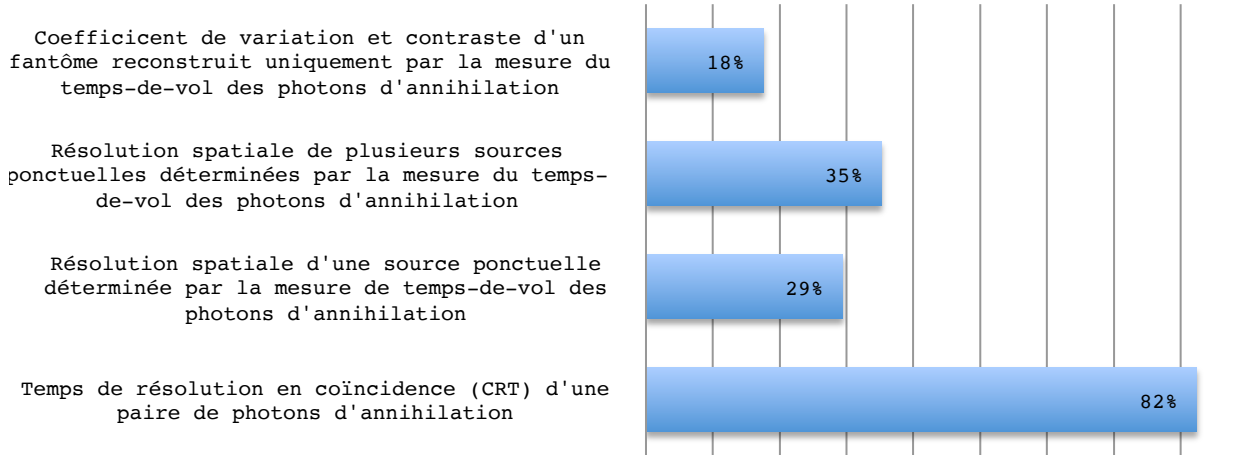


Un sondage en ligne a été constitué pour répondre à la seconde question « un défi 10 ps pour quel(s) objectif(s) ? ».

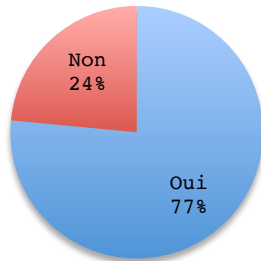


La majorité des participants ont estimé qu'il faudrait organiser un seul défi, et que celui-ci devrait pouvoir marquer l'esprit des gens par la simplicité de son énoncé, dont la figure de mérite la plus évidente serait la mesure du temps de résolution en coïncidence d'une paire de photons d'annihilation. Par exemple, il pourrait s'agir d'améliorer le CRT de 250 ps à 10 ps afin d'engendrer un changement de paradigme en tomographie par émission de positons à temps-de-vol.

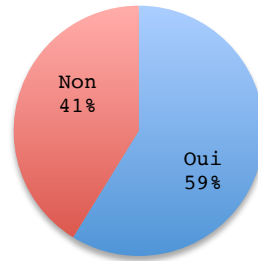
Quelle figure de mérite faudrait-il récomposer ?



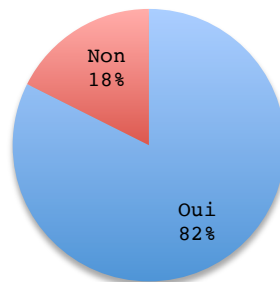
Faudrait-il combiner CRT et sensibilité dans le défi 10 ps ?



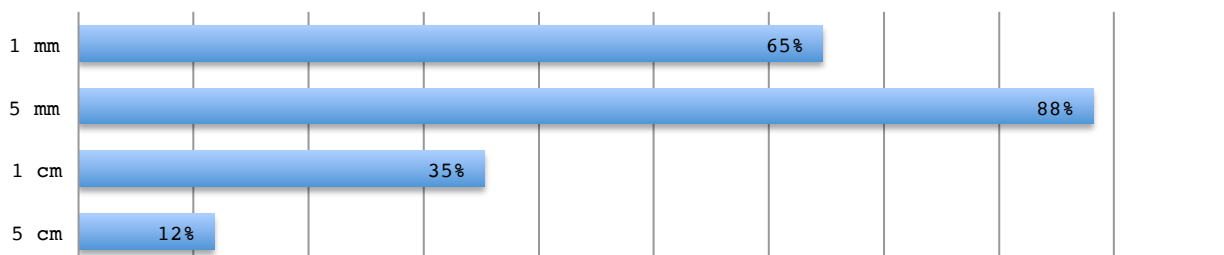
Faudrait-il combiner CRT et résolution en énergie dans le défi 10 ps ?



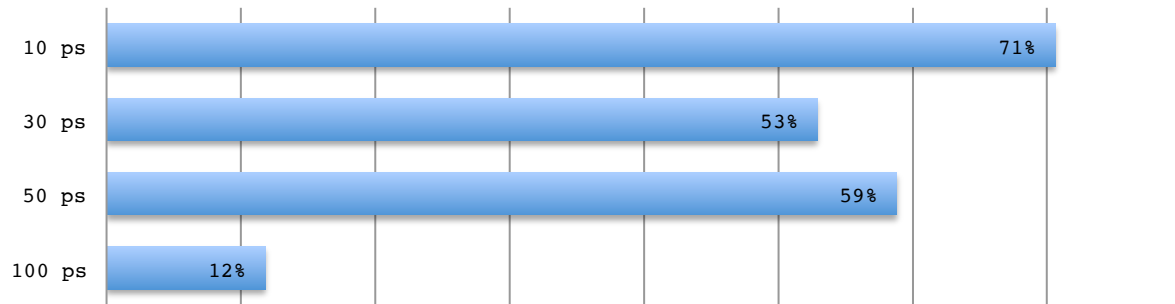
Faudrait-il échelonner le montant du prix d'après la performance atteinte ?



S'il fallait échellonner le montant du prix d'après la performance atteinte en terme de résolution spatiale, quelles valeurs de résolution spatiale faudrait-il choisir ?



S'il fallait échelloner le montant du prix d'après la performance atteinte en terme de CRT, quelles valeurs de CRT faudrait-il choisir ?



Il a été beaucoup question de savoir s'il fallait combiner CRT et/ou résolution en énergie dans la définition du défi. En tout état de cause, la sensibilité pourrait apparaître comme le juge de paix de la mesure de CRT. En effet, un convertisseur épais maximise la probabilité d'interaction des photons d'annihilation, mais rend la mesure du CRT plus délicate. Il semblerait par conséquent approprié de considérer la sensibilité d'une paire de détecteurs dans les règles définissant le défi 10 ps, par exemple en fixant la durée d'acquisition d'une paire de détecteurs pour séparer trois sources excentrées émettrices de positons à partir de la mesure de temps-de-vol des paires de photons d'annihilation.

La troisième question « comment faudrait-il organiser le défi 10 ps ? » a fait l'objet d'une discussion en deux groupes qui se sont répartis la série de questions suivante :

1. Qui doit porter le défi 10 ps, un ou plusieurs acteurs ?
2. Comment financer le défi 10 ps ?
3. Qui peut relever le défi 10 ps ?
4. Faut-il limiter la durée de mise au défi ?
5. Quel doit être le montant du ou des prix ?
6. Quelle organisation de validation et de certification faut-il mettre en place pour le défi 10 ps ?

Un premier groupe a traité des trois premières questions tandis que le second groupe s'est intéressé au trois dernières questions.

A la première question de savoir qui devrait porter le défi 10 ps, les avis étaient partagés. Le CERN, la collaboration Crystal Clear, IEEE, l'EFPIA (Fédération européenne des associations et industries pharmaceutiques) ou encore l'EANM (Association européenne de médecine nucléaire) ont été évoqués, tout en relevant qu'un portage par une organisation européenne ou par une organisation non-gouvernementale d'origine européenne serait préférée.

C'est la seconde question qui a généré le plus de débats autour de la propriété intellectuelle et du fait qu'il faudrait faire attention à ne pas se substituer aux agences de financement. Il a été suggéré de faire appel au privé pour la dotation des prix ou à un partenariat public/privé.

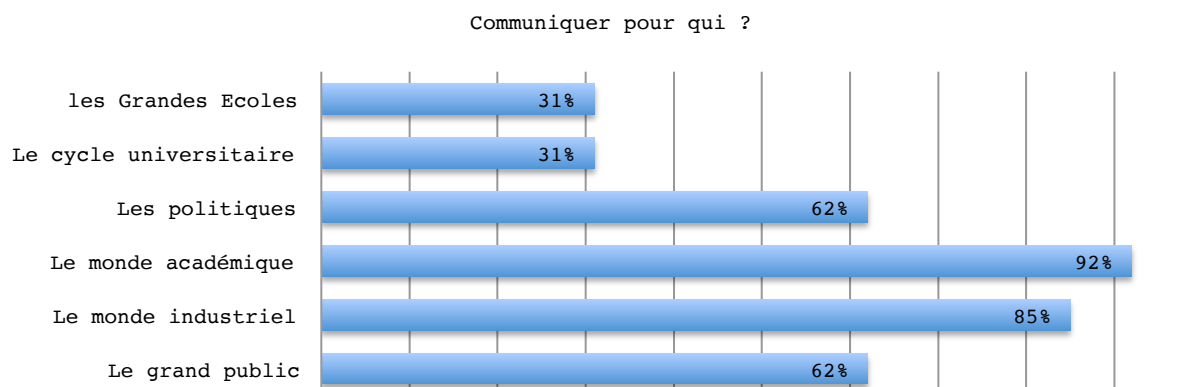
Concernant la troisième question de savoir qui pourrait relever le défi 10 ps, l'avis unanime était qu'il ne faudrait pas fixer de limite, ni en terme de taille de l'équipe, ni en terme de provenance (publique ou privée, européenne ou extra-européenne, etc.).

Aux quatrième et cinquième questions, il a été proposé de fixer la durée de la mise au défi entre 5 et 10 années, tout en garantissant une récompense de 1 M€ à répartir en les équipes (de 3 à 5) qui auront obtenu les meilleures performances relatives à un premier jalon (par exemple un CRT inférieur à 50 ps pour une paire de détecteurs) au terme des 3 premières années de mise au défi, puis de récompenser par un prix de 1 M€ la première équipe qui aura atteint les spécifications finales exigées pour le défi 10 ps avant qu'il ne soit échu.

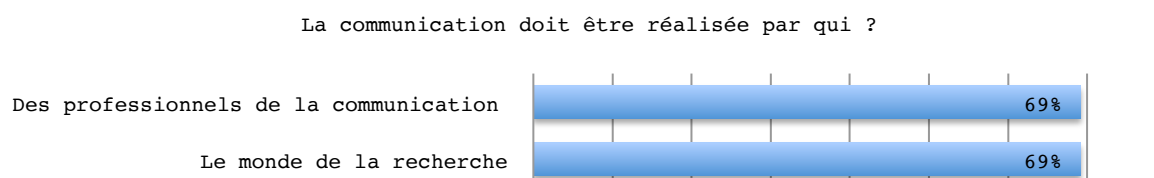
A la sixième question, les participants ont souhaité qu'une certification centralisée soit organisée avec un comité indépendant formé d'experts reconnus dans le domaine, mais ne participant pas au défi.

Le quatrième atelier de la journée était destiné à la question « comment faudrait-il communiquer autour du défi 10 ps ? ». Un sondage en ligne a été préparé pour stimuler la discussion autour du thème de la communication, dont il a été souligné par un participant qu'elle fait partie intégrante de notre mission de chercheur. Les participants ont estimé qu'il faudrait avant tout communiquer auprès du monde académique et de l'industrie, puis des instances politiques et du grand public, et dans une moindre mesure des étudiants prégradués. A la liste

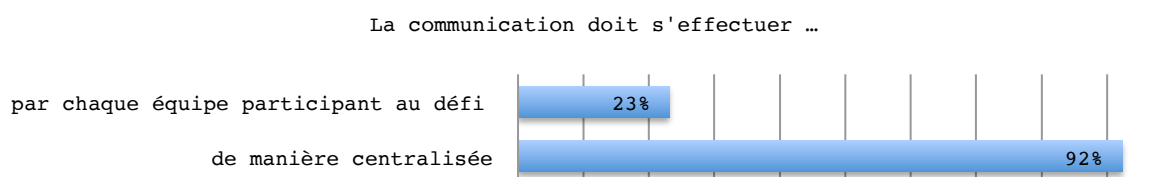
de destinataires, on aurait pu ajouter le monde médical, qui est intéressé au premier titre par l'amélioration diagnostique pouvant résulter d'un TEP temps-de-vol à 10 ps.



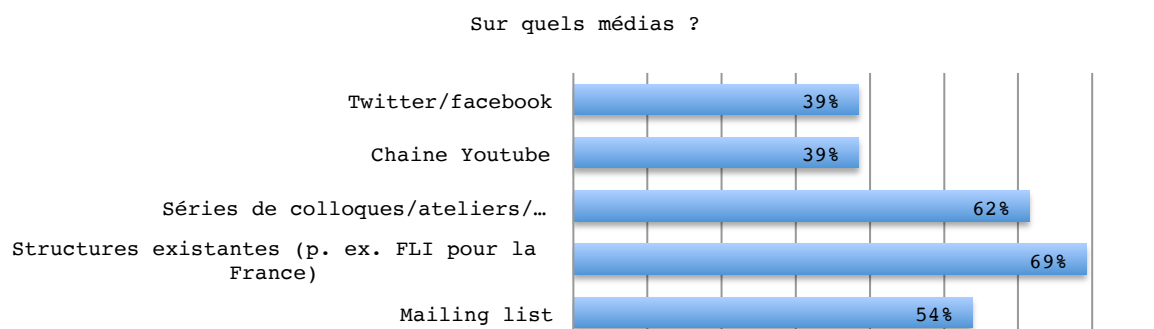
Les avis n'étaient par contre pas différenciés concernant qui des professionnels de la communication ou du monde de la recherche devrait mettre en œuvre la communication sur le défi 10 ps.



Il a semblé néanmoins clair que celle-ci ne devrait pas être laissée à l'initiative des équipes participant au défi, mais devrait être organisée de manière centralisée.

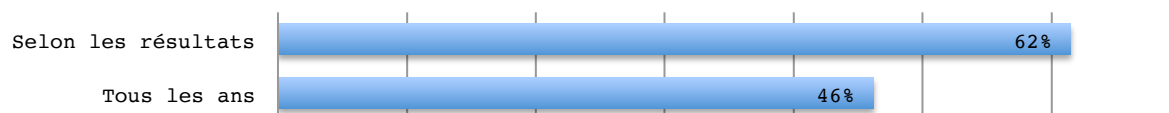


Tous les médias sont apparus intéressants pour communiquer sur le défi 10 ps, même si les modalités de communication scientifique comme l'organisation d'ateliers et de colloques, ou les sociétés ou groupements de recherche existants étaient préférées. Un participant a rappelé qu'Antonio Zichichi parlait toutes les semaines à la télévision italienne et que ses interventions étaient peut-être pour partie responsables de la popularité de la physique auprès des étudiant(e)s italien(ne)s. L'émission de radio « La tête au carré » sur France Inter pourrait certainement permettre de partager les enjeux du défi 10 ps auprès du grand public. Un participant au sondage a noté qu'il faudrait aussi inclure la presse écrite et orale à la liste de médias envisagés pour communiquer sur le défi 10 ps.



La communication devrait s'organiser autour de bulletins (communiqués de presse, etc.) publiés d'après les résultats obtenus dans le cadre du défi 10 ps plutôt que de manière régulière. Un participant a ajouté qu'à l'instar de ce qui est pratiqué par exemple pour le défi Carbon XPrize (<https://carbon.xprize.org>), elle devrait se calquer sur l'agenda défini pour le défi 10 ps.

A quelle fréquence ?



Après la pause repas, qui a également été l'occasion de présenter quelques affiches autour de projets associés à la thématique du défi 10 ps, la discussion finale a été animée par Dimitris Visvikis.

Le premier point débattu lors de cette discussion a été de savoir s'il fallait restreindre les objectifs du défi 10 ps à la TEP à temps-de-vol, ou s'il y avait lieu de l'élargir dès le début. L'avis qui a semblé émerger de cette discussion était qu'il serait probablement difficile de laisser le défi ouvert sans cibler des applications précises et que l'application la plus évidente était bien évidemment la TEP à temps-de-vol. Néanmoins, il apparaissait aussi important de faire attention à bien montrer l'intérêt applicatif du défi 10 ps pour d'autres domaines.

Du point de vue de la communication, un préalable à la mise en place du défi pourrait être d'effectuer une simulation anthropomorphique d'un scan temps-de-vol réalisé avec une TEP 10 ps et de comparer les attendus d'un tel système d'imagerie à l'état-de-l'art. Dimitris Visvikis a du reste fait remarquer que la rapidité de scan ou de reconstruction des images n'est plus un enjeu, mais bien la qualité de l'image et de l'information qu'elles délivrent. La sensibilité du TEP 10 ps pourrait alors apporter un avantage décisif, par exemple pour permettre de suivre des traceurs de l'hypoxie et les cinétiques rapides qu'ils impliquent.

L'atelier se termine à 15 h. Le présent compte-rendu a été rédigé en vue de préparer un exposé de principe sur l'organisation du défi 10 ps et de ses implications pour la TEP temps-de-vol et d'autres applications potentielles.