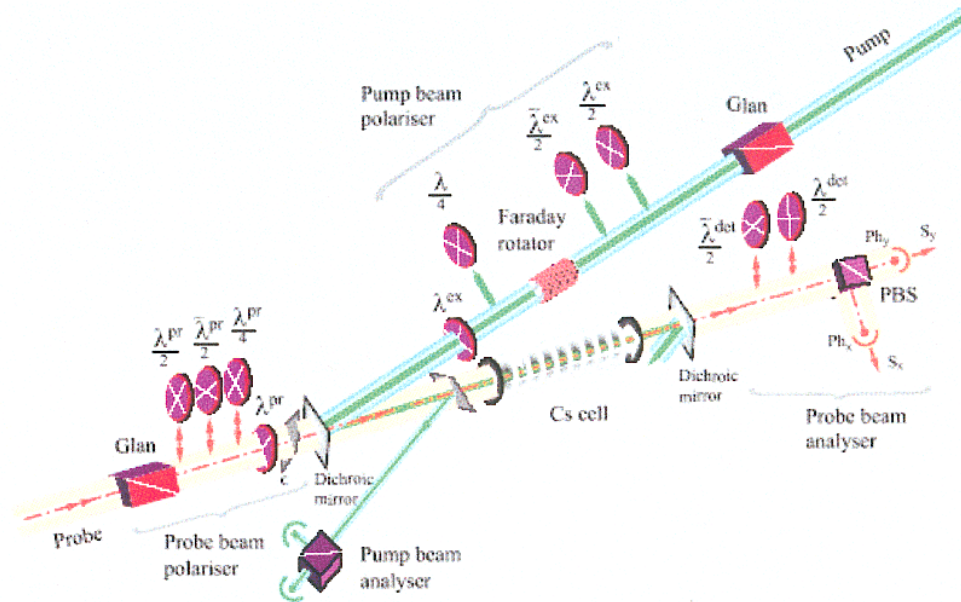


Introduction

- VPA : un domaine de recherche lancé en France
Bouchiat C. et M.A. (1974) : l'interférence électrofaible dans une transition atomique varie $\sim Z^3$ et peut être détectée par une observable violant la parité (mesure de la charge faible du noyau Q_W)
- Première exp. sur le Cs (LKB): **mise en évidence d'une violation de P (1982)** détection par fluorescence
précision 12 %
- Proposition d'une exp. de 2^{ième} génération (LKB) visant une précision de 1 % (1985)
- Lasers + premières cellules à Cs (1991)
- Difficultés sur les cellules : verre \rightarrow saphir, crantage
- Mesure d'étape à 9 % (2002)
- Amélioration du S/B (3.3) et continuation de la prise de données (3.4 %)

L'expérience

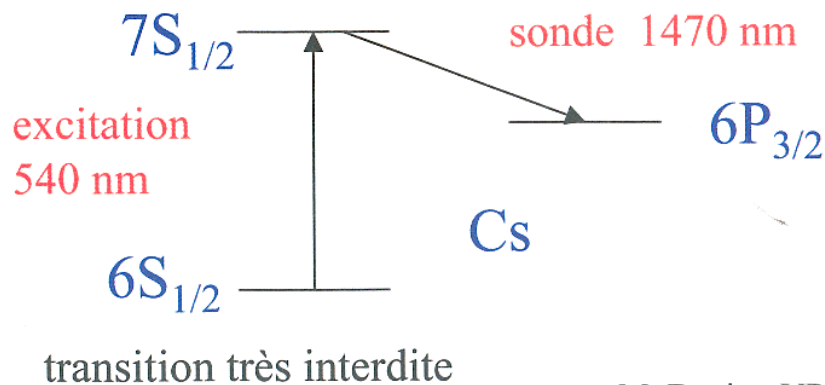


exp. pompe-sonde
en régime impulsionnel

détection par
émission stimulée

⇒ amplification de
l'asymétrie

champ E longitudinal pour
assister la transition (Stark)



dispositif très complexe: 7 lasers,
cellule à vapeur de Cs, interrupteurs
rapides, polarimétrie de précision,
stabilisations en fréquence, multiples
renversements de champ et polarisation

Etat de l'expérience

- Expérience lourde en physique atomique avec beaucoup de R&D
- Obstacles importants franchis (cellules Cs)
- Très bon contrôle des effets systématiques
- Progrès spectaculaire depuis 1 an : $S/B \times 3.3$
- Sensibilité actuelle adéquate pour une mesure à 1 %

⇒ l'expérience peut être menée à son terme en remplissant l'objectif d'une précision de 1 % ; ceci nécessite 1-2 ans de prise de données, compte tenu de la maintenance

Cette activité n'est plus soutenue par le LKB depuis 1 an
Une aide financière de l'IN2P3 a été obtenue en 2003 (12 + 5 k€)
+ 1 postdoc en 2002

Le contexte international en VPA

- Boulder (C. Wieman) jet atomique de Cs

85-88 $Q_w = -71.5 \pm 1.8$ 1.7 exp \oplus 0.7 th

97 $Q_w = -72.06 \pm 0.46$ 0.29 exp \oplus 0.36 th
 $\Delta Q_w = Q_w - Q_w^{SM} = 1.06 \pm 0.48$

99 théorie révisée $\Delta Q_w = 0.45 \pm 0.48$

exp. arrêtée (condensats de B.E. “beaucoup plus facile” selon Wieman)
 quelques doutes sur les effets systématiques (runs 20:1)

- autres projets en cours:

| | |
|-------------------------|--|
| Berkeley (D. Budker) | Yb (\neq isotopes) |
| Seattle (N. Fortson) | single Ba ⁺ (piège de Paul) |
| Saint-Petersbourg | K ⁴¹ |
| Stony Brook (L. Orozko) | Fr (piègeage et spectro) |
| Pisa, Legnaro, ... | Fr |
| KVI | Fr, Ra |

- + effort important sur les EDM (Seattle, Yale, Imperial College, Penn State, LANL, KVI, ...) violation de P et de T

Progrès de la théorie atomique

TABLE IV. Summary of calculations of the PNC E1 amplitude for the cesium $6S - 7S$ transition; units are $10^{-11} iea_B(-Q_W/N)$.

| Authors | Year | Ref. | Value |
|--|-----------|----------------------|---------------------|
| Bouchiat, Bouchiat | 1974,1975 | [14,22] ^a | 1.33 |
| Loving, Sandars | 1975 | [59] ^a | 1.15 |
| Neuffer, Commins | 1977 | [60] ^a | 1.00 |
| Kuchiev, Sheinerman, Yahontov | 1981 | [61] ^a | 0.75 |
| Das | 1981 | [62] ^b | 1.06 |
| Bouchiat, Pickett, Pignon | 1983 | [63] ^a | 0.97(10) |
| Dzuba, Flambaum, Silvestrov, Sushkov | 1984,1985 | [64,65] ^b | 0.88(3) |
| Schäfer, Müller, Greiner, Johnson | 1984 | [66] ^b | 0.74 |
| Mårtensson-Pendrill | 1985 | [67] ^b | 0.886 |
| Plummer, Grant | 1985 | [68] ^b | 0.64 |
| Schäfer, Müller, Greiner | 1985 | [69] ^b | 0.92 |
| Johnson, Guo, Idrees, Sapirstein | 1985,1986 | [70] ^c | 0.754, 0.876, 0.856 |
| Johnson, Guo, Idrees, Sapirstein | 1985,1986 | [70] ^b | 0.890 |
| Bouchiat, Pickett | 1986 | [71] ^a | 0.935(20) (30) |
| Dzuba, Flambaum, Silvestrov, Sushkov | 1987 | [54] ^b | 0.90(2) |
| Johnson, Blundell, Liu, Sapirstein | 1988 | [72] ^b | 0.95(5) |
| Parpia, Perger, Das | 1988 | [73] ^c | 0.879 |
| Dzuba, Flambaum, Sushkov | 1989 | [57] ^b | 0.908(9) |
| Hartley, Sandars | 1990 | [74] ^c | 0.904(18) |
| Hartley, Lindroth, Mårtensson-Pendrill | 1990 | [75] ^b | 0.933(37) |
| Blundell, Johnson, Sapirstein | 1990,1992 | [16] ^b | 0.905(9) |
| Safronova, Johnson | 2000 | [76] ^b | 0.909(11) |
| Kozlov, Porsev, Tupitsyn | 2001 | [58] ^{bd} | 0.901(9) |
| Dzuba, Flambaum, Ginges | 2002 | [9] ^{bd} | 0.904(5) |

(Ginges-Flambaum 04)

Les motivations théoriques pour la VPA

- grande précision atteinte par les expériences de VPA \Rightarrow sensibilité aux couplages électrofaibles (e, u, d) et à de nouvelles contributions
- contexte des exp. de précision avec LEP-SLD-FNAL, HERA, LHC
- échelle d'énergie très différente (~ 1 MeV)
- important de bien préciser les conditions de comparaison
 - dans le cadre d'un modèle précis (MS, MSSM)
 - recherche de déviations / MS indépendantes d'un modèle suffisamment contraint

VPA et MS: le boson de Higgs

- la seule pièce manquante
- $Q_W = Q_W^{\text{SM}} - 0.800 S - 0.007 T = 0.45 \pm 0.48 \Rightarrow$ sensibilité à $S (\pm 0.6)$

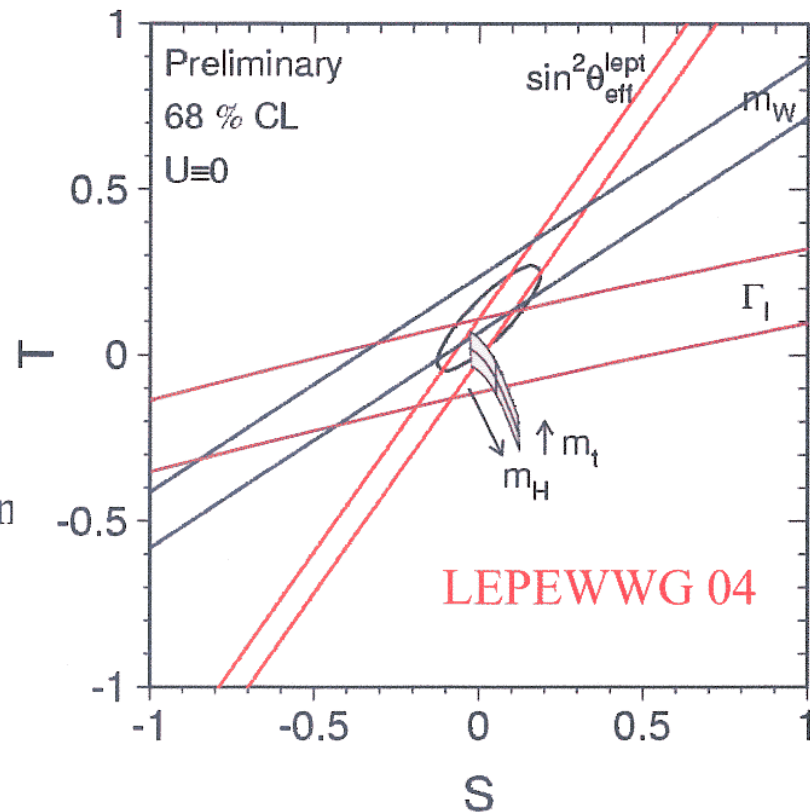
- observables de LEP sensibles à $S (\pm 0.15)$ et $T (\pm 0.15)$

- T $3\times$ sensible à $\ln(M_H)$ que S

$$S = 1/6\pi \ln (M_H/100 \text{ GeV})$$

- VPA compétitif pour M_H si la précision exp \oplus th atteint 0.05 %, compétitif pour S avec 0.15 %

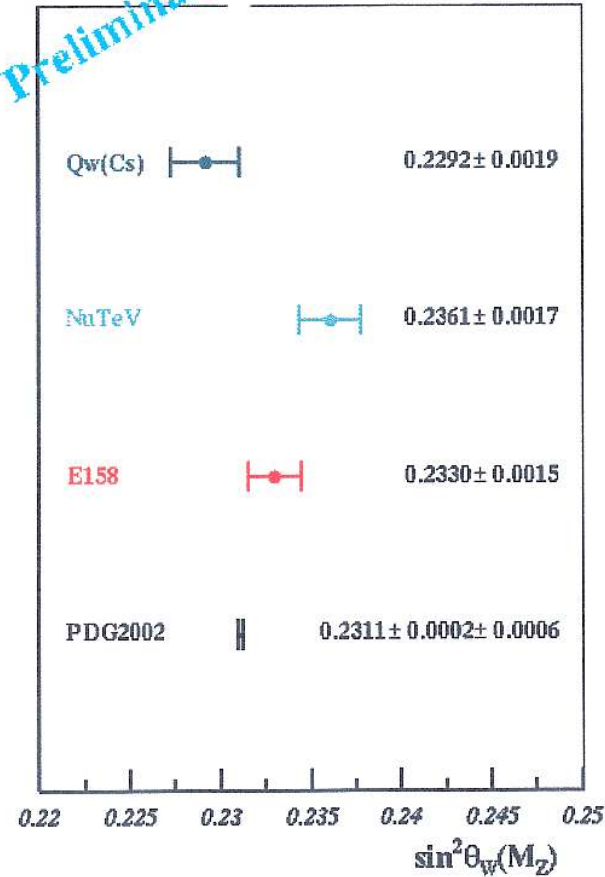
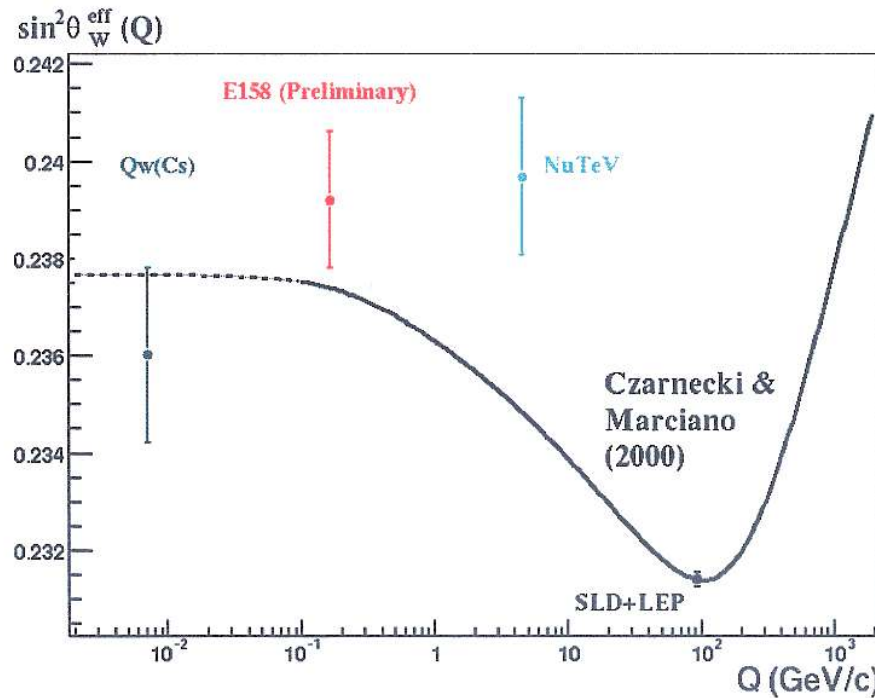
- conclusion similaire pour MSSM



VPA et MS : corrections radiatives électrofaibles

E158 SLAC diffusion Møller $e \Rightarrow$ Anthony 04

Preliminary

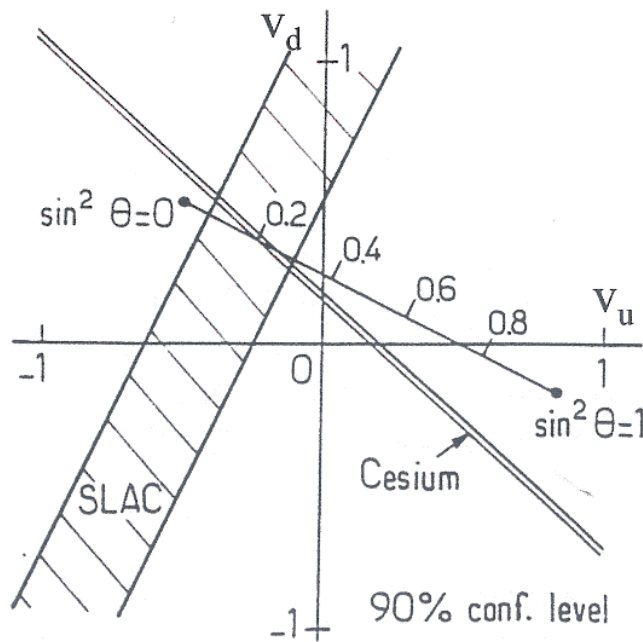


\Rightarrow VPA, Møller et NuTeV ont une sensibilité comparable aux corr. rad.

VPA et nouvelle physique

- si la nouvelle physique au delà du MS n'est pas spécifiée, il est prudent de tester les couplages électrofaibles indépendamment de tout modèle
- de ce point de vue, Q_W mesure essentiellement une combinaison de v_u et v_d , orthogonale à celle déduite de la diffusion $e N \rightarrow e X$ avec des $e \Rightarrow$

$$a_e Q_W = 2 a_e [(2Z+N) v_u + (2N+Z) v_d] \quad \text{cohérent sur le noyau} \\ (\neq \text{ pour les termes } v_e (a_u, a_d))$$



- LEP ne mesure pas v_u et v_d
- NC neutrinos $\Rightarrow v_u, v_d, a_u, a_d$

\Rightarrow VPA complémentaire

VPA et nouvelle physique : un exemple

- dimensions supplémentaires de l'espace physique
 - 3 + d_{\parallel} dimensions compactes (rayon $R_{\parallel} = 1/M_c$) : fermions et bosons
 - d_{\perp} dimensions supplémentaires (rayon R_{\perp}) : gravitation
- excitations de Kaluza-Klein des bosons : $Z^0 \rightarrow Z^0_n$ $M^2_n = M^2_Z + n^2 M^2_c$
- beaucoup de degrés de liberté possibles : où se propagent les champs (bulk, brane?), universalité non garantie
- modèles les plus simples :
 - $M_c > 6 \text{ TeV}$ (LEP-2)
 - $\rightarrow 10 \text{ TeV}$ (LHC)
 - $M_c > 2 \text{ TeV}$ (Q_W actuel)
- cependant certains modèles peuvent être construits \Rightarrow effets insensibles avec LEP et visibles avec la VPA (Delgado-Pomarol-Quiros 99, Cheung-Landsberg 03)
- une détermination de Q_W à 0.1 % permettrait d'atteindre $\sim 5 \text{ TeV}$ dans une 'direction' peut-être aveugle aux expériences de haute énergie

Conclusions

- la mesure de la VPA met en jeu des expériences difficiles, mais dont le potentiel en physique des particules est élevé et, dans certaines situations, unique.
- on doit admettre que ce type d'expérience nécessite de longues périodes de R&D et doit procéder par étapes (exemples classiques: EDM du neutron et de l'électron, $g-2$ de l'électron et du muon).
- le groupe de l'ENS a fait des contributions uniques dans ce domaine: lancement du sujet, première mise en évidence de la VPA, développement d'idées et de techniques originales.
- l'expérience en cours a eu un parcours difficile, mais a maintenant atteint un stade de maturité où elle doit être rentabilisée par une période de prise de données soutenue permettant d'atteindre une sensibilité de 1 %. Cette valeur est requise pour une confirmation à un niveau intéressant du résultat de Boulder.
- arrêter l'expérience à court terme constituerait un gâchis scientifique injustifiable.
- la possibilité d'étendre la méthode à une configuration avec un champ électrique transverse a été étudiée en détail par le groupe. Elle ouvre l'horizon à une expérience visant une précision de 0.1 % qui serait compétitive et complémentaire par rapport au potentiel offert par les accélérateurs de la plus haute énergie.

Recommandations

- négocier avec l'ENS le maintien de l'expérience en l'état dans ses locaux actuels.
- soutenir le fonctionnement et l'exploitation pendant 1-2 ans afin de terminer l'étape en cours et obtenir une mesure permettant de confirmer le résultat de Boulder (1 % minimum). Ceci nécessite 20 k€/an. Le changement de la cavité du laser excimer de puissance est impératif pour un fonctionnement de longue durée. Une solution de remplacement à bien moindre coût qu'un achat neuf (29 k€) existe et doit être mise en œuvre.
- encourager la possibilité de développement d'une expérience permettant d'atteindre 0.1 %, basée sur l'expertise acquise et le matériel existant. Elle doit s'accompagner d'un renforcement de l'équipe actuelle, en particulier par des physiciens de l'IN2P3 qui devraient être motivés par l'enjeu scientifique du projet.